Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (http://www.ub.tuwien.ac.at).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/).

Professional MBA
Facility Management

TU WIEN CONTINUING EDUCATION CENTER

Instandhaltung TGA
"Klassische Methoden vs. ergebnisorientierte Instandhaltung am Beispiel Kältetechnik"

Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades
„Master of Business Administration"

eingereicht bei
Dipl.-Ing. Dr.techn. Horst Pichlmüller

Dipl.-HTL-Ing. Gerhard Monschein

0828000

Feldkirch, den 15. Oktober 2010

Eidesstattliche Erklärung

Ich, **DIPL.-HTL-ING. GERHARD MONSCHEIN**, versichere hiermit

1. dass ich die vorliegende Master These, "INSTANDHALTUNG TGA - KLASSISCHE METHODEN VS. ERGEBNISORIENTIERTE INSTANDHALTUNG AM BEISPIEL KÄLTETECHNIK", 127 Seiten, gebunden, selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe, und
2. dass ich diese Master These bisher weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, 15.10.2010

Unterschrift

Danksagung

Mein Dank gilt meinem Dienstgeber, dem Amt der Vorarlberger Landesregierung, meinem direkten Vorgesetzten, Abteilungsvorstand Dipl.-Arch. (FH) Peter Jamer, den Mitarbeitern und Kollegen der Abteilung Hochbau und Gebäudewirtschaft (VIIc), dem Studiengangleiter Prof. Mag. Dipl.-Ing. Dr.techn. Alexander Redlein, meinem Betreuer Dipl.-Ing. Dr.techn. Horst Pichlmüller, den CEC Program Managern Dipl.-Ing. Johannes Bockstefl und Mag.[a] Catherina Purrucker sowie allen beratenden und unterstützenden Experten.

Besonderer Dank gebührt Angelika und Michael, die mir durch ihre Rücksichtnahme und viel Verständnis den erforderlichen Freiraum zur Absolvierung dieses MBA-Studiums verschafften.

Darüber hinaus bedanke ich mich post mortem bei meinen Eltern Franz und Olga Monschein, denen meine Aus- und Weiterbildung immer ein wichtiges Anliegen war.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....V

1 Einleitung.....1

1.1 Motivation.....2
1.2 Problemstellung.....3
1.3 Forschungsfrage.....4
1.4 Zentrale Fragestellung/ Hypothese.....5
1.5 Bestätigung der Hypothesen.....6
1.6 Zielsetzung der Arbeit.....6
1.7 Vorgehensweise und Aufbau der These.....6
1.8 Theorie und Systemgrenzen.....7
1.9 Abgrenzung der Arbeit.....12

2 Lösungsansatz/ Methodik.....13

2.1 Definition Bewertung.....13
2.2 Bewertungsverfahren.....14
2.1.1 Kosten-Nutzen-Analyse.....14
2.1.2 Delphi-Methode.....15
2.1.3 SWOT-Analyse.....16
2.1.4 Wertanalyse.....17

3 Methodik.....20

3.1 FM und Nutzwertanalyse (Standard).....20
3.2 IH und Nutzwertanalyse (erweitert).....21

4 Grundlagen.....23

4.1 Gesetze und Verordnungen.....23

4.1.1 Laws der Europäischen Union.....24

4.1.2 Nationale Rechtsgrundlage.....25

4.2 Normen und Richtlinien.....26

4.2.1 Codes der Europäischen Union.....27

4.2.2 Nationale Regelwerke.....28

4.3 Strategien und Instandhaltung von Kälteanlagen 29
4.4 Präventive Instandhaltung 30
4.4.1 Periodisch geplante Instandhaltung 30
4.4.2 Zustandsorientierte Instandhaltung 31
4.4.3 Vorausbestimmte Instandhaltung 33
4.5 Korrektive Instandhaltung 34
4.6 Instandhaltung 35
4.7 HARMONAC 36
4.7.1 Europäische Klimaschutzstrategie 36
4.7.2 Umsetzung von Artikel 9 in Österreich 37
4.7.3 ÖNORM EN 15240 37
4.7.4 Übersicht Implementierung Länder und Intervalle 38
4.7.5 Fachleute zur Durchführung 38
4.7.6 Prüfergebnisse und Befunde 38
4.7.7 Kosten 39
4.7.8 Nationale Erfahrungen mit HARMONAC 39
4.8 Internationale Erfahrungen mit HARMONAC 40
5 Datenerfassung Realanalyse 41
5.1 Systematisierung der Befragungen 41
5.2 Modell und Fragebogen 41
5.2.1 Betreiberportfolio 42
5.2.2 Technische Daten der Kälteanlagen 42
5.2.3 Dimensionierung und Auslastung 42
5.2.4 Störfallhäufigkeit 44
5.2.5 Unterhaltskosten der Probanden 44
6 Datenauswertung/ Case Studies 45
6.1 Befragungsergebnisse 45
6.2 Modellbildung für die Datenaufbereitung 45
6.3 Tabellen und Charts 45

6.3.1 Einsatzgebiete 45
6.3.2 Leistungsbereich 47
6.3.3 Dimensionierung und Auslastung 48
6.3.4 Störfällestatistik 50
6.3.5 Unterhaltskosten 54
7 Realdatenanalyse und Spezifizierung 56
7.1 Ergebnisse 56
7.2 Interpretation der Realdaten 56
7.3 Experteninterviews 58
8 Ergebnisorientierte Instandhaltung 60
8.1 Innovation und Potential 60
8.2 Planung der Instandhaltung 63
8.3 Change Management 64
8.4 Werterhaltung 65
8.5 Verfügbarkeit 66
8.6 Kostenoptimierung 67
8.6.1 Lebenszykluskostenbetrachtung 68
8.6.2 Objektplanung 70
8.6.3 Planung der haustechnischen Anlagen 71
8.7 Instandhaltungsstrategie/ Innovation 72
8.7.1 Condition Monitoring 72
8.7.2 Betriebsdatenaufzeichnungen 76
8.8 Ergebnisorientierung in der Instandhaltung 80
8.8.1 Definition ergebnisorientierte Instandhaltung 80
8.8.2 Modell für die Instandhaltungsinnovation 81
8.8.3 Kostenziele und Kennzahlen in der IH 83
8.8.3.1 Kennzahlen in der Instandhaltung 83
8.8.3.2 Normung und Kennzahlen in der IH 84

9 Vergleich der Instandhaltungsstratgieen 90

9.1 Verrichtungsorientierung vs. Ergebnisorientierung 90
9.2 Beurteilung auf Expertenebene/ Auditierung 93

9.2.1 Kosten- und Performanceprognosen 93
9.2.2 Hypotesentestender Vergleich/ Signifikanztest 97
9.2.3 Evaluierung der Kennzehlen 97

9.3 Aufbereitung des Datenmaterials/ Ergebnisse 100

10 Fazit und Ausblick 103

10.1 Zusammenfassende Darstellung 103
10.2 Konsequenzen für die Gebäudebewirtschaftung 104
10.3 Mögliche einschränkenden Randbedingungen 105
10.4 Ausblick und Ansätze für weitere Maßnahmen 105

Abstract 106

Literaturverzeichnis 107

Abbildungsverzeichnis 111

Tabellenverzeichnis 114

Anlagen / Anhang 114

Abkürzungsverzeichnis

AEA ..... Austrian Energy Agency
Asset ..... Gesamtheit aller Güter/ Vermögen
ASTV ..... Arbeitsstättenverordnung
AV ..... Abnutzungsvorrat
BA ..... Building Automation
BGBl. ..... Bundesgesetzblatt
B-VG ..... Bundes-Verfassungsgesetz
CAFM ..... Computer Aided Facility Management
CM ..... Contrition Monitoring
COP ..... Coefficient of Performance
DBAV ..... Druckbauteilverordnung
DGÜW-V ..... Druckgeräteüberwachungsverordnung
d.h. ..... das heißt
EER ..... Energy Efficiency Ratio
EN ..... Europäische Norm
EPBD ..... Energy Performance Buildings Directive
ESEER ..... European Seasonal Energy Efficiency Ratio
etc. ..... et cetera
FM ..... Facility Management
FS ..... Facility Service
GA ..... Gebäudeautomation
GEFMA ..... German Facility Management Association
HVAC ..... Heating Ventilation Air Conditioning
IFMA ..... International Facility Management Association
GLT ..... Gebäudeleittechnik
HG ..... Heißgas
IFM ..... Infrastrukturielles Facility Management
IGM ..... Infrastrukturielles Gebäudemanagement
IH ..... Instandhaltung
IPV® ..... Intergrale Projekt Verantwortung
KA ..... Kälteanlage
KAV ..... Kälteanlagenverordnung
KFM ..... Kaufmännisches Facility Management
KGM ..... Kaufmännisches Gebäudemanagement

KPI …… Key Performance Indikator
LZK …… Lebenszykluskosten
MTBF …… Mean Time Between Failures
MTBM …… Mean Time Between Maintenance
MTBR …… Mean Time Between Repairs
NH_3 …… Ammoniak
OEE …… Overall Equipment Effectiveness
OCM …… Online Condition Monitoring
P_{el} …… elektrische Aufnahmeleistung
$Q_0/Q_1/Q_k$ …… Verdampferleistung
$Q_c/Q_2/Q_h$ …… Kondensatorleistung
SKS …… Solekühlsatz
SL …… Service Level
SLA …… Service Level Agreement
TFM …… Technisches Facility Management
TGA …… Technische Gebäudeausrüstung
TGM …… Technisches Gebäudemanagement
T_1/T_0 …… Verdampfungstemperatur
T_2/T_c …… Verflüddigungstemperatur
usw. …… und so weiter
VDMA …… Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
vs. …… versus
W …… elektrische Leistung
WKS …… Wasserkühlsatz
WP …… Wärmepumpe
z.B. …… zum Beispiel
ε …… Leistungszahl

1 Einleitung

1.1 Motivation

Während meiner rund 27 jährigen selbständigen und unselbständigen Tätigkeit als Berater, Planer, Projekt- und Bauleiter für die Errichtung von haus- bzw. gebäudetechnischen Anlagen waren die Betriebssicherheit, Störungsarmut und Zuverlässigkeit von Kältemaschinen bzw. der kältetechnischen Anlagen und deren Instandhaltungsaufwand sowie die gesamten Unterhaltskosten ein brennendes Thema. Nach derzeitigem Stand der Technik, mit fortschreitender Integration der Idee Lebenszykluskosten (LZK) und des Facility Management stehen die Qualität und die Kosten heute mehr denn je im Fokus der betriebswirtschaftlich optimierten Unternehmensführung.

Dieser universitäre Lehrgang war für mich eine persönliche Herausforderung, eine über meinen technischen Hintergrund hinausreichende Erweiterung und Weiterentwicklung meines Verständnisses für betriebswirtschaftliche, rechtliche, soziale und ökologische Zusammenhänge, wie diese in der Managementdisziplin „Facility Management“ aktuell gelehrt und umgesetzt werden.

In weiterer Folge wird das im Lehrgang erworbene Wissen die Aufbauarbeit des Gebäudemanagements zum Wohle meines Dienstgebers unterstützen.

Michael Porter hat das Geschäftsmodell auf dem die Idee des Konzeptes Facility Management beruht entwickelt. Dabei wird vor allem zwischen Primärprozessen (direkter Beitrag zur Wertschöpfung) und den unterstützenden Prozessen (Verbesserung der Primärprozesse und indirekter Beitrag zur Wertschöpfung) unterschieden.

Gängige Definitionen des Begriffes „Facility Management“ werden in folgenden Regelwerken beschrieben.

- ÖNORM A 7000
- EN 15221-1
- GEFMA 100
- IFMA-Leitfaden[1]

[1] IFMA Leitfaden (12-2005), Betrieb und Instandhaltung von Liegenschaften (TGA)

Dr. Hellerforth (2006) als eine anerkannte Kennerin der Szene kommuniziert in ihrer Veröffentlichung folgende Definition von FM, und legt hohen Wert auf die Ganzheitlichkeit der Tätigkeiten, Maßnahmen und Ziele:

*„Unter **Facilities** versteht das Oxford-Dictionary **aids, circumstances, which make it easy to do things**, mit anderen Worten, Unterstützungsleistungen, die es erleichtern, die Dinge zu tun. Bei den Nicht-Immobilienunternehmen (Non-Property-Companies) werden diese „Facilities" nicht physischer Bestandteil ihres Leistungsergebnisses, sie sind aber für die Erfüllung des Unternehmenszwecks unverzichtbar[2] Facility Management hat - lapidar ausgedrückt - die Aufgabe, diese Grundstücke und deren Einrichtungen im weitesten Sinne zu managen, d.h. möglichst optimal zu handhaben, also zu planen, zu realisieren, zu verwalten, zu steuern und zu kontrollieren, wobei eine Bewirtschaftung angestrebt wird, die über die rein passive Vermögensverwaltung hinausgeht. Der neue Aspekt ist der der Ganzheitlichkeit. In diesem Sinne ist Facility Management die ganzheitliche und umfassende Immobilien-, Einrichtungs- und Infrastrukturerstellung, -bereitstellung und -bewirtschaftung mit der Zielsetzung einer langfristigen Ertragssteigerung und Werterhaltung für den Investor und einer Kostenoptimierung für den Nutzer, indem die verschiedenen Aufgaben rund um Gebäude abteilungsübergreifend integriert werden."*[3]

Mein derzeitiger Dienstgeber hatte sich 2008 zum Ziel gesetzt, dass die eigenen Objekte lebenszyklusorientiert geplant, gebaut und betrieben werden. Diese Zielsetzung erfordert umfassende theoretische und praktische Kenntnisse sowie ein hohes Maß an Erfahrung in den verschiedenen Bereichen des Facility Managements (Querschnittswissen). Unter dieser Prämisse ist Facility Management immer als Teamarbeit (TFM/ TGM[4], KFM/ KGM und IFM/ IGM) zu sehen.

In diesem Zusammenhang habe ich das vorliegende Thema gewählt, da ich in der Betriebsführung von kommunalen Großobjekten tätig bin, und es mir ein persönliches Anliegen ist, die Potentiale, die sich durch den Einsatz von FM bieten können, im eigenen Unternehmen zu identifizieren, und sich mit diesem Bereich der technischen Gebäudeausrüstung wissenschaftlich auseinander zu setzen. Dabei sollen Visionen entwickelt werden, welche die Zukunft nachhaltig verändern.

---

[2] Vgl. Schwarze, 1991, S. 209

[3] Hellerforth: 2006; S. 5ff

[4] Vgl. Krimmling, et. al., 2008; S. 23

1.2 Problemstellung

Der durch die andauernde Finanz- und Immobilienkrise hervorgerufene und steigende Kostendruck auf Eigner, Nutzer und Betreiber von Immobilien zwingt diese jetzt zur Durchführung von effektiven strategischen, taktischen und operativen Maßnahmen im Bereich der Gebäudebewirtschaftung.

Hier setzt das „ganzheitliche Facilitiy Management“[5] in all seinen Ausprägungen grundsätzlich an, und kann durch die konsequente Prozessorientierung für die Sekundär- bzw. Unterstützungsprozesse einen wertvollen Beitrag zur nachhaltigen Senkung der Betriebskosten leisten.

Die Kosten für die Instandhaltung gebäude- bzw. haustechnischer Anlagen haben einen erheblichen Einfluss auf die Betriebs- und Unterhaltskosten eines Objektes, und werden als dominante Kostentreiber identifiziert.

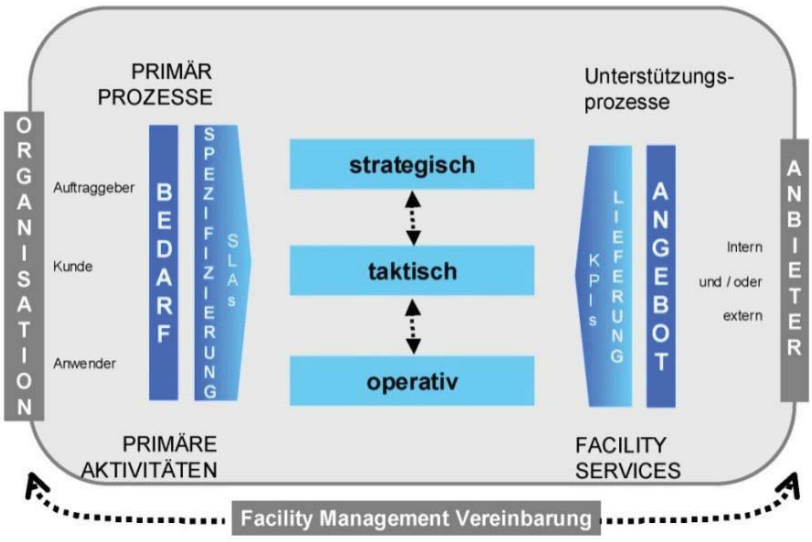


Abbildung 1: CEN/TC 348 „Facility Management“, EN 15221-1: FM-Modell

Einige internationale Untersuchungen der Gebäudekosten im Lebenszyklus haben gezeigt, dass die Betriebs- bzw. Folgekosten, zu denen auch die Kosten für die bau- und gebäudetechnische Instandhaltung zählen, die initialen Errichtungskosten einer Immobilie um ein Vielfaches“[6,7] übersteigen.

---

[5] Quelle: ÖNORM EN 15221-1. (Ausgabe: 2007-01-01). Facility Management, Teil 1: Begriffe, S. 5.

[6] Vgl. Ministerium für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen (MBW), Referat für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.): Einspar-Contracting für Fortgeschrittene. Düsseldorf 1999

[7] Vgl. Pabsch, M.: Der Markt für Contracting in Deutschland bis 2010. BWK Das Energie Fachmagazin 55 (2003), Nr. 6, S. 6-9

Der Kostenanteil der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA/ HVAC) für ein modernes, gut nutzbares und dem Stand der Technik entsprechenden Objekt betragen aus eigener Praxiserfahrung des Verfassers bis zu 30%, in speziell Einzelfällen bis zu 40% (z.B. Krankenhäuser usw.) der Gesamterrichtungskosten.

Wegen dem durch die transparente Architektur und der flexiblen Nutzung von großflächigen Immobilien erforderlichen Einsatz umfassender und komplexer gebäudetechnischer Systeme liegt der Fokus des FM neben anderen Sparten bzw. Facility Services wie z.B. der Reinigung, Energie etc. auf der wertorientierten Instandhaltung der TGA.

Diese führt entsprechend den durchgeführten Messungen (Monitoring) und persönlichen Erfahrungen des Autors auch zu einer Optimierung des Energieverbrauchs.

Die derzeit hauptsächlich eingesetzten klassischen Instandhaltungsmethoden gemäß Definition der Begriffe entsprechend ÖNORM prEN 13306 (Ausgabe: 2008-12-15) führen durch ausschließlich korrektive Maßnahmen teilweise zu sehr hohen Kosten bzw. auf Basis der Richtline VDMA 24186 als präventiv-vorausbestimmte Instandhaltung durchgeführt meist nur zu einem guten technischen Zustand, jedoch nicht zu den erwartenden wirtschaftlichen Ergebnissen.

Auf Basis der Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.12.2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden wurde das nationale Energieausweisvorlagesetz beschlossen. Im Artikel 9 wird die Inspektion von Klimaanlagen geregelt.

Mit dem seit 1.1.2006 gesetzlichen Status des Energieausweises wurde mit der ÖNORM EN 15240 (Ausgabe: 2008-07-01); Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinie für die Inspektion von Klimaanlagen - auch ein neues Instrument für die Instandhaltung der TGA geschaffen.

Unter dieser Prämisse sollen hier speziell die laufenden Kosten der Instandhaltung für die TGA im Bereich der Kälteerzeugung und die damit verbundenen Energiekosten auf Grundlage eines wissenschaftlichen Forschungsprozesses näher untersucht werden.

1.3 Forschungsfrage

Die Literatur- und Internetrecherchen des Verfassers ergaben keine Literatur die sich mit dem Thema „ergebnisorientierte IH für die Kältetechnik/ TGA“ auseinandersetzt.

Die vorliegende Arbeit soll folgende Forschungsfragen wissenschaftlich beantworten:

- Ergeben sich durch Umstellung von klassischen Methoden der Instandhaltung kältetechnischer Anlagen auf ergebnisorientierte Instandhaltung Kosteneinsparungen?
- Wird die Qualität verbessert oder bleibt diese zumindest gleich?

1.4 Zentrale Fragestellung/ Hypothese

Als konkretes Thema dieser Master These werden folgende zwei Hypothesen aufgestellt, die durch eine Realdatenanalyse, den Einbezug von theoretischen Ansätzen, Literaturrecherchen, Realdaten, Prognosekosten und Experteninterviews (Audit) verifiziert werden sollen.

Bei ergebnisorientierter Instandhaltung (zustandsabhängige - päventiv-zustands-orientierte bzw. vorausbestimmte - Systemdienstleistung) von Kältemaschinen auf Basis individueller und anlagenspezifischer SL´s und KPI´s (Service Levels und Key Performance Indicators[8]) sowie einem permanenten Condition Monitoring (CM) bzw. Online Condition-Monitoring (OCM) wird:

Erste Hypothese: ein besserer und technisch höherwertiger Zustand der Kältemaschinen, und

Zweite Hypothese: ein monetär besseres Gesamtergebnis

als bei Umsetzung klassischer, in der derzeitigen betrieblichen Praxis üblicher, Instandhaltungsstrategien (z.B. korrektiv, präventiv-periodisch geplant, etc.) erzielt.

Die in der vorliegenden Master These herausgearbeiteten Ansätze zur Implementierung einer neuen Instandhaltungsstrategie für Kälteanlagen sollen in der Praxis realisier- und effektiv nutzbar sein.

[8] Vgl. Braun, 2010 S. 60 und S. 95

1.5 Bestätigung der Hypothesen

Die **1. Hypothese** gilt als verifiziert wenn die „Störfälle“ bzw. ungeplanten Abschaltungen reduziert werden können bzw. die „Anlagenverfügbarkeit“ erhöht wird.

Für den Nachweis der Gültigkeit der **2. Hypothese** ist ein betriebswirtschaftlich besseres Ergebnis maßgebend.

1.6 Zielsetzung der Arbeit

Durch die umfassende und integrale Anwendung der Grundsätze der facilitären sowie lebenszyklusorientierten Gebäudeplanung kann die Erfordernis bzw. der Umfang der kältetechnischen Anlagen in Grenzen gehalten werden. Alle durch bautechnische (passive) Maßnahmen wie z.B. Vordächer, schwere Bauweise, kleine Glasflächen, Beschattungseinrichtungen usw. abgedeckten Anforderungen an ein gut nutzbares Gebäude verursachen in der Regel wesentlich geringere Investitions- und Folgekosten als der Einbau von gebäudetechnischen (aktiven) Anlagen).

Mit Bezug auf kältetechnischen Anlagen werden die gängigen und klassischen Methoden der Instandhaltung einer ergebnisorientierten Instandhaltung als Systemdienstleistung gegenübergestellt.

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel Möglichkeiten und Potentiale zur Kostenreduktion im Gebäudebetrieb (Instandhaltung und Energie) aufzuzeigen, sich der Frage von unterschiedlichen Seiten anzunähern und als Fazit Ansätze zu formulieren, die das Facility-, Gebäude- und Instandhaltungsmanagement in der betriebswirtschaftlichen Steuerung (Controlling) der Betriebs- und Folgekosten unterstützen. Eine absolute und allgemein gültige Beantwortung dieser Frage gibt es aufgrund der unzähligen Einflussparameter nicht.

1.7 Vorgehensweise und Aufbau der These

Im ersten Abschnitt werden die Forschungsfrage, Hypothesen und die Vorgehensweise behandelt. In den Kapiteln 2 und 3 werden der Lösungsansatz und die Methodik beschrieben. Um der Fragestellung auf den Grund zu gehen werden im Abschnitt 4 die aktuelle europäische und nationale Gesetzeslage sowie die verfügbaren technischen Regewerke dokumentiert, und deren Anwendung in der Praxis analysiert.

Insbesondere wird auch versucht den gängigen Realbetrieb von Kälteanlagen darzustellen, um so indirekt die möglichen Einsparpotentiale zu lokalisieren.

Die große Bedeutung der Europäischen Norm EN 15240; Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinie für die Inspektion von Klimaanlagen - für eine effektive international greifende Energie-, Kosten- und Emissionsreduktionsstrategie wird auch durch das EU-weit angelegte Projekt „Harmonizing Air Conditioning Inspection and Audit Procedures in the Tertiary Building Sector HARMONAC“ unterstrichen.

Unter Punkt 5 wird nach Darstellung der theoretisch wissenschaftlichen Grundlagen die Beschaffung der erforderlichen Daten mit Hilfe einer empirischen Studie in Form von Fragebogen für Nutzer bzw. Betreiber dokumentiert.

Anhand realer technischer und wirtschaftlicher Zahlen und Werte für 20 vergleichbare kältetechnische Anlagen mit einer Kälteleistung von 174 bis 336 kW für die Betrachtungsjahre 2004 bis 2008 wird die notwendige Transparenz hergestellt.

Im Abschnitt 6 erfolgt die Auswertung der Daten und der Befragungsergebnisse.

Die Realdatenanalyse und Spezifizierung der maßgeblichen Kennzahlen für die Experteninterviews wird im Titel 7 behandelt.

Innovation in der Instandhaltung wird unter Punkt 8 beschrieben, und im Punkt 9 ausführlich mit den gängigen Methoden verglichen, beurteilt und evaluiert.

Abschnitt 10 fasst die herausgearbeitete Methode einer anwenderfreundlichen, ziel- und ergebnisorientierten Instandhaltung (Systemdienstleistung Inspektion, Wartung und Instandsetzung/ Ergebnis- statt Verrichtungsorientierung) von kältetechnischen Anlagen übersichtlich zusammen.

Sie soll den gesamten Instandhaltungsprozess für kältetechnische Anlagen standardisieren, vereinfachen und trotzdem in technischer, organisatorischer und wirtschaftlicher Hinsicht zu einem besseren Gesamtergebnis führen.

1.8 Theorie und Systemgrenzen

„Der Kälteverdichter ist das Herzstück der Kälteanlage. Seine Konstruktion bestimmt im Wesentlichen die Leistungszahl (EER bzw. COP) und somit die Energieeffizienz der Kälte- (Q_0) oder Wärmeerzeugung (Q_c).

Die Leistungszahl ε, bekannt auch unter der englischen Bezeichnung Coefficient Of Performance, ist das Verhältnis von nutzbarer Wärme- bzw. Kälteleistung zu eingesetzter Leistung bei Kälteanlagen und Wärmepumpen."[9]

Das Mittel über ein Jahr bei Wärmepumpenheizung wird dann Jahresarbeitszahl (JAZ) genannt. Sie entspricht der englischen Bezeichnung SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio).

Bei Wärmepumpen gibt die Leistungszahl die abgegebene Heizleistung einer Wärmepumpe im Vergleich zur aufgewendeten elektrischen Antriebsleistung für den Verdichter an zu einem bestimmten Betriebspunkt. Sie bewertet ausschließlich die Qualität des Wärmepumpenprozesses.

Die Leistungszahl 4,0 bedeutet z.B., dass das Vierfache der eingesetzten Anschlussleistung in nutzbare Wärme- bzw. Kälteleistung umgesetzt wird.

Für die Wärmepumpe mit der Heizleistung Q_H kann geschrieben werden:

$$\varepsilon_{WP} = Q_H / W$$

Bei der Wärmepumpe ist die Heizleistung die Summe aus der aufgenommenen Wärme bei Umgebungsbedingungen Q_U und der technischen Arbeit, so dass gilt:

$$\varepsilon_{WP} = Q_H / (Q_H - Q_{U\,.})$$

Der Carnot-Wirkungsgrad für eine reversible Wärmepumpe mit der absolute Verflüssigungstemperatur T_2 und der Verdampfungstemperatur T_1 beträgt:

$$\eta_c = (|\Delta W|) / (\Delta Q_{2,rev}) = (T_2 - T_1)/ T_2 = 1 - (T_1/ T_2)$$

Der reziproke Wert des Carnotfaktors stellt somit den Grenzfall für die erreichbare Leistungszahl dar:

$$\varepsilon_{WP} = (Q_H / W) < (1 / \eta_c) = T_2 / (T_2 - T_1)$$

Die Leistungszahl von Kälteanlagen (KA) ist als das Verhältnis der aufgenommen Kühlleistung zur eingesetzten technischen Arbeit, so dass gilt:

$$\varepsilon_{KA} = (Q_k / W)$$

$$\varepsilon_{KA} = Q_k / (Q_h - Q_k)$$

[9] Quelle: URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Leistungszahl [20.7.2010, 20:14]

Der COP als auch EER sind im deutschsprachigen Raum physikalisch identisch und dimensionslos; sie werden lediglich zur Unterscheidung von Wärmeanlagen (COP) und Kälteanlagen (EER) verwendet.

In den USA entspricht der COP per Definition dem unseren und ist die aussagekräftigere, da exakter definierte bzw. abzugrenzende, Größe.

Der EER unterscheidet sich jedoch. In den USA ist er gemäß des Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute (AHRI) das Verhältnis aus nutzbarer Wärmeenergie in BTU (British Thermal Unit) und der eingesetzten elektrischen Leistung in Watt.

Demnach werden Leistung und Energie ins Verhältnis zueinander gesetzt.

Daraus ergibt sich folgende Berechnungsgrundlage für z.B. die USA:

$$EER = COP * 3{,}413$$

Beim Vergleich von Kältegeräten mit EER Kennzeichnungen auf unterschiedlicher Berechnungsgrundlage muss dies bedacht und entsprechend berücksichtigt werden.

Die sogenannte EER wird als Kennzahl für den Kühl- und der COP als Kennzahl für den Heizbetrieb bei Nennlast des Verdichters, hier des Kälteverdichters und ohne Unterscheidung der Verdichterbauart (z.B. vollhermetisch, halbhermetisch, offen, Kolben, Schraube, Scroll, Turbo, usw.) definiert.

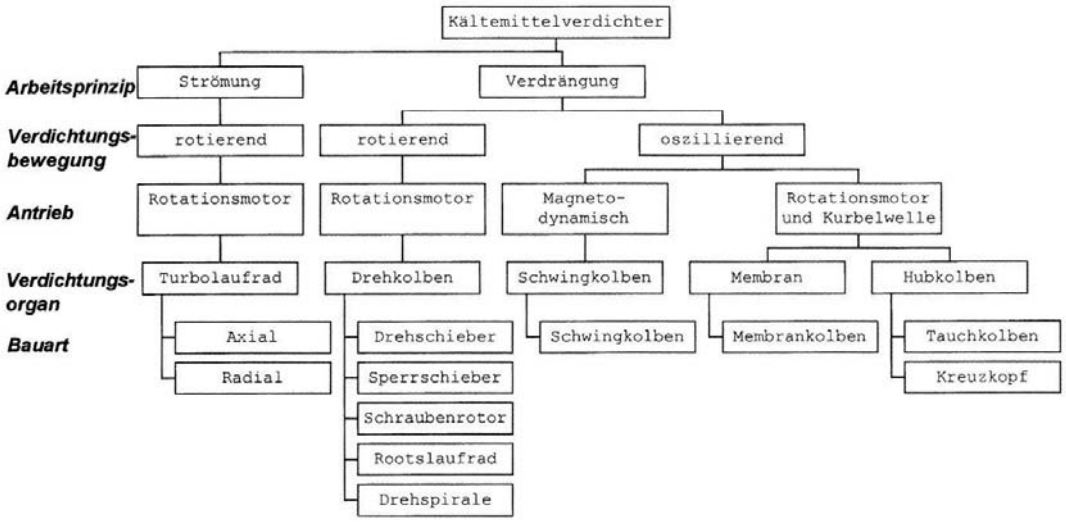


Abbildung 2: Quelle: Verdichterbauarten nach Terminologie CEOMAF (Europäischer Verband der Verdichterhersteller)

Als zentrales Bauteil eines Kältekreislaufes nimmt der Verdichter eine exponierte Stellung ein. Erst mit der Erfindung eines über einen langen Zeitraum dichten Hubkolbenverdichters gelang es Carl von Linde, mechanische Kälte wirtschaftlich zu erzeugen.

Mittlerweile wurde eine Vielzahl von Verdichtern entwickelt, die bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen ihre Vorteile nachgewiesen haben.

Die Unterscheidung der Verdichter nach:

- Arbeits-Prinzip
- Bewegungsrichtung
- Antrieb und Bauart

wurde in der Terminologie der CEOMAF (Europäischer Verband der Verdichterhersteller) nach Abbildung 2 vereinbart.

Dabei bestimmt vor allem das Teillastverhalten des Verdichters den jährlichen Elektroenergiebedarf, welches durch die Kennzahl mit der Bezeichnung ESEER abgebildet, und in Zukunft für die Beurteilung der sogenannten Gesamtenergieeffizienz an Bedeutung gewinnen wird.

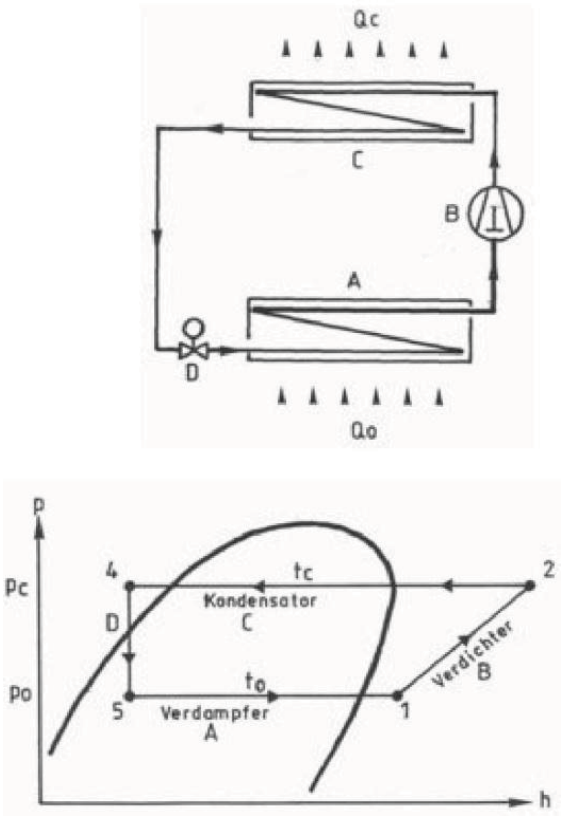


Abbildung 3: Darstellung des Kälteprozesses, oben: Fließschema, unten: log p-h Diagramm

Um den Energieverbrauch zu senken wurden von einigen Herstellern Kälteverdichter mit adaptierten Frequenzumformern auf den Markt gebracht.

Damit kann die Maschinenleistung je nach Anforderung der Kältelast stufenlos zur Verfügung gestellt werden. Durch das so optimierte Teillastverhalten der Verdichter kann das Einsparpotential genutzt werden.

Weiteres direkt umweltrelevantes Potential liegt in der Verwendung von lastabhängig stufenlos gereglten hocheffizienten Permanentmagnetmotoren, ölfreien Verdichtern, intelligenter Regelungstechnik, Online Conditon Monitoring, natürlichen Kältemitteln usw.

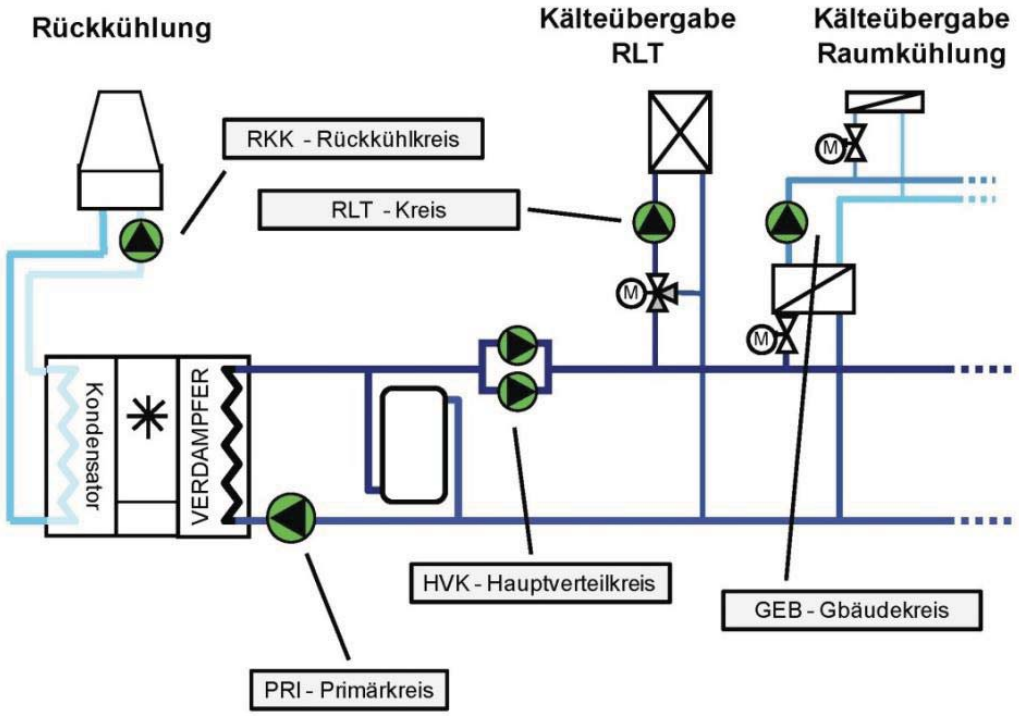


Abbildung 4: Quelle: Bezeichnung von Kalt- und Kühlwasserkreisen, FKG Status Report Nr. 6, „Energetische Inspektion von Kälteanlagen“, 3. Auflage, Fachinstitut Gebäude-Klima e.V., Nr 120.2 02/10

Grundlage des hier durchgeführten Datenvergleichs waren Mangels verfügbarem saisonalem Datenmaterial der relevanten Elektroenergieverbräuche die Kennzahlen gemäß Definition EER und COP mit Einschränkung der energetischen Bilanzgrenzen auf den Kälteverdichter.

1.9 Abgrenzung der Arbeit

Die in dieser Arbeit durchgeführte vergleichende Kostenuntersuchung der verschiedenen Instandhaltungsstrategien für Kältemaschinen mittlerer Leistung beschränkt sich im Weiteren auch auf den rein kältetechnischen Teil, wie:

- Verdampfer
- Verdichter
- Kondensator
- Expansionseinrichtung
- Kältekreis
- Armaturen
- Sicherheitseinrichtungen

der Probanden.

Nichtziele

Auf Grund des beschränkten Zeitrahmens ergeben sich folgende Nichtziele,

- Gesamtenergetische Betrachtung der kältetechnischen Systeme inklusive sämtlicher Nebenantriebe, Pumpen etc.
- Details für die Implementierung von z.B. Condition Monitoring usw.
- Erstellung von Wartungs- und Instandhaltungsplänen
- Belastbare Kostenermittlungen mit Vergabecharakter

welche in die Untersuchungen nicht einbezogen werden.

Der Fokus der Betrachtungen liegt auf der Abschätzung des Potentials durch die geänderte Instandhaltungsstrategie.

Alle in dieser Arbeit herausgearbeiteten theoretischen Erkenntnisse sind in der Folge durch weiterführende und vertiefte Studien sowie Feldversuche unter Berücksichtigung aller Nebenantriebe und Randbedingungen gemäß EER-, COP- und ESEER-Prüfprozedur sowie belastbarer Preise bzw. Kosten für Facility Services in der Kältetechnik zu vertiefen.

2 Lösungsansatz/ Methodik

2.1 Definition Bewertung

„Bewerten heißt, zugängliche Informationen zu einem Sachverhalt mit der oder den persönlichen Wertehaltung(en) zu einem Urteil über den Sachverhalt zu verknüpfen. Ist die Bewertung von mehreren Personen zu treffen, wird es notwendig, sich über den Bewertungsvorgang zu einigen. (in Anlehnung an [10]).

Bewertung ist also von subjektiven Werthaltungen geprägt; unterliegt jedoch keiner völligen Beliebigkeit, da sie ebenso von sachlichen Informationen abhängt [11].

Ziel der Bewertung ist die Vorbereitung einer planerischen Entscheidung. Von der Reichweite der Entscheidung hängt es ab, welche sachlichen Informationen und Wertehaltungen in die Bewertung eingehen sollen (Systemabgrenzung). Zu betrachtende sachliche Informationen müssen in einem funktionalen Zusammenhang mit dem zu entscheidenden Sachverhalt stehen. Die berücksichtigten Wertehaltungen sind diejenigen der verantwortlichen Entscheidungsträger, Planer und möglicher Betroffener.“[10,11]

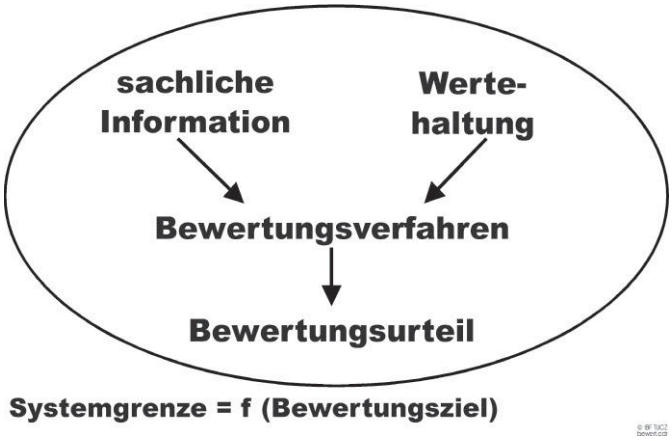


Abbildung 5: Definition der Bewertung (in Anlehnung an GIEGRICH); IBF Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikplanung; Quelle: URL: http://www.tu-chemnitz.de/mb/InstBF/ufa/bewert/define.htm [27.8.2010, 17:38]

Aus der Definition des Begriffs „Bewertung“ ist klar erkennbar, dass die bewertenden Personen über ausreichende Fach- und Sachkenntnis bezüglich der

[10] Giegrich, 1991; Ansätze zur Bewertung von Konzepten und Maßnahmen in der Abfallwirtschaft. Studie im Auftrag des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag.

[11] Giegrich, 1995; Die Bilanzbewertung in produktbezogenen Ökobilanzen. In: Schmidt, Mario; Schorb, Achim: Stoffstromanalysen in Ökobilanzen und Öko-Audits.

zu auditierenden Materie (z.B. Produkte, Dienstleistungen usw.), Erfahrung, Innovationskraft und Kreativität verfügen müssen.

2.2 Bewertungsverfahren

Die Formen der Instandhaltung der TGA können von Unternehmen zu Unternehmen erheblich variieren. Eine kostengetriebene nutzwertanalytische Veränderung der Instandhaltungsstrategie bedarf jedoch immer einer entsprechenden Bewertung von Alternativen.

Es bedarf einer Methodik, die eine Klassifizierung von Instandhaltungsstrategien technischer Anlagen in der Form ermöglicht, dass Umfänge der Veränderungen, unter Beachtung der Stellung von technischen Objekten in einem definierten Umfeld bewertet, und Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt werden.

Dabei ist ein technisches Objekt als eine abgrenzbare, technische Betrachtungseinheit, für die Instandhaltungsleistungen erbracht werden, zu verstehen. Technische Betrachtungseinheiten können z.B. Bauteile, Baugruppen, Komponenten, Maschinen, Anlagen, Gebäude usw. sein.

Die Palette an Bewertungswerkzeugen und Methoden ist sehr breit. Entsprechend dem Rahmen und den Zielen dieser Arbeit habe ich eine engere Auswahlliste angefertigt. Für jede der Methoden gibt es eine kurze einleitende Erklärung, die Nennung ähnlicher Methoden und einer Beschreibung der wesentlichen Eigenschaften welche bei der Auswahl der richtigen Methoden für die jeweiligen Aufgaben beachtet werden müssen.

Folgend eine Liste der ausgewählten Methoden:

2.1.1 Kosten-Nutzen-Analyse

- Analyse des Instandhaltungsgrads - Quantifizierung von Instandhaltungsbedarf und -kosten
- Strategiebewertung - Bewertung und Vergleich alternativer Strategien, z.B. intensivere Instandhaltung im Vergleich zum Ersatz von Geräten

Es können speziell auf die Unterstützung des Entscheidungsfindungsprozesses ausgelegte Methoden entwickelt werden. Eine Life Cycle Cost-Methode für die Berechnung von Lebenszykluskosten kann z.B. im Anfangsstadium eines Projekts

oder einer Machbarbarkeitsstudie sowie in der Entwurfsphase eines Projekts eingesetzt werden.

Kosten-Nutzen-Analysen und Lebenszykluskostenanalysen sind:

- Vergleich der Lebenszykluskosten auf Basis von mehreren ver-schiedenen Entwürfen zum Ersatz einer z.B. Kältemaschine usw.
- Rangordnung ausgewählter Komponenten (z.B. Kälteverdichtern usw.)
- Entwurfskompromisse zur Verminderung der Kosten eines kompletten Ersatzes von z.B. Kältemaschinen
- Vergleich zwischen Zukunftsszenarien zur optimalen Auswahl aus Austausch, Aufarbeitung und intensiverer Wartung von z.B. Kältemaschinen

Die Kosten-Nutzen-Analyse und die Lebenszykluskostenbetrachtung sind in erster Linie für Erstinvestitionsentscheidungen, aber auch für Entscheidungen im Bereich der Ersatzbeschaffung anwendbar.

2.1.2 Delphi-Methode

„Delphi ist eine sehr komplexe Gruppenmethode. Es handelt sich dabei um eine systematische Vorhersagemethode, welche sich auf die Meinungen unabhängiger Experten stützt. Die Bewertungsmatrix macht eine detaillierte Vorbereitung seitens des Leiters notwendig. In der Vorbereitungsphase müssen hierzu Experten sorgfältig ausgewählt und Fragebögen vorbereitet werden. Die Experten beantworten die vorbereiteten Fragebögen in mehreren Durchläufen. Nach jedem Durchgang gibt der Leiter eine anonyme Zusammenfassung der Expertenvorhersagen und die Gründe die sie dafür angegeben haben. In der nächsten Runde passen die Experten ihre Antworten unter Berücksichtigung der Zusammenfassungs-vorhersagen an. Das Ziel sich wiederholender Bewertungen ist es, die Anzahl an Antworten solange zu verringern, bis eine Gruppe die beste Antwort gefunden hat. Der Prozess wird nach einem vordefinierten Kriterium angehalten (z.B. Anzahl von Runden, wenn ein Konsens erzielt wurde, Stabilität von Resultaten), wobei die Mittelwerte der letzten Runde das Ergebnis festlegen. Die Qualität der Ergebnisse hängt hierbei von der Kompetenz der Experten und ihrer Kompatibilität ab.

Eine dem Delphi ähnliche Methode ist das Consensus mapping.“[12]

Diese Methode der Bewertung soll in Anlehnung an die Delphi Methode mit einem Durchgang als Ergänzung zu einem anderen Verfahren (Nutzwertanalyse) für die Auditierung durch Experten der in dieser Arbeit untersuchten „ergebnisorientierten Instandhaltung“ von Kältemaschinen eingesetzt werden.

2.1.3 SWOT-Analyse

„SWOT-Analyse steht für Strengths/ Weaknesses/ Opportunities/ Threats (Stärken/ Schwächen/ Gelegenheiten/ Gefahren) und ist eine der bekanntesten Methoden. Ihr Ziel ist es die Schlüsselprobleme und potenziellen Entwicklungswege zu identifizieren.

Diese Analyse stellt auch eine wichtiges Element in den Geschäftsplänen von KMUs dar. Sie hilft dabei die Schlüsselkräfte auf dem Markt zu identifizieren und den Einfluss den sie auf die strategische Entwicklung haben könnten. SWOT ist einfach einzusetzen und zu verstehen und kann entweder in Gruppen oder einzeln in sehr vielen verschiedenen Bereichen durchgeführt werden.“[13]

Abbildung 6: Matrix SWOT-Analyse; eigene Darstellung

[12] Quelle: URL: http://www.creativetrainer.eu/fileadmin/template/download/module_idea_evaluation_final_deutsch, Prof. Dr. Miroslav Rebernik Barbara Bradač; Modul 3: Ideenbewertungsmethoden und -techniken [28.8.10, 20:14]

[13] Quelle: URL: http://www.invent-net.de/downloads/ABC_WA-Brosch%FCre%20230707pdf.pdf [26.8.2010, 21:36]

Dieses Verfahren wird vornehmlich für Geschäftsbereiche eingesetzt, und ist deshalb für die grundsätzliche Bewertung von Ideen oder Strategien nicht besonders geeignet.

2.1.4 Wertanalyse

Um die Vor- und Nachteile einzelner Lösungsalternativen beurteilen zu können, beginnt das Wertanalysevorhaben mit einem Brainstorming bzw. einer Informationssammlung. Alle an der Diskussion Beteiligten stellen Fakten, Ideen, Vor- und Nachteile, die sich mit dem Problem und den Lösungsalternativen verbinden, zusammen. Dabei wird das Problem aus allen Blickwinkeln betrachtet. Es ist also erforderlich, dass die beteiligten Akteure gleichberechtigte Diskussionspartner sind, aus verschiedenen Tätigkeitsfeldern kommen (z.B. Nutzer, Hausmeister, TGA-Fachplanung, Facility Service Provider usw.) und unbedingt offen ihre Ideen und Meinung äußern können. Wertanalyse wird als Teamarbeit durchgeführt.

„Wertanalyse-Geschichte

Die Methode der Wertanalyse wurde 1948 in den USA von Lawrence D. Miles bei General Electric zum Zwecke der Verbesserung von Beschaffungsprozessen entwickelt und erfolgreich eingesetzt. Dabei wurde das Beschaffungsobjekt zuerst in seine Funktionen zergliedert. Die Kosten der einzelnen Funktionen wurden analysiert und über die Notwendigkeit der einzelnen Funktionen entschieden. Das Beschaffungsobjekt und seine realistischen Kosten ergaben sich dann aus der Summe der vom Kunden tatsächlich geforderten Funktionen und deren Kosten.“[14]

Diese Methode der Kostenoptimierung fand schnelle Verbreitung, und wurde in der Zwischenzeit zur Methode der Wertanalyse weiterentwickelt. Heute wird sie in weiteren Bereichen der betriebswirtschaftlichen Optimierung eingesetzt. Die bestimmenden Anwendungen liegen in der Funktions- und Kostenoptimierung von Produkten, Fertigungs- und FM/ FS-Prozessen.

Die Wertanalyse ist weiters ein wichtiges Instrument bei der markt- und kunden-orientierte Entwicklung von Innovationen wie z.B. Verfahren, Facility Services,

[14] Quelle: URL; http://www.invent-net.de/downloads/ABC_WA-Brosch%FCre%20230707pdf.pdf [26.8.2010, 21:26]

Instandhaltung, Produkte etc. In den letzten Jahren fand ein Wandel der Wertanalyse von einer "Kostensenkungsmethode" oder "Kostenvermeidungs-methode" zu einer Methode statt, die das "temporäre wirtschaftliche Optimum" zu entwickeln hilft.

Die Wertanalyse

Gemäß VDI 2800 Blatt 2 und DIN EN 12973 wird die Wertanalyse als organisierter kreativer Ansatz definiert, der einen funktionenorientierten und wirtschaftlichen Gestaltungsprozess mit dem Ziel der Wertsteigerung eines Produktes, eines Prozesses oder einer Dienstleistung zur Anwendung bringt. Das bedeutet nach Lawrence D. Miles, die Funktionen eines Produktes oder Prozesses zu den niedrigsten Kosten zu erstellen, ohne dass die erforderliche Qualität, Zuverlässigkeit oder Marktfähigkeit negativ beeinflusst wird. Damit steigt der Wert des Wirtschaftsguts.

Der Wert steht also im Verhältnis der Befriedigung von Bedürfnissen zu den eingesetzten Ressourcen. Es ist aber durchaus auch möglich, den Wert durch eine verbesserte Befriedigung der Bedürfnisse bei gleichzeitiger Steigerung des Ressourceneinsatzes zu erhöhen. Neben der Bewertung sind die beiden wichtigsten Schritte der Wertanalyse, die Funktions- und Kostenanalysen.

Funktionsanalyse

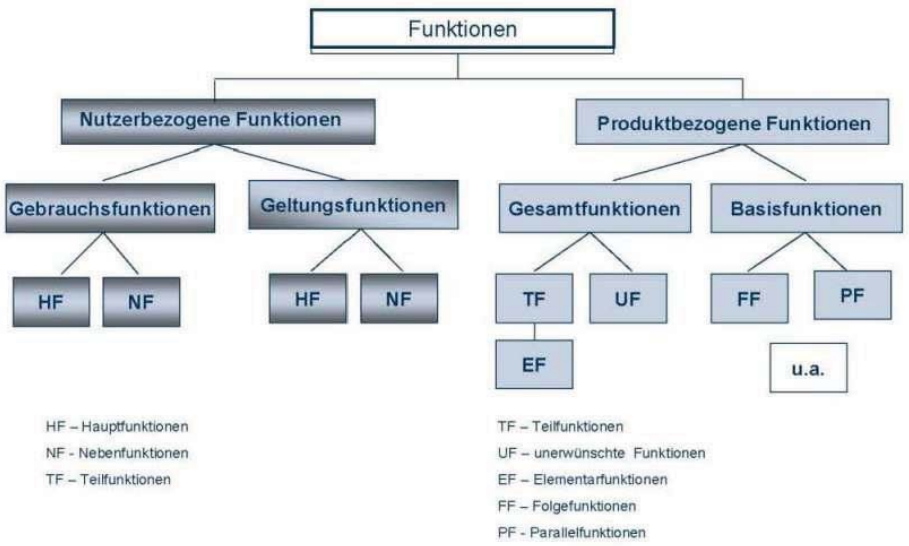


Abbildung 7: Funktionsanalyse, Quelle: URL: http://www.invent-net.de/downloads/ABC_WA-Brosch%FCre%20230707pdf.pdf [26.8.2010, 21:41]

Kostenanalyse

Nachfolgend wird die wertanalytische Kostenuntersuchung einer bau- und anlagentechnischen Gebäudesanierung abgebildet.

Es wird nicht die absolut kostengünstigste, sondern die Lösung mit dem höchsten Gewinn bzw. der größten Einsparung gesucht.

Kosten der Funktionsträger			Funktionen					
			Wärme zuführen		Wärmeverluste vermeiden		Temperatur regeln	
	%	Kosten	%	Kosten	%	Kosten	%	Kosten
Wandisolation	15	15.000	0	0	100	15.000	0	0
Fenster	24	25.000	20	5.000	70	17.500	10	2.500
Dachisolation Solarzelle	21	22.000	60	13.200	40	8.800	0	0
Heizkessel	17	18.000	80	14.400	0	0	20	3.600
Heizsystem	23	24.000	80	19.200	10	2.400	10	2.400
Total	**100**	**104.000**	**49,81**	**51.800**	**42,02**	**43.700**	**8,17**	**8.500**

Abbildung 8: Kostenanalyse, eigene Darstellung in Anlehnung an Quelle: URL: http://www.invent-net.de/downloads/ABC_WA-Brosch%FCre%20230707pdf.pdf [26.8.2010, 21:49]

Ein eindeutiges Ergebnis kann allerdings bei den sehr unterschiedlichen Interessensvertretern oft nicht erwartet werden.

An vielen Stellen ergibt sich eine Mittelwertbildung der Einzelbewertungen.

3 Methodik

3.1 FM und Nutzwertanalyse (Standard)

„Definition

Die Nutzwertanalyse ist ein nicht monetäres Bewertungsverfahren aus dem Bereich der Kostenrechnung. Mit ihrer Hilfe sollen nicht-monetäre Teilziele vergleichbar gemacht werden, um so eine Entscheidung zwischen mehreren Alternativen treffen zu können.“[15]

Ablauf

Eine Nutzwertanalyse kann für alle Mehrzielentscheidungen als Hilfestellung eingesetzt werden. Sie wird nach einem Ablaufschema durchgeführt:

- Ober- und Unterziele bestimmen und in einer Zielhierarchie sortieren
- Kriterien ableiten, die aus diesen Zielen hervorgehen
- Festlegung der KO-Kriterien und der Soll-Kriterien
- Gewichtung Soll-Kriterien (Wie wichtig ist dieses Kriterium zur Erreichung des Oberziels?)
- Punktebewertung (1 schlecht - 10 sehr gut) der Varianten für die jeweiligen Kriterien
- jeweilige Gewichtung des Kriteriums mit der Punktbewertung der Alternativen multiplizieren

Die Summe aller Multiplikationen einer Alternative ergeben das Endergebnis.

Die Alternative mit den meisten Punkten ist nach der subjektiven Bewertung der Kriterien die sinnvollste.

Wenn notwendig kann zur Überprüfung der Robustheit des Ergebnisses eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden, wobei die Gewichtung der Kriterien sinnvoll und aussagefördernd verändert wird.

[15] Quelle: URL: http://www.controllingportal.de/Fachinfo/Grundlagen/Die-Nutzwertanalyse.html, [26.8.2010, 14:27]

Beispiel

Ein Unternehmen möchte die Instandhaltung der TGA teilweise Outsourcen. Für die Entscheidungsfindung wurden mehrere unverbindliche Preisauskünfte von spezialisierten Facility Service-Providern eingeholt. Durch eine Vorprüfung wurde ein Angebot, das die geforderten Kriterien am besten erfüllt ausgewählt, und in einer Nutzwertanalyse den Eigenleistungen gegenübergestellt.

Anhang B (informativ): Beispiel zur Nutzwertanalyse

Kriterium	Gewichtung	Firma L & Co		selbst		Firma G	
		Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert
Verlässlichkeit	3	2	6	3	9	5	15
Qualität des Personals	3	3	9	4	12	4	12
Innovationsfähigkeit	1	1	1	0	0	4	4
Referenzen	1	2	2	4	4	5	5
Verfügbarkeit (24 Std., Urlaub, Krankenstand...)	2	4	8	3	6	4	8
Qualität der Reinigung, inkl. reports, Professionalität)	3	3	9	5	15	4	12
Vertrauen	3	3	9	4	12	3	9
			0		0		0
Gesamtnutzwert			**44**		**58**		**65**
Kosten/Preis		**2.500.000,00**		**6.000.000,00**		**4.000.000,00**	

Abbildung 9: Quelle: „Facility Management - Leitfaden zur Erstellung von Facility Management-Vereinbarungen für die Nutzungsphase eines Objektes“; ÖNORM A 7001, Ausgabe: 2003-01-01

3.2 IH und Nutzwertanalyse (erweitert)

In der ergebnisorientierten Instandhaltung hat sich neben der klassischen Wertanalyse und der Lebenszyklusbetrachtung (Anlagenkomponenten) vor allem die bekannte Standard-Nutzwertanalyse zur Entscheidungsfindung durchgesetzt.

Die Ö-Norm A 7001 definiert sie wie folgt:

„Die Nutzwertanalyse kann zur Auswahl der besten unter mehreren Entscheidungsalternativen herangezogen werden. Dazu sind folgende Schritte erforderlich:

- *Festlegung von Mindesterfordernissen ("KO-Kriterien") und Ausscheiden aller Alternativen, die diese Kriterien nicht erfüllen,*
- *Festlegung von Bewertungskriterien (meist 5 bis 7),*

– *Gewichtung der Bewertungskriterien (meist 1 bis 3 oder 1 bis 5 Punkte oder Prozentzahlen, das wichtigste Kriterium erhält die höchste Punkte- bzw. Prozentzahl),*
– *Bewertung der einzelnen Entscheidungsalternativen (meist 1 bis 3 oder 1 bis 5 Punkte, die beste Alternative erhält die höchste Punktezahl),*
– *Multiplikation der Bewertungen mit den Gewichtungen und Summierung der Werte zu einem gesamten Nutzwert je Alternative,*
– *Auswahl der besten Alternative auf Basis des definierten Kosten/Nutzen-Verhältnisses.*

Die Kosten der Alternativen können nun den errechneten Nutzwerten gegenübergestellt werden. Sie können jedoch auch als eines oder mehrere Kriterien eingearbeitet werden.“[16]

Die vor dargestellte und beschriebene, konventionelle Art der Nutzwertanalyse ist im Grunde ein betriebswirtschaftliches, jedoch nicht monetäres Punktebewertungs-Tool, das dem Verfasser für die hier gestellten Aufgaben nicht ausreichend aussagekräftig erscheint.

Eine hybride Form der Nutzwertanalyse wird die weichen Kriterien der erweiterten Nutzwertanalyse durch harte Fakten stärken, und die Kostendominanz adäquat berücksichtigen. Mit den derart gewonnenen Erkenntnissen sollen Entscheidungsfindungen einfacher und zielgerichtet getroffen werden können.

Deswegen wird in Kapitel 9 eine neue Form der Nutzwertanalyse mit integriertem, gewichteten und direkten Kostenansatz entwickelt, der den neuen innovativen Anforderungen der vorliegenden hypothesentestenden Forschungsarbeit entspricht.

[16] „Facility Management - Leitfaden zur Erstellung von Facility Management-Vereinbarungen für die Nutzungsphase eines Objektes“; ÖNORM A 7001, Ausgabe: 2003-01-01

4 Grundlagen

Für die Instandhaltung (Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung) von kältetechnischen Anlagen sind verschiedene europäische und nationale Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien maßgebend.

Dabei ist der Stufenbau der Rechtsordnung zu beachten.

4.1 Gesetze und Verordnungen

„Ein formelles Gesetz wird durch die Legislative erlassen, die Verordnung seitens der Administrative als Teil der Exekutive. Verordnungen stehen im Stufenbau der Rechtsordnung unterhalb der formellen Gesetze und dürfen das Gesetz deshalb nur präzisieren, nicht aber verändern.

Eine Verordnung ist eine von Organen der Verwaltung einseitig erlassene generelle Rechtsnorm, die sich an einen allgemeinen Personenkreis richtet. Vom formellen Gesetz unterscheidet sie sich durch den Erzeuger.“[17]

Gesetze werden vom Bund erlassen, und Verordnungen dazu können auch von den Ländern und Gemeinden herausgegeben werden.

Inhaltlich können Verordnungen nicht von Gesetzen unterschieden werden; das, was eine Verordnung regelt, könnte auch vom Gesetzgeber mittels Gesetz geregelt werden. Tatsächlich finden sich vereinzelt Verordnungen, die nachträglich zum Gesetz erhoben wurden (z.B. Verordnungen im Bereich des Arbeitnehmer-, Gesundheits- oder Umweltschutzrecht etc.).

Verfassungsrechtlich wichtigste Grundlage ist Artikel 18 Absatz 2 des Bundes-Verfassungsgesetzes (B-VG), wonach jede Verwaltungsbehörde auf Grund der Gesetze innerhalb ihres (sachlichen und örtlichen) Wirkungsbereiches Verordnungen erlassen darf.

Diese Regelung beinhaltet aber nicht nur die Pflicht der Behörde, nur innerhalb des gesetzlich abgesteckten Rahmens eine Verordnung zu erlassen, sondern bindet auch den (einfachen) Gesetzgeber, gesetzliche Regelungen inhaltlich hinreichend zu bestimmen.

---

[17] Quelle: URL: http://wapedia.mobi/de/Verordnung?p=1 [29.8.2010, 17:28]

4.1.1 Laws der Europäischen Union

Als für alle Mitgliedstaaten gültig werden primär folgende Veröffentlichungen zum Thema „Kälteanlagen“ festgestellt:

- Verordnung (EG) Nr. 842/2000 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über bestimmte fluorierte Treibhausgase (Auszug aus dem Amtsblatt der Europäischen Union, L164)
- Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.12.2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1516/2007 DER KOMMISSION vom 19. Dezember 2007 zur Festlegung der Standardanforderungen an die Kontrolle auf Dichtheit von ortsfesten Kälte- undKlimaanlagen sowie von Wärmepumpen, die bestimmte fluorierte Treibhausgase enthalten, gemäß der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1005/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. September 2009 über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen (Neufassung)

Entsprechend dem Stufenbau der europäischen Rechtsordnung gelten prioritär die Europäischen Gesetze, die innerhalb bestimmter Übergangsfristen in nationale Gesetze umgesetzt werden mussten.

Als erster konkreter Schritt auf Basis der EU-Gesetzgebung ist das Verbot des Verkaufs und der Verwendung von Neuware R22, R401A, R402A und R123 in Kraft getreten. Im Jahr 2006 ist, basierend auf der EU-Verordnung 2037/2000, die Chemikalien-Ozonschichtverordnung in Kraft getreten, die unter anderem den Ausstieg von ozonabbauenden Stoffen festlegt.

Nun liegt die Neufassung 1005/2009 vor. Bedeutung haben diese Verordnungen vor allem für die noch verbleibenden Kälte- und Klimaanlagen mit dem Kältemittel R 22 bzw. Drop-In-Kältemittel mit R22-Anteil (z.B. R402A) haben.

Zur Instandhaltung und Wartung bereits existierender Kälte- und Klimaanlagen ist die Verwendung von wiederaufbereitetem R22 und R402A noch bis zum 31. Dezember 2014 erlaubt.

4.1.2 Nationale Rechtsgrundlage

Die nationale rechtliche Grundlage für die periodische Inspektion[18] von Kälteanlagen ist durch die Kälteanlagenverordnung und das Kesselgesetz gegeben. Diese beinhalten einerseits die Abnahmeprüfung bei Inbetriebnahme der kältetechnischen Anlagen, und andererseits auch die periodisch Wiederkehrenden Prüfungen.

- DKV und zusätzlich Kälteanlagen-VO BGBl. 305/1969 idgF. (bereits in Verwendung stehende (alte) Arbeitsmittel)
- Kesselgesetz BGBl. 211/1992, DGVO BGBl. 426/1999 (neue Arbeitsmittel obligatorische Stichtage und Übergangsperiode)
- Kesselgesetz BGBl. 211/1992, Kälteanlagen-VO idgF., DGÜW-V, DBAV (alte und neue Arbeitsmittel)
- Gewerbeordnung 1994, wiederkehrende Prüfungen gemäß § 82b
- 420. Verordnung vom 4.11.2004 DGÜW-V
- (EG) Nr. 2037/2000
- (EG) Nr. 842/2006
- 368. Verordnung vom 13.10.1998 ASTV
- 352. Verordnung vom 27.09.2002 ASTV
- (EG) Nr. 1494/2007 vom 17.12.2007

Abbildung 10: Gesetzte und Verordnung - Prüfpflichten[19]

[18] Quelle: Kundeninformation des TÜV Austria „Gesetzliche und andere Prüfpflichten“, Ausgabe 1- 07
[19] Quelle: TÜV 2007 [TÜV Austria]

Für die operative Umsetzung der relevanten Gesetze sind bereits bestehende „Prüf- und Anlagenbücher“ verfügbar, die jedoch im Zuge der Umsetzung der Europäischen Gesetze und Verordnungen bzw. der sich daraus ergebenden Neuausrichtung der Prüfungsmodalitäten und des Prüfumfanges neu definiert werden. Im Zuge einer Inspektion muss neben allen technischen Erfordernissen an die Kälteanlage auch die „Legal Compliance“ geprüft und bestätigt werden.

4.2 Normen und Richtlinien

„Definition

ÖNORMEN, ISO, DIN und andere – sind Regeln, Leitlinien bzw. Merkmale für Tätigkeiten oder deren Ergebnisse (z.B. Produkte), die für eine allgemeine und wiederkehrende Anwendung festgelegt wurden. Sie basieren auf gesicherten Ergebnissen von Wissenschaft, Technik und Erfahrung und zielen auf die Förderung optimaler Vorteile für die Gesellschaft ab.

Normen regeln beispielsweise:

- *Anforderungen an Produkte, um Gebrauchstauglichkeit, Kompatibilität, Sicherheit und Gesundheitsschutz zu gewährleisten*
- *Verfahren und Abläufe, z.B. über die fachgerechte Ausführung von Handwerkerarbeiten oder die Vergabe von Aufträgen, Anforderungen an Managementsysteme (z.B. Qualität, Umwelt)*
- *Prüfmethoden und Messverfahren, um so die Einhaltung von Grenzwerten oder Anforderungen nachweisen zu können*
- *Begriffe, um mit Hilfe einer einheitlichen Terminologie die Verständigung zu erleichtern*

Grundsätzlich sind Normen qualifizierte Empfehlungen, d.h. die Anwendung von Normen erfolgt auf freiwilliger Basis. In besonderen Fällen kann der Gesetzgeber (Bund oder Bundesländer) Normen oder Teile davon durch Gesetz oder Verordnung für verbindlich erklären. Dann ist die Einhaltung dieser Normen verpflichtend. Normen können auch zwischen Geschäftspartnerinnen/Geschäftspartnern vertraglich fixiert werden. Die Nichteinhaltung wäre dann eine Vertragsverletzung.

Hinweis: *Normen werden von jenen gemacht, die sie benötigen: von Organisationen, Unternehmen, Wirtschaftszweigen oder Berufen, die für ein*

bestimmtes Thema eine allgemein gültige und anerkannte Regelung brauchen und diese dann gemeinsam im Konsens entwickeln.“[20]

Weitere Folgen einer Normung sind Rationalisierung, Kompatibilität, Gebrauchstauglichkeit und Sicherheit bei der Verwendung von Produkten und Dienstleistungen. Die Normung stellt ein klassisches industriepolitisches Feld dar, das für das tägliche Leben und die Funktionsfähigkeit unserer Wirtschaft von großer Bedeutung ist. Bezogen auf die Wirtschaft unterstützen Normung und Standardisierung insbesondere die Freizügigkeit der Märkte und die Innovationsfähigkeit der Unternehmen.

Die im Normungsverfahren erstellten Regeln dienen zusätzlich einer allgemeinen Information über den Stand der Technik des jeweiligen Gegenstandes oder Fachgebietes. Wer Normen anwendet, folgt Empfehlungen, die von Kreisen der Fachwelt aufgestellt wurden. Ihr Zustandekommen und ihre Anwendung qualifiziert sie als anerkannte Regeln der Technik bzw. den „Stand der Technik[21]“.

Das Ziel der europäischen Normung ist die Harmonisierung der nationalen Normen in den Mitgliedsländern durch einheitliche Einführung von Europäischen Normen. Durch die europäische Normung sollen Handelshemmnisse abgebaut werden und gleiche Rahmen- und Wettbewerbsbedingungen für den europäischen Binnenmarkt geschaffen werden.

4.2.1 Codes der Europäischen Union

Seit dem Inkrafttreten der Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.12.2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden sind im Bereich „Kältetechnik“ folgende europäischen Normen maßgebend,

- EN 15240; Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinie für die Inspektion von Klimaanlagen (Ausgabe: 2008-07-01)
- EN 378-1, Ausgabe: 2008-06 Kälteanlagen und Wärmepumpen; Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen
  Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien; Deutsche Fassung EN 378-1:2008

[20] Quelle: URL: http://www.help.gv.at/Content.Node/288/Seite.2880100.html [29.8.2010, 23:44]
[21] Vgl. Saria, 2007, S. 34

- Normentwurf EN 378-1/A1, Ausgabe: 2008-07 Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien; Deutsche Fassung EN 378-1/prA1:2008

- EN 378-2, Ausgabe: 2008-06 Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation; Deutsche Fassung EN 378-2:2008

- EN 378-3, Ausgabe: 2008-06 Teil 3: Aufstellungsort und Schutz von Personen; Deutsche Fassung EN 378-3:2008

- EN 378-4, Ausgabe: 2008-06 Teil 4: Betrieb, Instandhaltung, Instandsetzung und Rückgewinnung; Deutsche Fassung EN 378-4:2008

und sind für alle Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft gültig und verbindlich. Die vorstehende Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

4.2.2 Nationale Regelwerke

Die Recherchen und Ermittlungen des Autors ergaben den Nachweis folgender aktueller sowie hier relevanter nationaler Normen und Richtlinien für den Bereich Kälte- und Wärmepumpentechnik (kein Vollständigkeitsanspruch).

- ÖNORM M 7755, Teil 1 bis 3 je vom 01.09.2000ÖNORM M 7761 vom 01.04.1984, Elektrisch angetriebene Wärmepumpen : Teil1 bis Teil 4, Allgemeine Anforderungen bei Planung und Errichtung von Wärmepumpen- und Heizungsanlagen

- ÖNORM EN 13771, Teil 1 und 2 vom 01.07.2003 und 01.11.2007, Kältemittel-Verdichter und Verflüssigungssätze für die Kälteanwendung, Leistungsprüfung und Prüfverfahren

- ÖNORM EN 378 Teil 2 bis 4 vom 01.06.2008, Kälteanlagen und Wärmepumpen, Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen

- Entwurf zur ÖNORM EN 378 Teil 1 vom Juni 2008, Kälteanlagen und Wärmepumpen, Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen

- Entwurf zur ÖNORM EN 378 Teil 2 vom 01.01.2009, Kälteanlagen und Wärmepumpen, Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen

- ÖNORM EN 15240 vom 01.08.2007, Lüftung von Gebäuden – Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Leitlinie für die Inspektion von Klimaanlagen
- VORNORM ÖNORM H 5058 vom 01.08.2007, Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Kühlenergiebedarf
- NORMENENTWURF ÖNORM H 5055 vom 01.10.2007, Energieausweis für Gebäude

4.3 Strategien und Instandhaltung von Kälteanlagen

Instandhaltungsstrategien sind Regeln, die angeben, zu welchen Zeitpunkten welche Aktionen an den betreuten Facilities vorgenommen werden sollen.

Dabei ist eine optimale Mischung aus präventiver Instandhaltung (periodisch geplant, zustandsorientiert oder vorausbestimmt) einzuplanen, und sonst Ausfallbehebung (korrektive IH) durchzuführen.

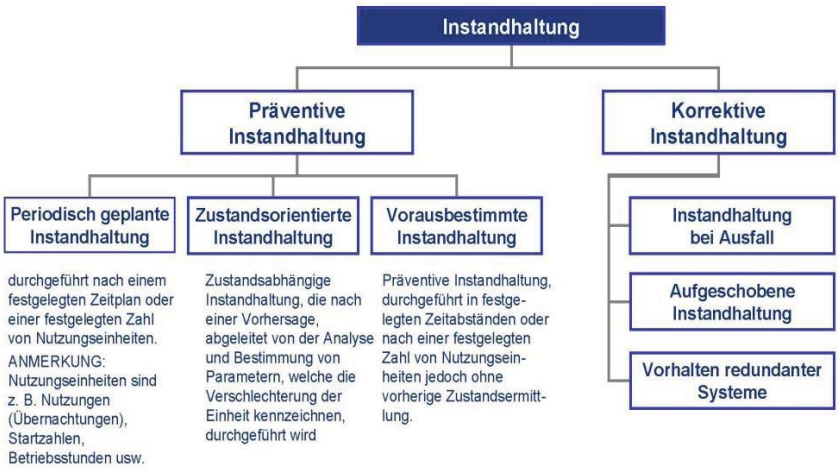


Abbildung 11: Quelle: ÖNORM prEM 13306; (Ausgabe: 2008-12-15), Begriffe in der IH und Strategien

Abgesehen von den unterstützenden Prozessen der Instandhaltung gibt es grundlegende Strategien[22] der Instandhaltung, die individuell gewerk- und/ oder anlagenbezogen angewendet werden können. Sie sind nachfolgend umfassend dargestellt.

[22] Vgl. ÖNORM prEN 13306. (Ausgabe: 2008-12-15). Begriffe in der IH und Strategien

4.4 Präventive Instandhaltung

4.4.1 Periodisch geplante Instandhaltung

- **Zeitplangesteuerte präventive Instandhaltung**

Hierbei werden feste Zeitintervalle definiert, in denen Inspektions- und Wartungsmaßnahmen erfolgen.

Typische Intervalle im FM: jährliche Wartungen, monatliche Inspektionen

Vorteile:

Maßnahmen können vertraglich eindeutig mit dem Dienstleister festgelegt werden.

Der Dienstleister kann Termine planmäßig wahrnehmen.

Empfehlungen von Herstellern und Anlagenbauern können einfach umgesetzt werden.

Einschränkungen und Voraussetzungen:

Die Zweckmäßigkeit der Wartungsintervalle ist oftmals nicht praxisgerecht und kann erst im Laufe mehrerer Jahre durch Abgleich der Häufigkeit von Störungen und Reparaturen optimiert werden, die zwischen den planmäßigen Maßnahmen eventuell auftreten.

Treten keinerlei Probleme zwischen den planmäßigen Terminen auf, sollte eine Streckung der Intervalle sachverständig geprüft werden.

Die planmäßige Instandhaltung bietet keine Gewähr dafür, dass tatsächlich diejenigen Komponenten regelmäßig überprüft werden, die zu Störungen führen können. Dieses hängt in starkem Maße vom vorhandenen IH-Betreiberwissen ab.

- **Nutzungsabhängige vorbeugende Instandhaltung**

Diese Variante ist ähnlich der zeitplanmäßigen, präventiven Instandhaltung. Hierbei werden feste Zeitintervalle durch Parameter der Betriebsdatenerfassung ersetzt, die im Regelfall über die Gebäudeleittechnik ermittelt werden.

Typisches Beispiel hierfür sind Grenzwerte der Betriebsstunden, zB. Inspektion und Wartung nach 1500 h. In Betracht kommen hier aber auch solche Parameter wie die Anzahl der Schaltspiele, d.h. Häufigkeit eines Ein- und Ausschaltvorganges, z.B. bei Kälteverdichtern usw.

Vorteile:

Überflüssige Wartungen werden vermieden (Kostenreduktion).

Mit Instandhaltungs- bzw. CAFM-Tools kann anhand der aktuellen Betriebsstunden eine Hochrechnung auf die zu erwartende Fälligkeit erfolgen.

Einschränkungen und Voraussetzungen:

Die Maßnahmen müssen unabhängig von der zustandsorientierten IH als Wartungsleistungen vorgeplant werden, um eine Basis zu schaffen, die unabhängig von der Erfassung der Betriebsdaten greifen kann.

Die Erfassung und Verarbeitung der Betriebsstunden erfordert eine technische Schnittstelle von einem GLT-System zu der Instandhaltungs- und CAFM-Software und der entsprechenden Funktionalität zur beschriebenen Verarbeitung der Betriebsstunden.

4.4.2 Zustandsorientierte Instandhaltung

Hierbei werden keine festen Zeitintervalle definiert, sondern Abnutzungsgrenzen von erfolgskritischen Bauteilen für Maßnahmen der „Instandsetzung vor Störung". Dieses kann durch permanente oder anlassbezogene Messverfahren[23] erfolgen.

Diese Form der Instandhaltung wird auch als vorausbestimmte Instandhaltung bezeichnet.

Aus den Messungen bestimmter Betriebsparameter des Instandhaltungsobjektes wird ein Instandhaltungskonzept abgeleitet. Mit der Messung werden definierte physikalische Zustände wie Abnutzung, Verschleiß oder Verbrauch ermittelt. Nach der Inspektion wird aufgrund des vorgefundenen Zustandes eine Prognose hinsichtlich des Erreichens der Abnutzungsgrenze abgegeben.

Permanente Messverfahren

Als typisches Beispiel für permanente Messverfahren ist die Erfassung von Differenzdrücken mit einem GLT-System und das damit initiierte Auswechseln von Filtern zu bezeichnen. Damit wird auch eine Schwachstellenanalyse von gebäudetechnischen Systemen möglich.

---

[23] Vgl. Schenk, 2010, S. 30

Vorteil:

Die Wartungsmaßnahme erfolgt erst bei tatsächlichem Bedarf aufgrund eines definierten physikalischen Zustandes, mit dem Abnutzung, Verschleiß oder Verbrauch angezeigt werden.

Nach DIN 31051[24] wird der Abnutzungsvorrat als „Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, der einer Betrachtungseinheit aufgrund der Herstellung, Instandsetzung oder Verbesserung innewohnt verstanden.

Dieser Abnutzungsvorrat wird durch Beanspruchung bzw. durch die Benutzung der Anlage vermindert. Das Sinken des Abnutzungsvorrats kann durch Wartung verlangsamt werden und durch eine Instandsetzung wieder angehoben werden.

Nähert sich der Abnutzungsvorrat[25] der Abnutzungsgrenze, so ist ein Ausfall der Anlage zu erwarten.

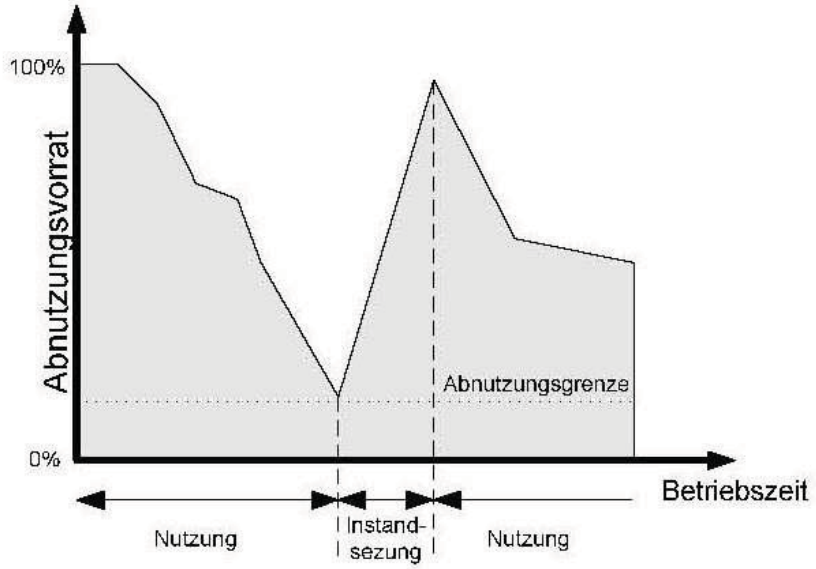


Abbildung 12: Quelle: Luering, A.: Qualitative Aspekte und quantitative Modelle der Instandhaltung: Dargestellt am Beispiel der Salzgitter AG – Stahl. Josef Eul Verlag, 2001;S.11

[24] siehe DIN 31051; Grundlagen der Instandhaltung, S. 5

[25] Vgl. Luering, 2001; S.11

Einschränkungen und Voraussetzungen:

Solche Maßnahmen sind zwar planbar, werden aber nicht planmäßig durchgeführt. Es können sich in manchen Fällen höhere logistische Anforderungen ergeben, z.B. durch Vorhaltung von Austauschfiltern, die kurzfristiger als bei der periodisch geplanten Instandhaltung verfügbar sein müssen.

Die Maßnahmen sollten unabhängig von der zustandsabhängigen Wartung auch als periodische Wartung vorgeplant werden. Damit wäre bei einer geringen Anlagennutzung auch eine Basis vorhanden, die unabhängig von der Erfassung der Betriebsdaten greifen kann (z.B. normative Vorgaben gemäß EN 13799 und VDI 6022, Erneuerungszeitraum für nur schwach belastete Luftfilter usw.).

4.4.3 Vorausbestimmte Instandhaltung

Hierbei werden Indikatoren herangezogen, die einen absehbaren Ausfall oder erhöhte Ausfallrisiken erkennen lassen. Diese führen zur präventiven Instandhaltung nach Ausfall einer Referenzkomponente, wie z.B. Wechsel einer Gruppe von Leuchtstofflampen nach einzelnem Ausfall und bei (annähernd) gleicher Nutzungsdauer, Austausch von Verdichtern bei Kälteanlagen - eventuell gegen ein anderes Fabrikat und/oder Type nach wiederholtem Ausfall gleichartiger Komponenten bei ähnlicher Nutzung.

Vorteilhaft ist diese Methode dann, wenn der Verzicht auf periodische Überprüfungen bei wartungsfreien Komponenten in Verbindung mit einem Komponententausch bei absehbarem Lebensende den Gesamtaufwand einschließlich von ansonsten erforderlichen ungeplanten, ausfallbedingten Maßnahmen minimieren kann.

Weitere Vorteile:

- Terminplanung möglich
- Dokumentation in Arbeitsplänen
- geringe Fehlerrate
- gleichmäßige Personalauslastung
- Sicherung einer definierten Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit
- geringe Ausfall- und Ausfallfolgekosten sowie -zeiten
- erleichterte Ersatzteilbewirtschaftung
- externe Beauftragung möglich

Einschränkungen und Voraussetzungen:

- Praktikabel nur mit Erfahrungswissen, das beim Betreiber vorhanden sein muss
- Abnutzungsvorrat wird nur teilweise ausgenutzt
- Höherer Ersatzteilbedarf
- Daten über das Ausfallverhalten müssen über Instandhaltungshistorie bekannt sein
- Vermeidung von Kosten durch Ausfälle bei Nutzerprozessen erfordert höhere Instandhaltungskosten

Einsatzgebiete:

- Objekte mit hoher Sicherheits-, Zuverlässigkeits- oder Verfügbarkeitsrelevanz
- Objekte mit gravierender Folgekostenrelevanz
- Objekte mit nahezu bekanntem Abnutzungsverhalten, bei denen die Zustandsermittlung zu aufwendig oder nicht möglich ist
- Objekte mit nahezu bekannter objektspezifischer Belastung und Nutzungszeit

4.5 Korrektive Instandhaltung

Allgemeines

Hierbei wird auf eine präventive Instandhaltung weitestgehend verzichtet. Erst nach einer Funktionsstörung oder einem Ausfall von Anlagen bzw. deren Komponenten werden Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes eingeleitet.

Es handelt sich dabei um eine Feuerwehrstrategie (Crash-Wartung) aufgrund einer Risikoanalyse der Folgeschäden.

Vorteile:

- volle Nutzung des Abnutzungsvorrats (AV)
- geringer bzw. kein Planungs- und Managementaufwand
- langfristige Schwachstellenanalysen für gezielte Gegenstrategien, um die Ausfallhäufigkeit mit minimalem Wartungsaufwand zu reduzieren

Einschränkungen und Voraussetzungen:

Diese Methode ist nicht anwendbar bei Anlagen, wo eine hohe Verfügbarkeit gefordert ist. Die Werterhaltung der Anlagen kann dabei meistens nicht gewährleistet werden. Diese Strategie ist an eine konsequente, langjährige Nutzung von Instandhaltungs- bzw. CAFM-Tools mit möglicher Dokumentation und Analyse der Störungshäufigkeiten und Funktionalitäten für Schwachstellenanalysen gebunden.

Einsatzobjekte:

- Objekte ohne Sicherheits-, Verfügbarkeits- oder Zuverlässigkeitsrelevanz
- Objekte ohne gravierende Folgekostenrelevanz
- Objekte mit unbekanntem Abnutzungsverhalten
- Objekte deren Zustand nicht feststellbar ist
- unkritische oder redundante Objekte

Redundante Systeme

Redundante Systeme finden sich in der technischen Gebäudeausrüstung in den Bereichen, in denen eine hohe Versorgungssicherheit und/oder ein hohe Ausfallfolgeschäden zu erwarten sind.

Beispiele aus der Haustechnik:

- Doppelpumpen in der Wasserversorgung
- Kältemaschinen mit zwei getrennten Kältekreisen oder zwei Verdichtern
- Notstromaggregate
- USV-Anlagen für Rechenzentren

Einfache und robuste Konstruktionen haben sich in der Praxis erfahrungsgemäß gut bewährt.

4.6 Instandhaltung

Zu den Themen Wartung und Inspektion von Kälteanlagen wurde vom Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. folgendes VDMA-Einheitsblatt herausgegeben:

- Blatt 3: Kältetechnische Geräte und Anlagen zu Kühl- und Heizzwecken

Instandhaltung[1]		
Bestandteile		
Wartung	Inspektion	Instandsetzung
Ziele		
Bewahrung des Sollzustandes	Feststellung und Beurteilung des Istzustandes	Wiederherstellung des Sollzustandes
Einzelmaßnahmen		
Prüfen Nachstellen Auswechseln Ergänzen Schmieren Konservieren Reinigen Funktionsprüfung	Prüfen Messen Beurteilen Ableiten von Konsequenzen	Ausbessern Austauschen Funktionsprüfung
Ausführendes Fachpersonal[2]		
Fachmonteur Meister Techniker[3]	Ingenieur Meister Techniker	Fachmonteur Meister Techniker

Abbildung 13: Abgrenzungen der Tätigkeiten im Rahmen der Instandhaltung nach VDMA 24186

Definitorisch unterscheiden die VDMA-Einheitsblätter zwischen den Themen Wartung, Inspektion und Instandsetzung. Jedoch werden die „Prüfung“ und die „Funktionsprüfung“ als Bestandteil der Wartung gesehen. Mit der „Inspektion“ wird eher eine systemübergreifende Prüfung verbunden, mit der nach Abbildung 13 auch höhere Qualifikationsvoraussetzungen verbunden sind.

4.7 HARMONAC

Das europäische Projekt HARMONAC basiert auf der Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.12.2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.

Für die konkrete Umsetzung der europaweiten Kampagne wurde die EN Norm 15240 geschaffen. Mit der Veröffentlichung der Ergebnisse dieses EU-Programmes ist laut Information von Frau Mag.[a] (FH) Christina Spitzbart[26] von der AEA bis Ende 2010 zu rechnen.

4.7.1 Europäische Klimaschutzstrategie

Die Umsetzung der Europäischen Klimaschutzstrategie erfolgt gemäß:

[26] Quelle: Christina Spitzbart, 05/02/2010, AEA, Workshop HARMONAC

„Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.

Inspektion von Klimaanlagen - Artikel 9

Zur Senkung des Energieverbrauchs und zur Begrenzung der Kohlendioxid-emissionen treffen die Mitgliedstaaten die erforderlichen Maßnahmen, um die regelmäßige Inspektion von Klimaanlagen mit einer Nennleistung von mehr als 12 kW zu gewährleisten. Diese Inspektion umfasst eine Prüfung des Wirkungsgrads der Anlage und der Anlagendimensionierung im Verhältnis zum Kühlbedarf des Gebäudes. Die Nutzer erhalten geeignete Ratschläge für mögliche Verbesserungen oder für den Austausch der Klimaanlage und für Alternativlösungen."

4.7.2 Umsetzung von Artikel 9 in Österreich

Die zeitliche Abfolge der Implementierung und Umsetzung stellt sich wie folgt dar.

- 1. Jänner 2009 (laut Gebäuderichtlinie/EPDB)
- Implementierung durch die Länder
- Grundlage ist die ÖNORM EN 15240

4.7.3 ÖNORM EN 15240

Die aktuelle ÖNORM EN 15240 (Ausgabe: 2008-07-01) gilt als Basis für die nationale Umsetzung der regelmäßigen Inspektionen.

- Lüftung von Gebäuden - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Leitlinien für die Inspektion von Klimaanlagen
  - Vorinspektion und Zusammenstellen der Dokumente
  - Methode für die Inspektion
  - Ratschläge für Alternativlösungen und Verbesserungen
  - Anhänge
    - Beispiele für die Bezeichnung der Teilsysteme von Klimaanlagen
    - Beispiele für Inspektionsklassen von Klimaanlagen
    - Aspekte, die die Inspektionshäufigkeit und -dauer beeinflussen (Standardwert 5 Jahre)
    - Checkliste Vorinspektion
    - Empfehlungen zum Inspektionsumfang
    - Beispiele für Checklisten zur Angabe von Beobachtungen und geeigneter Maßnahmen oder Ratschläge

- Beispiele für den Inhalt des Inspektionsberichts, Energieauswirkungen der Klimatisierung, Begründung Inspektion und Verbesserungen

4.7.4 Übersicht Implementierung Länder und Intervalle

Entsprechend dem Stufenbau der hier zuständigen EU-Gesetzgebung können der Bund bzw. die Länder per Verordnung andere, jedoch lediglich kürzere bzw. verschärfte Intervalle festlegen.

BGL	Burgenländisches Luftreinhalte-, Heizungsanlagen- und Klimaanlagengesetz 2008, § 19b	alle 3 Jahre
KTN	Kärntner Bauvorschriften K-BV, § 144	alle 3 und 12 Jahre
NÖ	NÖ Bauordnung 1996, § 34b, 34c	alle 10 Jahre
OÖ	OÖ Luftreinhalte- und Energietechnikgesetz 2002, § 31a	12 - 50 kW: alle 3 Jahre > 50 kW: jährlich
SBG	Baupolizeigesetz 1997, § 19c	alle 5 Jahre
STMK	Steiermärkisches Baugesetz, § 63a	alle 1, 3 und 12 Jahre
Tirol	nicht festgelegt	nicht festgelegt
VBG	Verordnung der Landesregierung über die technischen Erfordernisse von Bauwerken, § 46	alle 3 Jahre
Wien	Gesetz über die Feuerpolizei, Luftreinhaltung und die Überprüfung von Klimaanlagen in Wien (WFLKG), § 14a	alle 3 und 12 Jahre

Tabelle 1: Übersicht Implementierung und Intervalle[27]

4.7.5 Fachleute zur Durchführung

Anforderungsprofil der durchführenden Experten und Organe.

- unabhängig und qualifiziert
- Burgenland: besonders ausgebildete Überprüfungsorgane
- Kärnten, NÖ, OÖ, Steiermark, Wien
  - akkreditierte Prüfstellen
  - Anstalten des Bundes oder eines Bundeslandes
  - Ziviltechniker und technische Büros - Ingenieurbüros mit Befugnis
  - Personen, die nach den gewerberechtlichen Vorschriften zur Planung, Errichtung, Änderung, Instandhaltung oder Überprüfung von Klimaanlagen mit einer Kälteleistung > 12 kW befugt sind, im Rahmen ihrer Befugnisse

[27] eigene Darstellung in Anlehnung an AEA

4.7.6 Prüfergebnisse und Befunde

Form der Dokumentation, Vorgangsweise bei Mängeln und Aufbewahrungspflicht.

- Müssen vom Anlagenbetreiber bis zum Ende der Lebenszeit der Anlage aufbewahrt werden, für die Behörde einsehbar
- Verordnungen mit Musterberichten, Mindestanforderungen, etc. werden erwartet (Burgenland, Kärnten)
- Kärnten: bei Mängeln an der Anlage wird der Bericht an die Behörde übermittelt
- Salzburg: Übermittlung von Daten des Prüfberichts and die Landesregierung durch den Aussteller und automationsunterstütze Verwendung (Statistiken, etc.)
- Steiermark: Übermittlung des Prüfberichts an die Behörde, Mängel müssen unverzüglich behoben werden

4.7.7 Kosten

Die Kosten für eine normgemäße Inspektion sind behördlich festgelegt.

- Überprüfungsentgeltverordnung Wien
  - Kosten dürfen die Richtwerte in der VO nicht überschreiten
  - Beispiele
    - 1 Innengerät: € 107,--
    - 1 Außeneinheit: € 77,--
    - Prüfbefund: € 14,--

4.7.8 Nationale Erfahrungen mit HARMONAC

Die Abwicklung der regelmäßigen Inspektionen gemäß Gebäuderichtlinie (EPBD) wurde im Vorfeld getestet. Die festgestellten Problemzonen und das Verbesserungspotential wurden von EUR-Ing. Christian Holzinger[28] in seinem Bericht „Leitfaden - Erfahrungen - Praxistauglichkeit“ ausführlich dargestellt.

- HARMONAC Feldversuche
- Leitfaden - Erfahrungen - Praxistauglichkeit am Beispiel Wien (TB Holzinger)
- Test HARMONAC Leitfaden (basierend auf EN 15240 und CIBSE TM 44) in der Steiermark

[28] Vgl. Holzinger, 2010, S. 1ff

4.8 Internationale Erfahrungen mit HARMONAC

Die internationalen Aktivitäten der EU-Mitgliedstaaten werden von CIBSE[29] koordiniert, dokumentiert und publiziert.

Als vorläufig, jedoch optimistisch stimmende Vorergebnisse wurden im HARMONAC Newsletter, Issue 4 vom Juni 2010 folgende Zahlen und Daten publiziert.

"Most common and largest savings to date

The most common and largest potential savings identifed to date are shown in Table 5. These savings represent the maximum savings that have been found for each inspection item, either from research work or from the Field Trials and Case Studies. They are only indicative at the moment until the harmonAC project has completed suffcient studies to either support or question some of the savings shown. It should also be noted that each item is considered in isolation and that the savings are not additive. It is hoped that commonly occurring combinations of measures might have their cumulative effect identifed as well.

Short description	Savings
Description of method of control of temperature (system type)	up to 60 %
Method of control of periods of operation (time clocks, etc.)	up to 50 %
Compare AC usage with expected hours or energy use	up to 50 %
Occupancy schedules per zone	up to 50 %
Check type, rationg and operation of distribution fans and pumps	up to 50 %
Note the set on and off periods	up to 50 %
Monitoring to continually observe performance of AC systems	10 - 20 %
Design cooling load for each system	4 - 13 %
Compare size with imposed cooling loads	4 - 13 %
Monthly schedule exceptions per zone	up to 10 % each month

Tabelle 2: *Table 5: Most common and largest savings identifed to date*

From Table 5 it can be seen that potentially a large amount of this data could be collected without ever visiting the site (those elements highlighted in yellow). It can also be seen that the majority of the large savings identifed so far are primarily to do with control of the system, choice of system type and choice of system components. It is also anticipated that further signifcant savings will be associated with a regular maintenance regime. These will be demonstrated by comparison of poorly maintained systems with regularly maintained systems."[30]

[29] Quelle: URL: http://www.cibse.org/; Chartered Institution Building Service Engineers; [17.6.2010, 19:27]

[30] Quelle: HARMONAC Newsletter, Issue 4 vom Juni 2010

5 Datenerfassung Realanalyse

5.1 Systematisierung der Befragungen

Die Qualität und Performance des Betriebes von Kältemaschinen wird hier in den folgenden Kapiteln aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht durch folgende Parameter als Einzeldaten und optimal in ausgesuchten Kombinationen dargestellt.

- Erforderlicher Verdampfungsdruck- und -temperatur (bedingt durch das Kühlsystem, Auslegung Luftkühler etc.)
- Realer Verdampfungsdruck- und -temperatur
- Erforderlicher Kondensationsdruck- und -temperatur (bedingt durch das Rückkühl- bzw. das Heizsystem)
- Realer Kondensationsdruck- und -temperatur
- Kalt- und Kühlwasser, Vorlauf- und Rücklauftemperaturen
- COP
- Mittlere jährliche Betriebsstunden (Dimensionierung/ Auslastung)
- Anzahl der jährlichen Störfälle
- Ursachen der Anlagenausfälle
- Periodische Inspektionskosten
- Jährliche Kosten für gesetzlich bestimmte wiederkehrende Prüfungen gem. KAV § 22
- Jährliche Wartungskosten
- Jährliche Instandsetzungskosten
- Jährliche Unterhaltskosten (Summe: Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungskosten)

5.2 Modell und Fragebogen

Für die Modellierung der Datenerhebung generiert der Verfasser Mangels verfügbarem Standard den Fragebogen entsprechend seinem langjährigen persönlichen sowie theoretischen und praktischen Erfahrungswissen aus der Tätigkeit als Anlagenplaner und Sachverständiger für kältetechnische Anlagen selbst.

Sämtliche aus Sicht des Autors untersuchungsrelevanten Parameter wurden in einer strukturierten übersichtlichen digitalen Tabelle gelistet und für die

Dateneinpflege durch die Betreiber bzw. deren technischem Personal (Technische Leiter, Ingenieure, Haustechniker usw.) vorbereitet.

Die Fragebogen wurden per E-Mail an vorgängig ausgesuchte und telefonisch kontaktierte Anlagenbetreiber versandt.

Als Bearbeitungszeitraum für die Dateneinpflege und Rücksendung der befüllten Fragebogen wurden rund 3 Monate vereinbart, welcher von fast allen Umfrageteilnehmern eingehalten werden konnte.

Die Rücklaufquote beträgt 100%.

5.2.1 Betreiberportfolio

Der Bogen der Betreiber der in dieser Arbeit untersuchten Kälteanlagen spannt sich über einen großen Bereich der Nutzungs- und Einsatzmöglichkeiten.

- Medienindustrie
- Lebensmittelindustrie
- Getränkeindustrie
- Energieversorgungsunternehmen
- Chemischen Industrie
- Krankenhäuser
- Bürogebäude

Sieben der zwanzig ausgewählten Kältemaschinen werden in Krankenhäusern des Dienstgebers des Autors betrieben.

5.2.2 Technische Daten der Kälteanlagen

Die in dieser Untersuchung berücksichtigten Kälteanlagen decken den Leistungsbereich von Q_0 = 150 bis 350 kW ab.

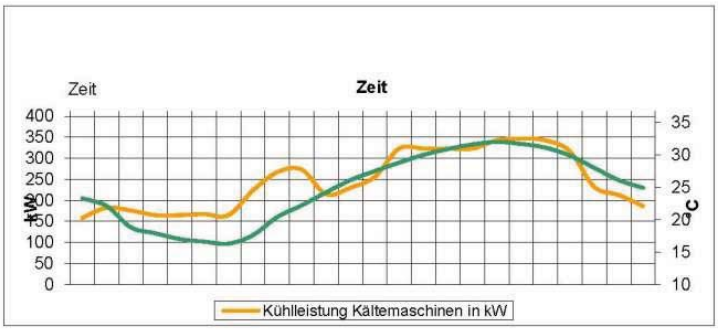
Mit der Komplexität und Größe der Kälteanlagen steigt auch auch das Optimierungs- und Einsparpotential, womit die Priorisierung dieses Leistungsbereiches gerechtfertigt erscheint.

5.2.3 Dimensionierung und Auslastung

Die Dimensionierung (Verhältnis Kältemaschinenleistung zu Kühllast) einer kältetechnischen Anlage (gilt hauptsächlich für Kolben- und Schraubenverdichter)

übt neben vielen anderen Auslegungs- und Systemparametern (z.B. Temperaturregime Verdampfung und Kondensation) einen maßgeblichen Einfluss auf die Performance und den Energieverbrauch der Kälteanlage aus. In der Europäischen Norm EN 15240; Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinie für die Inspektion von Klimaanlagen wird diesem Punkt ebenfalls große Bedeutung zugemessen.

Projekt: LKH .....
Diagramm Spitzenlast am 16.07.2007 laut GLT-Aufzeichnungen



Tageskühlleistung gemessen		5.911 kWh	
Luftmenge Bestand	131.200 m3/h	1.050 kW	
Gleichzeitigkeit	45%	472 kW	
Speicherung 18.000 l		-126 kW	Kühlturmleistung
Spitzenlast		347 kW	451 in kW
Lüftung neu	133.912 m3/h	1.071 kW	
Gleichzeitigkeit	45%	482 kW	
Kühldecken, Umluftkühler usw.		70 kW	
Reserve		49 kW	
Spitzenlast		601 kW	781

Uhrzeit	AT	Kühllast kW	Strom kWh
00:00	23,30	158	73
01:00	22,10	182	84
02:00	18,80	176	81
03:00	17,90	165	76
04:00	17,00	165	76
05:00	16,60	167	77
06:00	16,30	165	76
07:00	17,60	223	103
08:00	20,40	267	123
09:00	22,20	273	126
10:00	24,20	215	99
11:00	26,10	230	106
12:00	27,50	256	118
13:00	28,80	323	149
14:00	30,00	323	149
15:00	30,90	323	149
16:00	31,60	323	149
17:00	32,00	342	158
18:00	31,70	347	160
19:00	31,10	342	158
20:00	29,90	316	146
21:00	28,00	232	107
22:00	26,10	212	98
23:00	24,90	186	86
Verbrauch		5.911	2.727
Leistungszahl		2,168	

Kältemaschinen Bestand

Datenblatt	
Leistungsaufnahme	264 kW
Kühlleistung	885 kW
Leistungszahl	3,35
Gemessen	
Leistungsaufnahme	160 kW
Kühlleistung	347 kW
Leistungszahl	2,17

Abbildung 14: Beispielhafte Prüfung/ Messung der Kühllast eines Krankenhauses und Auslegung der Ersatzanlage, eigene Darstellung in Anlehnung an Planungsbüro Karlheinz Linher, Frastanz

Die vorstehende Abbildung 14 zeigt beispielhaft, dass die gemessenen „Spitzen-Kältelast“ lediglich rund 45% der verfügbaren Kältemaschinenleistung beträgt.

Entsprechend den persönlichen Erfahrungen des Autors bei konkreten gebäudetechnischen Planungen, wurde in den letzten Jahrzehnten bei der Dimensionierung von Kältemaschinen die „Gleichzeitigkeit“ von Lasten kaum berücksichtigt.

5.2.4 Störfallhäufigkeit

Je nach Einsatz- und Anwendungsfall ist die sogenannte Verfügbarkeit (anwendungs- und einsatzspezifisch erforderliche Laufzeit abzüglich Ausfallszeit), für den Anlagenbetreiber von vitalem Interesse.

Auch optimal geplante und ausgeführte technische Anlagen neigen grundsätzlich zu Ausfällen.

Hier wurden die Anzahl der jährlichen Störfälle und deren Ursachen samt Zuordnung zu den betroffenen kältetechnischen Anlagenkomponenten erhoben.

5.2.5 Unterhaltskosten der Probanden

Wegen des begrenzten Zeitrahmens und der aufwändigen Messungen wurde die vorliegende Arbeit abgegrenzt.

Die hier betrachteten Unterhaltskosten betreffen ausschließlich die Kältemaschine, und beinhalten folgende Kostenkomponenten:

- Inspektionskosten
- Wartungs- bzw. Servicekosten
- Kosten für die wiederkehrende Prüfung gem. KAV § 22
- Instandsetzungskosten (Ersatzteile)
- Kosten für Verbesserungen
- Aufwand für die Schwachstellenanalyse

Der betrachtete Zeitraum von 2004 bis 2008 (5 Jahre) erlaubt realistische Rückschlüsse auf die Performance der Kältemaschinen.

6 Datenauswertung/ Case Studies

6.1 Befragungsergebnisse

Die Ergebnisse der Datenerhebung über 20 Kälteanlagen werden in den folgenden Abschnitten wissenschaftlich, methodisch und detailliert aufbereitet sowie dokumentiert.

6.2 Modellbildung für die Datenaufbereitung

Zur Erlangung der erforderlichen Transparenz und Aussagekraft der Daten und Kennzahlen werden methodische Selektionen und Gruppierungen abgebildet.

6.3 Tabellen und Charts

In den nachfolgenden, aus der im Anhang dokumentierten Übersichttabelle der Gesamtdaten generierten, Diagrammen werden die Daten empirisch untersucht, sowie spezifisch und detailliert ausgewertet.

6.3.1 Einsatzgebiete

Die Betreiber der in dieser Arbeit untersuchten Kälteanlagen sind in den verschiedensten Branchen tätig, und kommen aus dem kommunalen Bereich, Industrie, Büros und Krankenhäuser.

Auf Grund des ausgewählten Leistungsbereiches kommen für eine aussagekräftige wissenschaftliche Untersuchung im Wesentlichen nur derartige Unternehmen und Facilities in Frage.

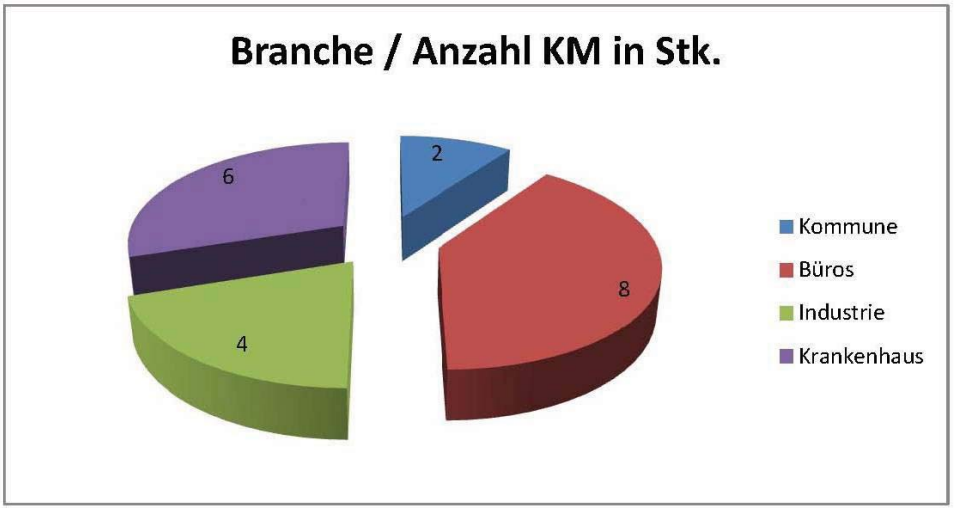


Abbildung 15: Kennzahlen Branchen; eigene Darstellung

Der überwiegende Anteil der Probanden wird in Bürogebäuden, in der Industrie und in Krankenhäusern für die Luftkonditionierung und/ oder verfahrens- bzw. prozesstechnische Applikationen eingesetzt.

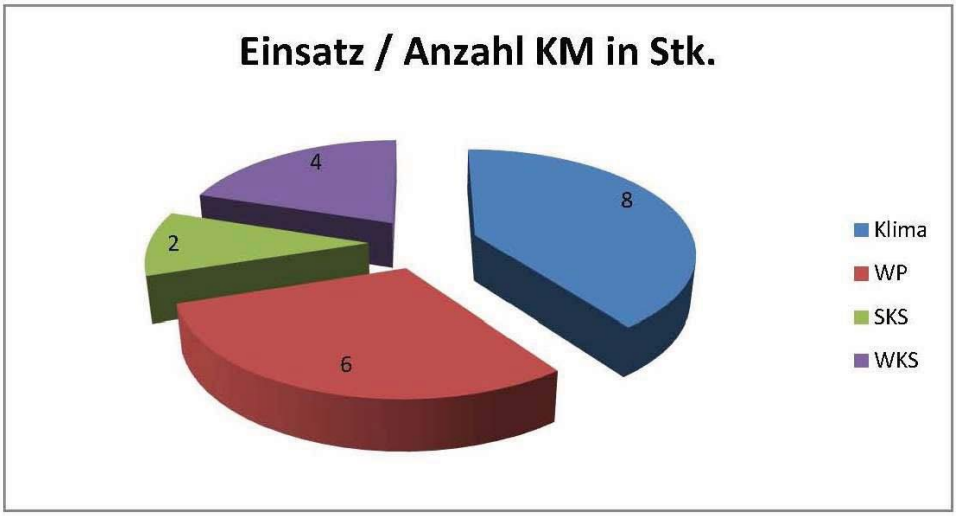


Abbildung 16: Kennzahlen Einsatz; eigene Darstellung

Sieben der zwanzig ausgewählten Kältemaschinen werden in Krankenhäusern, und eine KM wird in einer Fachhochschule des Dienstgebers des Autors betrieben.

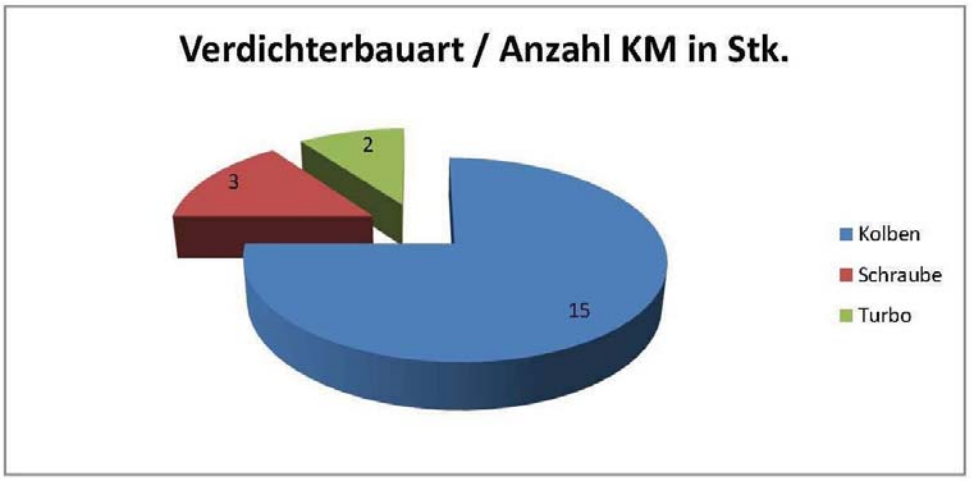


Abbildung 17: Kennzahlen Verdichterbauart; eigene Darstellung

Der Kolbenverdichter als ursprünglich empirisch am besten entwickelte Verdichterbauart wird in der Kältetechnik seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt.

Durch die innovativen Entwicklungen der Schrauben- und Turboverdichtertechnologie in den letzten zwei Jahrzehnten wurde der Kolbenverdichter bei mittleren und größeren Neuanlagen zunehmend abgelöst.

6.3.2 Leistungsbereich

Die in dieser Untersuchung berücksichtigten Kälteanlagen decken einen Leistungsbereich von Q_0 = 150 bis 350 kW ab.

Das hier fokussiert untersuchte Leistungssegment von Kälteanlagen ist in der österreichweiten Industrie-, Bürogebäude- und Krankenhauslandschaft als Singleanlage oder als modulares Kältemaschinensystem oft anzutreffen.

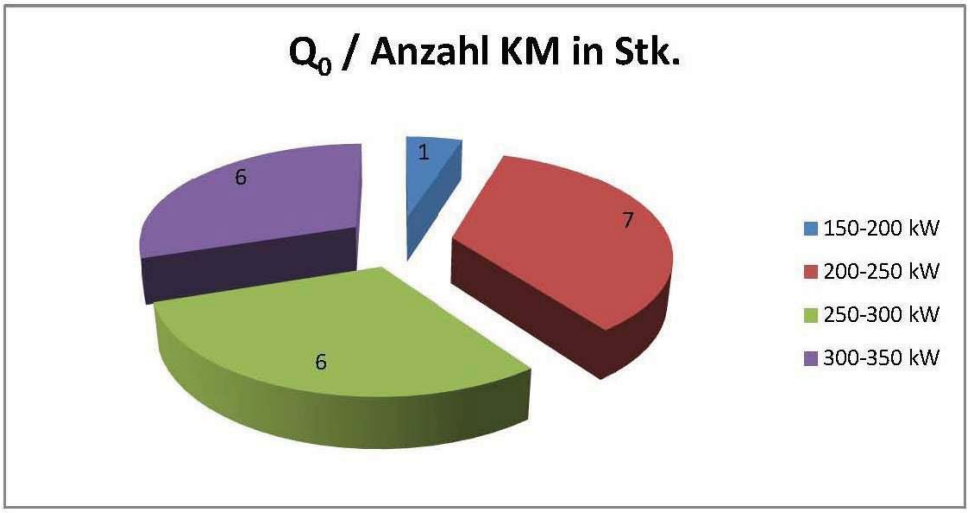


Abbildung 18: Kennzahl Nenn-Kälteleistung; eigene Darstellung

Entsprechend den unterschiedlichen Errichtungszeiten und Einsatzgebiete der gegenständlichen Kältemaschinen kommen auch verschiedene Kältemitteltypen zur Anwendung. Ältere KM werden hauptsächlich mit R22, und relativ neue KM werden mit R134A betrieben.

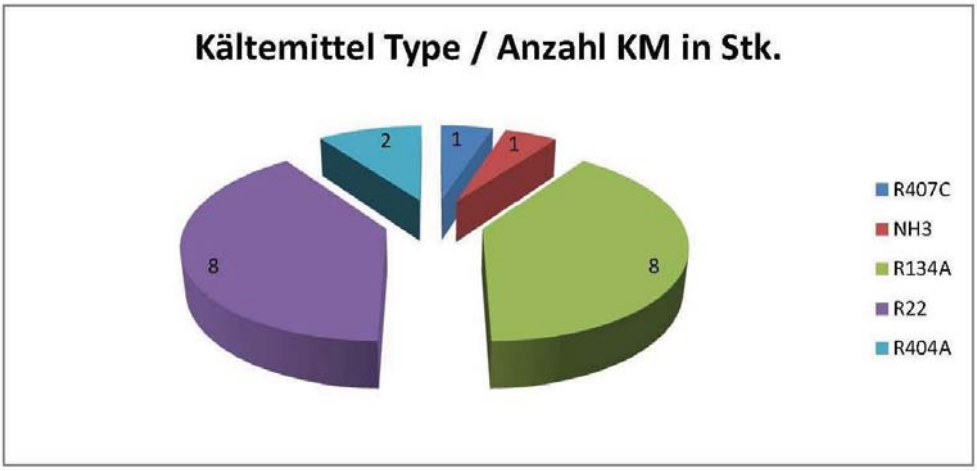


Abbildung 19: Kennzahl Kältemittel Typen; eigene Darstellung

6.3.3 Dimensionierung und Auslastung

Die jährlichen Volllast-Betriebstunden einer Kältemaschine geben in Abhängigkeit der Verdichterbauart und dem Einsatzgebiet (z.B. Branche, Unternehmen usw.) und Hinweise auf die Auslastung und die Wirtschaftlichkeit des Betriebes der Maschine.

Die Europäischen Norm EN 15240; Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinie für die Inspektion von Klimaanlagen fordert in dieser Inspektionsrichtlinie dezidiert die sachkundige Überprüfung der Verhältnisses „Kälte- bzw. Kühllast/ Kältemaschinenleistung“.

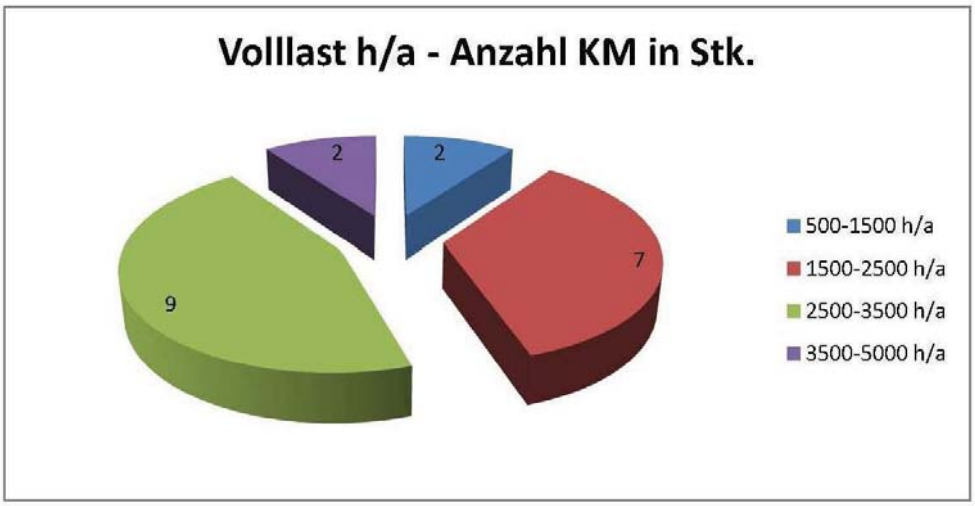


Abbildung 20: Laufzeit - Volllaststunden; eigene Darstellung

Es kann festgestellt werden, dass die KM mit 500 bis 1500 jährlichen Volllaststunden durch die ausschließliche Anwendung für die Klimatisierung (z.B. Raumluft- und Serverkühlung, nur in den Sommermonaten, Free-Cooling usw.) auffällig werden, und dies auf die erhebliche Überdimensionierung der KM zurückzuführen ist.

Der Cluster 2 der KM mit 1500 bis 2500 annualen Volllast-Betriebsstunden werden vornehmlich als Spitzenlastmaschinen und redundante Systeme betrieben, oder weisen eine geringe Überdimensionierung auf.

Mit 2500 bis 3500 jährlichen Betriebsstunden sind die KM der Gruppe 3 im ganzjährig als Kältemaschinen und Wärmepumpen im Einsatz.

Die beiden Probanden des Cluster 4 mit 3500 bis 4500 jährlichen Volllast-Betriebsstunden sind als Wärmepumpe in einem lokalen Fernwärmenetz, und als

Kältemaschine für die ganzjährige Klimatisierung der Büroräumlichkeiten und Prozesskühlung in Betrieb.

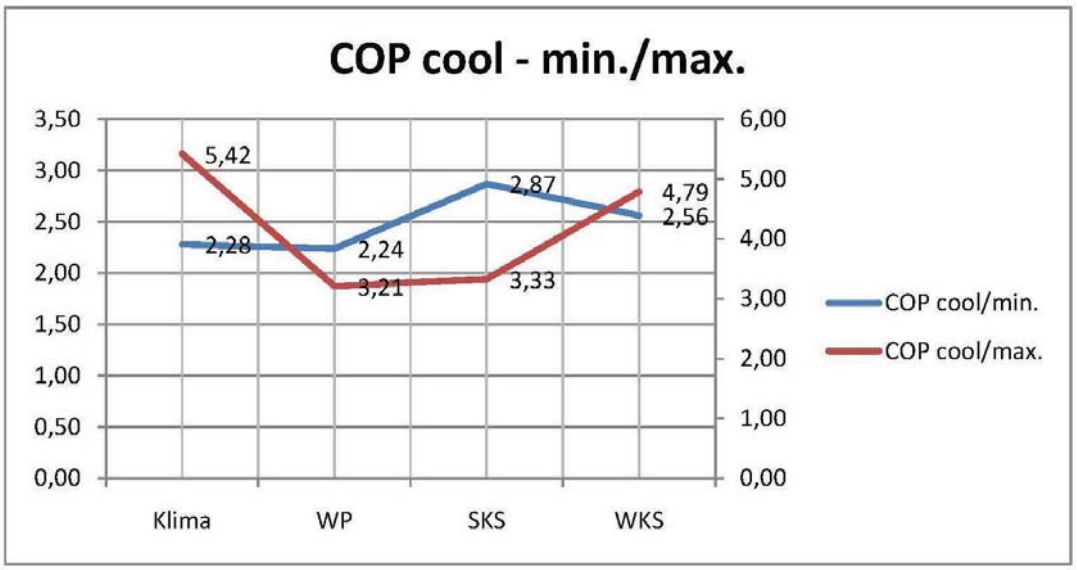


Abbildung 21: COP cool; eigene Darstellung

Der COP wird für alle an der Untersuchung teilnehmenden KM als COP_{cool} abgebildet, auch wenn sie als WP betrieben werden.

Der WRG-Betrieb für Heizzwecke erfordert höhere Kondensationstemperaturen.

Die dominanten Abweichungen und Streuungen der COP-Werte ergeben sich durch folgende, zum Teil sehr unterschiedlichen Auslegungsparameter und Betriebsdaten, wie:

- Höhere Kondensationstemperaturen bei Wärmepumpenanwendung
- Niedrigere Verdampfungstemperaturen bei Entfeuchtungsbetrieb sowie prozesstechnische Anwendungen
- Dimensionierung bzw. Überdimensionierung der KM
- Verdichterbauart
- Art der Leistungsregelung
- Alter und technischer Zustand der KM

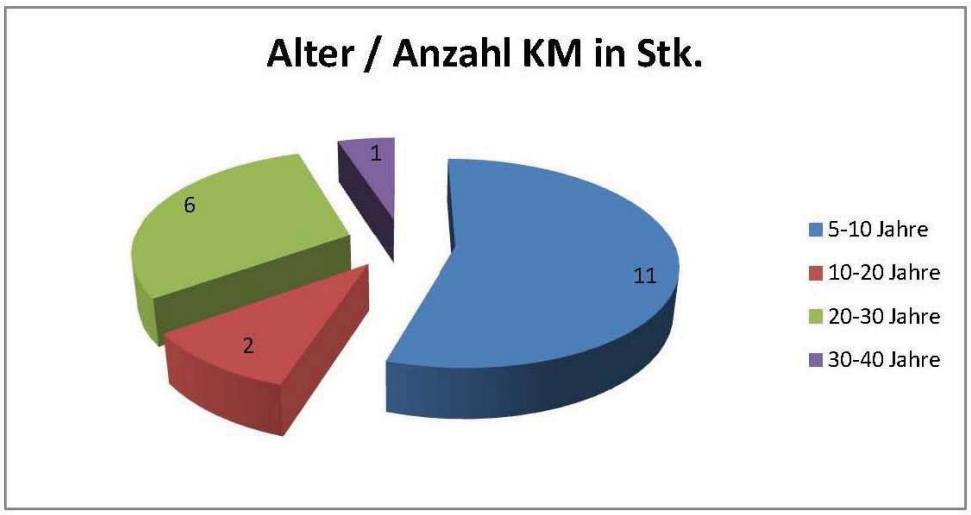


Abbildung 22: Alter der KM; eigene Darstellung

Rund 52% der hier untersuchten KM sind weniger als 10 Jahre alt. Etwa 28% der KM sind 20 bis 30 Jahre in Betrieb, und die restlichen Probanden mit ca. 1% liegen mit einer Ausnahme (37 Jahre) im Bereich von 10 bis 20 Jahren.

6.3.4 Störfällestatistik

Je nach Einsatz- und Anwendungsfall ist die sogenannte Verfügbarkeit (anwendungs- und einsatzspezifisch erforderliche Laufzeit abzüglich Ausfallszeit), für den Anlagenbetreiber von hohem Interesse. Auch optimal geplante und ausgeführte technische Anlagen neigen zu Störungen und Ausfällen. Hier wurden die Anzahl der jährlichen Störfälle und deren Ursachen samt Zuordnung zu den betroffenen kältetechnischen Anlagenkomponenten erhoben.

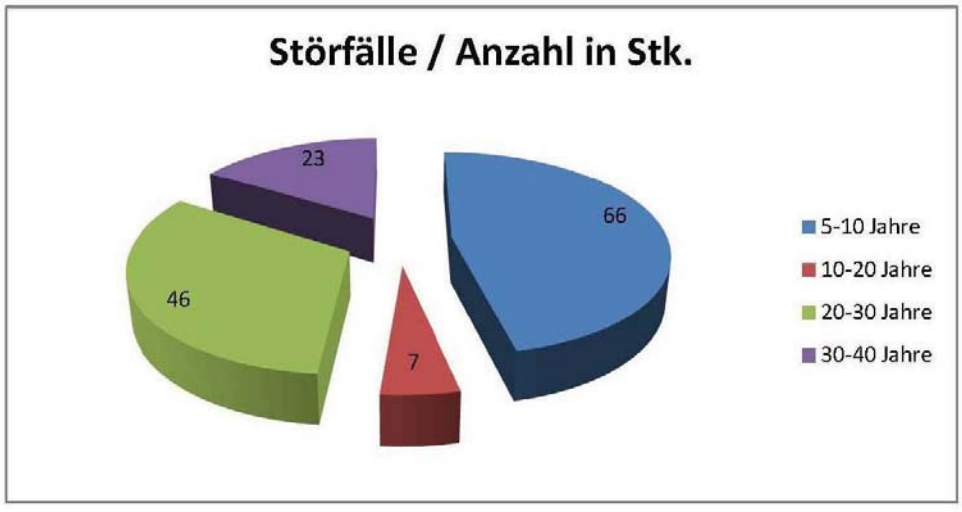


Abbildung 23: Störfälle; eigene Darstellung

Gesamthaft werden im 5-jährigen Betrachtungszeitraum 142 Störfälle bzw. ungeplante Anlagenabschaltungen festgestellt. Das sind rund 7 Störfälle pro KM in 5 Jahren bzw. ca. 1,4 Störfälle pro KM und Jahr.

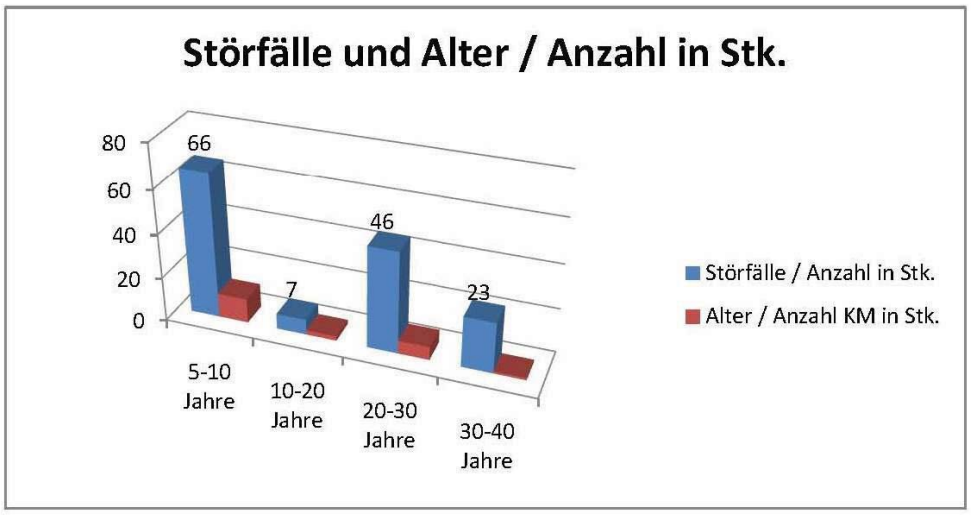


Abbildung 24: Störfälle und Alter; eigene Darstellung

In den einzelnen Alterssegmenten ergeben sich im 5-jährigen Betrachtungszeitraum folgende spezifischen Kennzahlen und Begründungen:

- **5-10 Jahre** **6 Störfälle/ KM**
  - Verdichterantrieb mit Motorspannung 60 Hz.
  - Verdichterschaden durch Produktionsfehler
  - Defekte Steuerplatinen
  - Regelungstechnische Probleme
  - Hoch- und Niederdruckstörungen
- **10-20 Jahre** **3,5 Störfälle/ KM**
  - Leckagen im Kältekreis
  - Defektes Expansionsventil
  - Verdichterschäden
- **20-30 Jahre** **7,65 Störfälle/ KM**
  - Korrodierte Verdampfer
  - Leckagen im Kältekreis
  - Hoch- und Niederdruckstörungen
  - Defektes Expansionsventil
  - Abgenutzte Gleitringdichtungen
  - Verdichterschäden

- **30-40 Jahre** **23 Störfälle/ KM**
  - Leckagen im Kältekreis
  - Defekte Gleitringdichtungen
  - Hoch- und Niederdruckstörungen
  - Verdichterschäden

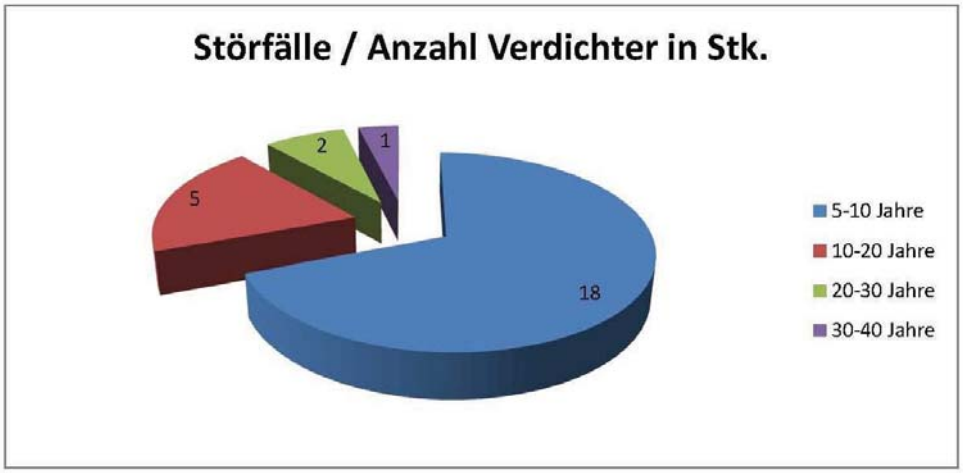


Abbildung 25: Störfälle/ Verdichter der KM; eigene Darstellung

Die jüngsten Kältemaschinen zeichnen für rund 69% der Störfälle an Verdichtern verantwortlich.

Als Begründung wird die komplexe Kälte- und MSR-Technik wie z.B. speziell Verdichtertypen (z.B. Verbundanlagen, Motore mit 60 Hz.), Steuerplatinen usw. ermittelt.

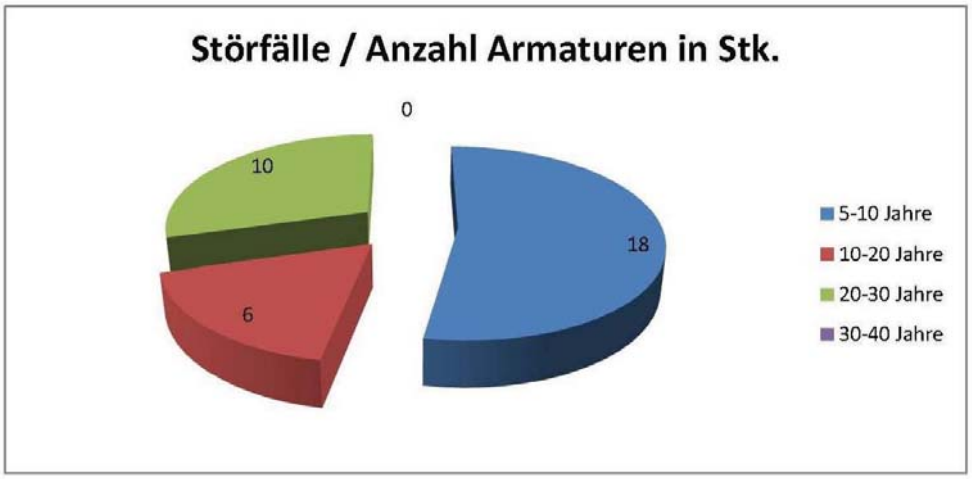


Abbildung 26: Störfälle/ Kältearmaturen; eigene Darstellung

Bei den KM des Alterssegments 5-10 Jahre werden etwa 53% der Störfälle durch versagende Kältearmaturen, Druck- und Temperaturfühler, Regel-, Absperr- und Expansionsventile, Schaugläser usw. festgestellt.

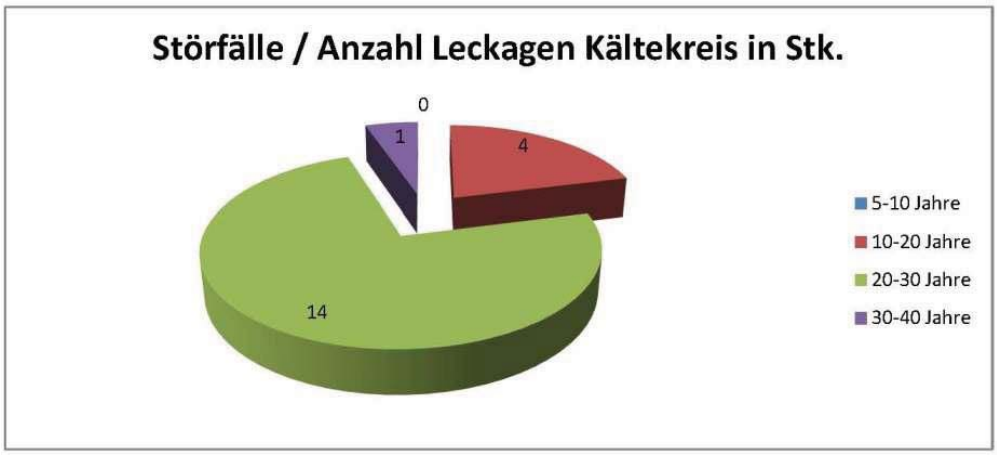


Abbildung 27: Störfälle/ Leckage Netz; eigene Darstellung

Die KM mit einer Betriebszeit von 20-30 Jahren weisen etwa 53% der Störfälle durch Leckagen im Kältekreis auf. Der Cluster der 10-20 Jahre zeichnet ca. 21% der Störungen durch Leckagen im Kältekreis verantwortlich, während die jüngsten KM mit 0%, und die ältesten Probanden durch einen Fall bzw. 0,5% in Erscheinung treten.

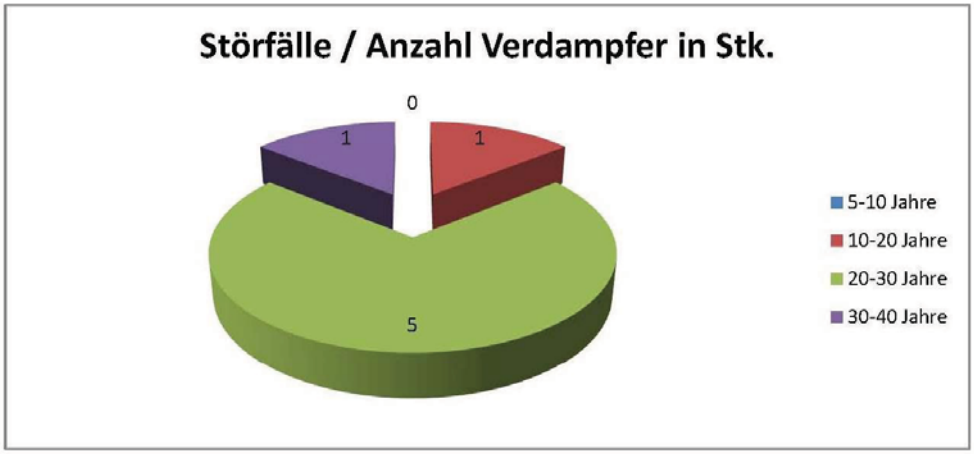


Abbildung 28: Störfälle/ Verdampfer; eigene Darstellung

Bei den KM des Alterssegments 20-30 Jahre werden ca. 71% der Störfälle durch defekte bzw. undichte Verdampfer festgestellt.

Schäden an Verdampfer entstehen durch unsachgemäße Planung und Ausführung, falsche Materialwahl, korrosive Wässer, Vereisung, Luft im System, nicht widmungsgemäß funktionierende Sicherheitseinrichtungen wie z.B. Frostschutzwächter usw. und sind meist mit hohen Reparaturkosten verbunden.

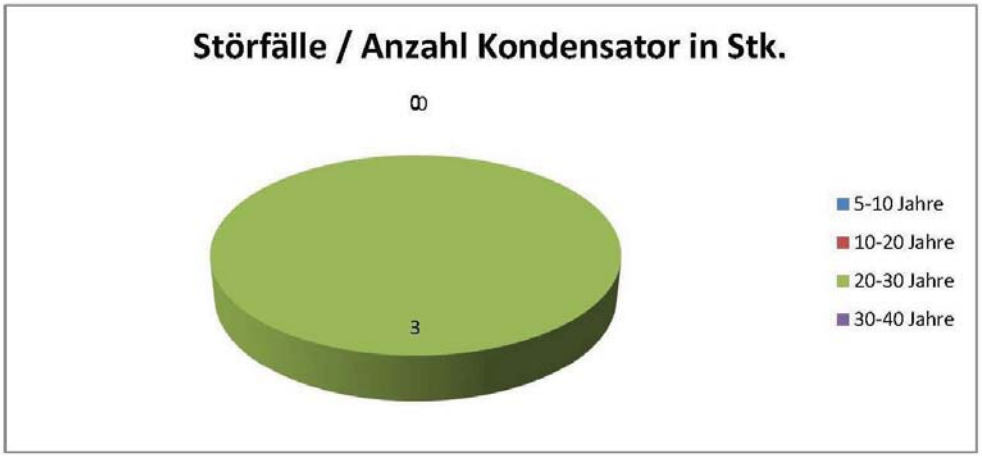


Abbildung 29: Störfälle/ Kondensator; eigene Darstellung

Bei den KM des Alterssegments 20-30 Jahre werden 100% der Störfälle durch Defekte an den Kondensatoren festgestellt.

Insgesamt ist diese Anzahl an Störfällen als unwesentlich zu bezeichnen, wobei im Einzelfall doch erhebliche Probleme und Schäden zu verzeichnen sein können.

6.3.5 Unterhaltskosten

Die in dieser Arbeit untersuchten „Unterhaltskosten“ setzen sind aus den unmittelbar die Kältemaschine betreffenden Kosten, wie

- Inspektionskosten
- Wartungs- bzw. Servicekosten
- Kosten für die wiederkehrende Prüfung gem. KAV §22
- Instandsetzungskosten
- Kosten der Ersatzbeschaffung von Komponenten
- Verbesserungskosten
- Kosten für Schwachstellenanalyse

zusammen.

Um eine repräsentative Aussage zu generieren, wurde der Betrachtungszeitraum von 2004 bis 2008 (5 Jahre) gewählt.

In der nachfolgenden Abbildung 30 werden die Ergebnisse strukturiert und gebündelt und mit wissenschaftlicher Methodik die für den Erfolg der Untersuchung maßgebenden Parameter grafisch abgebildet.

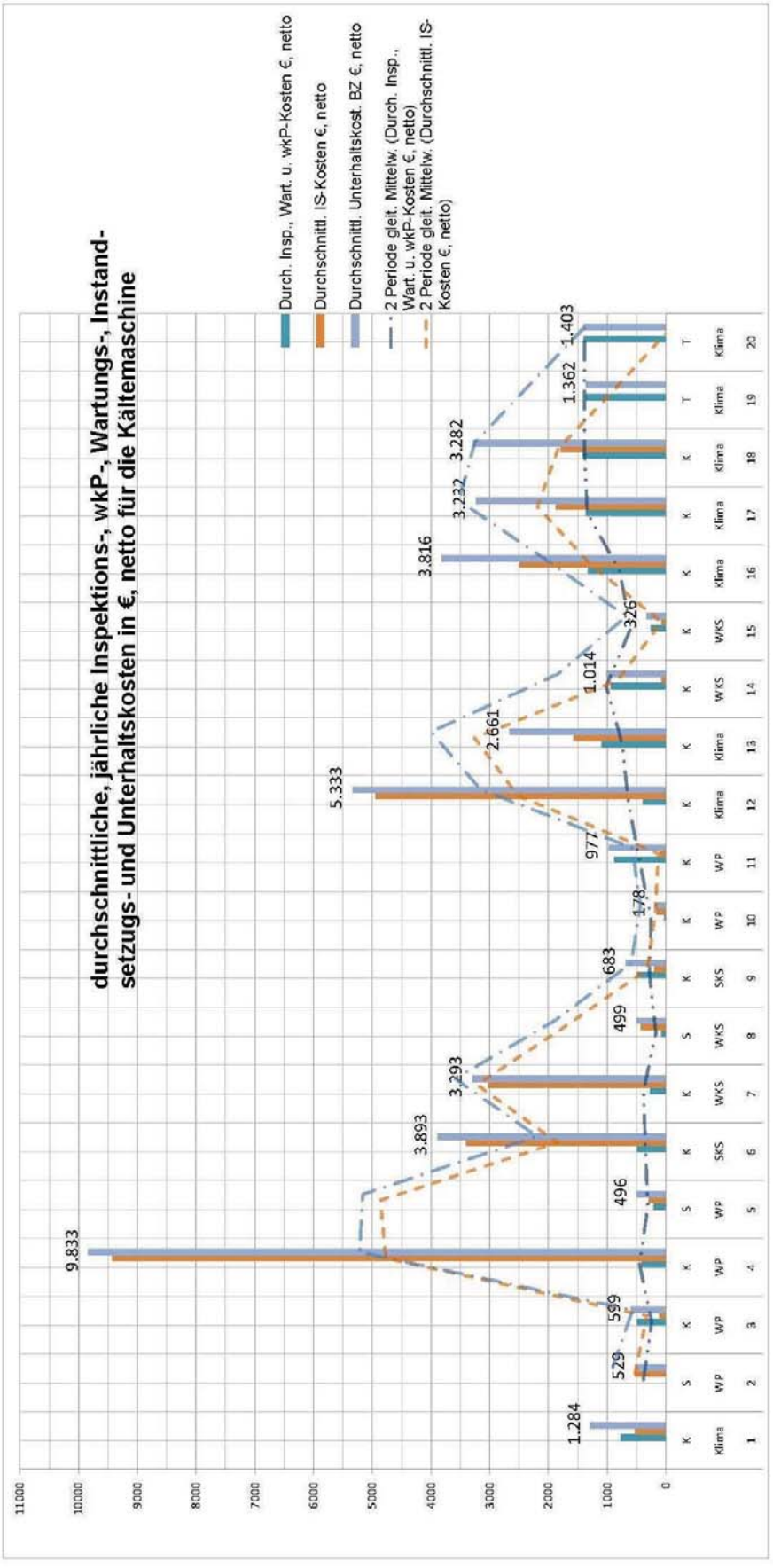


Abbildung 30: Kosten- und Trendanalyse; eigene Darstellung

7 Realdatenanalyse und Spezifizierung

7.1 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die strukturiert und gebündelt graphisch dargestellten Ergebnisse mit wissenschaftlicher Methodik durch den Autor und die Experten spezifiziert bzw. interpretiert.

7.2 Interpretation der Realdaten

Die Umfrage- und Interviewergebnisse werden in der vorstehenden Übersichts-tabelle mit Trenddarstellung und in der Gesamt-Datenauflistung im Anhang dokumentiert.

Entsprechend den erhobenen Daten und den persönlichen Erfahrungen des Autors werden die in der Abbildung 30: Kosten- und Trendanalyse auffälligen Probanden einer vertieften Prüfung unterzogen.

Bei 3 Kältemaschinen mit Baujahren zwischen 2003 und 2004 wurden allfällig erforderliche Mängelbehebungen und Instandsetzungen im Rahmen der Gewährleistung kostenlos durch die beauftragten Unternehmen erbracht.

Das Datenmaterial wird wie folgt interpretiert:

Bei fast allen Probanden wurden, falls überhaupt durchgeführt, die Wieder-kehrenden Prüfungen, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten von der Anlagen-errichtern (Kältefachfirmen) durchgeführt.

In Einzelfällen wurden Inspektionen durch den TÜV erledigt.

Kältemaschine Nr. 4:
Diese kommunale Anlage (18 Jahre alt) zeichnet sich durch die hohen Vollastbetriebsstunden durch den Einsatz als Grundwasser-Wärmepumpe in einem lokalen Fernwärmenetz aus, weist andererseits jedoch extrem hohe Instandsetzungskosten auf.

Laut Angabe der Betreiber musste beide Verdampfer nach rund 12 Betriebsjahren wegen eines Korrosionsschadens komplett erneuert werden (Kostensplitting zwischen Planer, ausführender Firma/ Anlagenbauer und dem Lieferanten der KM). Gleichzeitig mit dem Austausch der Verdampfer wurde die KM vom Kältemittel R22 auf R134A umgestellt.

Kältemaschine Nr. 6:

Nach rund 4 Betriebsjahren bei einem Getränkehersteller (spezielle Betriebstemperaturen: -6/0 Grad C/ Kältemittel R404A) musste einer der beiden Kolbenverdichter wegen einem angeblich produktionsbedingten Ventilschaden komplett ausgetauscht werden.

Kältemaschine Nr. 7:

Bei dieser ca. 9 Jahre alte Maschine (Elektro/ WKS) musste im 6. Betriebsjahr einer der beiden Kolben-Kältekompressoren ausgetauscht werden, wodurch sich die hohen Instandsetzungskosten erklären.

Kältemaschine Nr. 12:

Die rund 27-jährigen Kälteanlagen (Krankenhaus, inkl. Entfeuchtung und Wärmerückgewinnung/ R22) mit Kolbenkompressoren amerikanischer Provenienz zeigten in den Jahren 2005 und 2007 Schäden an den Gleitringdichtungen, welche dann unisono bei allen Verdichtern ersetzt werden wurden.

Beide Kälteanlagen werden im Zusammenhang mit der von 2010 bis 2015 bei laufendem Betrieb durchzuführenden Generalsanierung entsprechend dem Stand der Technik erneuert.

Kältemaschine Nr. 13:

Mit 37 Dienstjahren ist diese KM die Älteste unter den in dieser Arbeit untersuchten Probanden (Einsatz im Krankenhaus, mit Abwärmenutzung/ R22). Im Jahre 2003 musste ein Verdichter wegen einem Wicklungsschluss, 2004 eine Ölpumpe mit einem mechanischen Defekt und im Jahre 2005 ein weiterer Kolbenkompressor auf Grund von Dichtungsschäden ausgetauscht werden.

Das Krankenhaus wird seit 2008 bis 2013 bei laufendem Krankenhausbetrieb in mehreren Bauetappen generalsaniert.

Im Zuge dieser wurden 2009 auch die Kälteanlagen gemäß dem Stand der Technik geplant und komplett erneuert.

Kältemaschine Nr. 16:

Diese 23-jährige Kälteanlage (Einsatz: Klimatisierung Krankenhaus, inkl. WRG/ R22) wies in den Jahren 2005 bis 2007 mehrere Schäden an den

Gleitringdichtungen der Kolbenkompressoren auf, und im Jahre 2008 musste ein Verdichter komplett erneuert werden.

Die Ersatzbeschaffung für diese KM wird laut Angabe des zuständigen technischen Leiters im Budget der nächsten Jahre vorgesehen.

Kältemaschine Nr. 17:

Bei dieser etwa 29 Jahre alten Kältemaschine (R22/ Krankenhaus/ Klima) mussten im Jahre 2007 mehrere kleine Defekte an einem Kältekompressor repariert und 2008 ein Kolbenverdichter getauscht werden. Weiters musste im Betrachtungszeitraum wegen Lecks mehrmals Kältemittel nachgefüllt werden.

Laut Angabe des zuständigen technischen Leiters des Krankenhauses ist eine Ersatzbeschaffung im Gespräch.

Kältemaschine Nr. 18:

Die rund 27-jährigen Kälteanlagen (Krankenhaus, inkl. Entfeuchtung und WRG/ R22) mit Kolbenkompressoren wiesen in den Jahren 2005 und 2008 mehrmals Lecks im Bereich der Verdichter auf, sodass Kältemittel nachgefüllt werden musste.

Die Anlage sollen in den nächsten Jahren, jedenfalls bis spätesten 2014 erneuert werden.

7.3 Experteninterviews

Für die sachliche- und fachliche Absicherung der Ergebnisse der Untersuchung sowie die Überprüfung der innovativen Lösungsansätze für eine neue und ergebnisorientierte Instandhaltung kältetechnischer Anlagen wurden mit folgenden vier sachkundigen Experten der Kältetechnik bzw. Condition Monitoring diskutiert.

Experte: Jürg Hagleitner, GF Firma Kiechel & Hagleitner, 6900 Bregenz

Das Experteninterview wurde am 17.9.2010 in den Geschäftsräumen der Firma Kiechel & Hagleitner durchgeführt.

Herr Hagleitner bekleidet verschiedene öffentliche Ämter für die Landes- und Bundesinnung sowie den ÖKKV (Österreichischer Kälte- und Klimatechnischer Verein). Er blickt auf rund 40 Jahre Erfahrung als Planer und Anlagenbauer in der Sparte Kältetechnik zurück.

Der Verfasser dieser Arbeit stellt die Ergebnisse und spezifischen Auswertungen der vorliegenden 20 Case Studies in Abbildung 30 im Detail vor, und erläutert die Hintergründe für das Zustandekommen des Datenmaterials.

Auf Basis eigener Erfahrungen sind die ermittelten Daten der bestehenden Kältemaschinen für Herr Hagleitner plausibel.

Die Punktebewertung des Experten für die vom Autor erweiterte Nutzwertanalyse für die ergebnisorientierte Instandhaltung der KM erfolgt auf Basis der Auditierung in Kapitel 9.2.1.

Experte: Karl Guldenschuh, GF Firma Axima Kältetechnik, 6923 Lauterach

Nach telefonischer Vereinbarung konnte das Auditierungsgespräch am 18.9.2010 abgewickelt werden.

Nachdem der Verfasser die erhobenen und ausgewerteten technischen Daten und Kostenlandschaft erläutert hat, werden die Kältemaschinen mit auffallenden Kennzahlen näher betrachtet und analysiert.

Die in den Abbildungen 15 bis 30 graphisch dargestellten Ergebnisse der IST-Datenauswertung sind für Herr Guldenschuh auf Grund eigener Erfahrungen nachvollziehbar und bilden seiner Ansicht nach den gegenwärtigen Stand der Instandhaltungspraxis von Kältemaschinen gut ab.

Die Bewertung der vom Autor angedachten ergebnisorientierten Instandhaltung von Kältemaschinen für die erweiterte Nutzwertanalyse erfolgt auf Basis des Experteninterviews in Kapitel 9.2.1.

Experte: EUR ING Christian Holzinger, TB Holzinger/ Sachverständiger, 1120 Wien

Das Expertengespräch wurde nach Terminvereinbarung per E-Mail am 27.9.2010 im Technischen Büro/ Sachverständigenbüro in Wien durchgeführt. Herr Holzinger wirkt als Experte für kältetechnische Anlagen bei nationalen Standardisierungen und internationalen Programmen mit.

Der Autor erläuterte den aufgenommenen IST-Stand der 20 Probanden und die Auswertung der realen Betriebsdaten und Kosten der Case Studies.

Aufgrund seiner Sachverständigentätigkeit erschienen dem Experten die Ergebnisse der 20 Kältemaschinen realistisch, und dadurch ein großes Verbesserungs- und

Einsparungspotential (z.B. Kältemitteltype, Dimensionierung, Betriebstemperaturen, Auslegung von Wärmetauschern, Energieverbrauch. Kosten usw.) als gegeben.

Alle Probanden mit signifikant von den Mittelwerten abweichenden Kennzahlen wurden gemeinsam einer vertieften Betrachtung unterzogen, analysiert und gemeinsam beurteilt.

Die Bepunktung für die erweiterte Nutzwertanalyse der in dieser Arbeit untersuchte innovative ergebnisorientierte Instandhaltung von KM für erfolgt auf Basis des Experteninterviews in Kapitel 9.2.1.

ExpertIn: Dipl.-Ing. Jutta Isopp, GF Firma Messfeld GmbH., 9020 Klagenfurt

Das Interview mit der Expertin für OCM wurde am 24.9.2010 in den Büroräumen der Firma Messfeld durchgeführt.

Frau Dipl.-Ing. Isopp ist neben ihrer Aufgabe als GF der Messfeld GmbH. auch als Lehrbeauftragte für die Fachhochschulen in Kärnten tätig.

Nach der detaillierten Vorstellung der Ergebnisse und Auswertungen der in Abbildung 30 dargestellten 20 Case Studies erläutert Frau Isopp aus eigener Erfahrung die Möglichkeiten, Grenzen und Ziele des OCM in der Kältetechnik.

Die Expertin bzw. die Firma Messfeld GmbH. war seit der Gründung 2006 hauptsächlich mit dem CM in der Industrie beschäftigt, und begann aufgrund von Kundenanfragen erst seit kurzem mit der Bearbeitung von Aufträgen im Bereich der Haus- und Gebäudetechnik. Sie erkennt die grundsätzliche Vorteilhaftigkeit der ergebnisorientierten Instandhaltung in Kombination mit OCM für z.B Kälte-maschinen, weist jedoch gleichzeitig auf die Berücksichtigung der Folgekosten von ungeplanten Ausfällen, niedriger Anlagenverfügbarkeit, Störfällen usw. bei der letztlich obsiegenden monetären Beurteilung von Instandhaltungsstrategien durch die GF hin (z.B. Risikoanalyse/ Maschinenbruchversicherung usw.).

Die vom Autor ermittelten Daten der 20 bestehenden Kältemaschinen stellen sich für die Expertin auf Basis eigener einschlägiger Erfahrungen realistisch dar.

Die Kriterien für die erweiterte Nutzwertanalyse des Verfassers für die alternative ergebnisorientierte IH vom KM werden im Experteninterview in Kapitel 9.2.1 bepunktet.

8 Ergebnisorientierte Instandhaltung

8.1 Innovation und Potential

„Wirklich innovativ ist nur, wer dorthin geht, wo die Anderen nicht sind“ (Ewald Pöschko, Diplom-Biersommelier in der Braucommune in Freistadt).

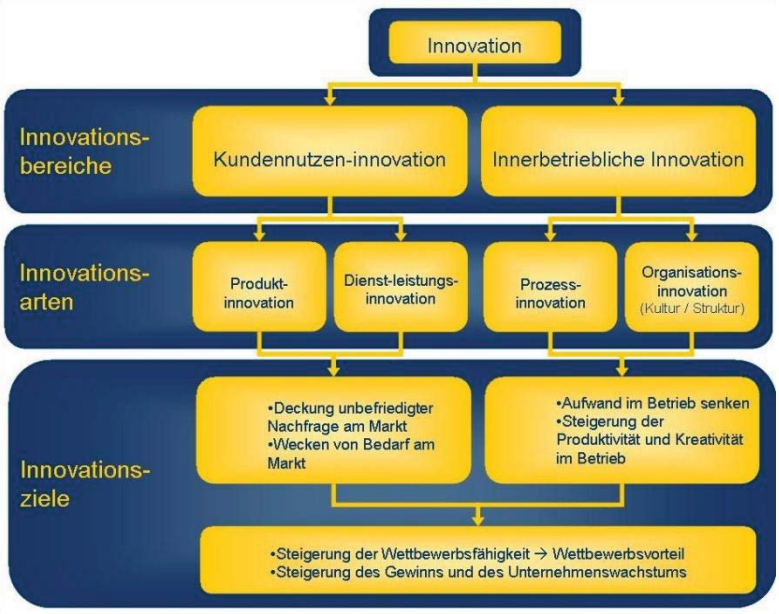


Abbildung 31: Quelle: URL: www.gruendungswiki.de/.../200903/Innovation.jpg [10.8.2010, 19:25]

Die zukünftige Herausforderung in der Instandhaltung von gebäudetechnischen Anlagen wird durch die technisch-betriebswirtschaftliche Maxime (Innovationsziel) - ein Maximum an Verfügbarkeit bei einem Minimum an Kosten zu erreichen - getrieben. Der Einsatz von Condition Monitoring für komplexe Industrieanlagen wie z.B. Papiermaschinen, Hochdruck-Erdgasstationen, Werkzeugmaschinen, usw. ist seit Jahrzehnten Standard.

Auf Basis der Europäischen Gebäuderichtline (EBPD) geht es in dieser Untersuchung unter Berücksichtigung der aktuellen Entwicklung des Weltklimas und der abnehmenden wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit von Betreibern von Kälteanlagen um die adäquate Adaptierung der vorhandenen CM-Systeme, und Implementierung von standardisierten, zweckmäßigen Online Condition Monitoring-Strategien bei Kältemaschinen des Leistungssegments von 150 bis 350 kW.

Für die Erreichung der in der EBPD – Richtline und der Ö-Norm EN 15240 formulierten Ziele stellt das Condition Monitoring von Kälteanlagen ein unverzichtbares Werkzeug einer innovativen und kostenoptimierten Instandhaltung

von Kältemaschinen dar. Die innovativen Ansätze für CM in der Kältetechnik müssen bereits im Engineeringprozeß bei den Maschinenherstellern und in der gebäude- und regelungstechnischen Anlagen- bzw. Systemplanung Berücksichtigung finden, sowie sich in der Instandhaltungsstrategie wirksam zeigen.

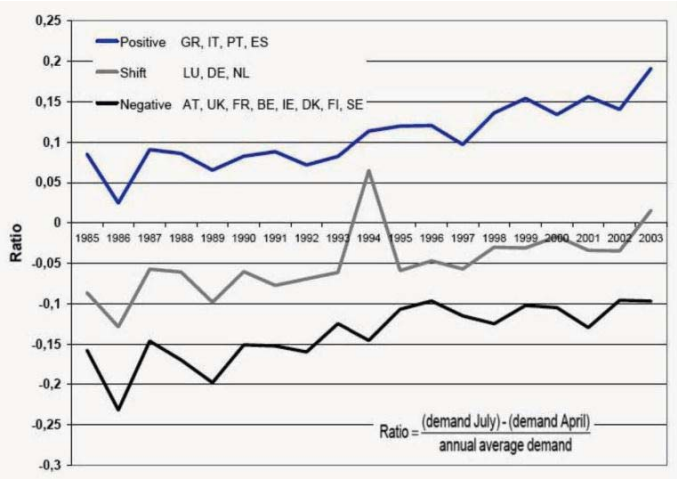


Abbildung 32: Quelle: Report of Ecoheatcool Work Package 2. Ecoheatcool and Euroheat & Power 2005-2006. Pär Dalin, Joakim Nilsson and Anders Rubenhag, Capital Cooling Europe AB, Sweden

Aufgrund dem europaweit steigenden Bedarf an mechanischer Kälte[31] und den unzähligen erforderlichen Kältemaschinen[32] erscheint das Energie- und Kosteneinsparungspotential für die Instandhaltung und Energie hoch.

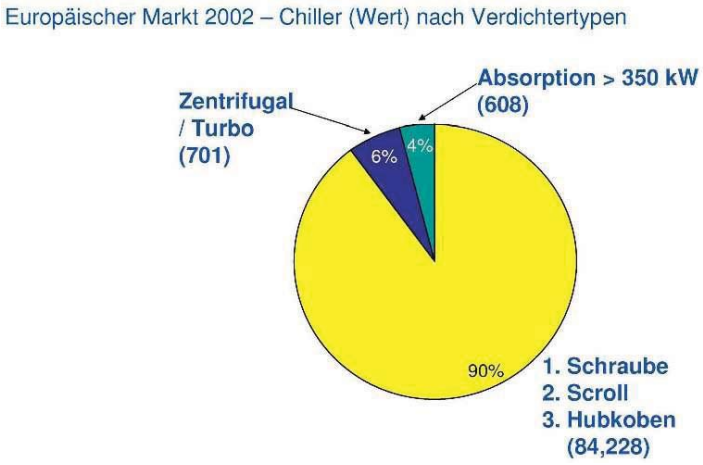


Abbildung 33: Quelle: AXIMA Refrigeration, GERMANY, 04-2008, Kälte nach Maß, Referat; „Quantum - der neue Industriestandard“

31 Quelle: Report of Ecoheatcool Work Package 2. Ecoheatcool and Euroheat & Power 2005-2006. Pär Dalin, Joakim Nilsson and Anders Rubenhag, Capital Cooling Europe AB, Sweden

32 Quelle: AXIMA Refrigeration, GERMANY, 04-2008, Kälte nach Maß, Referat; „Quantum - der neue Industriestandard“

8.2 Planung der Instandhaltung

Die Instandhaltung ist stark abhängig von Planung und Realisierung eines Bauwerkes und der Technischen Gebäudeausrüstung wie z.B.

- Erhebung der tatsächlichen Bedarfe
- Bau- und wärmetechnische optimierte Gebäudehüllen
- Materialauswahl
- Planungskriterien und Ausführungssorgfalt der Konstruktion
- Funktionalität in Bezug auf tatsächliche Nutzung

Neben der instandhaltungsgerechten Systemwahl, Konstruktion und der richtigen Instandhaltungsstrategie sind die Prozesse der Nutzung und Nutzungsintensität von großer Bedeutung.

Die Identifizierung von systembedingt auftretenden gehäuften Ausfällen bestimmter Anlagenkomponenten erfordert eine umfassende Instandhaltungshistorie und eine daraus resultierende Risiko- und Schwachstellenanalyse.

Dies ist an den konsequenten Einsatz eines Instandhaltungs- oder CAFM-Tools mit entsprechenden Funktionalitäten gebunden.

In stark frequentierten Bereichen im Gebäude oder stark genutzten Bauteilen sind Anlagen anderst Instand zu halten als in Nebenbereichen oder untergeordneten Bauteilen.

In einem umfassenden Instandhaltungskonzept wird ein optimaler Mix aus

- Ausfallbehebung
- vorbeugende Instandhaltung
- zustandsorientierter Instandhaltung (periodische Inspektion und/ oder Online Condition Monitoring)
- vorausbestimmter Instandhaltung (Pflichtwartungen)

gebildet.

Ziel ist die Einhaltung der geforderten Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit bei möglichst minimalen Kosten.

8.3 Change Management

Für jede Organisation stellt das Change-Management und die Implementierung einer effizienten Instandhaltungs- und Werterhaltungsstrategie[33] für die TGA inkl. einem wirksamen Energiemanagement[34] und -Controlling die größte Herausforderung dar.

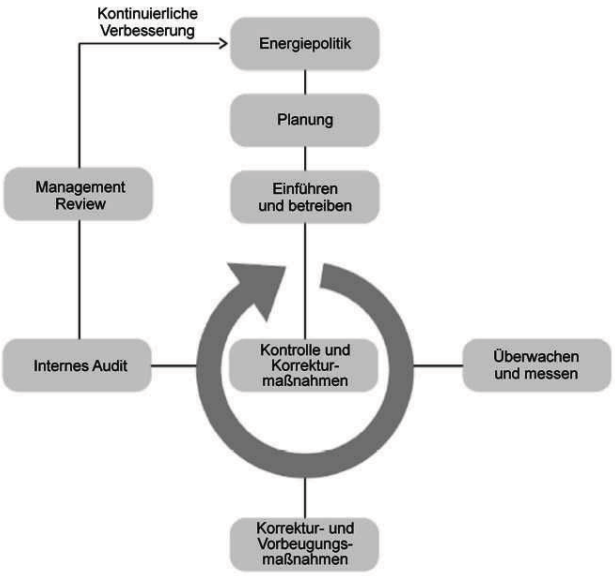


Abbildung 34: Modell des in dieser Norm beschriebenen Energiemanagementsystemse, Quelle: ÖNORM EN 16001, Ausgabe: 2009-08-01, „Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“

In diesem Zusammenhang werden in einer weiteren Entwicklungsphase durch die langfristig angelegte Nutzung von Objekten auch alternative Betreiberkonzepte wie z.B. Contracting und Beschaffungsmethoden wie PPP und alle Derivate dieser Finanzierungsart ernsthaft zu überdenken sein, um das hohe Risiko für Errichtung, Betrieb, Unterhalt und Bewirtschaftung (Subprozesse) zur Gänze langjährig erfahrenen Unternehmungen zu überlassen.

Durch die ausschließlich betriebliche Nutzung der Flächen ohne, dass er sich mit den Fragen der Betriebsführung kümmern muss, kann sich der Nutzer auf die Kernaufgaben (Kernprozesse) konzentrieren.

Der zielführende Prozess verlangt eine klare Definition der spezifischen Anforderungen, Strategien und Vorgehensweisen zur Festlegung von Servicelevel

[33] Vgl. Zustandsbeurteilung nach VDMA 24176, 1990-01

[34] Vgl. ÖNORM EN 16001, Ausgabe: 2009-08-01, „Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“

für die Instandhaltung der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) durch den Eigentümer.

Diese Arbeit konzentriert sich auf das Management und die operative Durchführung der Instandhaltungsmaßnahmen in der Nutzungs- und Betriebsphase.

Schwerpunkt sind Handlungsalternativen, die aus dem jeweiligen Anforderungslevel (Eigentümer- und/oder Nutzervorgaben) und den daraus abgeleiteten strategischen Servicezielen (A, B und C) resultieren.

Die zur Definition der strategischen Serviceziele verwendeten Begriffe werden nachfolgend zunächst definiert.

8.4 Werterhaltung

Da es bisher keine standardisierte Definition zur Werterhaltung gibt, die für den vorliegenden Arbeit anwendbar wäre, wird hier eine Beschreibung dieser Eigenschaften versucht.

Der Wert einer Anlage wird buchhalterisch durch die Abschreibung bestimmt. Diese sagt jedoch wenig über den tatsächlichen, d.h. funktionalen Gebrauchswert und den monetären Restwert der Anlage aus, da eine bereits abgeschriebene Anlage auch weiterhin funktionstüchtig sein kann. Die Alterung als Fehlerursache und kontinuierliche Wertminderung kann jedoch nicht vermieden werden. Die Alterung hängt von der Intensität der Nutzung, von Einflüssen der Umwelt (Kälte, Wärme, Feuchte, UV-Strahlung usw.) und den Materialeigenschaften ab.

Die monetäre Bewertung ergibt sich aus dem Sanierungs- und Reparaturbedarf der TGA. Zur Feststellung dieses Bedarfes ist es notwendig ein Begutachtungs-verfahren einzuleiten. Hierfür stehen neutrale Firmen bzw Institutionen wie Ingenieurbüros, Betreiberfirmen, TÜV, Ziviltechniker oder Sachverständige zur Verfügung. Dieses Bewertungsverfahren muss unter Berücksichtigung der dokumentierten Instandhaltungshistorie erfolgen. Diese Verfahren sind subjektiv und kostenintensiv.

Die funktionale Bewertung sollte während der gesamten Nutzungsphase der gebäudetechnischen Anlagen durchgeführt werden. Inspektionen sollten die von den Nutzern und Betreiber geforderten Standards der Funktionen an der Betrachtungseinheit abprüfen.

Aufgrund der vorgefundenen IST-Situation und des Zustands der Anlage kann der fachkundige Instandhalter eine Abschätzung der notwendigen Wartungen und Instandsetzungen tätigen. Die in der Inspektion festgestellten Zustände der Anlage sind zu dokumentieren.

Bei der funktionalen Bewertung werden mindestens einmal jährlich folgende Parameter der Instandhaltung geprüft:

- Lückenlose und transparent ausgefüllte Protokolle der Instandhaltung
- Messprotokolle, die den Wirkungsgrad der Anlage im Vergleich zu den Abnahmedaten darstellen
- Optik und Sauberkeit der Anlagen und Technikräume
- Störungshäufigkeit im Zeitvergleich
- Auswertungen von Nutzerbefragungen
- Energieverbrauch

Ergibt sich aus der Anforderung der Nutzung eine hohe Priorität, so ist bei den betreffenden Anlagen die monetäre und funktionale Bewertung entsprechend vor genannten Kriterien durchzuführen.Anhand der Ergebnisse dieser Bewertung kann der Werterhaltungszustand der Anlage bestimmt werden. Bei neuen Anlagen entfällt die monetäre Bewertung.

Die funktionale Bewertung bestimmt sehr wesentlich wie gut die Werterhaltung der Anlagen umgesetzt wurde. Liegen die Bestandsunterlagen nicht vor, ist eine detaillierte (und damit teure) Begutachtung der Anlagen notwendig.

8.5 Verfügbarkeit

Diese lässt sich in Anlehnung an EN 13306 wie folgt definieren:

Fähigkeit einer Einheit, zu einem gegebenen Zeitpunkt oder während eines gegebenen Zeitintervalls in dem zur Funktionserfüllung erforderlichen Zustand zu sein. Diese Fähigkeit hängt ab von den kombinierten Gesichtspunkten:

- Zuverlässigkeit (minimale Ausfallwahrscheinlichkeit)
- Instandhaltbarkeit (Verfügbarkeit von Vor-Ort-Personal, Ersatzteilen und Bereitschaftsdienst bzw. Servicefirmen)

Nachfolgend wird darunter die Gewährleistung der TGA-Leistungsfähigkeit innerhalb einer definierten Betriebszeit verstanden.

Es fließen deshalb folgende Parameter in die Bewertung ein:

- Die Betriebszeit, in der die Anlage oder Teile der Anlage verfügbar sein müssen,
- die Soll-Arbeitsparameter (z.B. Raumtemperatur und Raumfeuchte) zulässige Toleranzen und Grenzwerte (z.B. +/- 1 K, +/- 10% rel.F.)

Anforderungen an die Verfügbarkeit von TGA-Anlagen erfordern eine einfach darstellbare Aufzeichnungsmöglichkeit für Dokumentation und Leistungsnachweis.

Dieses erfolgt im Regelfall über die Gebäudeleittechnik bzw. die Gebäudeautomation.

Eine Forderung nach hoher Verfügbarkeit ergibt sich im Facility Management dann, wenn eines der nachfolgenden Kriterien erfüllt ist:

Die TGA-Anlagen unterstützen Kernprozesse im Unternehmen. Die Nicht-Verfügbarkeit verursacht deshalb einen wirtschaftlichen Schaden.

Die TGA-Anlage dient dem Schutz von:

- dem Gebäude
- den Nutzern
- Unternehmenswerten

8.6 Kostenoptimierung

Um eine Optimierung der Kosten durchführen zu können ist die Entwicklung der gesamten Instandhaltungskosten im Lebenszyklus zu betrachten.Aus eigenen Erfahrungen des Autors und von Betreibern führen Einsparungen in der Wartung nach ca. 3 Jahren zu einem hohen Anstieg der Instandsetzungskosten, so dass auf längere Sicht die IH-Gesamtkosten nach rund 7 Jahren die Kosten der Variante „Instandhaltung mit Wartung und Inspektion“ übersteigt. Hinzu kommen noch wirtschaftliche Schäden und Komfortverluste verbunden mit Nutzerproblemen.

Die Realisierung der Kostenoptimierung erfolgt in erste Linie durch eine Einschränkung des Leistungsumfanges oder eine Verlängerung des Leistungs-turnus. Neben diesem strategischen Ansatz bestehen zusätzliche Möglichkeiten Kostenoptimierungen ohne Qualitätseinbußen durchzuführen.

Beispiele dafür sind:

Inspektionen sollten durch Personal vor Ort durchgeführt werden, das diese Tätigkeiten mit anderen Tätigkeiten (z.B. Betreiben) verbindet. Gegebenenfalls können diese Tätigkeiten stark eingeschränkt oder gar entfallen, wenn eine Gebäudeleittechnik vorhanden ist.

Die in VDMA 24186[35] vorgeschlagenen Tätigkeiten sind hinsichtlich des Nutzens zu bewerten. Beispielsweise sind periodische Spannungs- und Strommessungen bei Elektromotoren nur in Verbindung mit gezielten Energieoptimierungen sinnvoll. Verträge sollten nicht nur pauschal, sondern können auch nach Aufwand abgeschlossen werden. Wartungsintervalle bzw. Verträge sollten sinnvoll verlängert werden. Wartungspauschalen sind genau zu definieren und jährlich z.B. aufgrund erfolgter Nutzungsänderungen zu überarbeiten.

Servicelevels und strategische Ziele

Servicelevels sind die taktische Umsetzung der Vorgaben. Neben der Rollenteilung sind auch die Leistungserträge, Verantwortlichkeiten, Parameter zur Beurteilung der Dienstleistungsqualität (z.B. Anlagenzustand, Werterhalt, Abnutzung, Mängelfreiheit bei gesetzlichen Prüfungen, Temperatur, Feuchte, Luftgeschwindigkeit, Verfügbarkeit, Kundenzufriedenheit, Energiebedarf, Instandhaltungskosten, Reaktionszeit) etc. Inhalte und Ziele der Dienstleistungsverträge.

8.6.1 Lebenszykluskostenbetrachtung

In dieser Arbeit werden hauptsächlich Komponenten des Kältekreises einer Kältemaschinen angesprochen und untersucht.

Wurde früher als wesentliches Kriterium für die Beurteilung der Güte eines Verdichters oder Kältesystems die Effizienz bei Volllast herangezogen, gewinnen heute die Teillastwirkungsgrade für einen saisonal besseren Wirkungs- und Nutzungsgrad an Bedeutung.

Generell soll eine Lebenskosten-Analyse dem Umstand Rechnung tragen, dass die Kosten eines Investitionsgutes nicht im Moment seiner Beschaffung oder während einer kurzen Abschreibungsperiode, sondern während seiner gesamten Lebensdauer betrachtet werden.

---

[35] VDMA-24186-0 Einheitsblatt "Leistungsprogramm für die Wartung von lufttechnischen und anderen technischen Ausrüstungen in Gebäuden"; Ausgabe 2002

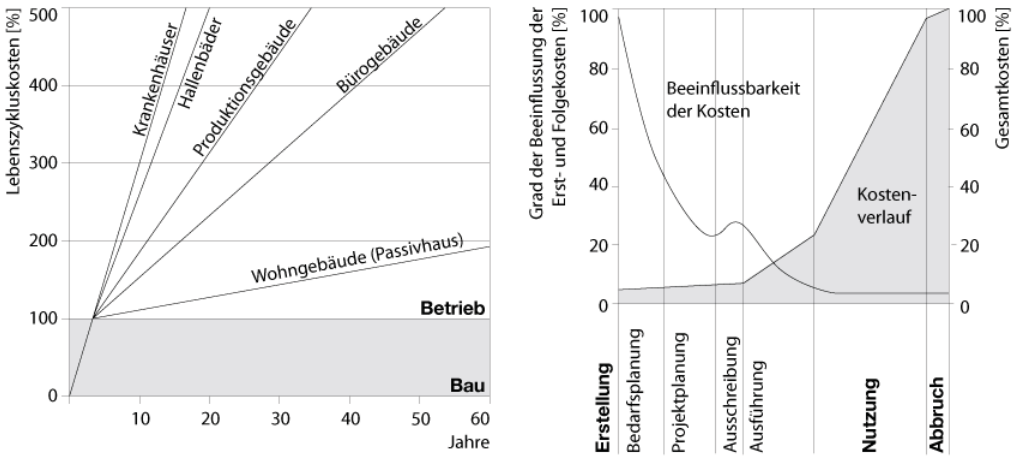


Abbildung 35: Quelle: URL: www.ee-concept.de/leistungen/wissenstransfer.html [16.8.2010, 19:31], *links: Lebenszykluskosten unterschiedlicher Nutzungen, rechts: Verlauf und Beeinflussbarkeit der Gesamtkosten*

Dabei liegt der Fokus auf den sogenannten „Folgekosten“, zu denen auch die Instandhaltungskosten technischer Gebäudesysteme zählen, und die sich aus eigener Erfahrung des Verfassers in der Betriebsführung von Immobilien als dominante „Kostentreiber“ erweisen.

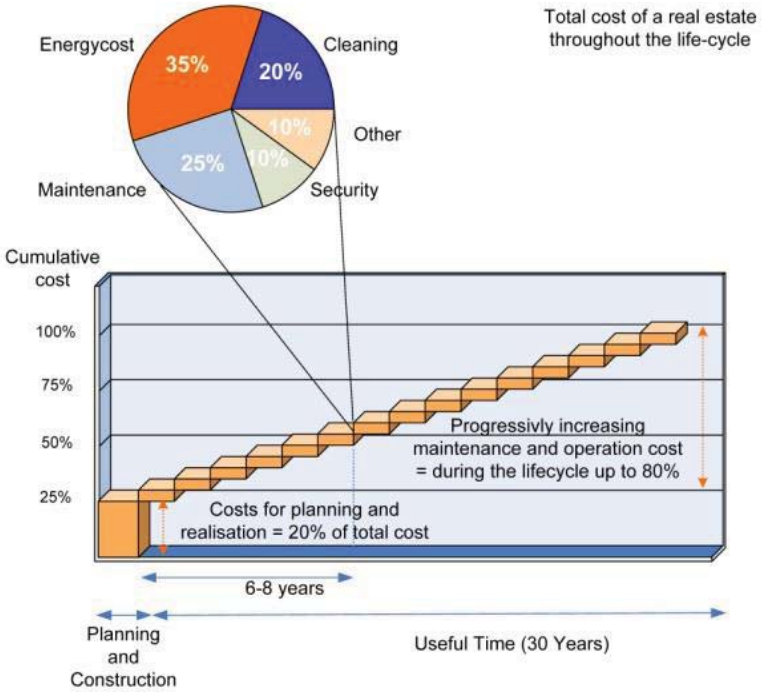


Abbildung 36: Quelle: URL: www.ee-concept.de/leistungen/wissenstransfer.html [18.8.210, 14:43]

*„Die **ÖNORM B 1801-1** definiert*

1. *die Lebenszykluskosten als Summe von Anschaffungskosten Entwicklungskosten und Folgekosten,*
2. *die Anschaffungskosten als Gesamtkosten zuzüglich Finanzierungskosten.*

3. die Gesamtkosten als Kosten, die sich als Summe aus den Kostenbereichen 0 bis 9 ergeben.

Die ÖNORM B 1801-2 definiert

4. die Folgekosten als Summe der Nutzungskosten und Beseitigungskosten

*Die **GEFMA 220** stellt die Lebenszykluskosten als die Summe aller über den Lebenszyklus von Facilities anfallenden Kosten (Kosten im Hochbau, Projektkosten, Nutzungskosten und Leerstandskosten) dar.*

*Die **ISO 15686-5** prägt den neuen Begriff der „Whole Life Costs", d.s. Lebensvollkosten.*

Die Lebenszykluskosten sind die Kosten einer Anlage (Gebäudes) oder seiner Teile im Laufe des gesamten Lebenszyklus, während diese ihre Nutzungsanforderungen erfüllen.

Die Lebenszykluskosten strukturieren sich in „Errichtungskosten", „Betriebsführungskosten", „Instandhaltungkosten", „Abbruchskosten"[36]

Übliche Berechnungen in der Kältetechnik beziehen sich auf den Kältekreislauf und die Auslegung der wichtigsten thermodynamischen Komponenten (Verdichter, Verdampfer, Verflüssiger und Expansionseinrichtung). Dabei werden mittels Stoffdaten die wesentlichen Zustandsgrößen hinsichtlich Druck, Temperatur, Enthalpie und der COP berechnet.

Die möglichst realitätsnahe LZK-Berechnung ist ein erfolgversprechender Ansatz. Schwierigkeiten bei der Modellbildung und der Wahl der Randbedingungen müssen durch weitere Bemühungen in der Forschung, aber vor allem auch im Bereich der Industrie überwunden werden.

8.6.2 Objektplanung

Die Instandhaltung beginnt bei der Objektplanung, und kann daher in erster Linie direkt durch den Architekten und den Bauherrn beeinflusst werden.

„Form follows function (dt.: Die Form folgt der Funktion) ist ein Gestaltungsleitsatz aus Design und Architektur. Er postuliert, dass die Form - die Gestaltung von

[36] Quelle: Lebenszykluskosten; Hintergründe, Grundlagen, Konzepte; Dipl.-Ing. Dr. Helmut Floegl, 12.05.2009

Dingen - sich aus ihrer Funktion, d.h. ihrem Nutzzweck ableiten soll. Umgekehrt kann man aus der Form auch eine Funktion ableiten (function follows form).“[37]

Der Begriff ist Teil eines berühmten Zitats des amerikanischen Architekten Louis Henry Sullivan. In Deutschland wurde der Gestaltungsgrundsatz erstmals vom Bauhaus konsequent angewandt. Insbesondere der Einsatz neuartiger Werkstoffe und Technologien eröffnete dabei revolutionäre Perspektiven

8.6.3 Planung der haustechnischen Anlagen

Bereits bei der Planung technischer Anlagen sollte die Instandhaltung berücksichtigt werden. Hierzu sollten zu Anfang einige Grundsätze in die Auswahl der technischen Gebäudeausrüstung mit einbezogen werden:

Je weniger aufwendige Technik, umso robuster und instandhaltungsarmer verhält sich das technische System. Komplexität ist aber in vielen Fällen nicht zu vermeiden, um eine nutzergerechte und energetisch optimale Betriebsweise sicherzustellen. Beispiel: Eine Jalousiesteuerung kann manuell mit Handkurbel erfolgen oder elektrisch betrieben und mit einem Bussystem gesteuert werden.

Die Instandsetzungs- und Wartungskosten (z.B. Filterwechsel, Leuchtmittel-austausch etc.) sind bei der Auswahl der technischen Lösung zu berücksichtigen. Oft sind preiswerte aber aufwendig zu wartende und instandzusetzende Bauteile über die langen Lebenszyklen erheblich teurer, als die kostenintensivere Erstinvestition in ein qualitativ hochwertigeres Bauteil.

Die Instandsetzung von Bauteilen sollte einfach möglich sein. Hierzu ist auf die Verbindungstechnik (z.B. geschraubte statt genietete oder geschweißte Konstruktion) und die Zugänglichkeit (z.B. Revisionsöffnungen) bereits bei der Planung zu achten.

Die geplante und durch LZK-Berechnungen gestützte Instandhaltungs- und Werterhaltungsstrategie wird durch die langfristige Planung und gewünschte optimale Werterhaltung bzw. Wertsteigerung durch technische Modernisierung der TGA von Gebäuden und Immobilien auf Basis der EN 13306 präventiv angelegt.

---

[37] Quelle: URL: http://www.designlexikon.net/Fachbegriffe/F/formfollowsfunkt.html [12.9.2010, 17:55]

Sämtliche sicherheits-, hygiene- und gesundheitsrelevanten Inspektionen und Evaluierungen, Pflichtwartungen wie z.B. sämtliche Aufzugs-, bestimmte Elektro-, alle Notstromversorgungs- und Brandschutzanlagen sowie Druckbehälter und Trinkwasseraufbereitungsanlagen sind strikt nach den Herstellervorgaben oder entsprechend den behördlichen bzw. gesetzlichen Vorschriften und amtlichen Bescheiden durchgeführt.

8.7 Instandhaltungsstrategie/ Innovation

8.7.1 Condition Monitoring

„Was man nicht messen kann, kann man nicht steuern." Auf diese einfache Formel brachte der amerikanische Ökonom Peter Drucker die Relevanz objektiver Leistungskriterien.

Betreiber von Maschinen und gebäudetechnischen Anlagen sind einem immer größer werdenden Kostendruck ausgesetzt.

Die Erhöhung der „Verfügbarkeit", d.h. der Anlagenlaufzeit „ohne ungeplante Störungen bzw. Abschaltungen" ist ein Weg um Einsparungspotentiale zu realisieren. Dem liegt die Einschätzung zugrunde, dass mit den eingesetzten Bauteilen und Komponenten oder mit verbesserten Materialien und Werkstoffen, ein längerer störungsfreier Betrieb zwischen den Wartungen (MTBM) von z.B. Kältemaschinen erreichbar ist als ursprünglich geplant.

Konkret kann dies eine Optimierung der Wartungszyklen von beispielsweise 12 auf eventuell 18 Monate bedeuten. Die limitierende Größe ist dabei das Bauteil mit dem kürzesten Lebenszyklus. Eine risikoarme Maximierung der störungsfreien Maschinenlaufzeit erfordert deshalb eine präzise und verlässliche Diagnose dieser Bauteile.

Die konkrete Planung von Wartungszyklen setzt voraus, dass die lauzeitrelevanten Bauteile in immer gleicher Zeit verschleißen und somit einen vorhersehbaren Lebenszyklus haben. Aus eigener Erfahrung des Verfassers ist dies jedoch selten der Fall, und es ist mit Schwankungen im Verschleißvorgang zu rechnen. Daraus resultierend steigt das Risiko von Bauteilausfällen zum Ende des Lebenszyklus. Die sogenannte „Badewannenkurve" beschreibt die Häufigkeit von Bauteilausfällen nach einer Wartung. Die Ausfallshäufigkeit ist zunächst erhöht durch Planungs-, Material- und Montagefehler.

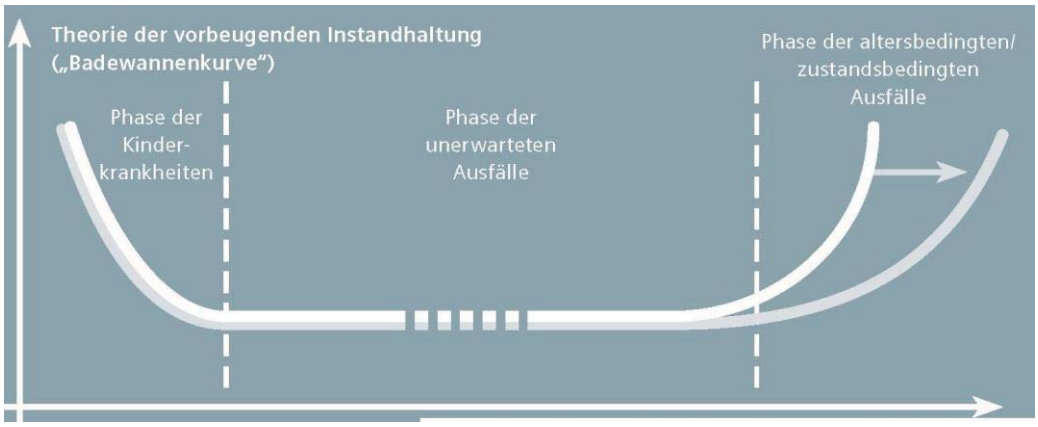


Abbildung 37: Quelle: Siemens 2009; Schrift „Aus Service wird Verfügbarkeit"

Nach kurzer Zeit sinkt die Ausfallrate jedoch stark und beschränkt sich auf statistisch zufällige Fehler und Störungen.

Zum Ende der Standzeit steigt die Risikowahrscheinlichkeit wieder deutlich an, mit signifikanten Schwankungen der tatsächlichen Standzeit.

Bisher begegnete man diesen Schwankungen, indem man die Wartungsintervalle entsprechend kurz auslegte. Durch den präventiven Austausch der Bauteile wurde jedoch der Lebenszyklus nicht optimal genutzt.

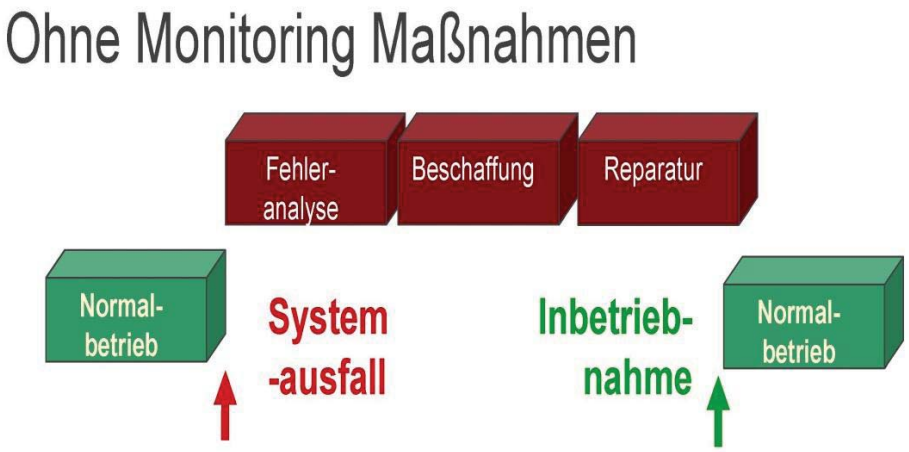


Abbildung 38: Quelle: URL: http://www.ixts.de/index.php?com=solutions&subcom=pccondmon&lang=german [8.9.2010, 14:23], Ohne Monitoring Maßnahmen, Messfeld GmbH., Klagenfurt

„Was man messen kann soll man messen; was man nicht messen kann, soll man messbar machen" (Galileo Galilei).

Die frühzeitige Identifizierung von entstehenden Schäden ist eine zentrale Anforderung von Betreibern an Diagnose- und Zustandsüberwachungssysteme für Maschinen und Anlagen.

Eine Vielzahl von Bauteilen eines Kälteverdichters unterliegen hohem Verschleiß; eine permanente Überwachung ist notwendig um Schäden zu verhindern und Instandhaltungsmaßnahmen rechtzeitig zu organisieren.

Durch das Diagnosesystem muss der Betreiber jederzeit über den aktuellen Maschinenzustand informiert sein, um ggf. ausreichend Zeit zu haben, um vor dem Eintritt von ungeplanten Störungen und Schäden zu agieren.

„Das Konzept des Condition Monitoring basiert auf einer regelmäßigen Erfassung des Maschinenzustandes. Der Grundansatz ist die Beobachtung des Trends, d.h. die Entwicklung des Zustandes von Anlagen über einen längeren Zeitraum. Diese Veränderung gibt einen guten Anhaltspunkt für den Zeitpunkt an dem Inspektionen und Maßnahmen an einfachen Antriebssträngen gesetzt werden müssen.“[38]

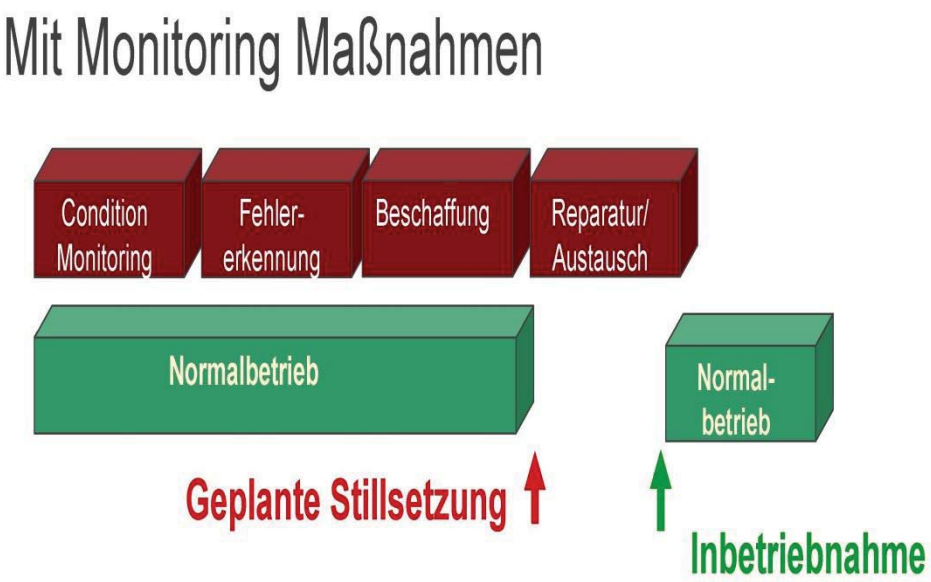


Abbildung 39: Quelle:URL: http://www.ixts.de/index.php?com=solutions&subcom=pccondmon&lang=german [8.9.2010, 14:26], Mit Monitoring Maßnahmen, Messfeld GmbH., Klagenfurt

Das in dieser Arbeit wissenschaftlich zu untersuchende Online Condition Monitoring basiert auf einem Diagnosesystem, das anstelle der Überwachung einzelner

[38] Quelle: http://www.messfeld.com/Einbindung-von-Condition-Monit.76.0.html, DI Jutta Isopp / Messfeld GmbH., Klagenfurt

Kenngössen eines „Kälteverdichters bzw. Kältesystems“ mit absoluten Grenzwerten einen permanenten Online Vergleich der gemessenen IST-Werte mit den SOLL-Werten durchführt, wobei die SOLL-Werte über ein theoretisches Verdichtermodell ermittelt werden sollen.

Im Idealfall ist der Wert des Residuums nahe Null, d.h. der gemessene Wert und der thermodynamisch berechnete Wert weichen nur geringfügig voneinander ab.

Bei einer Bauteilstörung z.B. einer Leckage steigen die Residuen an: es erhöht sich die Abweichung zwischen dem realen Messwert und dem prognostizierten bzw. limitierenden Sollwert.

Übersteigt diese Abweichung ihre Warnschwelle, vergleicht das Diagnosesystem der Residuen mit einer Datenbank welche typische Residuen-Verläufe (Muster) enthält. Bei Übereinstimmung wird automatisch eine entsprechende Betriebs-, Warn-, Stör- oder Schadensmeldung an die zuständigen und verantwortlichen Personen bzw. Facility Services abgesetzt.

Die bei der MSR-Technik bereits für regelungstechnische Zwecke verfügbaren Parameter, die auch auf der GLT visualisierte werden, können zur Weiterverarbeitung in andern Zusammenhängen vom Diagnosesystem übernommen werden.

Online Condition Monitoring/ Beteiligte

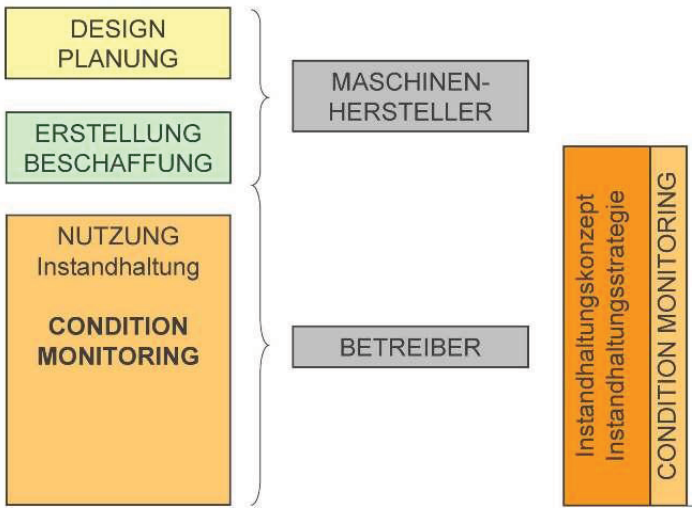


Abbildung 40: Quelle: URL: http://www.google.at/#hl=de&source=hp&q=http%3A%2F%2Fwww.logicals.com%2Fupload%2FLCG_TeaserDayV51_Messfeld(2)(1).&btnG=Google-Suche&rlz=1W1GPEA_de&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=&fp=67e8eaa727925cde [20.8.2010, 16:32], DI Jutta Isopp / Messfeld GmbH., Klagenfurt

Vor- und Nachteile von Condition Monitoring (zustandsabhängige Instandhaltung)

Vorteile:

- Langzeitbeobachtung/ historische Daten/ Trendaufzeichnung
- Erfassung kritischer Zustande (Symthome erkennen)
- Schwachstellen- und Risikoanalyse möglich
- Frühzeitige Identifikation von Bauteil- und Anlagenproblemen
- Planbarer Maschinen- und Anlagenstillstand
- Erhöhte Betriebssicherheit
- Sichere Vermeidung großer Folgeschäden
- Reduzierte Instandhaltungskosten für Kältemaschinen

Nachteile:

- Initiale Investitionen (Diagnosesystem, Schnittstellen zu GLT usw.)
- Geschultes Personal erforderlich (Aus- und Weiterbildung)
- Sachverständige Interpretation und Analyse der Betriebsdaten erforderlich

Das im Detail zu entwickelnde Diagnosesystem fordert sowohl die Hersteller von Kältemaschinenverdichtern, Kälteanlagenbauern, Planer, Kälte-, Elektro-, MSR-Ingenieure, Informatiker sowie die Betreiber zur intensiven theoretischen und praktischen Kooperation

8.7.2 Betriebsdatenaufzeichnungen

Die Wahl der zielführenden Parameter ist maschinen- und anlagenspezifsch festzulegen. Eine weitestgehende Standardisierung der Betriebsdatenaufzeichnung von Kälteverdichtern unterschiedlicher Bauart ist anzustreben.

Im Gegensatz zu "rotierenden" Verdichtern (Turboverdichter) ändern sich über eine 360 Grad-Umdrehung der Antriebs-/Kurbelwelle bei "oszillierenden" Kolbenverdichtern kontinuierlich Kolbengeschwindigkeit, Massenkräfte und Gaskräfte.

Diese Zusammenhänge ließen bislang ein kontinuierliches Monitoring des Kolbenverdichter-Triebwerkes, vergleichbar zum Turboverdichter, nicht zu. Erst durch die Verwendung von schnellen Rechnern und die Entwicklung entsprechender Software ist es seit etwa 1995 möglich, Kolbenverdichter in der

Qualität zu monitoren, wie es bei Turboverdichtern seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts bekannt ist.

Somit ist es möglich, Primärschäden (z.B. beginnenden Kolbenstangenbruch etc.) automatisch sicher zu erkennen und den Kolbenverdichter rechtzeitig ohne Sekundärschäden (z.B. Zerstörung des Zwischenstücks durch den Weiterbetrieb des Verdichters mit gebrochener Kolbenstange usw.) automatisch abzuschalten.

Dadurch wird die Betriebssicherheit des Kolbenverdichters erhöht und der wirtschaftliche Verlust in Folge von Anlagenstillstand, Nichterfüllung von Service Level Agreements oder Durchsatz-Reduzierung (z.B. Produktionsausfall, Lieferprobleme usw.) minimiert.

„Suchen Sie nicht nach Fehlern. Suchen Sie nach Lösungen“ (Henry Ford).

Für den Maschinenschutz, Werterhaltung, Störungsarmut, hohe Verfügbarkeit, Vermeidung großer Schäden und die Kostenoptimierung müssen die prozessrelevanten Parameter mittels OCM permanent überwacht werden.

Überwachungsparameter

- Verdampfungstemperatur (*C) bzw. Verdampfungsdruck (bar)
- Kaltwasser, Ein- und Austrittstemperatur Verdampfer (*C)
- Heißgastemperatur (*C)
- Kondensationstemperatur (*C) bzw. Kondensationsdruck (bar)
- Kühlwasser, Ein- und Austrittstemperatur Kondensator (*C)
- Unterkühlung (K)
- Überhitzung (K)
- Heißgastemperatur (*C)
- Druckdifferenz: Kondensations- und Verdampfungsdrücke (bar)
- Öld- bzw. Öldifferenzdruck (bar)
- Ölstand (z.B. Schäumen: Schauglas, Videokamera usw.)
- Verdichterstarts (Ein/ Aus), Anzahl (n)/ Zeiteinheit (h)
- Stromverbrauch/ Zeiteinheit (MWh)
- Energieaufnahme am Verdampfer (MWh)
- Wärmeabgabe am Kondensator (MWh)
- COP (-)

Ausgewählte Beispiele für das OCM bzw. Störfälle und Ursachen:

Mit OCM bzw. dem Diagnosesystem werden die Limiten der nutzungsabhängigen und fachgerecht geplanten Betriebsparameter der Kältemaschinen überwacht, protokolliert und visualisiert.

Verdampfungstemperatur (*C) bzw. Verdampfungsdruck (bar)

- T_0 zu niedrig
  - Verdichterleistung zu groß/ Verdampferleistung zu gering
  - Kältemittelmangel/ -verlust (z.B. undicher Kältekreis usw.)
  - Expansionsventil defekt, arbeitet nicht korrekt
  - Verdampfer vereist/ zugesetzt
  - Leistungsregelung gestört
- T_0 zu hoch
  - Kondensationstemperatur zu hoch (z.B. Einsatzgrenzen überschritten usw.)
  - Verdichterleistung zu klein/ Verdampferleistung zu groß
  - Bypass von Druck- zu Saugseite (z.B. Zylinderkopfdichtung, Kolbenringe, Ventilplatten, usw.)
  - Kältebedarf zu hoch

Kondensationstemperatur (*C) bzw. Kondensationsdruck (bar)

- T_c zu niedrig
  - Kältemittelmangel/ -verlust (z.B. Leck im Kältekreis usw.)
  - Verflüssigungsdruckregelung nicht in Ordnung
  - Bypass von Druck- zu Saugseite (z.B. Ölabscheider, Heißgasbypassregler usw.)
- T_c zu hoch
  - Kühlwasserpumpe defekt (z.B. Luftkurzschluss, ungeeigneter Aufstellungsort usw.)
  - Luft-/ Wassereintrittstemperatur am Verflüssiger zu hoch
  - Verflüssiger verschmutzt
  - Kältemittelüberfüllung
  - Verflüssiger zu klein dimensioniert
  - Fremdgase im Kältekreislauf

Verdichterstarts (Ein/ Aus), Anzahl (n)/ Zeiteinheit (h)

- Anzahl der Starts zu hoch
  - Kälteleistung des Verdichters zu groß
  - Leistungsregelungseinrichtung defekt
- Anzahl der Starts zu niedrig
  - Kälteleistung des Verdichters zu klein
  - Leistungsregelung gestört/ defekt

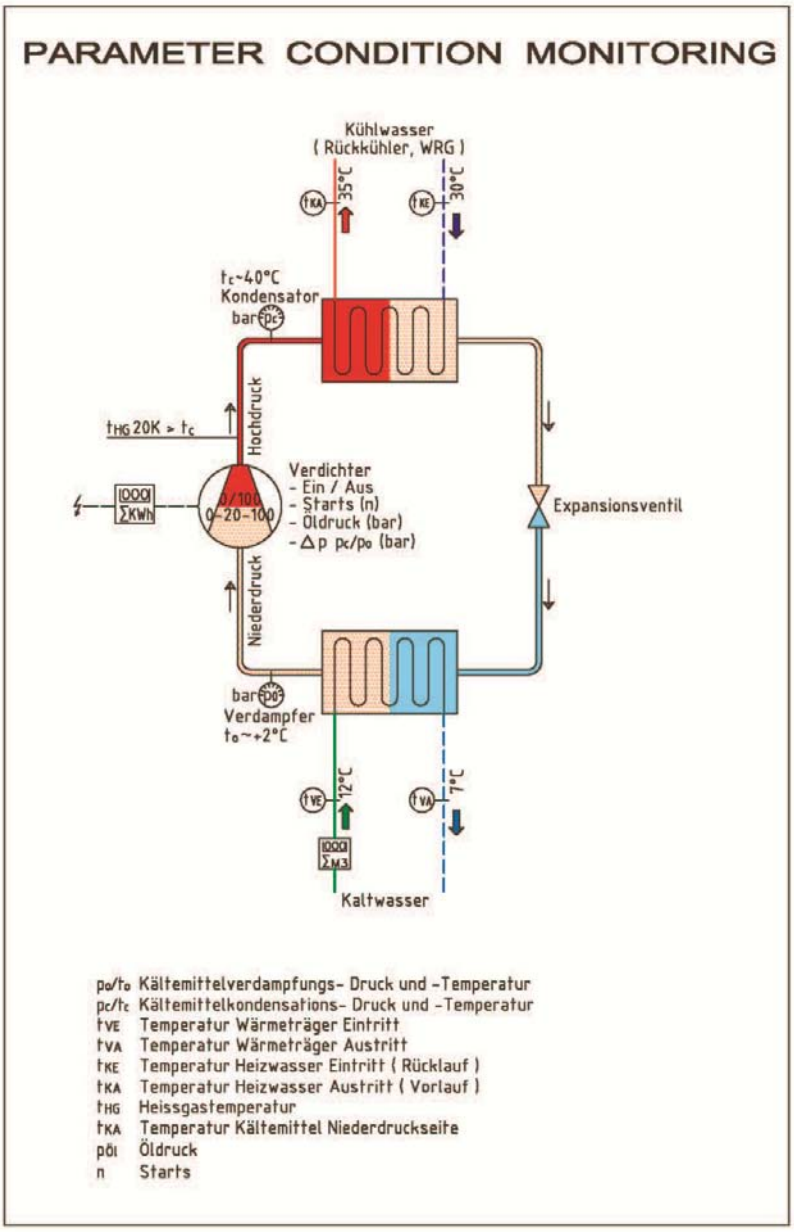


Abbildung 41: Betriebsparameter für OCM von Kälteverdichtern mittlerer Leistung, eigene Darstellung

8.8 Ergebnisorientierung in der Instandhaltung

Der überdurchschnittliche Anteil der Instandhaltungskosten für die TGA im Allgemeinen und der Kältetechnik im Besonderen ergibt sich, wenn Instandhaltung lediglich als Kostenfaktor gesehen wird.

Ein Mehrwert (Value Added) wird durch innovative, ergebnisorientierte[39], nachhaltige und messbare Maßnahmen in der Instandhaltung generiert.

8.8.1 Definition ergebnisorientierte Instandhaltung

Definition FM nach Richtlinie GEFMA 100-1; (Ausgabe 2004-07)

„Facility Management (FM) ist eine Managementdisziplin, die durch ergebnisorientierte Handhabung von Facilities und Services im Rahmen geplanter, gesteuerter und beherrschter Facility Prozesse eine Befriedigung der Grundbedürfnisse von Menschen am Arbeitsplatz, Unterstützung der Unternehmens-Kernprozesse und Erhöhung der Kapitalrentabilität bewirkt. Hierzu dient die permanente Analyse und Optimierung der kostenrelevanten Vorgänge rund um bauliche und technische Anlagen, Einrichtungen und im Unternehmen erbrachte (Dienst-) Leistungen, die nicht zum Kerngeschäft gehören.“[40]

Bei Peter Drucker heißt es: *„Den Unterschied zwischen "effizient arbeiten" und "effektiv arbeiten" sollten sich Fach- und Führungskräfte immer wieder vor Augen führen:*

- *Effizient arbeiten wir, wenn wir die Dinge richtig tun.*
- *Effektiv arbeiten wir, wenn wir die richtigen Dinge tun.*

Damit wir die richtigen Dinge richtig tun können, müssen wir auch unsere Instrumente schärfen, Prozesse und Leistungen beobachten (monitoren) bzw. messen, und dann geplante Innovationen zulassen.

---

[39] Vgl. Krimmling, Jörn; Frauenhofer IRB Verlag, 2010; Facility Management - Strukturen und methodische Instrumente, Seiten 31 und 151.

[40] Quelle: Richtlinie GEFMA 100-1; (Ausgabe 2004-07)

8.8.2 Modell für die Instandhaltungsinnovation

Das Modell baut auf den Erkenntnissen und Ausführungen der ISO 9001:2000 auf, und transformiert diese auf die hier untersuchte innovative und ergebnisorientierte Instandhaltung von Kältemaschinen mittlerer Leistung.

„Im Gegensatz zur Ausgabe 1994 sind die Forderungen der ISO 9001:2000 nicht mehr in 20 funktionsorientierten Elementen strukturiert. Die Struktur der Norm unterstreicht jetzt den starken prozess- und systemorientierten Managementansatz. Verkauf, Marketing, (Engineering, Planung), Produktion, (Facility Services), etc. sind nicht als isolierte Funktionen oder Abteilungen, sondern als funktions- und bereichsübergreifende Prozesse zu betrachten, die untereinander in ständiger Wechselwirkung stehen. Welche Wechselwirkungen sich aus der Erfüllung der ISO 9001:2008 Forderungen ergeben, sind die Forderungen in Norm- Abschnitte gegliedert, die einen ständig stattfindenden Plan-Do-Check-Act-Regelkreis widerspiegeln.[41]

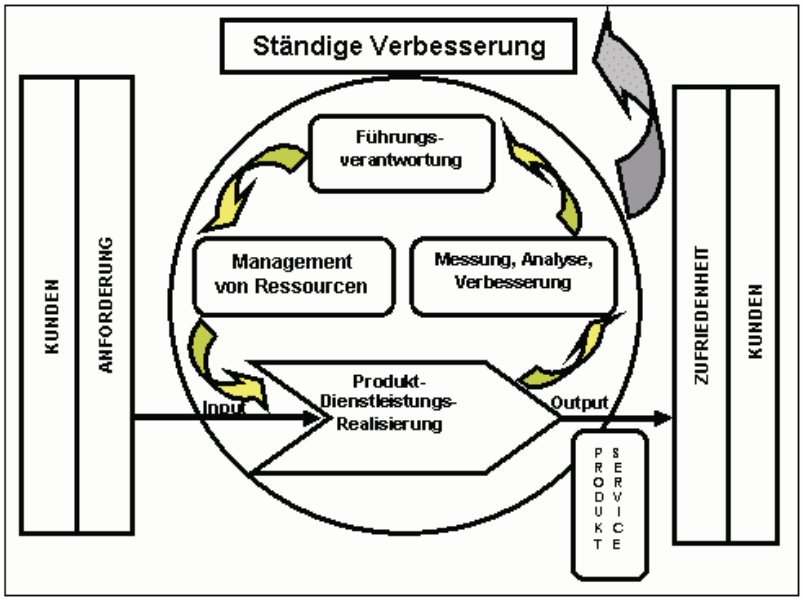


Abbildung 42: Quelle: URL: http://www.abc sks.at/service/iso_9001_fragen_11.html [2.9.2010, 23:32

Planen:

Das bedeutet, dass zuerst die Grundsätze, danach die Aufbauorganisation, deren Ausrichtung und Ziele sowie die zur Zielerreichung erforderlich Ressourcen in einer zweckmäßigen Form geplant werden.

[41] Quelle: URL: http://www.abc-sks.at/service/iso_9001_fragen_11.html [2.9.2010, 23:29]

Durchführen:

Die Leistungen werden entsprechend den Anforderungen der Kunden durch die MitarbeiterInnen bzw. durch Partner erbracht.

Prüfen:

Darunter versteht man die Überwachung und Messung von Prozessen und Leistungen um die Konformität mit deren Anforderungen darlegen zu können. Als Prozess werden die Abfolge und Wechselwirkungen sämtlicher Tätigkeiten verstanden, die aus Eingaben - unter der Verwendung von Ressourcen - Leistungen als Ergebnisse liefern.

Handeln:

Die Differenz zwischen Vorgaben (Ziele) und Ergebnissen bestimmen das Ausmaß der zu setzenden Handlungen.

Dieses Handeln erfolgt unter dem Gesichtspunkt der ständigen Verbesserung der Prozesse und damit verbunden der Leistungen.

In öffentlichen Organisationen und Unternehmen findet man oft eine starke Arbeitsteilung (Taylorismus), die gezwungenermaßen auch Teiloptimierungen zur Folge hat.

Um dies zu vermeiden, ist es nötig, in ganzen Prozessen (also auch an vor- und nachgelagerte Schritte) zu denken, und sich auf diese Weise an den Nutzer- und Kunden- sowie den Eigentümerinteressen (Stakeholder) auszurichten.

Neben der Prozess- ist auch die Ergebnisorientierung von Bedeutung, denn nur hier können neue Ideen und nachhaltige Strategien entwickelt werden.

Man wird also nur unter Berücksichtigung beider Ziele zu Erfolg gelangen.

Die beiden Orientierungen bedingen sich gegenseitig, der Schwerpunkt sollte allerdings bei der Prozessorientierung liegen, da hinsichtlich der Ergebnisse ohnehin viele Anstöße von den externen Stellen (z.B. Ing.-Büros, Planer, Kältefachfirmen, einschlägige Sachverständige, Facility Services, System-dienstleistern usw.) kommen.

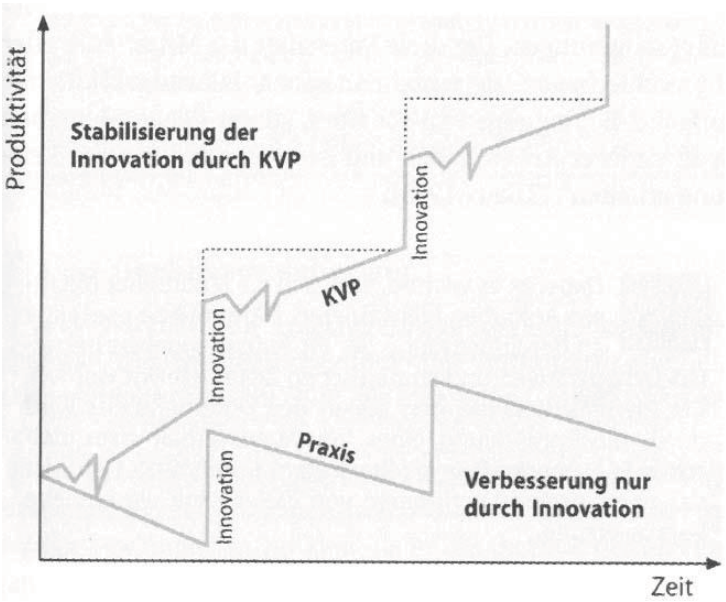


Abbildung 43: Quelle: Kostka C., Kostka S.: Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess, 2. Auflage, München 2002, S. 13

8.8.3 Kostenziele und Kennzahlen in der IH

Die Betriebskostensituation und die diesbezügliche Belastung der Organisation ist auf Grund der Benchmarks bekannt. Die Kostenziele muss der Immobilieneigner anhand dieser Kennzahlen festlegen.

8.8.3.1 Kennzahlen in der Instandhaltung

Der Aufbau eines Kennzahlensystems eröffnet der Instandhaltung erhebliche Chancen und Verbesserungspotentiale.

Kennzahlen sind eine wichtige Grundlage für die Koordination und Steuerung von Unternehmen. War dies früher ausschließlich die Sicht der Betriebswirtschaft, gilt dies heute auch unbestritten für die technischen Bereiche eines Unternehmens.

Es gibt in der Fachliteratur diverse Kennzahlen wie z.B.

- MTBF Mean Time Between Failures (mittlere Zeit zwischen zwei Geräteausfällen)
- MTBR Mean Time Between Repair (mittlere Zeit von IS)
- MTBM Mean Time Between Maintenance (mittlere Zeit für Wartungen)
- OEE Overall Equipment Effectiveness
- Anlagenverfügbarkeit
- usw.

Bevor jedoch der Instandhalter passende Kennzahlen suchen muss, hilft z.B. der VDI mit der Richtlinie VDI 2893 (Auswahl und Bildung von Kennzahlen in der Instandhaltung) bzw. die DIN EN 15341 (wesentliche Leistungskennzahlen für die Instandhaltung).

Weiterhin die DIN 31051 (Grundlagen der Instandhaltung), die genau abgrenzt, welche Leistungen der Instandhaltung (Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung) zuzuordnen sind. Diese Unterlage ist u.a. dann hilfreich, wenn bei der jährlichen Budgetverhandlung mit der Geschäftsleitung/ Controlling Kosten diskutiert werden, die ursächlich nicht diesem Bereich zugeordnet werden dürfen.

Ein weiterer Aspekt sind Kosten, die auf Grund gesetzlicher Vorschriften entstehen. Diese Leistungen der Instandhaltung sind somit festgelegt und können bei gewünschter Budgetkürzung durch die GF/ Stakeholder nicht einbezogen werden.

8.8.3.2 Normung und Kennzahlen in der IH

Bei Kennzahlen handelt es sich um „ … in Zahlen verdichtete Informationen … “[42] für die Darstellung von organisatorischen, technischen sowie betriebswirtschaftlichen Gegebenheiten.

Die Aufgaben der Kennzahlen bzw. Kennzahlensysteme sind die Abbildung, die Information, die Planung sowie die Kontrolle.[43]

Die Transformation in den Geschäftsprozess der Instandhaltung kann zur Messung der eigenen Leistungsfähigkeit als auch zum Vergleich (Benchmarking) mit internen und externen Konkurrenten verwendet werden und hat dann somit eine Kontrollfunktion.

Selbstverständlich müssen diese Kennzahlen bestimmten Anforderungen entsprechen. Sie sind so zu wählen, dass geforderter Informationsbedarf abgedeckt wird. Dieser geforderte Informationsbedarf steht auch im Zusammenhang mit den daraus resultierenden Maßnahmen zur beabsichtigten Steuerung.

---

[42] Siehe Kalaitzis, 2004, S. 78
[43] Vgl. Stelling, 2005, S. 275

Für den Anwender ist es wichtig, dass die Kennzahlen nachvollziehbar und auch benutzerfreundlich sind. Im Zusammenhang mit dem internen Benchmarking ist diese Forderung unabdingbar, um eine hohe Datenqualität zu erreichen.

Die Vorteile der Kennzahlen sind, bei zyklischer Anwendung, die sehr gute Tendenzbeobachtung und somit auch die frühzeitige Möglichkeit des Einsatzes von Gegensteuerungsmaßnahmen.

Im Bezug auf das Benchmarking ermöglicht die Einführung von Kennzahlen das Aufzeigen von Schwächen. Auch daraus lassen sich Maßnahmen für notwendige Verbesserungen ableiten.

Als Nachteile von Kennzahlen sollten mögliche Fehlinterpretation und auch die nicht vollkommene Darstellung des Betriebsgeschehens erwähnt werden. Weiters handelt es sich teilweise um sensible komprimierte Daten, die nicht jedermann zugänglich gemacht werden dürfen. Dies kann besonders bei beabsichtigtem externem Benchmarking zu Zielkonflikten führen.

Kennzahlen können grundsätzlich als absolute als auch als relative Größen dargestellt werden.

Absolute Kennzahlen können Einzeldaten, Summen- oder Differenzzahlen sowie auch Mittelwerte daraus sein[44]. Beim Einsatz von absoluten Zahlen ist darauf zu achten, dass sie bei interner Anwendung nur zyklisch generiert eine Aussagekraft besitzen.

Bei Anwendung von Benchmarking ist auch auf betriebliche Begebenheiten zu achten, um Falschinterpretationen zu vermeiden.

Relative Kennzahlen sind Verhältniszahlen, bei denen zwei Werte in einer Division zueinander stehen. Die Eigenschaft des Nenners dieser Division ist ausschlaggebend für die Unterteilung in Gliederungs-, Beziehungs- und Indexzahlen[45].

Während bei Gliederungszahlen ein Teil einer Begebenheit zur Gesamtheit derselben im Verhältnis steht, werden „… bei Beziehungszahlen … artverschiedene

[44] Vgl. Gamweger & Grill-Kiefer, 1998, S. 108
[45] Vgl. Stelling, 2005, S. 275

Sachverhalte in ihrer Teil- und Gesamtausprägung in Beziehung gesetzt“.[46] Indexzahlen ermöglichen die Darstellung einer zeitlichen abfolgenden Tendenz.

Generell sind relative Kennzahlen aussagekräftiger. Sie haben aber den Nachteil, dass es zu Fehlinterpretationen bei gleichzeitiger Veränderung des Zählers und Nenners kommen kann.

Die Einteilung der Kennzahlen in der Instandhaltung ist durch die Norm EN 15431 normativ geregelt[47.] Die Norm unterteilt die Leistungskennzahlen in „wirtschaftliche, technische und organisatorische Gesichtspunkte“[48]. Neben dieser Einteilung enthält die Norm auch direkte Angaben zu 71 Kennzahlen innerhalb dieser Unterteilung.

Für das im Rahmen dieser Arbeit beabsichtigte Benchmarking wird nur ein Teil der erwähnten Kennzahlen verwendet. Es besteht auch die Möglichkeit, dass zur Optimierung des Informationsgehaltes auch eigene, bedarfsspezifische Kennzahlen generiert werden. Sie lassen sich aber ebenfalls in die oben erwähnte Gliederung einordnen. Deshalb wird die Einteilung der EN 15431 in wirtschaftliche, technische und organisatorische Kennzahlen für diese Arbeit ansatzweise übernommen.

Technische Kennzahlen

Die EN 15341 betrachtet bei den technischen Kennzahlen vor allem Aspekte der Verfügbarkeit der Betrachtungseinheiten wie Geräte und Anlagen.

Während Industrieunternehmen mit industriellen Produktionsanlagen mit definiertem oder kalkuliertem Output behaftet sind, gelten für Kältemaschinen in öffentlichen Gebäuden andere Grundsätze. Ausnahme bilden die Krankenhäuser, Reinräume, Labors usw.

Der Grund dafür ist die unterschiedliche Art der Wertschöpfung von öffentlichen Gebäuden im Vergleich zur Industrie. In öffentlichen Gebäuden handelt es sich primär verwaltende und organisatorische Dienstleistungen, während in der Industrie die ausstoßmaximierte und kostenminimierte Produktion im Vordergrund steht. Diese Betrachtungsweise ist natürlich stark vereinfacht und beinhaltet nicht alle betriebswirtschaftliche Aspekte.

---

[46] Vgl. Stelling, 2005, S. 275

[47] Vgl. Mostler, 2008, S. 88

[48] Norm EN 15341. Instandhaltung – Wesentliche Leistungskennzahlen für die Instandhaltung; Wien, 2007, S. 5

Selbstverständlich werden auch in öffentlichen Gebäuden eine Unzahl von kältetechnischen Geräten eingesetzt, welche zur Dienstleistungserbringung absolut notwendig sind.

Deshalb sind technische Kennzahlen wie „Gesamt-Betriebszeit / nicht funktionsfähige Zeit auf Grund von Instandhaltungstätigkeiten (entspricht der Kennzahl T1 in der EN 15431) für die einzelnen Geräte nicht zielführend. Erschwert wird dieses Problem dadurch, dass die Betriebszeit z.B. einer Kältemaschine zudem nicht genau spezifiziert werden kann. Ein weiteres Problem ergibt sich bei den kältetechnischen Geräten nach einem Geräteausfall bei Inanspruchnahme von Leistungen durch Dritte. Wird ein kältetechnisches Kleingerät zur Reparatur versandt, so ist die Reparaturzeit beispielsweise drei Stunden, die Transportzeit mitunter jedoch mehrere Tage. Vorhandene Redundanzen von solchen Gerätschaften lassen dann bei der Kennzahlengenerierung mit unter einen komplexen, unüberschaubaren „Datenfriedhof“ entstehen. Diese Faktoren wirken sich im Sinne einer möglichst hohen Datenqualität, welche für ein durchzuführendes Benchmarking unbedingt notwendig ist, negativ aus.

Der Fokus bei den technischen Kennzahlen würde also auf Anlagen oder Geräten liegen, deren genaue Betriebsdaten erfassbar sind und zugleich eine Schlüsselfunktion im laufenden Gebäudebetrieb darstellen. Denkbar für die technische Kennzahlengenerierung wären z.B. Lüftungsanlagen, Liftanlagen, Einrichtungen zur Dampferzeugung, Heizungsanlagen usw. Bei ihnen lässt sich eine genaue Betriebszeit definieren. Zusammen mit den sehr genauen Zeiten der Inspektions-, Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten aus dem CAFM, GLT- und OCM-Tool, ließen sich Kennzahlen mit hoher Datenqualität erstellen. Neben den erwähnten Kennzahlen der Verfügbarkeit von Anlagen beinhalten technischen Kennzahlen auch relative Ausfallzahlen, die für ein Betriebsgebäude sehr aussagekräftig sein könnten.

Die technischen Kennzahlen werden jedoch im Zuge dieser Arbeit nicht behandelt. Dieses Kennzahlensegment würde auf Grund des entstehenden Aufwandes zur Datenermittlung eine eigene Arbeit notwendig machen.

Leistungskennzahlen

Bei den hier behandelten Kennzahlen handelt es sich um Leistungskennzahlen, die mit der Instandhaltung von Kältemaschinen in Verbindung stehen. Diese Dienstleistungen lassen sich in externe und interne Facility Services unterteilen. Die

externen Services umfassen die Instandhaltung, die internen Dienstleistungen, wie z.B. die der Technikabteilung oder der Betriebsführung sind jene, die für die einzelnen Objekte bzw. Kältemaschinen erbracht werden.

Vorstellbar sind hier technikinterne Kennzahlen wie z.B. Nettostunden der Instandhaltung zu Bruttostunden der Instandhaltung (Leistungsgrad). Andere Möglichkeiten bieten sich bei der Generierung von Kennzahlen für die erbrachten Aufträge nach Gewerke (haustechnische bzw. kältetechnische Instandhaltungsaufträge zu Gesamtauftragszahl etc.).

Organistorische Kennzahlen

Die organisatorischen Kennzahlen in der EN 15341 beinhalten alle Kennzahlen, welche die Organisationsstruktur betreffen wie z.B. direktes und indirektes Instandhaltungspersonal, internes und externes Instandhaltungspersonal, Administrationsaufwand, Leitungsaufwand der Instandhaltungsabteilung, Überstunden, Gesamtmitarbeiterzahl, Nettonutzfläche, usw.

Wirtschaftliche Kennzahlen

Unter den wirtschaftlichen Kennzahlen in der Instandhaltung versteht man die Kostenkennzahlen.

Diese geben z.B. Auskunft über das Verhältnis der Ressourcenkosten zu den Gesamtkosten der Instandhaltung.[49] Als Ressourcen können z.B. die gesamten Gehaltskosten des Instandhaltungspersonals sein.

Bei dieser Kostenkennzahl spricht man von Gehaltskostenanteil. Aber auch das Instandhaltungsmaterial kann zum einen als Ressource und zum anderen im Verhältnis mit den Gesamtkosten der Instandhaltung betrachtet werden. Dies ergibt dann den Materialkostenanteil.

Selbstverständlich können diese Zahlen bei richtiger Anwendung auch Informationen über den Eigen- und Fremdleistungsanteil oder den Budgetabweichungsgrad geben.

[49] Vgl. Biedermann, 1998, S. 39

Durch das Verhältnis der korrektiven oder präventiven Instandhaltungskosten im Verhältnis zu den Gesamtkosten der Instandhaltung, kann die Qualität des Instandhaltungsmanagements beurteilt werden.

Die Norm EN 15431 sieht dazu im Gesamten 24 verschiedene wirtschaftliche Kennzahlen vor. Einige davon können in einer weiterführenden Arbeit übernommen werden.

Bei den Kostenkennzahlen handelt es sich durchgängig um relative Kennzahlen.

Für die Generierung von wirtschaftlichen Kennzahlen im Rahmen dieser Arbeit werden absolute Kennzahlen für die,

- Inspektion
- Wartung
- Instandsetzung
- Verbesserung
- Schwachstellenanalyse

erhoben (Case Studies) und ermittelt (Prognosekosten).

Gerade in öffentlichen Gebäuden mit überwiegender Dienstleistung als Wertschöpfung sind diese unerlässlich. Als Beispiel dafür gelten Nutzflächen, Personalstand usw.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es der Geschäftsleitung, dem Facility- oder der Objektmanager obliegt, die Art und Qualität der geforderten Benchmarkdaten für die Kontrolle (SLA´s/ KPI`s) der ergebnisorientierten Instandhaltung festzulegen.

Beispielhafte KPI`s

- Instandhaltungskosten pro m^2 Flächeneinheit
- Instandhaltungskosten Pro Mitarbeiter (FTE)

9 Vergleich der Instandhaltungsstratgieen

9.1 Verrichtungsorientierung vs. Ergebnisorientierung

Die Verrichtungsorientierung in der Instandhaltung basiert auf den klassischen Strategien (zeitbezogen präventiv und korrektiv), die durch die Vergabe von vielen Einzelaufträgen, und durch bekannte Nachteile wie z.B.

- Erhöhte Anzahl der ungeplanten Anlagenstörungen und Stillstände/ Ausfälle etc.
- Aufwändige organisationsinterne und externe Koordination zur Durchführung von Störungsbehebungsmaßnahmen
- Schwierige Qualitätskontrolle und Abrechnung der externen Dienstleistungen
- Erheblicher interner Verwaltungsaufwand
- Oft unklare Ziele durch fehlendes technisches Know-How (Betreiberkompetenz)
- Fehlende Kennzahlen für die Kosten- und Qualitätsteuerung der Instandhaltung der TGA
- Keine Instrumente für das Controlling der IH-Kosten
- Abhängigkeit von vielen externen Facility Services/ Schnittstellen- und Verantwortungsproblematik usw.

gekennzeichnet sind.

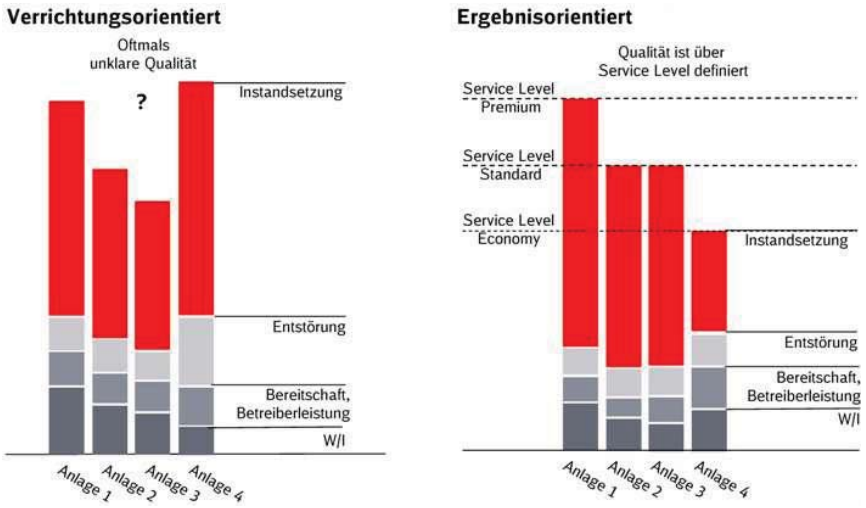


Abbildung 44: Quelle: „Systemdienstleistungen als Wertschöpfungsfaktor im Facility Management“ - Von der Verrichtungsorientierung zur Ergebnis-orientierung - Dipl.-Ing. Werner Lochthofen Vertriebsverantwortlicher der DB Services, Januar 2009

Im Gegensatz dazu, zeichnet sich die Ergebnisorientierung in der Instandhaltung von gebäudetechnischen Anlagen bzw. Kältemaschinen durch erhebliche Vorteile wie z.B.

- Geringer interner Verwaltungs- und Koordinationsaufwand durch Systemdienstleistung eines externen Auftragnehmers (FS)
- Ganzheitlicher Ansatz für integrierte Instandhaltung der TGA bzw. Kältemaschinen
- Verantwortungsbündelung in einer Hand
- Entschärfung der gewerkübergreifenden Schnittstellenproblematik durch die Führung und Koordination der Subkontraktoren im FS-Netzwerk
- Permanentes Technologiemonitoring
- Trendanalysen der Betriebsdaten von z.B. Kältemaschinen durch Einsatz von OCM in Kombination mit Energieverbrauchmonitoring
- Sachkompetenz und Professionalität des Dienstleisters
- ausgebildete und erfahrene Mitarbeiter identifizieren interdisziplinär Optimierungspotentiale
- Proaktive Verbesserungen durch den externen Facility Service
- Transparenz der Instandhaltungskosten der TGA
- Periodische Inspektionen mit Vorlage von Berichten
- Gezielte aktive Einflussnahme des Eigentümers durch Benchmarking auf Basis von vereinbarten SLA`s und KPI`s möglich

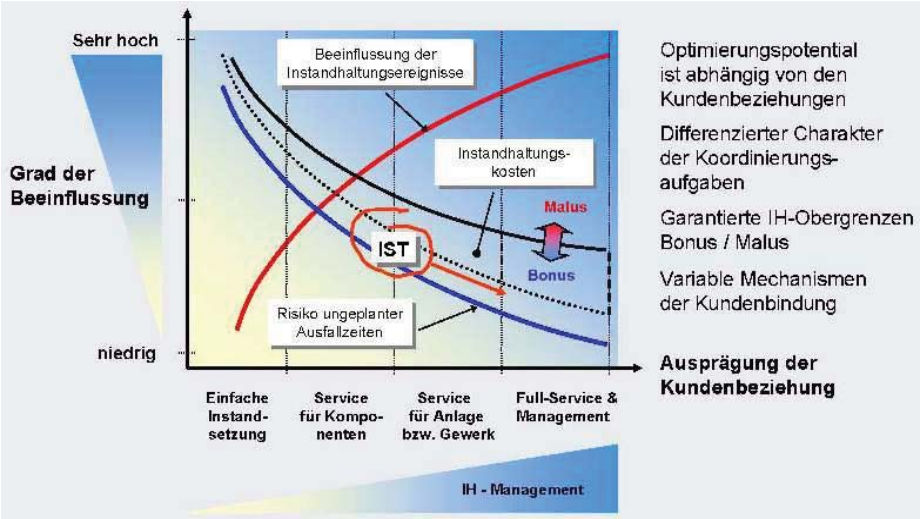


Abbildung 45: Quelle: Ergebnisorientierte Instandhaltung, Planung und Steuerung von IH-Kosten mit Hilfe von Kennzahlen und Benchmarks, MCE Industrietechnik - Herr Gröger, Herr Simon Bremen 28.04.2004

Im Fokus der neuen ergebnisorientierten Instandhaltungsstrategie mit einem auf Basis von OCM initiierten hohen Anteil der geplanten IH stehen die hohe Anlagenverfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Qualität/ Werterhaltung bei möglichst geringen Kosten für die Instandhaltung von Kältemaschinen.

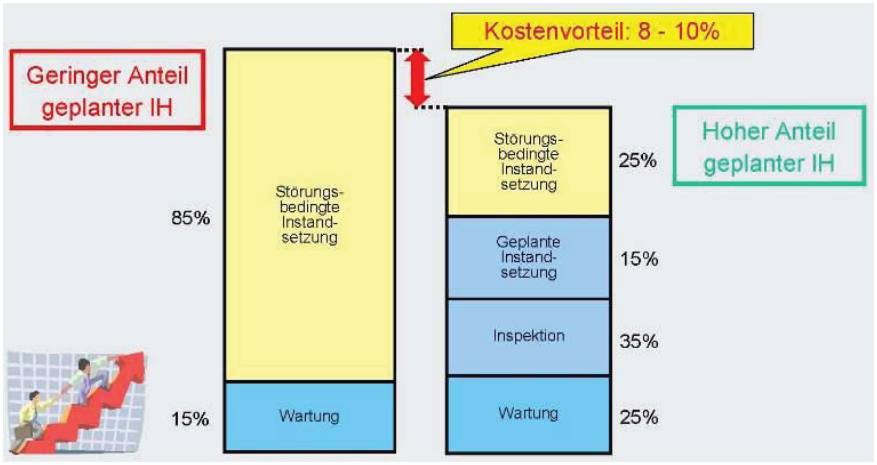


Abbildung 46: Quelle: Ergebnisorientierte Instandhaltung, Planung und Steuerung von IH-Kosten mit Hilfe von Kennzahlen und Benchmarks, MCE Industrietechnik - Herr Gröger, Herr Simon Bremen 28.04.2004

In dem von der GEFMA geschaffenen Leitfaden für die Vertragserstellung von facilitären Systemdienstleistungen wird ein zielführendes Modell angeboten.

„ipv® steht für Integrale Prozess Verantwortung im Facility Management (FM) und somit optimale Verzahnung des Kerngeschäfts mit den FM-Prozessen.[50]

Abbildung 47: Basics für Systemdienstleistungsverträge; Quelle: „Systemdienstleistungen als Wertschöpfungsfaktor im Facility Management“ - Von der Verrichtungsorientierung zur Ergebnis-orientierung - Dipl.-Ing. Werner Lochthofen Vertriebsverantwortlicher der DB Services, Januar 2009

[50] Quelle: URL: http://www.gefma.de/ak_ipv.html [3.9.2010, 11:33]

9.2 Beurteilung auf Expertenebene/ Auditierung

Die Auditierung erfolgt durch Gespräche und Diskussion mit drei praxiserprobten Kältetechniker und einer erfahrenen Spezialistin auf dem Gebiet des Online Condition Monitoring in Form von Experteninterviews.

„Als Audit (von lat. „Anhörung“) werden allgemein Untersuchungsverfahren bezeichnet, die dazu dienen, Prozesse hinsichtlich der Erfüllung von Anforderungen und Richtlinien zu bewerten. Dies erfolgt häufig im Rahmen eines Qualitätsmanagements. Die Audits werden von einem speziell hierfür geschulten Auditor durchgeführt.“[51]

Es werden zwei Arten von Audits unterschieden:

- statisches Qualitätsmanagement (einmalig, Prüfungscharakter)
- dynamische Qualitätssicherung (permanente oder periodische Erfassung von Entwicklungstrends, die den Initiatoren von Veränderungen wichtige Rückmeldungen über die Wirksamkeit der eingeleiteten Maßnahmen geben. Die Aussagekraft begleitende Audits steigt mit der Wiederholungsrate)

In verschiedenen Bereichen wird bei einem Audit der Ist-Zustand analysiert, oder aber ein Vergleich der ursprünglichen Zielsetzung mit den tatsächlich erreichten Zielen ermittelt. Oft dient ein Audit auch dazu, allgemeine Probleme oder einen Verbesserungsbedarf aufzuspüren, damit sie beseitigt werden können. Nachdem mögliche Abstellmaßnahmen/ Verbesserungen eingeleitet wurden, müssen diese nachgewiesen werden.

9.2.1 Kosten- und Performanceprognosen

Die realen Durchschnittskosten für die klassische Instandhaltung der 20 in Case Studies empirisch untersuchten Kältemaschinen dienen als Basis für den Vergleich mit der neu ins Auge gefassten innovativen und mittels Online Condition Monitoring durchgeführten ergebnisorientierten Instandhaltung.

Im Fokus der Kostenprognosen durch die Experten stehen somit:

- die additionalen Kosten für die periodischen Inspektionen und Schwachstellenanalysen

[51] Quelle: URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Audit [23.8.2010, 18:54]

- die erwartenden reduzierten Aufwendungen für die Instandsetzung der Kältemaschinen
- die Kosten für die zustandsabhängig, eventuell intensivere Wartung der Kältemaschinen

Sowohl die Werterhaltung, die Verfügbarkeit, das Online Condition Monitoring als auch der Energieverbrauch fließen als nicht monetäre Punktebewertung in die erweiterte Nutzwertanalyse ein.

*„So lassen sich Energieeinsparungen erfolgreich umsetzen - **Mit der Betriebsdiagnose zum effizienten Gebäude !** Mit neu entwickelten Visualisierungswerkzeugen wird in der Betriebsdiagnose der Betrieb eines Gebäudes unter die Lupe genommen, Energieeinsparungen werden schnell und effektiv erkannt. Die Betriebsdiagnose nutzt dabei in der Gebäudeautomation bereits vorliegende Daten. Die Visualisierung dieser Daten offenbart nicht selten etliche Mängel in der Betriebsführung, wie in Demonstrationsprojekten gezeigt werden konnte. Allein mit der Änderung von Betriebsparametern können 5 bis 30 % der eingesetzten Energie eingespart werden - und das oft ohne Einsatz von Investitionen."*[52]

Parameter mit monetärer Bewertung/ Kostenprognosen (Alle Angaben in €, netto; Preisstand September 2010).

Kostenprognosen Experte 1	ergebnisorientierte IH Kältemschinen	
technisch/wirtschaftliche Kriterien	Positionen, €/a	Kosten Summe Experte, €/a
Kostenoptimierung		**1.200**
Inspektion		
Wartung/ Service		
wkP gem. § 22		
Instandsetzung		**1.000**
Verdichter		
Kältearmaturen		
Leckagen Kältekreis		
Nachfüllung Kältemittel		
Verdampfer		
Kondensator		

Abbildung 48: Experte 1; Kostenprognose Inspektion, Wartung usw.; Expertenauditierung, eigene Darstellung

[52] Quelle: URL: http://www.facilitymanagement.de/artikel/fm_Mit_der_Betriebsdiagnose_zum_effizienten_Gebaeude_345907.html, 4.9.2010, 18:15:26, Dipl.-Phys. Ruth David, Ebert-Ingenieure GmbH & Co. KG, München, Competence Center Nachhaltiges Bauen, Energieplanung [6.9.2010, 17:25]

Kostenprognosen Experte 2	ergebnisorientierte IH Kältemschinen	
technisch/wirtschaftliche Kriterien	Positionen, €/a	Kosten Summe Experte, €/a
Kostenoptimierung		**900**
Inspektion		
Wartung/ Service		
wkP gem. § 22		
Instandsetzung		**1.200**
Verdichter		
Kältearmaturen		
Leckagen Kältekreis		
Nachfüllung Kältemittel		
Verdampfer		
Kondensator		

Abbildung 49: Experte 2; Kostenprognose Inspektion, Wartung usw.; Expertenauditierung, eigene Darstellung

Kostenprognosen Experte 3	ergebnisorientierte IH Kältemschinen	
technisch/wirtschaftliche Kriterien	Positionen, €/a	Kosten Summe Experte, €/a
Kostenoptimierung		**750**
Inspektion		
Wartung/ Service		
wkP gem. § 22		
Instandsetzung		**1.200**
Verdichter		
Kältearmaturen		
Leckagen Kältekreis		
Nachfüllung Kältemittel		
Verdampfer		
Kondensator		

Abbildung 50: Experte 3; Kostenprognose Inspektion, Wartung usw.; Expertenauditierung, eigene Darstellung

Kostenprognosen Experte 4	ergebnisorientierte IH Kältemschinen	
technisch/wirtschaftliche Kriterien	Positionen, €/a	Kosten Summe Experte, €/a
Kostenoptimierung		**700**
Inspektion		
Wartung/ Service		
wkP gem. § 22		
Instandsetzung		**800**
Verdichter		
Kältearmaturen		
Leckagen Kältekreis		
Nachfüllung Kältemittel		
Verdampfer		
Kondensator		

Abbildung 51: Experte 4; Kostenprognosen Inspektion, Wartung usw.; Expertenauditierung, eigene Darstellung

Parameter mit Punktebewertung und Performanceprognosen

Punktebewertung: 1 bis 5 (1=Basis/ IST-Stand, 5=sehr gut)

Nutzwertanalyse, erweitert	ergebnisorientierte IH Kältemaschinen		
	Alternativen		Gewichtung
technisch-wirtschaftliche Kriterien	klassische IH €/a, Faktor 1-5	ergebniso. IH €/a, Faktor 1-5	Faktor 1-5
Werterhaltung			
Experte 1	1	3	4
Experte 2	1	2	4
Experte 3	1	2	4
Experte 4	1	4	4
Mittelwert	**1**	**3**	**4**
Verfügbarkeit			
Experte 1	1	4	4
Experte 2	1	3	5
Experte 3	1	2	3
Experte 4	1	4	3
Mittelwert	**1**	**3,25**	**3,75**
Kostenoptimierung			
Experte 1	Case Studies	1.200	3
Experte 2	Case Studies	900	4
Experte 3	Case Studies	750	2
Experte 4	Case Studies	700	3
Mittelwert	**6,81**	**8,88**	**3**
Condition Monitoring			
Experte 1	1	4	4
Experte 2	1	2	5
Experte 3	1	3	5
Experte 4	1	4	4
Mittelwert	**1**	**3,25**	**4,5**
Instandsetzung			
Experte 1	Case Studies	1.000	4
Experte 2	Case Studies	1.200	2
Experte 3	Case Studies	1.200	3
Experte 4	Case Studies	800	3
Mittelwert	**15,51**	**10,50**	**3**
Energieverbrauch			
Experte 1	1	3	3
Experte 2	1	3	5
Experte 3	1	4	5
Experte 4	1	4	5
Mittelwert	**1**	**3,5**	**4,5**

Abbildung 52: Experten 1-4; Performanceprognosen Werterhaltung, Verfügbarkeit, Conditon Monitoring usw., Kosten Optimierung und IS, Expertenauditierung, eigene Darstellung

Die in den einzelnen Experteninterviews ermittelten Punktebewertungen und Kostenprognosen werden in der nachfolgenden Matrix gemittelt, und als Mittelwerte über die gewöhnlich bedungene Lebensdauer[53] der Kältemaschinen abgebildet.

[53] Vgl. ÖNORM EN 15459:2008-06-01; Energieeffizienz von Gebäuden - Wirtschaftlichkeits-berechnungen für Energieanlagen in Gebäuden, Anhang A

9.2.2 Hypotesentestender Vergleich/ Signifikanztest

Die beiden Hypothesen des Verfassers zielen auf einen technisch besseren Zustand der Kältemaschinen und eine höhere Anlagenverfügbarkeit, mit mit Fokus auf ein besseres wirtschaftlichen Gesamtergebnis durch die Umstellung auf eine ergebnisorientierte Form der Instandhaltung, ab.

„Bei dem Hypothesentest werden zunächst die Eigenschaften einer Grundgesamtheit postuliert, um dann zu überprüfen, inwieweit die postulierten Eigenschaften der Grundgesamtheit (Theorie) durch die stichprobenartig erhobenen Daten (Empirie) bestätigt werden können [BORTZ, S. 104]. D.h. wir haben eine Vermutung über eine Grundgesamtheit, erheben dann eine Stichprobe und überprüfen mit Hilfe eines Hypothesentests, ob diese Vermutung richtig ist, bzw. - um es exakter zu formulieren: - ob diese Vermutung einer Prüfung Stand hält.

Eine Vermutung wird also mit Hilfe einer gezogenen Stichprobe, die, wie wir wissen, je nach enthaltenen Elementen unterschiedlich sein kann, getestet. Das Problem ist: Wie stark darf ein Parameter von der Vorgabe abweichen, damit die Vermutung noch gehalten werden kann bzw. wann muss sie verworfen werden.

Bevor es an den Hypothesentest geht, müssen die Hypothesen formuliert werden. Dabei werden zunächst zwei Arten unterschieden: Die Punkt- und die Bereichshypothese.“[54]

Die vorliegende empirische Untersuchung ist als Bereichshypothese angelegt, mit der die beiden vom Autor aufgestellten Hypothesen überprüft werden sollen.

Bereichshypothesen umfassen im Gegensatz zu den Punkthypothesen nicht nur einen bestimmten Wert, sondern einen Bereich einschließlich eines Wertes bis positiv oder negativ unendlich.

9.2.3 Evaluierung der Kennzehlen

Die Auditierung der Ergebnisse der Untersuchung sowie die Überprüfung der innovativen Lösungsansätze für eine neue und ergebnisorientierte Instandhaltung

---

[54] Quelle: URL: http://viles.zef.uni-oldenburg.de/public/viles2/hypothesen/hypothesen_1.php3 [4.9.2010, 16:17]

kältetechnischer Anlagen wurde nachfolgend mit den Fachexperten auf dem Gebiet Kältetechnik und Condition Monitoring diskutiert.

Experte: Jürg Hagleitner, GF Firma Kiechel & Hagleitner, 6900 Bregenz

Einleitend hat der Verfasser dieser Arbeit beiden Thesen ausführlich erläutert, und die Methodik sowie den Lösungsansatz vorgestellt.

Im Unternehmen des Experten werden seit 1.1.2006 auf Basis des „EG-Hygienepaketes“ die Betriebsparameter aller verbauten Kälteanlagen entsprechend der HACCP-Verordnungen mittels einem Online Diagnosesystem (Monitoring) permanent aufgezeichnet und dokumentiert (Betreiberverantwortung).

Das Monitoring dient auch der energetischen Betriebsoptimierung von Kälteanlagen und dem Servicemanagement mit naturgemäß sehr kurzen Reaktionszeiten. Laut Angabe von Herr Hagleitner steht die Instandhaltung per se derzeit nicht im Fokus des Betriebes des Diagnosesystems, wobei dieses unter Nutzung von Synergien zu einem vollwertigen COM-System ausgebaut werden könnte.

Das Unternehmen des Experten bietet generell „Systemdienstleistungen für die Kälte- und Elektrotechnik“ an, um der Schnittstellenproblematik effektiv zu begegnen. Zusammenfassend sieht Herr Hagleitner gute Chancen, dass durch die vom Autor dieser Arbeit angedachte neue, innovative und ergebnisorientierte Instandhaltung von Kältemaschinen in der Praxis beide Thesen bestätigen werden.

Die monetär bewerteten Kostenkomponenten und die Punktebewertung für die nicht monetär zu quantifizierenden Parameter für die erweiterte Nutzwertanalyse sind im Abschnitt 9.2.1 dokumentiert.

Experte: Karl Guldenschuh, GF Firma Axima Kältetechnik, 6923 Lauterach

Nach der Vorstellung der Methode der Datenerhebung, Case Studies, Analyse und Auswertung der Ergebnisse sowie der Darlegung der „neuen ergebnisorientierten Systemdienstleistung mittels OCM“ durch den Autor wurden die Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken in einem vertieften Fachgespräch diskutiert.

Herr Guldenschuh gibt an, dass eine ähnliche Art des Service und der Instandhaltung von Kältemaschinen in den 90-er Jahren implementiert wurde, wobei das System nach rund drei Jahren wieder aufgegeben wurde, da die Mehrheit der Kunden/ Nutzer den Mehrwert (Value Added) finanziell nicht abgelten wollten.

Grundsätzlich bestätigt der Experte die Vorteilhaftigkeit der ergebnisorientierten Instandhaltung mit OCM gegenüber den klassischen Instandhaltungsstrategien, äußert sich jedoch in Bezug auf die Marktdurchdringung eher skeptisch.

Alle Bewertungen für die alternative ergebnisorientierte IH-Strategie und die erweiterte Nutzwertanalyse sind im Abschnitt 9.2.1 aufgelistet.

Experte: EUR ING Christian Holzinger, TB Holzinger/ Sachverständiger, 1120 Wien

Der Verfasser dieser Arbeit hat dem Experten einführend beiden Thesen umfassend erläutert, und die wissenschaftliche Methode samt Lösungsansatz abgebildet.

Das Planungsbüro des Experten hat in den letzten Jahren einige vergleichbare Kältemaschinen geplant (fachgerechte Dimensionierung der Verdichter und Wärmetauscher, Wahl des Kältemittels usw.), deren Bau überwacht und die optimalen Betriebsparameter in Abhängigkeit der Nutzung in Absprache mit dem Betreiber bzw. Eigentümer festgelegt.

Herr Holzinger vertritt die fachliche Ansicht, dass der energetischen Betriebsoptimierung und der Instandhaltungsstrategie für Kälteanlagen in Zukunft wesentlich mehr Augenmerk geschenkt werden muss, - dies vor allem aufgrund der EU-weiten Gesetzeslage.

Die veröffentlichten Zwischenergebnisse der internationalen Case Studies im Rahmen des HAMONAC-Programmes, bei dem der Experte EUR ING Holzinger die nationalen Interessen vertritt, zeigen ein erhebliches energetisches und monetäres Einsparpotential.

Im Fokus der Endergebnisse des HARMONAC-Berichtes stehen EU-weit gültige Standards für technisch-wirtschaftlich-ökologisch optimale Instandhaltungsstrategien für Kälteanlagen aller Leistungsbereiche und Anwendungen.

Der Experte ist der aufgrund langjähriger eigener Erfahrungen der Meinung, dass „ergebnisorientierte Systemdienstleistungen mit Unterstützung von OCM“ unter der Voraussetzung standardisierter Inspektionsverfahren und Instandhaltungsmethoden geneigt sind beide Thesen des Autors dieser Arbeit zu bestätigen.

Die Kostenkomponenten und die Punktebewertung für die erweiterte Nutzwertanalyse sind im Abschnitt 9.2.1 tabellarisch abgebildet.

ExpertIn: Dipl.-Ing. Jutta Isopp, GF Firma Messfeld GmbH., 9020 Klagenfurt

Im Anschluss an die Vorstellung der Datenerhebungsmethode, Analyse und Beurteilung der Daten, der Ergebnisse der Case Studies, Erläuterung der „innovativen ergebnisorientierten IH von Kältemaschinen mittels OCM“ und der Thesen durch den Verfasser wurden die Vor- und Nachteile in einem Fachgespräch beleuchtet.

Frau Isopp berichtete, dass bei einer jüngst durchgeführten Untersuchung von gebäudetechnischen Anlagen im Auftrag einer Bank, mittels Einsatz von OCM unzählige Mängel und Ursachen für den überhöhten Energieverbrauch und die hohen Instandhaltungskosten identifiziert werden konnten. Nach Vorlage des Inspektionsberichtes hat der Kunde/ Nutzer den Mehrwert (Value Added) des OCM erkannt, und wird in der Folge sein gesamtes Immobilienportfolio monitoren lassen.

Die Expertin kennt die Vorteile der ergebnisorientierten Instandhaltung mit OCM gegenüber den klassischen Instandhaltungsstrategien, und bestätigt die Thesen des Verfassers aus eigenen Erfahrungen in der Praxis, ohne dem tatsächlichen Ergebnis der erweiterten Nutzwertanalyse dieser Arbeit vorgreifen zu wollen.

Die Punktebewertung für die nicht monetär zu quantifizierten Parameter für die erweiterte Nutzwertanalyse sind im Abschnitt 9.2.1 dokumentiert.

Verifizierung der 1. Hypothese

Durch die klaren und eindeutig bejahenden Stellungsnahmen der Experten zur ersten Hypothese (besserer und technisch höherwertiger Zustand der KM durch ergebnisorientierte IH mit OCM) gilt die erste Hypothese als erfüllt (siehe Abb. 53).

9.3 Aufbereitung des Datenmaterials/ Ergebnisse

Die Transformation der Daten und Schaffung einer standardisierten Vergleichsmethode, die sowohl die unterschiedlichen Aspekte, als auch die Synergien bestimmter Instandhaltungsstrategien in belastbarer Form abbilden kann erfordert innovative und methodisch neue Ansätze.

Mit dieser Arbeit soll eine neue Form der Nutzwertanalyse mit ansatzweiser Berücksichtigung der Kostensituation geschaffen werden.

Dieser zusätzliche Aspekt fließt mit der realistischen Gewichtung auf Basis der Experteninterviews (Audit) in die Gesamtbetrachtung (Punktebewertung) ein.

Dabei werden die Kriterien „Werterhaltung, Verfügbarkeit, Condition Monitoring und der Energieverbrauch“ mit einem Punktesystem von 1 bis 5 bewertet.

Die Parameter „Kostenoptimierung (Inspektion, Wartung und wiederkehrende Prüfungen) sowie die Instandsetzung (Verdichter, Komponenten usw.) fließen als reale, durchschnittliche Jahreskosten pro Kältemaschine (Ansatz: € / 100) aus der empirischen Studie der 20 Probanden in die erweiterte Nutzwertanalyse ein.

Die Punktebewertung der langjährig erfahrenen Experten dient zur Absicherung der nicht monetären Bewertung der vorgegebenen Ziele Werterhaltung, höhere Verfügbarkeit, Effektivität und Effizienz des Online Condition Monitoring und des reduzierten Energieverbrauchs.

Auf Grund der Komplexität des Themas wurde an dieser Stelle auf die Bewertung der Reduktion der klimarelevanten Gase als umweltschädigende Bestandteile einiger Kältemittel bewusst verzichtet.

Der Einsatz der anwendungsspezifisch geeignetsten Kältemittel muss unter Berücksichtigung der jeweils aktuellen Gesetzeslage bereits in der Planungsphase erfolgen.

In den nachfolgenden Tabellen und Diagrammen werden die Ergebnisse der erweiterten Nutzwertanalyse des Verfassers abgebildet.

Nutzwertanalyse (erweitert)

Nutzwertanalyse, erweitert	klassische vs. ergebnisorientierte IH Kältemaschinen					MOGE
		Alternativen		Gew.	gewichtete Alternativen	
technisch-wirtschaftliche Kriterien	Daten-reihe	klassische IH Faktor 1-5, €	ergebniso. IH Faktor 1-5, €	Faktor 1-5	klassische Instandhaltung	ergebniso. Instandhaltung
Werterhaltung	1	1	3	4	4	12
Verfügbarkeit	2	1	3	3,75	4	11
Kostenoptimierung	3	6,81	8,88	3	20	27
Codition Monitoring	4	1	3	5	5	15
Instandsetzung	5	15,51	10,50	3	47	32
Energieverbrauch	6	1	4	5	5	20
Punkte, gesamt	7				85	116

Abbildung 53: Tabelle/ Matrix – Nutzwertanalyse erweitert; eigene Darstellung

Um dem Gewicht der Kriterien „Kostenoptimierung und Instandsetzung“ innerhalb des Untersuchungsrahmens gerecht zu werden, sind diese Kosten der Case Studies und Kostenprognosen der Experten als vitale Multiplikatoren mit 10% der annualen Aufwendungen in die Matrix eingeflossen.

Dadurch werden die Ergebnisse nicht markant verändert, beinhalten jedoch zumindest zwei von sechs Kriterien als sogenannte harte Faktoren.

Für allenfalls weitere Untersuchungen sollten die Kosten für Ausfälle von Kältemaschinen (z.B. Pönalen wegen zu geringer Anlagenverfügbarkeit, Produktionsausfälle, Lieferprobleme usw.) als weiteres hartes Kriterium Berücksichtigung finden.

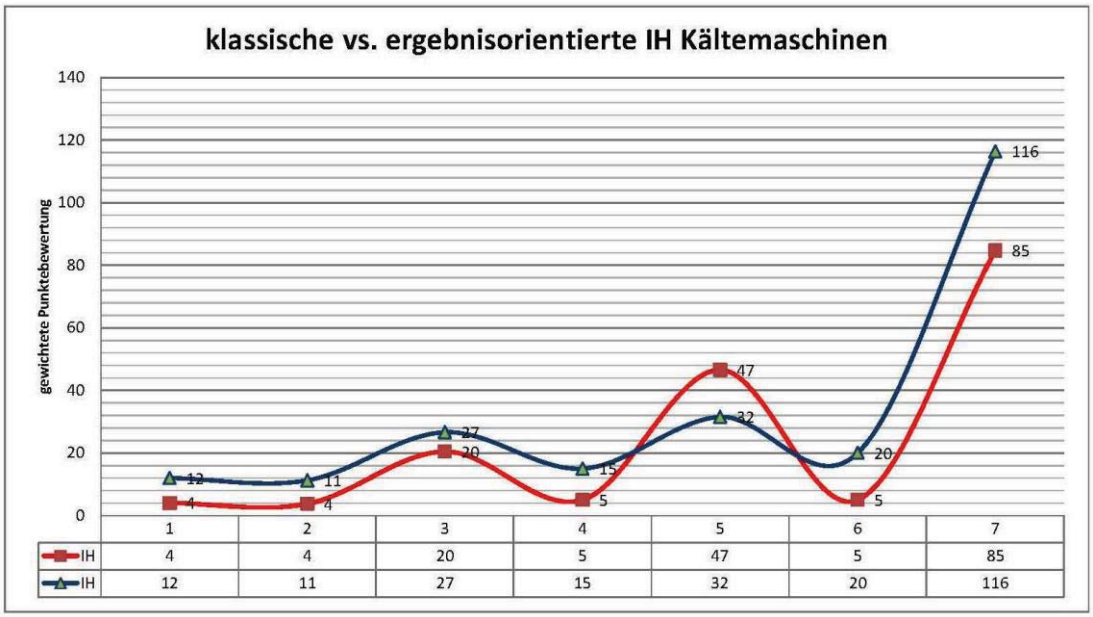


Abbildung 54: Diagramm - Nutzwertanalyse, erweitert; eigene Darstellung

Die vom Autor favorisierte Alternative der ergebnisorientierten Instandhaltung unter Einsatz eines Diagnosesystems (z.B. Cockpit: Daten aus GLT/ COM/ CAFM/ KLR/ ERP usw.) von Kältemaschinen mittlerer Leistung erreicht in der Punktebewertung auf Basis der erweiterten Nutzwertanalyse 116 Punkte.

Im Gegensatz dazu werden die klassischen Instandhaltungsstrategien von den Experten mit deutlich weniger Punkten (85) beurteilt.

Verifizierung der 2. Hypothese

Durch die deutlich höhere Punktezahl (Kosten- und Performanceprognosen durch Experteninterviews auditiert) der ergebnisorientierten IH in Kombination mit Online Condition Monitoring (monetär besseres Gesamtergebnis) konnte auch die 2. Hypothese wissenschaftlich überprüft und bestätigt werden (siehe Abb. 53 und 54).

10 Fazit und Ausblick

10.1 Zusammenfassende Darstellung

In der vorliegenden Arbeit werden die klassischen Methoden der Instandhaltung von Kältemaschinen der ergebnisorientierten IH mittels Condition Monitoring gegenübergestellt, auf Grundlage von 20 Case Studies und 4 hypothesentestenden Experteninterviews wissenschaftlich untersucht und mit einer um monetäre Aspekte erweiterten Nutzwertanalyse bewertet.

Das innovative Instandhaltungsmodell und die erforderlichen technischen Parameter bzw. Messgrößen für das Online Condition Monitoring werden so dargestellt, sodass eine Transformation in die Praxis möglich ist. Die bewusste Einfachheit des Modells und der Bewertung ist bei umfassender Anwendung dennoch in der Lage die Vorteilhaftigkeit der ergebnisorientierten Instandhaltung abzubilden.

Somit können Entscheidungen bezüglich der geeignetsten Instandhaltungsstrategie sowie Insourcing oder Outsourcing auf Basis von belastbaren Zahlen getroffen werden. Dem Technischen Facility- oder Gebäudemanagement wird ein Instrument angeboten, womit es in die Lage versetzt wird, einen substantiellen Beitrag zur nachhaltigen Kostendämpfung in der Instandhaltung von haus- und gebäudetechnischen Systemen zu leisten.

Das Besondere an diesem Einsparpotential ist, dass mit dem Online Condition Monitoring für die Instandhaltung von mittleren Kältemaschinen neben den um 8 bis 10% reduzierten Instandhaltungskosten[55], dem werthaltigen Zustand der Maschinen auch der Verbrauch von elektrischer Energie und somit das Treibhauspotential positiv beeinflusst werden. Durch die große Aufwandsentlastung (z.B. Controlling eines einzigen Facility Service Providers auf Basis von SLA´s/ KPI´s, vertragliche Delegation der Betreiberverantwortung, Auftrags- und Berichtswesen usw.) der Nutzer/ Betreiber von KM durch das ergebnisorientierte Instandhaltungsmodell wird die Akzeptanz maximiert.

Über die praxisbezogene Definition von Servicelevels ist es weiter möglich die vertraglichen Regelungen zwischen dem Kunden und dem FM-Dienstleister zu

[55] Quelle: Ergebnisorientierte Instandhaltung, Planung und Steuerung von IH-Kosten mit Hilfe von Kennzahlen und Benchmarks, MCE Industrietechnik - Herr Gröger, Herr Simon Bremen 28.04.2004

vereinfachen, und die Freiheit in der Leistungserbringung und somit die Innovationskraft auf Seiten des technischen FS-Providers zu erhöhen.

Mit Hinblick auf die aktuellen wirtschaftlichen Zwänge ist eine umfassende Professionalisierung der Instandhaltung unabdingbar. Dabei geht das professionelle Handeln weit über eine reine Dienstleistungserbringung hinaus, und muss in einem Controllingsystem Berücksichtigung finden.

10.2 Konsequenzen für die Gebäudebewirtschaftung

Das ergebnisorientierte Instandhaltungsmodell von mittleren Kältemaschinen mit einem Online Condition Monitoring System auf Bauteilebene versetzt den Technischen Facility Manager (Betriebsführung) in Kombination mit dem CAFM- und GLT-Tool (IH-Cockpit) in die Lage, sich an konkreten Ergebnissen messen zu lassen.

Die Experteninterviews bestätigten eindrücklich, dass das vorgestellte ergebnis-orientierte Instandhaltungsmodell mit OCM großes Potential für,

- den nachhaltigen Werterhalt der Kältemaschinen
- die Reduktion ungeplanter Ausfälle/ Störungen
- die Erhöhung der Zuverlässigkeit
- die Kostenoptimierung für die Instandhaltung
- Reduktion des elektrischen Energieverbrauchs
- die Reduktion von umweltschädigenden Emissionen

beinhaltet.

Die vorläufigen Ergebnisse der im Rahmen der EU-Kampagne HARMONAC international durchgeführten Case Studies zeigen die Einsparpotentiale auf Bauteilebene deutlich auf. Eine Entscheidung über den Technisierungs- und Automatisierungsgrad der Instandhaltung sowie über Make or Buy in der Instandhaltung werden heute noch zu stark von Befindlichkeiten getroffen.

In der Betriebsphase gebäudetechnischer Anlagen stellen die gesetzliche geregelte energetische Inspektion und die Instandhaltung von Kältemaschinen ein wichtiges Werkzeug für die Kostenoptimierung dar. Die Betriebskosten-Minimierung erfolgt durch Optimierung mittels Online Condition Monitoring und durch die Ergebnisorientierung mit externem Expertenwissen.

10.3 Mögliche einschränkenden Randbedingungen

Die Basis der Untersuchung bilden 20 Kältemaschinen mittlerer Leistung, die in unterschiedlichen Branchen sowie für verschiedene Einsätze und Anwendungen gebaut sind.

Mögliche Einschränkungen der Aussagekraft der Ergebnisse ergeben sich durch,

- Betrieb als klassische Kältemaschinen mit Rückkühlung auf möglichst niedrigem Temperaturegime
- Einsatz als kombinierte Kältemaschine und Wärmepumpe für Heizzwecke

da der klassische Betrieb als Kältemaschine mit z.B. einem Nasskühler auf niedrigerem Temperaturniveau, keine so hohe thermische und mechanische Belastung (Heißgas- und Kondensationstemperatur/ Kondensationsdruck) für die Verdichter wie bei Wärmepumpenbetrieb, ergibt. Daraus resultiert, dass Wärmepumpenverdichter für Schäden anfälliger sind. Diese Tatsache wurde hier nicht berücksichtigt.

Durch den 5-jährigen Betrachtungszeitraum ergibt sich aus Sicht des Autors eine weitere Einschränkung der Aussagekraft der Ergebnisse, wobei diese durch das breite Altersspektrum der Kältemaschinen von 5 bis 37 Jahren nur mit einem untergeordneten Anteil ins Gewicht fallen wird.

10.4 Ausblick und Ansätze für weitere Maßnahmen

Die Ergebnisse der in dieser Arbeit empirisch durchgeführten Untersuchung eigenen sich gut für eine weiterführende und vertiefte Studie auf Basis von Feldversuchen unter Einsatz von realen Condition Monitoring Systemen.

Aus Sicht des Verfassers besteht weiterer Forschungsbedarf für die Systematisierung und Standardisierung von Online Condition Monitoring für hochwertige technische Geräte, Maschinen und gebäudetechnische Anlagen und dem Benchmarking der während des gesamten Lebenszyklus kostentreibenden Instandhaltungs- und Energieaufwände[56]) derselben.

[56] Vgl. Schum, 2004, S. 51

Abstract

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Facility Management und im Speziellen mit dem Facility Service „Instandhaltung Kältetechnik“.

Im Wort Instandhaltung wird bereits deutlich, dass es um operative Maßnahmen des TFM zur Erreichung der taktischen und strategische Ziele des KFM bzw. der Geschäftsleitung handelt.

Dabei werden folgende Ziele fokussiert:

- Werterhaltung
- Verfügbarkeit
- Kostenoptimierung

Der wachsende wirtschaftliche Druck zwingt Unternehmen und Organisationen zur Suche nach neuen Möglichkeiten, die kostentreibende Instandhaltung der TGA bzw. Kältemaschinen zu intensivieren und zu beschleunigen.

Mit Unterstützung der heutigen technischen Möglichkeiten wie z.B. CAFM-, GLT- und OCM-Tools sowie ergebnisorientierter Beauftragung (SLA`s/ KPI`s) von erfahrenen und innovativen Facility Service Providern können die oben genannten Ziele erreicht werden.

Ergebnisorientierung statt Verrichtungsorientierung für die Beauftragung, Durchführung und Kontrolle von Facility Services erscheint dem Autor als ein geeigneter, rasch realisierbarer und zielführender Weg.

Als Methode wurde der Ansatz der Nutzwertanalyse mit Erweiterung um den monetären Aspekt gewählt, da sowohl in der Nutzwertanalyse als auch bei der ergebnisorientierten Instandhaltung mittels Online Condition Monitoring die gemeinsamen Ziele der Werterhaltung, Verfügbarkeit und Kostenoptimierung dominieren.

Beide Hypothesen, Ergebnisorientierung in Kombination mit Online Condition Monitoring für die Instandhaltung von Kältemaschinen ergeben im Lebenszyklus der Anlagen 1. einen besseren und technisch höherwertigen Zustand der Kältemaschinen, und 2. ein monetär besseres Gesamtergebnis, konnten wissenschaftlich überprüft und verifiziert werden (siehe Abb. 53).

Literaturverzeichnis

Monographien/ Diplomarbeiten

Braun, Michael: VDM Verlag Dr. Müller, 2010; Ergebnisorientierte Leistungsvereinbarungen im Technischen Gebäudemanagement

Hellerforth, Michaela, Prof. Dr. rer. pol.: 2006; Handbuch FM für Immobilienunternehmen

Kalaitzis, Dimitros: Instandhaltungscontrolling, Führungs- und Steuerungssystem erfolgreicher Instandhaltung. - 3. vollst. überarb. Aufl. - Köln: TÜV- Verlag GmbH, 2004

Kostka C., Kostka S.: Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess, 2. Auflage, München 2002

Krimmling, Oelschlegel, Höschele; Expert Verlag, 2008; Technisches Gebäudemanagement

Krimmling, Jörn; Frauenhofer IRB Verlag, 2010; Facility Management - Strukturen und methodische Instrumente

Luering, A.: Qualitative Aspekte und quantitative Modelle der Instandhaltung: Dargestellt am Beispiel der Salzgitter AG – Stahl. Josef Eul Verlag

Mostler, Detlef: Zum Sammeln oder Nutzen. In: KMA – Das Gesundheitswirtschaftsmagazin. - Wegscheid: WICOM. - 140 (2008)

Saria (Hg.): Der „Stand der Technik“, Rechtliche und technische Aspekte der „Technikklauseln“, Neuer Wissenschaftlicher Verlag GmbH., Wien; 2007

Schenk, Springer, 2010; Instandhaltung technischer Systeme

Schum, Sandra: Ansätze zur Betriebskostensteuerung und -optimierung im öffentlichen Hochbau, 2004, Diplomarbeit

Schwarze, J.: Informationsmanagement, Zeitschrift für Planung, Heft 3, 1991

Stelling, Johannes: Kostenmanagement und Controlling. - 2. überarb. Aufl. - München: Oldenburg Verlag, 2005

Zeitschriftenaufsätze

Floegl, Helmut: Quelle: Lebenszykluskosten; Hintergründe, Grundlagen, Konzepte, 12.05.2009, Broschüre zum Download

Giegrich, Jürgen: Quelle: Ansätze zur Bewertung von Konzepten und Maßnahmen in der Abfallwirtschaft. Studie im Auftrag des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag. Heidelberg, 1991.

Gröger & Simon: Ergebnisorientierte Instandhaltung, Planung und Steuerung von IH-Kosten mit Hilfe von Kennzahlen und Benchmarks, MCE Industrietechnik, Bremen 28.04.2004, Broschüre zum Download

HARMONAC Newsletter: Quelle: Issue 4 vom Juni 2010, Broschüre zum Download

Holzinger, Christian: Quelle: Leitfaden - Erfahrungen - Praxistauglichkeit am Beispiel Wien (TB Holzinger), 2010, Broschüre zum Download

Lochthofen, Werner: Quelle: „Systemdienstleistungen als Wertschöpfungsfaktor im Facility Management“ - Von der Verrichtungsorientierung zur Ergebnis-orientierung, Vertriebsverantwortlicher der DB Services, Januar 2009, Broschüre zum Download

Siemens: Quelle: Schrift „Aus Service wird Verfügbarkeit“, 2009

Spitzbart, Christina: Quelle: AEA, Workshop HARMONAC; 05/02/2010; Broschüre zum Download

Beiträge aus Sammelwerken

AXIMA Refrigeration, GERMANY, 04-2008, Kälte nach Maß, Referat; „Quantum - der neue Industriestandard“, IKK Messe Nürnberg 2009

Biedermann, Hubert: Benchmarking – Chancen und Risiken für die Instandhaltung. In: Biedermann, Hubert (Hrsg.): Benchmarking - Auf dem Weg zu Best Practice in Produktion und Instandhaltung - 1. Aufl. - Köln: TÜV Verlag GmbH, 1998, S. 39

CEOMAF: Verdichterbauarten nach Terminologie CEOMAF (Europäischer Verband der Verdichterhersteller

FKG: Bezeichnung von Kalt- und Kühlwasserkreisen, FKG Status Report Nr. 6, „Energetische Inspektion von Kälteanlagen“, 3. Auflage, Fachinstitut Gebäude-Klima e.V., Nr 120.2 02/10

Gamweger, Jürgen; Grill-Kiefer, Gerhard: Kennzahlengestütztes Controlling in der Instandhaltung. In: Biedermann, Hubert (Hrsg.): Benchmarking - Auf dem Weg zu Best Practice in Produktion und Instandhaltung. - 1. Aufl. - Köln: TÜV Verlag GmbH, 1998, S. 108

GEFMA: Richtlinie GEFMA 100-1; (Ausgabe 2004-07)

Giegrich, Jürgen: Die Bilanzbewertung in produktbezogenen Ökobilanzen. In: Schmidt, Mario; Schorb, Achim: Stoffstromanalysen in Ökobilanzen und Öko-Audits. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, 1995.

IFMA Leitfaden (12-2005), Betrieb und Instandhaltung von Liegenschaften (TGA)

MBW: Ministerium für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen (MBW), Referat für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.): Einspar-Contracting für Fortgeschrittene. Düsseldorf 1999

Pabsch, M.: Der Markt für Contracting in Deutschland bis 2010. BWK Das Energie Fachmagazin 55 (2003), Nr. 6, S. 6-9

Pär Dalin, Joakim Nilsson and Anders Rubenhag, Capital Cooling Europe AB, Sweden. Report of Ecoheatcool Work Package 2. Ecoheatcool and Euroheat & Power 2005-2006.

TÜV: Kundeninformation des TÜV Austria „Gesetzliche und andere Prüfpflichten“, Ausgabe 1-07

VDMA: VDMA-24186-0 Einheitsblatt "Leistungsprogramm für die Wartung von lufttechnischen und anderen technischen Ausrüstungen in Gebäuden"; Ausgabe 2002

Internetquellen

http://de.wikipedia.org/wiki/Leistungszahl [20.7.2010, 20:14]

www.treffpunktkaelte.de/kaelte/de/de_start.html?/kaelte/de/html/grundlagen/darstellung.html [23.7.2010, 15:34]

Definition der Bewertung (in Anlehnung an GIEGRICH); Quelle: URL: http://www.tu-chemnitz.de/mb/InstBF/ufa/bewert/define.htm [27.8.2010, 17:38

http://www.creativetrainer.eu/fileadmin/template/download/module_idea_evaluation_final_deutsch, Prof. Dr. Miroslav Rebernik Barbara Bradač; Modul 3: Ideenbewertungsmethoden und -techniken [28.8.10, 20:14]

http://www.invent-net.de/downloads/ABC_WABrosch%FCre%20230707pdf.pdf [26.8.2010, 21:36]

http://www.invent-net.de/downloads/ABC_WABrosch%FCre%20230707pdf.pdf [26.8.2010, 21:41]

http://www.invent-net.de/downloads/ABC_WABrosch%FCre%20230707pdf.pdf [26.8.2010, 21:49]

http://www.controllingportal.de/Fachinfo/Grundlagen/Die-Nutzwertanalyse.html, [26.8.2010, 14:27]

http://wapedia.mobi/de/Verordnung?p=1 [29.8.2010, 17:28]

http://www.help.gv.at/Content.Node/288/Seite.2880100.html [29.8.2010, 23:44]

http://www.cibse.org/; Chartered Institution Building Service Engineers; [17.6.2010, 19:27]

http://www.gruendungswiki.de/.../200903/Innovation.jpg [10.8.2010, 19:25]

http://www.ee-concept.de/leistungen/wissenstransfer.html [16.8.2010, 19:31

http://www.ee-concept.de/leistungen/wissenstransfer.html [18.8.210, 14:43]

http://www.designlexikon.net/Fachbegriffe/F/formfollowsfunkt.html [12.9.2010, 17:55]

http://www.ixts.de/index.php?com=solutions&subcom=pccondmon&lang=german [8.9.2010, 14:23], Messfeld GmbH., Klagenfurt

http://www.gefma.de/ak_ipv.html [3.9.2010, 11:33]

http://www.messfeld.com/Einbindung-von-Condition-Monit.76.0.html [8.9.2010, 14:26], DI Jutta Isopp / Messfeld GmbH., Klagenfurt

http://www.google.at/#hl=de&source=hp&q=http%3A%2F%2Fwww.logicals.com%2Fupload%2FLCG_TeaserDayV51_Messfeld(2)(1).&btnG=Google-

Suche&rlz=1W1GPEA_de&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=&fp=67e8eaa727925cde [20.8.2010, 16:32], DI Jutta Isopp / Messfeld GmbH., Klagenfurt

http://www.abc-sks.at/service/iso_9001_fragen_11.html [2.9.2010, 23:29]

http://de.wikipedia.org/wiki/Audit [23.8.2010, 18:54]

http://www.facilitymanagement.de/artikel/fm_Mit_der_Betriebsdiagnose_zum_effizienten_Gebaeude_345907.html, 4.9.2010, 18:15:26, Dipl.-Phys. Ruth David, Ebert-Ingenieure GmbH & Co. KG, München, Competence Center Nachhaltiges Bauen, Energieplanung [6.9.2010, 17:25]

http://viles.zef.uni-oldenburg.de/public/viles2/hypothesen/hypothesen_1.php3 [4.9.2010, 16:17]

Rechtsnormen

CEN/TC 348 „Facility Management“, EN 15221-1: FM-Modell

DIN 31051: 2003-06, Grundlagen der Instandhaltung, S. 5

ÖNORM A 7001, Ausgabe: 2003-01-01; „Facility Management - Leitfaden zur Erstellung von Facility Management-Vereinbarungen für die Nutzungsphase eines Objektes“

ÖNORM EN 15221-1. (Ausgabe: 2007-01-01). Facility Management, Teil 1: Begriffe, S. 5

ÖNORM EN 15341. Instandhaltung – Wesentliche Leistungskennzahlen für die Instandhaltung; Wien, 2007, S. 5

ÖNORM EN 15459:2008-06-01; Energieeffizienz von Gebäuden - Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Energieanlagen in Gebäuden, Anhang A

ÖNORM EN 16001, Ausgabe: 2009-08-01, „Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“

ÖNORM prEN 13306; (Ausgabe: 2008-12-15), Begriffe in der IH und Strategien

VDMA 24176, 1990-01, Zustandsbeurteilung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: CEN/TC 348 „Facility Management“, EN 15221-1: FM-Modell 3
Abbildung 2: Quelle: Verdichterbauarten nach Terminologie CEOMAF (Europäischer Verband der Verdichterhersteller) 9
Abbildung 3: Darstellung des Kälteprozesses, oben: Fließschema, unten: log p-h Diagramm 10
Abbildung 4: Quelle: Bezeichnung von Kalt- und Kühlwasserkreisen, FKG Status Report Nr. 6, „Energetische Inspektion von Kälteanlagen“, 3. Auflage, Fachinstitut Gebäude-Klima e.V., Nr 120.2 02/10 11
Abbildung 5: Definition der Bewertung (in Anlehnung an GIEGRICH); IBF Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikplanung; Quelle: URL: http://www.tu-chemnitz.de/mb/InstBF/ufa/bewert/define.htm [27.8.2010, 17:38] 13
Abbildung 6: Matrix SWOT-Analyse; eigene Darstellung 16
Abbildung 7: Funktionsanalyse, Quelle: URL: http://www.invent-net.de/downloads/ABC_WA-Brosch%FCre%20230707pdf.pdf [26.8.2010, 21:41].....18
Abbildung 8: Kostenanalyse, Quelle: URL: http://www.invent-net.de/downloads/ABC_WA-Brosch%FCre%20230707pdf.pdf [26.8.2010, 21:49].....19
Abbildung 9: Quelle: „Facility Management - Leitfaden zur Erstellung von Facility Management-Vereinbarungen für die Nutzungsphase eines Objektes“; ÖNORM A 7001, Ausgabe: 2003-01-01 21
Abbildung 10: Gesetzte und Verordnung - Prüfpflichten 25
Abbildung 11: Quelle: ÖNORM prEM 13306; (Ausgabe: 2008-12-15), Begriffe in der IH und Strategien 29
Abbildung 12: Quelle: Luering, A.: Qualitative Aspekte und quantitative Modelle der Instandhaltung: Dargestellt am Beispiel der Salzgitter AG – Stahl. Josef Eul Verlag, 2001;S.11 32
Abbildung 13: Abgrenzungen der Tätigkeiten im Rahmen der Instandhaltung nach VDMA 24186.....36
Abbildung 14: Beispielhafte Prüfung/ Messung der Kühlllast eines Krankenhauses und Auslegung der Ersatzanlage, eigene Darstellung in Anlehnung an Planungsbüro Karlheinz Linher, Frastanz 43
Abbildung 15: Kennzahlen Branchen; eigene Darstellung.....45
Abbildung 16: Kennzahlen Einsatz; eigene Darstellung 46
Abbildung 17: Kennzahlen Verdichterbauart; eigene Darstellung.....46
Abbildung 18: Kennzahl Nenn-Kälteleistung; eigene Darstellung.....47
Abbildung 19: Kennzahl Kältemittel Typen; eigene Darstellung 47
Abbildung 20: Laufzeit - Volllaststunden; eigene Darstellung.....48
Abbildung 21: COP cool; eigene Darstellung 49
Abbildung 22: Alter der KM; eigene Darstellung.....50
Abbildung 23: Störfälle; eigene Darstellung 50
Abbildung 24: Störfälle und Alter; eigene Darstellung 51
Abbildung 25: Störfälle/ Verdichter der KM; eigene Darstellung 52
Abbildung 26: Störfälle/ Kältearmaturen; eigene Darstellung 52

Abbildung 27: Störfälle/ Leckage Netz; eigene Darstellung 53
Abbildung 28: Störfälle/ Verdampfer; eigene Darstellung 53
Abbildung 29: Störfälle/ Kondensator; eigene Darstellung 54
Abbildung 30: Kosten- und Trendanalyse; eigene Darstellung 55
Abbildung 31: Quelle: URL: www.gruendungswiki.de/.../200903/Innovation.jpg [10.8.2010, 19:25] 61
Abbildung 32: Quelle: Report of Ecoheatcool Work Package 2. Ecoheatcool and Euroheat & Power 2005-2006. Pär Dalin, Joakim Nilsson and Anders Rubenhag, Capital Cooling Europe AB, Sweden.....62
Abbildung 33: Quelle: AXIMA Refrigeration, GERMANY, 04-2008, Kälte nach Maß, Referat; „Quantum - der neue Industriestandard“.....62
Abbildung 34: Modell des in dieser Norm beschriebenen Energiemanagementsystemse, Quelle: ÖNORM EN 16001, Ausgabe: 2009-08-01, „Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“.....64
Abbildung 35: Quelle: URL: www.ee-concept.de/leistungen/wissenstransfer.html [16.8.2010, 19:31], *links: Lebenszykluskosten unterschiedlicher Nutzungen, rechts: Verlauf und Beeinflussbarkeit der Gesamtkosten* 69
Abbildung 36: Quelle: URL: www.ee-concept.de/leistungen/wissenstransfer.html [18.8.210, 14:43] 69
Abbildung 37: Quelle: Siemens 2009; Schrift „Aus Service wird Verfügbarkeit“ 73
Abbildung 38: Quelle: URL: http://www.ixts.de/index.php?com=solutions&subcom=pccondmon&lang=german [8.9.2010, 14:23], ...73
Abbildung 39: Quelle:URL: http://www.ixts.de/index.php?com=solutions&subcom=pccondmon&lang=german.....74
Abbildung 40: Quelle: URL: http://www.google.at/#hl=de&source=hp&q=http%3A%2F%2Fwww.logicals.com%2Fupload%2FLCG_TeaserDayV51_Messfeld(2)(1).&btnG=Google-Suche&rlz=1W1GPEA_de&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=&fp=67e8eaa727925cde [20.8.2010, 16:32], DI Jutta Isopp / Messfeld GmbH., Klagenfurt 75
Abbildung 41: Betriebsparameter für OCM von Kälteverdichtern mittlerer Leistung, eigene Darstellung 79
Abbildung 42: Quelle: URL: http://www.abc sks.at/service/iso_9001_fragen_11.html [2.9.2010, 23:32 81
Abbildung 43: Quelle: Kostka C., Kostka S.: Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess, 2. Auflage, München 2002, S. 13 83
Abbildung 44: Quelle: „Systemdienstleistungen als Wertschöpfungsfaktor im Facility Management“ - Von der Verrichtungsorientierung zur Ergebnis-orientierung - Dipl.-Ing. Werner Lochthofen Vertriebsverantwortlicher der DB Services, Januar 2009.....90
Abbildung 45: Quelle: Ergebnisorientierte Instandhaltung, Planung und Steuerung von IH-Kosten mit Hilfe von Kennzahlen und Benchmarks, MCE Industrietechnik - Herr Gröger, Herr Simon Bremen 28.04.2004 91

Abbildung 46: Quelle: Ergebnisorientierte Instandhaltung, Planung und Steuerung von IH-Kosten mit Hilfe von Kennzahlen und Benchmarks, MCE Industrietechnik - Herr Gröger, Herr Simon Bremen 28.04.2004 92
Abbildung 47: Basics für Systemdienstleistungsverträge; Quelle: „Systemdienstleistungen als Wertschöpfungsfaktor im Facility Management“ - Von der Verrichtungsorientierung zur Ergebnis-orientierung - Dipl.-Ing. Werner Lochthofen Vertriebsverantwortlicher der DB Services, Januar 2009 92
Abbildung 48: Experte 1; Kostenprognose Inspektion, Wartung usw.; Expertenauditierung, eigene Darstellung.....94
Abbildung 49: Experte 2; Kostenprognose Inspektion, Wartung usw.; Expertenauditierung, eigene Darstellung.....95
Abbildung 50: Experte 3; Kostenprognose Inspektion, Wartung usw.; Expertenauditierung, eigene Darstellung.....95
Abbildung 51: Experte 4; Kostenprognosen Inspektion, Wartung usw.; Expertenauditierung, eigene Darstellung.....95
Abbildung 52: Experten 1-4; Performanceprognosen Werterhaltung, Verfügbarkeit, Conditon Monitoring, IS usw.; Expertenauditierung, eigene Darstellung.....96
Abbildung 53: Tabelle/ Matrix – Nutzwertanalyse erweitert; eigene Darstellung....101
Abbildung 54: Diagramm - Nutzwertanalyse, erweitert; eigene Darstellung 102

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Implementierung und Intervalle 38
Tabelle 2: *Table 5: Most common and largest savings identifed to date* 40

Anhangverzeichnis

Begleitschreiben zum Fragebogen ……..…… 115

Fragebogen für diese Arbeit ……..…… 116

Übersichtstabelle der Ergebnisse und Auswertung der Fragebogen …….. 118

Grafische Darstellung ausgewählter Parameter der Übersichtstabelle …….. 120

Leitfaden für die Inspektion von Klimaanlagen - Stadt Wien …… 121

Prüfbuch und Anlagenbuch für Kälteanlagen ……..…… 122

VDMA 24186-3; Kältetechnik ……..….. 123

Beschaffungs- und Wartungsvorgaben - EM2010 ……...…….. 124

Service Level`s (eigene Darstellung) …… 125

Service Level Agreement (eigene Darstellung) …….. 126

Begleitschreiben zum Fragebogen

Gerhard Monschein
Waldfriedgasse 4
6800 Feldkirch

Feldkirch, 17.1.2010

Betrifft: Datenerhebung „Kälteanlagen" für meine Masterthese

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich absolviere derzeit am CEC Institut an der TU Wien einen berufsbegleitenden MBA Lehrgang für Facility Management. Zum Abschluss des Studiums verfasse ich eine umfassende Masterthese zu einem im Rahmen meiner beruflichen Tätigkeit immer wichtiger werdenden Thema.

Um eine praxisnahe Arbeit zu schreiben, habe ich den Titel

"Instandhaltung TGA - klassische Methoden vs. ergebnisorientierter IH am Beispiel Kältetechnik"

gewählt.

In diesem Zusammenhang werde ich 20 vergleichbare Kälteanlagen mit

1) verschiedenen Verdichtern (z.B. Kolben, Scroll, Schraube, Turbo, etc.)
2) verschiedenen Kältemitteln
3) Leistungsbereich (z.B. Qo = 150 bis 350 kW)
4) Baujahr: bis 2004

in Bezug auf die aktuelle Instandhaltung (Wartung, Inspektion, Instandsetzung) Störungen, Fehlerbehebung, Dimensionierung und Auslastung, Energieverbrauch, Kosten, etc. im Detail untersuchen (siehe Beilage/Fragebogen im MS.xls-Format).

Die Daten werden mit einem strukturierten "Standard-Fragebogen" erhoben, Daten aufbereitet und analysiert. Ich möchte betonen, dass die Anonymität der Daten gewahrt bleibt. Ihre geschätzte Rückmeldung erbitte ich bis Ende April 2010.

Danke und beste Grüße.

Dipl.-HTL-Ing. Gerhard Monschein

Mobil: +43 (0) 664 / 62 55 785

Fragebogen für diese Arbeit

MT Daten IH KM Fragebogen leer

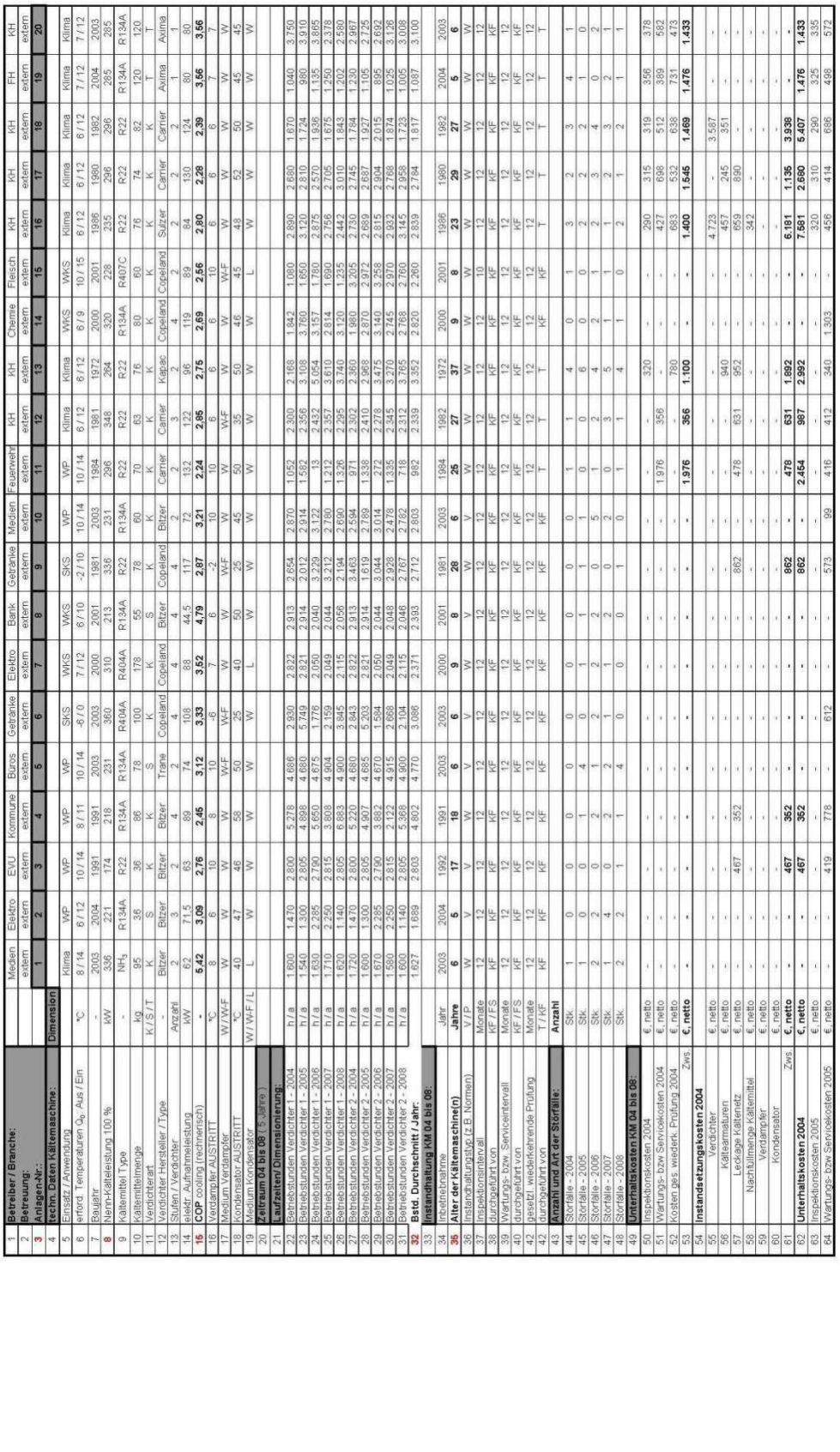
1	**Betreiber / Branche:**	
2	**Betreuung:**	
3	**Anlagen-Nr.:**	
4	**techn. Daten Kältemaschine:**	**Dimension**
5	Einsatz / Anwendung	
6	erford. Temperaturen Q_0: Aus / Ein	°C
7	Baujahr	-
8	Nenn-Kälteleistung 100 %	kW
9	Kältemittel Type	-
10	Kältemittelmenge	kg
11	Verdichterart	K / S / T
12	Verdichter Hersteller / Type	-
13	Stufen / Verdichter	Anzahl
14	elektr. Aufnahmeleistung	kW
15	**COP** cooling (rechnerisch)	-
16	Verdampfer AUSTRITT	°C
17	Medium Verdampfer	W / W-F
18	Kondensator AUSTRITT	°C
19	Medium Kondensator	W / W-F / L
20	**Zeitraum 04 bis 08** (5 Jahre)	
21	**Laufzeiten/ Dimensionierung:**	
22	Betriebstunden Verdichter 1 - 2004	h / a
23	Betriebstunden Verdichter 1 - 2005	h / a
24	Betriebstunden Verdichter 1 - 2006	h / a
25	Betriebstunden Verdichter 1 - 2007	h / a
26	Betriebstunden Verdichter 1 - 2008	h / a
27	Betriebstunden Verdichter 2 - 2004	h / a
28	Betriebstunden Verdichter 2 - 2005	h / a
29	Betriebstunden Verdichter 2 - 2006	h / a
30	Betriebstunden Verdichter 2 - 2007	h / a
31	Betriebstunden Verdichter 2 - 2008	h / a
32	**Bstd. Durchschnitt / Jahr:**	
33	**Instandhaltung KM 04 bis 08:**	
34	Inbetriebnahme	Jahr
35	**Alter der Kältemaschine(n)**	**Jahre**
36	Instandhaltungstyp (z.B. Normen)	V / P
37	Inspektionsintervall	Monate
38	durchgeführt von	KF / FS
39	Wartungs- bzw. Serviceintervall	Monate
40	durchgeführt von	KF / FS
42	gesetzl. wiederkehrende Prüfung	Monate
42	durchgeführt von	T / KF
43	**Anzahl und Art der Störfälle:**	**Anzahl**
44	Störfälle - 2004	Stk.
45	Störfälle - 2005	Stk.
46	Störfälle - 2006	Stk.
47	Störfälle - 2007	Stk.
48	Störfälle - 2008	Stk.
49	**Unterhaltskosten KM 04 bis 08:**	
50	Inspektionskosten 2004	€, netto
51	Wartungs- bzw Servicekosten 2004	€, netto
52	Kosten ges. wiederk. Prüfung 2004	€, netto
53	Zws.	**€, netto**
54	**Instandsetzungskosten 2004**	
55	Verdichter	€, netto
56	Kältearmaturen	€, netto
57	Leckage Kältenetz	€, netto
58	Nachfüllmenge Kältemittel	€, netto
59	Verdampfer	€, netto
60	Kondensator	€, netto
61	Zws.	**€, netto**
62	**Unterhaltskosten 2004**	**€, netto**
63	Inspektionskosten 2005	€, netto
64	Wartungs- bzw Servicekosten 2005	€, netto
65	Kosten ges. wiederk. Prüfung 2005	€, netto
66	Zws.	**€, netto**
67	**Instandsetzungskosten 2005**	
68	Verdichter	€, netto
69	Kältearmaturen	€, netto
70	Leckage Kältenetz	€, netto
71	Nachfüllmenge Kältemittel	€, netto
72	Verdampfer	€, netto
73	Kondensator	€, netto
74	Zws.	**€, netto**
75	**Unterhaltskosten 2005**	**€, netto**
76	Inspektionskosten 2006	€, netto
77	Wartungs- bzw Servicekosten 2006	€, netto
78	Kosten ges. wiederk. Prüfung 2006	€, netto
79	Zws.	**€, netto**
80	**Instandsetzungskosten 2006**	
81	Verdichter	€, netto
82	Kältearmaturen	€, netto
83	Leckage Kältenetz	€, netto
84	Nachfüllmenge Kältemittel	€, netto
85	Verdampfer	€, netto
86	Kondensator	€, netto
87	Zws.	**€, netto**
88	**Unterhaltskosten 2006**	**€, netto**
89	Inspektionskosten 2007	€, netto
90	Wartungs- bzw Servicekosten 2007	€, netto
91	Kosten ges. wiederk. Prüfung 2007	€, netto
92	Zws.	**€, netto**
93	**Instandsetzungskosten 2007**	
94	Verdichter	€, netto
95	Kältearmaturen	€, netto
96	Leckage Kältenetz	€, netto
97	Nachfüllmenge Kältemittel	€, netto

Seite 1 von 2

98	Verdampfer	€, netto
99	Kondensator	€, netto
100	Zws.	**€, netto**
101	**Unterhaltskosten 2007**	**€, netto**
102	Inspektionskosten 2008	€, netto
103	Wartungs- bzw Servicekosten 2008	€, netto
104	Kosten ges. wiederk. Prüfung 2008	€, netto
105	Zws.	**€, netto**
106	**Instandsetzungskosten 2008**	
107	Verdichter	€, netto
108	Kältearmaturen	€, netto
109	Leckage Kältenetz	€, netto
110	Nachfüllmenge Kältemittel	€, netto
111	Verdampfer	€, netto
112	Kondensator	€, netto
113	Zws.	**€, netto**
114	**Unterhaltskosten 2008**	**€, netto**
115	**Durch. Insp., Wart. U. wkP-Kosten**	**€, netto**
116	**Durchschnittl. IS-Kosten**	**€, netto**
117	**Durchschnittl. Unterhaltskost. BZ**	**€, netto**
118	**Durchschnittl. Unterhaltskost. AL**	**€, netto**

Übersichtstabelle der Ergebnisse und Auswertungen der Fragebogen

Fragebogen Seite 1



MT FrageDaten IH KM 27.7.10-Chart

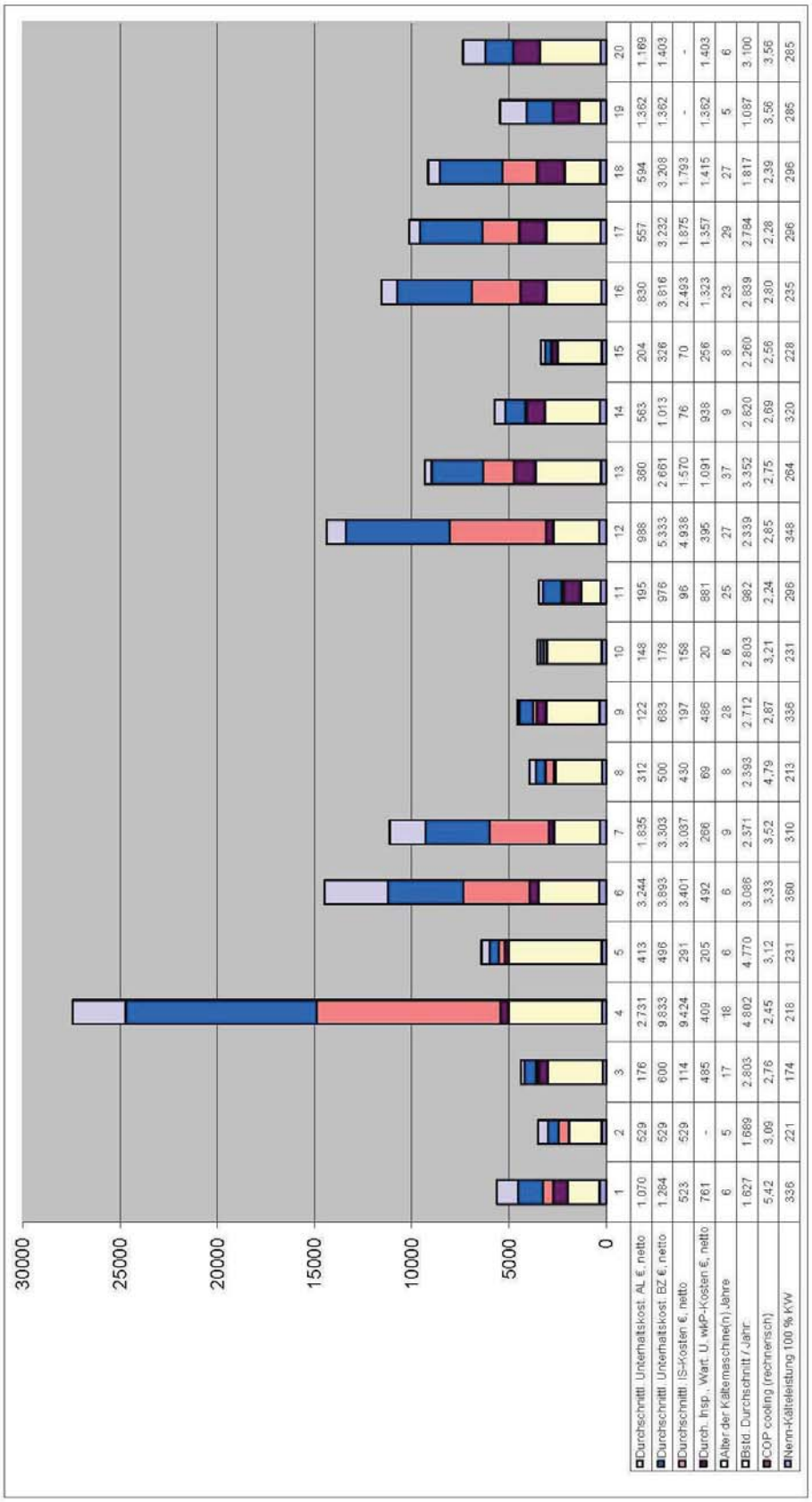
1	Betreiber / Branche:		Medien	Elektro	EVU	Kommune	Büros	Getränke	Elektro	Bank	Getränke	Medien	Feuerwehr	KH	KH	Chemie	Fleisch	KH	KH	KH	FH	KH
2	Betreuung:		extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern	extern
3	Anlagen-Nr.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4	**techn. Daten Kältemaschine:**	**Dimension**																				
5	Einsatz / Anwendung		Klima	WP	WP	WP	WP	SKS	WKS	WKS	SKS	WP	WP	Klima	Klima	WKS	WKS	Klima	Klima	Klima	Klima	Klima
6	erford. Temperaturen Q_0 Aus / Ein	°C	8 / 14	6 / 12	10 / 14	8 / 11	10 / 14	-8 / 0	7 / 12	6 / 10	-2 / 10	10 / 14	10 / 14	6 / 12	6 / 12	6 / 9	10 / 15	6 / 12	6 / 12	6 / 12	7 / 12	7 / 12
7	Baujahr	-	2003	2004	1991	1991	2003	2003	2000	2001	1981	2003	1994	1981	1972	2000	2001	1986	1980	1982	2004	2003
8	Nenn-Kälteleistung 100 %	kW	336	221	174	218	231	360	310	213	336	231	296	348	264	320	228	235	296	296	285	285
9	Kältemittel Type	-	NH_3	R134A	R22	R134A	R134A	R404A	R404A	R134A	R22	R134A	R22	R22	R22	R134A	R407C	R22	R22	R22	R134A	R134A
10	Kältemittelmenge	kg	95	36	36	86	78	100	178	55	78	80	70	63	76	80	60	76	74	82	120	120
11	Verdichterart	K / S / T	K	S	K	K	S	K	K	S	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	T	T
12	Verdichter Hersteller / Type		Bitzer	Bitzer	Bitzer	Bitzer	Trane	Copeland	Copeland	Bitzer	Copeland	Bitzer	Carrier	Carrier	Kaeser	Copeland	Copeland	Sulzer	Carrier	Carrier	Axima	Axima
13	Stufen / Verdichter	Anzahl	2	3	2	4	2	4	4	4	4	2	2	3	2	4	2	2	2	2	2	1
14	elektr. Aufnahmeleistung	kW	62	71,5	63	89	74	108	88	44,5	117	72	122	122	96	119	99	84	130	124	80	80
15	**COP** cooling (technischer)	-	**5,42**	**3,09**	**2,76**	**2,46**	**3,12**	**3,33**	**3,62**	**4,79**	**2,87**	**3,21**	**2,24**	**2,86**	**2,75**	**2,69**	**2,56**	**2,80**	**2,39**	**3,66**	**3,66**	**3,66**
16	Verdampfer AUSTRITT	°C	8	6	10	8	10	-6	7	8	-2	10	10	8	6	6	10	6	6	6	7	7
17	Medium Verdampfer	W / W-F	W	W	W	W	W-F	W-F	W	W	W-F	W	W	W-F	W	W	W-F	W	W	W	W	W
18	Kondensator AUSTRITT	°C	40	47	46	58	50	25	40	50	25	45	50	35	50	46	45	48	52	50	45	45
19	Medium Kondensator	W / W-F / L	L	W	W	W	W	W	L	W	W	W	W	W	W	W	L	W	W	W	W	W
20	**Zeitraum 04 bis 08** (5 Jahre)																					
21	**Laufzeiten/ Dimensionierung:**																					
22	Betriebstunden Verdichter 1 - 2004	h / a	1.600	1.470	2.800	5.278	4.686	2.930	2.822	2.913	2.654	2.870	1.052	2.300	2.168	1.842	1.080	2.890	2.660	1.670	1.040	3.750
23	Betriebstunden Verdichter 1 - 2005	h / a	1.540	1.300	2.805	4.898	4.680	5.749	2.821	2.914	2.012	2.914	1.582	2.356	3.108	3.760	1.850	3.120	2.810	1.724	980	3.910
24	Betriebstunden Verdichter 1 - 2006	h / a	1.630	2.285	2.790	5.650	4.675	1.776	2.050	2.040	3.229	3.122	13	2.432	5.054	3.157	1.780	2.875	2.570	1.936	1.135	3.865
25	Betriebstunden Verdichter 1 - 2007	h / a	1.710	2.250	2.815	3.808	4.904	2.159	2.049	2.044	3.212	2.780	1.212	2.357	3.610	2.814	1.690	2.756	2.705	1.675	1.250	2.378
26	Betriebstunden Verdichter 1 - 2008	h / a	1.620	1.140	2.805	6.883	4.900	3.845	2.115	2.056	2.194	2.690	1.326	2.295	3.740	3.120	1.235	2.442	3.010	1.843	1.202	2.580
27	Betriebstunden Verdichter 2 - 2004	h / a	1.720	1.470	2.800	5.220	4.680	2.843	2.822	2.913	3.463	2.594	971	2.302	3.360	1.980	3.205	2.730	2.745	1.784	1.230	2.967
28	Betriebstunden Verdichter 2 - 2005	h / a	1.600	1.300	2.805	4.907	4.685	5.203	2.821	2.914	1.619	2.789	1.338	2.410	2.968	2.870	2.972	2.689	2.637	1.927	1.105	2.725
29	Betriebstunden Verdichter 2 - 2006	h / a	1.670	2.285	2.790	3.882	4.670	1.594	2.050	2.044	3.044	3.014	272	2.278	3.475	3.140	3.258	2.815	2.904	2.015	895	2.692
30	Betriebstunden Verdichter 2 - 2007	h / a	1.580	2.250	2.815	3.122	4.915	2.668	2.049	2.048	2.978	2.478	1.335	2.345	3.270	3.745	3.970	2.903	2.768	1.874	1.025	3.126
31	Betriebstunden Verdichter 2 - 2008	h / a	1.600	2.140	2.805	5.368	4.900	2.104	2.115	2.046	2.763	2.782	718	2.312	3.765	2.768	2.760	3.145	2.958	1.723	1.065	3.008
32	**Bstd. Durchschnitt / Jahr:**		1.627	1.669	2.803	4.802	4.770	3.088	2.371	2.393	2.712	2.803	982	2.339	3.352	2.620	2.260	2.839	2.764	1.817	1.087	3.100
33	**Instandhaltung KM 04 bis 08:**																					
34	Inbetriebnahme	Jahr	2003	2004	1992	1991	2003	2003	2000	2001	1981	2003	1984	1982	1972	2000	2001	1986	1980	1982	2004	2003
35	**Alter der Kältemaschine(n)**	**Jahre**	**6**	**5**	**17**	**18**	**6**	**6**	**9**	**8**	**28**	**6**	**25**	**27**	**37**	**9**	**8**	**23**	**29**	**27**	**5**	**6**
36	Instandhaltungstyp (z.B. Normen)	V / P	W	V	V	W	V	V	W	V	W	V	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
37	Inspektionsintervall	Monate	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	12	12	12	12	12
38	durchgeführt von	KF / FS	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF
39	Wartungs- bzw. Serviceintervall	Monate	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
40	durchgeführt von	KF / FS	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF
42	gesetzl. wiederkehrende Prüfung	Monate	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
42	durchgeführt von	T / KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	T	T	T	KF	KF	T	T	T	T	T
43	**Anzahl und Art der Störfälle:**	**Anzahl**																				
44	Störfälle - 2004	Stk.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	0	1	3	2	3	4	1
45	Störfälle - 2005	Stk.	1	0	1	4	0	1	1	1	1	1	0	0	6	0	0	2	2	2	1	0
46	Störfälle - 2006	Stk.	2	2	0	2	1	2	2	2	0	5	1	2	4	2	1	2	3	4	0	2
47	Störfälle - 2007	Stk.	1	4	0	2	2	1	1	2	0	2	0	3	5	1	1	1	2	3	2	1
48	Störfälle - 2008	Stk.	2	2	1	1	4	0	0	0	1	0	1	1	4	1	0	2	1	2	1	1
49	**Unterhaltskosten KM 04 bis 08:**																					
50	Inspektionskosten 2004	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	320	-	-	290	315	319	356	378
51	Wartungs- bzw Servicekosten 2004	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.976	356	-	-	-	427	698	512	389	582
52	Kosten gas. wiederk. Prüfung 2004	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	780	-	-	683	532	638	731	473
53	Zws.	**€, netto**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1.976**	**356**	**1.100**	-	-	**1.400**	**1.545**	**1.469**	**1.476**	**1.433**
54	**Instandsetzungskosten 2004**																					
55	Verdichter	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.723	-	3.567	-	-
56	Kältearmaturen	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	940	-	-	457	245	351	-	-
57	Leckage Kältenetz	€, netto	-	-	467	352	-	-	-	-	862	-	478	631	952	-	-	859	890	-	-	-
58	Nachfüllmenge Kältemittel	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	342	-	-	-	-
59	Verdampfer	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	Kondensator	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	Zws.	**€, netto**	-	-	**467**	**352**	-	-	-	-	**862**	-	**478**	**631**	**1.992**	-	-	**6.181**	**1.135**	**3.938**	-	-
62	**Unterhaltskosten 2004**	**€, netto**	-	-	**467**	**352**	-	-	-	-	**862**	-	**2.454**	**987**	**2.992**	-	-	**7.581**	**2.680**	**5.407**	**1.476**	**1.433**
63	Inspektionskosten 2005	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	320	310	290	325	335
64	Wartungs- bzw Servicekosten 2005	€, netto	-	-	419	778	-	612	-	-	573	99	416	412	340	1.303	-	456	414	686	498	572

Seite 1 von 2

MT FrageDaten IH KM 27.7.10-Chart

65	Kosten ges. wiederk. Prüfung 2005	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	750	-	-	570	705	596	624	725
66	Zws.	**€, netto**	**-**	**-**	**419**	**778**	**-**	**612**	**-**	**-**	**573**	**99**	**416**	**412**	**1.090**	**1.303**	**-**	**1.346**	**1.429**	**1.572**	**1.447**	**1.632**
67	**Instandsetzungskosten 2005**																					
68	Verdichter	€, netto	1.335	-	-	1.335	-	-	-	213	-	-	-	-	5.960	-	-	-	2.783	-	-	-
69	Kältearmaturen	€, netto	-	-	-	-	-	-	474	-	123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	Leckage Kältenetz	€, netto	-	-	-	2.574	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	694	-	-
71	Nachfüllmenge Kältemittel	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	371	-	-	-	-
72	Verdampfer	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	582	378	342	-	-
73	Kondensator	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	Zws.	**€, netto**	**1.335**	**-**	**-**	**3.909**	**-**	**-**	**474**	**213**	**123**	**-**	**-**	**-**	**5.960**	**-**	**-**	**953**	**3.161**	**1.036**	**-**	**-**
75	**Unterhaltskosten 2005**	**€, netto**	**1.335**	**-**	**419**	**4.687**	**-**	**612**	**474**	**213**	**696**	**99**	**416**	**412**	**7.050**	**1.303**	**-**	**2.299**	**4.590**	**2.608**	**1.447**	**1.632**
76	Inspektionskosten 2006	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	310	336	296	305	327
77	Wartungs- bzw Servicekosten 2006	€, netto	-	-	466	666	1.023	593	525	-	622	-	592	328	325	1.007	391	428	432	657	419	672
78	Kosten ges. wiederk. Prüfung 2006	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	740	-	-	398	286	683	461	347
79	Zws.	**€, netto**	**-**	**-**	**466**	**666**	**1.023**	**593**	**525**	**-**	**622**	**-**	**592**	**328**	**1.065**	**1.007**	**391**	**1.136**	**1.054**	**1.636**	**1.185**	**1.346**
80	**Instandsetzungskosten 2006**																					
81	Verdichter	€, netto	481	-	-	104	76	466	13.791	1.063	-	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
82	Kältearmaturen	€, netto	-	-	-	-	-	-	829	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
83	Leckage Kältenetz	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
84	Nachfüllmenge Kältemittel	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	548	-	748	-	-
85	Verdampfer	€, netto	-	-	-	29.828	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	226	-	-	257	-	-
86	Kondensator	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	184	-	-	-	-
87	Zws.	**€, netto**	**481**	**-**	**-**	**29.932**	**76**	**466**	**14.620**	**1.063**	**-**	**156**	**-**	**-**	**-**	**-**	**226**	**732**	**-**	**1.005**	**-**	**-**
88	**Unterhaltskosten 2006**	**€, netto**	**481**	**-**	**466**	**30.598**	**1.099**	**1.059**	**15.145**	**1.063**	**622**	**156**	**592**	**328**	**1.065**	**1.007**	**617**	**1.868**	**1.054**	**2.641**	**1.185**	**1.346**
89	Inspektionskosten 2007	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	341	297	328	345	308
90	Wartungs- bzw Servicekosten 2007	€, netto	2.334	-	1.109	-	-	531	806	347	607	-	795	452	370	1.086	406	682	253	362	496	672
91	Kosten ges. wiederk. Prüfung 2007	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	760	-	-	462	648	483	328	359
92	Zws.	**€, netto**	**2.334**	**-**	**1.109**	**-**	**-**	**531**	**806**	**347**	**607**	**-**	**795**	**452**	**1.130**	**1.086**	**406**	**1.485**	**1.198**	**1.173**	**1.169**	**1.339**
93	**Instandsetzungskosten 2007**																					
94	Verdichter	€, netto	-	616	-	11.176	347	15.737	90	-	-	634	-	10.820	-	224	-	1.695	-	836	-	-
95	Kältearmaturen	€, netto	-	622	-	-	-	-	-	875	-	-	-	3.170	-	-	126	324	-	461	-	-
96	Leckage Kältenetz	€, netto	-	229	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	157	-	-
97	Nachfüllmenge Kältemittel	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	415	-	-	-	-
98	Verdampfer	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	582	-	-	-	-
99	Kondensator	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	368	-	-	-	-
100	Zws.	**€, netto**	**-**	**1.467**	**-**	**11.176**	**347**	**15.737**	**90**	**875**	**-**	**634**	**-**	**13.990**	**-**	**224**	**126**	**3.384**	**-**	**1.454**	**-**	**-**
101	**Unterhaltskosten 2007**	**€, netto**	**2.334**	**1.467**	**1.109**	**11.176**	**347**	**16.268**	**896**	**1.222**	**607**	**634**	**795**	**14.442**	**1.130**	**1.310**	**532**	**4.869**	**1.198**	**2.627**	**1.169**	**1.339**
102	Inspektionskosten 2008	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	298	317	294	327	338
103	Wartungs- bzw Servicekosten 2008	€, netto	1.469	-	433	601	-	726	-	-	628	-	625	428	350	1.293	483	428	724	516	452	500
104	Kosten ges. wiederk. Prüfung 2008	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	720	-	-	521	519	413	752	428
105	Zws.	**€, netto**	**1.469**	**-**	**433**	**601**	**-**	**726**	**-**	**-**	**628**	**-**	**625**	**428**	**1.070**	**1.293**	**483**	**1.247**	**1.560**	**1.223**	**1.531**	**1.266**
106	**Instandsetzungskosten 2008**																					
107	Verdichter	€, netto	800	1.179	105	1.752	1.032	800	-	-	-	-	-	7.420	-	154	-	-	4.389	624	-	-
108	Kältearmaturen	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.170	-	-	-	-	272	384	-	-
109	Leckage Kältenetz	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	480	-	-	-	-	418	176	-	-
110	Nachfüllmenge Kältemittel	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	486	-	350	-	-
111	Verdampfer	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	231	-	-	-	-
112	Kondensator	€, netto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	498	-	-	-	-
113	Zws.	**€, netto**	**800**	**1.179**	**105**	**1.752**	**1.032**	**800**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**10.070**	**-**	**154**	**-**	**1.215**	**5.079**	**1.534**	**-**	**-**
114	**Unterhaltskosten 2008**	**€, netto**	**2.269**	**1.179**	**538**	**2.353**	**1.032**	**1.526**	**-**	**-**	**628**	**-**	**625**	**10.498**	**1.070**	**1.447**	**483**	**2.462**	**6.639**	**2.757**	**1.531**	**1.266**
115	**Durch. Insp., Wart. U. wkP-Kosten**	**€, netto**	**761**	**-**	**485**	**409**	**205**	**492**	**266**	**69**	**486**	**20**	**881**	**395**	**1.091**	**938**	**256**	**1.323**	**1.357**	**1.415**	**1.362**	**1.403**
116	**Durchschnittl. IS-Kosten**	**€, netto**	**523**	**529**	**114**	**9.424**	**291**	**3.401**	**3.037**	**430**	**197**	**158**	**96**	**4.938**	**1.570**	**76**	**70**	**2.493**	**1.875**	**1.793**	**-**	**-**
117	**Durchschnittl. Unterhaltskost. BZ**	**€, netto**	**1.284**	**529**	**600**	**9.833**	**496**	**3.893**	**3.303**	**500**	**683**	**178**	**976**	**5.333**	**2.661**	**1.013**	**326**	**3.816**	**3.232**	**3.208**	**1.362**	**1.403**
118	**Durchschnittl. Unterhaltskost. AL**	**€, netto**	**1.070**	**529**	**176**	**2.731**	**413**	**3.244**	**1.835**	**312**	**122**	**148**	**195**	**988**	**360**	**563**	**204**	**830**	**557**	**594**	**1.362**	**1.169**

Grafische Darstellung ausgewählter Parameter der Übersichtstabelle

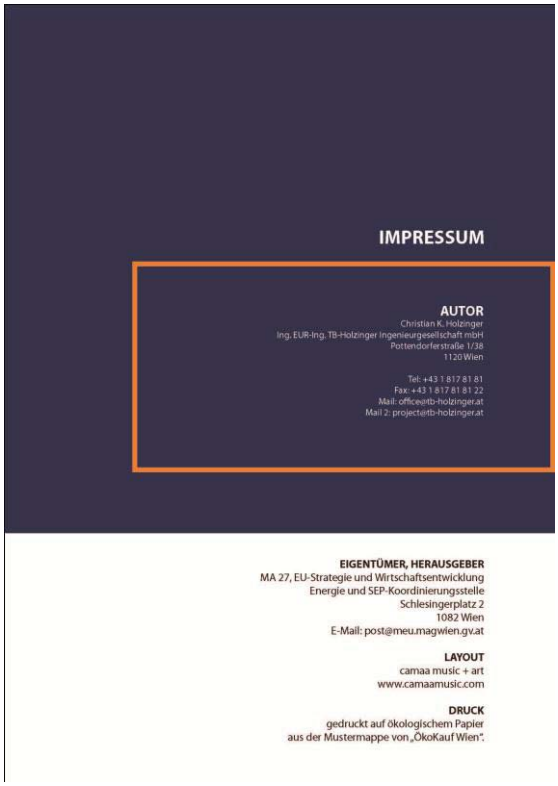


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Durchschnittl. Unterhaltskost. AL €, netto	1.070	529	176	2.731	413	3.244	1.835	312	122	148	195	988	380	563	204	830	557	594	1.362	1.169
Durchschnittl. Unterhaltskost. BZ €, netto	1.284	529	600	9.833	496	3.893	3.303	500	683	178	976	5.333	2.661	1.013	326	3.816	3.232	3.208	1.362	1.403
Durchschnittl. ISH-Kosten €, netto	523	529	114	9.424	291	3.401	3.037	430	197	158	96	4.938	1.570	76	70	2.493	1.875	1.793	-	-
Durch. Insp., Wart. U. wkP-Kosten €, netto	761	-	485	409	205	492	266	69	486	20	881	395	1.091	938	256	1.323	1.357	1.415	1.362	1.403
Alter der Kältemaschine(n) Jahre	6	5	17	18	6	6	9	8	28	6	25	27	37	9	8	23	29	27	5	6
Bstd. Durchschnitt / Jahr.	1.627	1.689	2.803	4.802	4.770	3.086	2.371	2.393	2.712	2.803	982	2.339	3.352	2.620	2.260	2.639	2.764	1.817	1.087	3.100
COP cooling (rechnerisch)	5,42	3,09	2,76	2,45	3,12	3,33	3,52	4,79	2,87	3,21	2,24	2,85	2,75	2,69	2,56	2,80	2,28	2,39	3,56	3,56
Nenn-Kälteleistung 100 % KW	336	221	174	218	231	360	310	213	336	231	286	348	264	320	228	235	296	296	285	285

Leitfaden für die Inspektion von Klimaanlagen – Stadt Wien (Auszug)

Leitfaden bestehend aus 20 Seiten

Quelle: http://www.wien.gv.at/wirtschaft/eu-strategie/energie/pdf/leitfaden-klimaanlagen.pdf



Anlagen- und Prüfbuch für Kälteanlagen gemäß Verordnung EG 842/ 2006 Artikel 3

Anlagen- und Prüfbuch bestehend aus 44 Seiten

In Zusammenarbeit

WKO Berufsgruppe Kälte- und Klimatechnik

ÖKKV Österreichischer Kälte- und Klimatechnischer Verein

Prüfbuch und Anlagenbuch

für Kälte-, Klima- und Wärmepumpen-Geräte und Anlagen

für Kleinanlagen, Kleingewerbeanlagen, Großgewerbeanlagen, Industrieanlagen
und für die Fluid-Gruppe 1 und / oder 2 je nach Druckgeräteüberwachungsverordnung
bzw. für Kleinanlagen, Kleingewerbeanlagen, Großgewerbeanlagen, Industrieanlagen
und für Kältemittel der Sicherheitsgruppen A1, A2, A3, B1, B2 und B3 nach ÖNORM EN 378

Geräte- oder Anlagenkurzkennzeichen ...

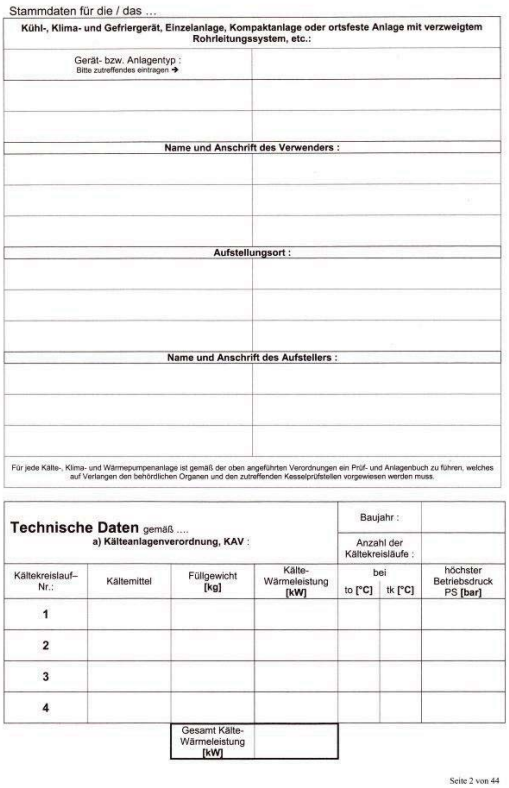
gemäß ...
a) 305. Verordnung vom 21.07.1969, Kälteanlagenverordnung, KAV,
b) 420. Verordnung vom 04.11.2004, Druckgeräteüberwachungsverordnung, DGÜW-V,
c) Verordnung (EG) Nr. 1005/2009 vom 16.09.2009 über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen, welche die Verordnung (EG) Nr. 2037/2000 vom 29.06.2000 ab dem 01.01.2010 ersetzt,
d) Verordnung (EG) Nr. 842/2006 vom 17.05.2006 über bestimmte fluorierte Treibhausgase,
e) 368. Verordnung vom 13.10.1998, Arbeitsstättenverordnung, ASTV,
f) 352. Verordnung vom 27.09.2002, Bundes – Arbeitsstättenverordnung , B-ASTV,
g) Verordnung (EG) Nr. 1494/2007 vom 17.12.2007 zur Festlegung der Form der Kennzeichnung.

Ausgestellt von ....

AXIMA Kältetechnik SVEZ

Inhaltsverzeichnis des gebundenen Teiles und das Impressum siehe auf der letzten Seite des Umschlages.

Bezugsquelle: TÜV Austria Akademie GmbH., E-Mail: akademie@tuv.at



Stammdaten für die / das ...

Kühl-, Klima- und Gefriergerät, Einzelanlage, Kompaktanlage oder ortsfeste Anlage mit verzweigtem Rohrleitungssystem, etc.:	
Gerät- bzw. Anlagentyp : Bitte zutreffendes eintragen →	
Name und Anschrift des Verwenders :	
Aufstellungsort :	
Name und Anschrift des Aufstellers :	

Für jede Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlage ist gemäß der oben angeführten Verordnungen ein Prüf- und Anlagenbuch zu führen, welches auf Verlangen den behördlichen Organen und den zutreffenden Kesselprüfstellen vorgewiesen werden muss.

Technische Daten gemäß .... **a) Kälteanlagenverordnung, KAV :**				Baujahr :		
				Anzahl der Kältekreisläufe :		
Kältekreislauf–Nr.:	Kältemittel	Füllgewicht [kg]	Kälte-Wärmeleistung [kW]	bei to [°C]	tk [°C]	höchster Betriebsdruck PS [bar]
1						
2						
3						
4						
		Gesamt Kälte-Wärmeleistung [kW]				

Seite 2 von 44

VDMA 24186-3; Kältetechnik

Position Baugruppe/ Bauelement/ Tätigkeit	Tätigkeit	Ausführung	
		Periodisch	Bei Bedarf
1 Verdrängungs- und Strömungsmaschinen			
1.1 Hubkolben- und Rotationsverdichter			
1.1.1	Äußerlich auf Verschmutzung, Beschädigung und Korrosion prüfen	X	
1.1.2	Funktionserhaltendes Reinigen[1]		X
1.1.3	Auf Befestigung und Laufgeräusch prüfen	X	
1.1.4	Saugdruck messen[2]	X	
1.1.5	Sauggastemperatur vor dem Verdichter messen[2]	X	
1.1.6	Verdichtungsdruck messen[2]	X	
1.1.7	Verdichtungsendtemperatur am Druckstutzen messen[2]	X	
1.1.8	Ölstand prüfen	X	
1.1.9	Öl auf Säuregehalt prüfen (Säuretest)	X	
1.1.10	Öl auswechseln[1]		X
1.1.11	Öldruck messen[2]	X	
1.1.12	Öldruck nachstellen		X
1.1.13	Öltemperatur vor und nach dem Ölkühler messen[2]	X	
1.1.14	Wassertemperatur vor und nach dem Ölkühler messen[2]	X	
1.1.15	Ölabscheider auf Funktion prüfen	X	
1.1.16	Kurbelwannenheizung auf Funktion prüfen	X	
1.1.17	Anlaufentlastung auf Funktion prüfen	X	
1.1.18	Leistungsregelung auf Funktion prüfen	X	
1.1.19	Wellenabdichtung auf Dichtheit prüfen	X	
1.1.20	Arbeitsventile prüfen[2]		X
1.1.21	Lagertemperaturen bei Verdichter prüfen	X	
1.1.22	Kältemittelseitig auf Dichtheit prüfen	X	
1.1.23	Antriebselemente[3]	siehe Pos. 9	
1.1.24	MSR-Technik	siehe VDMA 24186 Teil 4	
2 Wärmeaustauscher			
2.1 Wassergekühlte Verflüssiger			
2.1.1	Äußerlich auf Verschmutzung, Beschädigung und Korrosion prüfen	X	
2.1.2	Funktionserhaltendes Reinigen[1]		X
2.1.3	Verflüssigungstemperatur messen[2]	X	

[2] Der Leistungsumfang muss definiert und vereinbart werden (siehe auch VDMA 24186 Teil 0).
Messdaten sind im Messprotokoll zu erfassen.
[3] Die Wartung der Gas- und Dieselmotoren sowie Turbinen ist nicht Bestandteil dieses VDMA-Einheitsblatte
Für diese Antriebsmaschinen sind die Wartungsvorschriften des Herstellers zu beachten.

Bezugsquelle: VDMA Verlag GmbH.,Frankfurt; Quelle: http://www.vdma verlag.com/home/impressum.html

Vorlagen Managementdokumente:
Beschaffungs- und Wartungsvorgaben

EM 2010

Energiemanagement für Österreich
Beschaffungs- und Wartungsvorgaben

Kältesysteme

Projektkonsortium

Projektleitung:

Projektpartner:

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020" durchgeführt.

Informationen zum Projekt:

Die Österreichische Energieagentur führt gemeinsam mit Kanzian Engineering & Consulting GmbH und dem Österreichischen Energiekonsumenten Verband ein Projekt zur Umsetzung von Energiemanagement in Österreich durch.
Ein Ziel des Projekts ist die Erstellung von Wartungs- und Beschaffungsvorgaben für Anlagen, die den Energiebedarf eines Unternehmens wesentlich beeinflussen. Das Projekt EM 2010 wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms NEUE ENERGIEN 2020 durchgeführt.

Weitere Beschaffungsrichtlinien und weitere Projektinhalte finden Sie unter

www.energyagency.at/EM2010

Ersteller: Lukas Eder ÖEKV, Oktober 2009

Service Level`s (eigene Darstellung)

SL Kältetechnik MOGE

Kältetechnik

Leistungsbereich		Durchführung	Servicelevel A	Servicelevel B	Servicelevel C
1.0	**Betreiben**				
1.3	Bedienen	Nutzer, VIIc	Gezieltes Eingreifen, Schaltzeiten und Parameter ändern, Heizkurve einstellen, Anlagenzustände prüfen, Temperaturen kontrollieren	gelegentliches Eingreifen, Schaltzeiten und Parameter ändern, Anlagenzustände prüfen	kein Eingreifen
1.4	Überwachen, Messen, Steuern, Regel. Leiten	Nutzer, VIIc	Optimierung von Anlagen, Schaltzeiten Sommer-/Winterbetrieb	gelegentliche Prüfung	einmalige Einstellung
1.5	Optimieren		periodisch	gelegentlich	gelegentlich
1.6.0	Instandhalten (Warten, Inspizieren, Instandsetzen) nach DIN 31051l				
1.6.1	Wartung	Facility Service TGA, Nutzer, VIIc	in Ausnahmefällen Vollwartung für Dampfbefeuchter-, Reinraum- oder sonstige speziell Anlagen zu Pauschalpreisen mit allen Ersatzteilen und Entstörungen	vorbeugende Instandhaltung nach VDMA, statisch oder nach Betriebsstunden	nur Reaktion auf Störungen
1.6.2	Inspektion	Nutzer, VIIc, Inspektion durch Befugte	Tägliche Rundgänge, achten auf Undichtigkeiten und Geräusche, Temperaturen, usw., Inspektion lt. BTV	gelegentliche Rundgänge, achten auf Undichtigkeiten und Geräusche, Temperaturen kontrollieren	keine Rundgänge
1.6.3	Instandsetzung	Facility Service TGA, Nutzer, VIIc	Vorbeugende Instandsetzung veranlassen, Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes der Anlage	Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes der Anlage	provisorische Instandhaltung, Handbetrieb
1.8	Beheben von Störungen		Entstörung bzw Instandsetzung veranlassen, Dienstleister	Dienstleister auf Abruf	Dienstleister auf Abruf
1.9	Aussenbetriebnahmen	Facility Service			
1.10	Wiederinbetriebnahmen	TGA, Nutzer, TÜV			
1.12	Wiederkehrende Prüfungen		gemäß Kälteanlagenverordnung § 22	gemäß Kälteanlagenverordnung § 22	gemäß Kälteanlagenverordnung § 22
1.13	Erfassen Verbrauchswerte	Nutzer	monatlich	monatlich	monatlich
2.0	**Dokumentieren**				
2.1	Bestandsunterlagen	VIIc	Digitale Pläne/ständige Pflege, vor Ort und Archiv	Digitale Pläne/ständige Pflege, vor Ort und Archiv	Digitale Pläne/ständige Pflege, vor Ort und Archiv
2.3	Betriebsprotokolle		Dokumentation in das Betriebstagebuch	Dokumentation in das Betriebstagebuch	Dokumentation in das Betriebstagebuch
2.4	Betriebsanweisungen		vorhanden und eingehalten	vorhanden und eingehalten	vorhanden und eingehalten
2.5	Abnahmeprotokolle		vorhanden	vorhanden	vorhanden
2.6	Wartungsprotokolle		Dokumentation CAFM und Papier	Dokumentation CAFM und Papier	Dokumentation CAFM und Papier
3.0	**Energiemanagement**	VIIc	periodisch	periodisch	periodisch
4.0	**Informationsmanagement**				
4.1	Gebäudeautomation (GA)	Nutzer, VIIc	besetzte Stelle, sofortige Weiterleitung	besetzte Stelle, sofortige Weiterleitung	Meldung während der Arbeitszeit
	Computer Aided Facility Management (CAFM)		Instandsetzungsberichte, Verträge, Bestandspläne		
4.2					

Seite 1

Service Level Agreement (eigene Darstellung)

SLA Seite 1

Service Level Standard HSLK 1

4	**Key Performance Indikators**	**funktionale Bewertung**			
	KPI	Leistungsqualität			
		Ausfallhäufigkeit	……. n/Monat	……. n/Monat	……. n/Monat
		MTTR	……. h	……. h	……. h
		MTBF	……. h	……. h	……. h
		Ausfallzeit	……. h	……. h	……. h
		Anlagenverfügbarkeit	……. %	……. %	……. %
		monetäre Bewertung	…… €/m2	…… €/m2	…… €/m2
			…… €/FTE	…… €/FTE	…… €/FTE
5	**Raumtemperaturen**	bei AT	32 *C		
	Büro- und Arbeitsräume	Sommer	bis 27 *C	bis 30 *C	bis 32 *C
	gemäß ÖN EN ISO 7730	bei AT	- 15 *C		
		Winter	22 +-1 *C		
6	**Raumluftfeuchte**	Sommer und Winter	30 bis 50 % rel.F.		
	Büro- und Arbeitsräume				
7	**Eskalationsweg**	**Informationsfluß**			
		selbst behbare Störungen	Nutzer - externe FS Firma - Helpdesk		
		größere Betriebsstörungen	Nutzer - Helpdesk und Telefon FB Betriebsführung - externe FS Firma		
8					
9					
Dipl-HTL-Ing Gerhard Monschein					18.08.2010
Abt Hochbau und Gebäudewirtschaft / VIIc					
Fachbereich 4 / Betriebsführung					
Mobil.. 0664 / 62 55 785					

Seite 2 von 2

Service Level Standard HSLK 1

4	**Key Performance Indikators**	**funktionale Bewertung**			
	KPI	Leistungsqualität			
		Ausfallhäufigkeit	……. n/Monat	……. n/Monat	……. n/Monat
		MTTR	…… h	…… h	…… h
		MTBF	…… h	…… h	…… h
		Ausfallzeit	…… h	…… h	…… h
		Anlagenverfügbarkeit	……. %	……. %	……. %
		monetäre Bewertung	…… €/m2	…… €/m2	…… €/m2
			…… €/FTE	…… €/FTE	…… €/FTE
5	**Raumtemperaturen**	bei AT	32 *C		
	Büro- und Arbeitsräume	Sommer	bis 27 *C	bis 30 *C	bis 32 *C
	gemäß ÖN EN ISO 7730	bei AT	- 15 *C		
		Winter	22 +-1 *C		
6	**Raumluftfeuchte**	Sommer und Winter	30 bis 50 % rel.F.		
	Büro- und Arbeitsräume				
7	**Eskalationsweg**	**Informationsfluß**			
		selbst behbare Störungen	Nutzer - externe FS Firma - Helpdesk		
		größere Betriebsstörungen	Nutzer - Helpdesk und Telefon FB Betriebsführung - externe FS Firma		
8					
9					
Dipl-HTL-Ing Gerhard Monschein					18.08.2010
Abt Hochbau und Gebäudewirtschaft / VIIc					
Fachbereich 4 / Betriebsführung					
Mobil.. 0664 / 62 55 785					