



Anwenderhandbuch zur Energieeffizienzbewertung von direkten Kälteanlagen und reversiblen Wärmepumpen für Komfortkälte in Luxembourg

Administration de l'environnement

Unité Surveillance et Évaluation de l'Environnement

1 Avenue du Rock'n'Roll, L-4361 Esch-sur-Alzette

airbruit@aev.etat.lu

40 56 56 1

Impressum

Das hier erläuterte Formular ist auf dem Werkzeug des Forschungsvorhabens „KaP - Kälteanlagen in der Praxis“ aufgebaut, welches vom Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, vom Steinbeis-Innovationszentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik sowie von der BROCHIER Consulting + Innovation GmbH durchgeführt wurde.

Januar 2017

Inhalt

1	Motivation und Randbedingungen	2
1.1	Gesetzliche Grundlage.....	3
1.1.1	Betroffene Anlagen	3
1.1.2	Zeitliche Intervalle.....	4
1.1.3	Inhalt der Inspektion.....	4
1.1.4	Autorisiertes Fachpersonal	5
1.2	Das KaP-Tool.....	5
1.3	Verfügbare Formulare.....	5
1.3.1	Direkte Anlagen.....	5
1.3.2	Indirekte Anlagen.....	6
1.3.3	Thermische Anlagen	6
2	Erläuterung des Formulars für direkte Anlagen	7
2.1	Allgemeine Daten	7
2.2	Energieeffizienz.....	9
2.3	Dimensionierung	10
2.4	Verdichter/Rückkühleinheiten	11
2.5	Kälteeinbringung und Verteilung.....	14
2.6	Angaben zum Gebäude.....	15
2.7	Empfohlene Maßnahmen	16
2.8	Gesamtbewertung.....	16
3	Literatur	18

1 Motivation und Randbedingungen

„Der Europäische Rat hat bei seiner Tagung im März 2007 auf die Notwendigkeit einer Steigerung der Energieeffizienz in der Union hingewiesen, um auf diese Weise den Energieverbrauch in der Union bis 2020 um 20 % zu senken, und dazu aufgerufen, die Prioritäten, die in der Kommissionsmitteilung mit dem Titel „Aktionsplan für Energieeffizienz: Das Potenzial ausschöpfen“ genannt werden, umfassend und rasch umzusetzen. In diesem Aktionsplan wurde auf das erhebliche Potenzial für kosteneffiziente Energieeinsparungen im Gebäudesektor hingewiesen.“ (Quelle: [EPR10])

Im Rahmen dieses Aktionsplans ist die Steigerung der Energieeffizienz von bestehenden Anlagen ein wichtiger Punkt:

„Die regelmäßige Wartung und Inspektion von Heizungs- und Klimaanlage durch qualifiziertes Personal trägt zu einem korrekten Betrieb gemäß der Produktspezifikation bei und gewährleistet damit eine optimale Leistung aus ökologischer, sicherheitstechnischer und energetischer Sicht. Eine unabhängige Prüfung der gesamten Heizungs- und Klimaanlage sollte während ihrer Lebensdauer in regelmäßigen Abständen erfolgen, insbesondere vor einem Austausch oder einer Modernisierung. Im Hinblick auf einen möglichst geringen Verwaltungsaufwand für die Gebäudeeigentümer und -mieter sollten die Mitgliedstaaten sich darum bemühen, dass Inspektionen und Ausweisausstellungen so weit wie möglich miteinander verbunden werden.“ (Quelle [EPR10])

Die in diesem Handbuch erläuterten Formulare stellen die nationale Umsetzung dieser Europäischen Richtlinie dar und wurden von der Umweltverwaltung mit dem Ziel der Steigerung der Energieeffizienz von bestehenden Klimaanlage bei möglichst geringem Verwaltungsaufwand für die Eigentümer erstellt. Da für bestehende Klimaanlage, bedingt durch die starken, thermodynamischen Einflüsse der Betriebstemperaturen und Aussenbedingungen sowie die individualisierte Auslegung jeder einzelnen Anlagen, schwer ein einheitliches Messverfahren für die Effizienz entwickelt werden kann, habe die Formulare das Ziel, das Fachpersonal bei der individuellen Bewertung der Anlage zu leiten.

Die hier erläuterten Formulare stellen nur eine Möglichkeit der Durchführung der Inspektion von Klimaanlage dar und deren Nutzung ist nicht Pflicht. Alternativ kann zum Beispiel das KaP-Tool (vgl. 1.2) oder eine individuelle Inspektion mittels eines fachlich kompetenten Unternehmens angewendet werden.

1.1 Gesetzliche Grundlage

Gemäß der Großherzoglichen Verordnung vom 26. Dezember 2012 (vgl. [SCL12]) müssen stationäre Klimaanlage, mit einer Nominalleistung ab 12 kW, regelmäßig bezüglich ihrer Effizienz untersucht werden. Diese Verordnung bezieht sich auf die Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 (vgl. [EPR10]) über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und ändert die Großherzogliche Verordnung vom 2. September 2011 (vgl. [SCL11]) ab.

Die Luxemburger Gesetzgebung (Verordnung vom 22. Juni 2016, Art. 6) legt die betroffenen Anlagen, die zeitlichen Intervalle für die Inspektionen, dem Inhalt sowie das autorisierte Fachpersonal fest. Die Großherzogliche Verordnung vom 22. Juni 2016 Teil b (vgl. [SCL16]) setzt die Verordnung vom 26. Dezember 2012 außer Kraft.

1.1.1 Betroffene Anlagen

Betroffen für die regelmäßige Inspektion sind Klimaanlage und reversible Wärmepumpen (d.h. mit Kühl- und Heizfunktion) mit einer Nutzkälteleistung **größer 12 kW**.

Laut der Europäischen Richtlinie bezeichnet eine Klimaanlage „eine Kombination der Bauteile, die für eine Form der Raumlufthandlung erforderlich sind, durch die die Temperatur geregelt wird oder gesenkt werden kann“.

Des Weiteren betrifft die regelmäßige Inspektion nur Anlagen mit einer aktiven Kühlung der Raumlufthandlung, d.h. mittels mechanischer oder thermischer Kältemaschine. Nicht betroffen sind z.B.:

- Industrielle Kälteanlagen welche nicht die Raumlufthandlung betreffen (z.B. zur Bereitstellung von Prozesskälte)
- Gewerbliche Kälteanlagen welche nicht die Raumlufthandlung betreffen (z.B. für Kühlhäuser oder Gefrierzellen)
- Passive Anlagen (z.B. Adiabate Kühlung, Sorptionsräder)

Zu prüfen sind alle zugänglichen Bauteile der betroffenen Klimaanlage.

1.1.2 Zeitliche Intervalle

Die Inspektion ist alle **fünf Jahre** durchzuführen. Ist ein elektronisches Überwachungs- und Steuerungssystem vorhanden, ist eine Inspektion alle **acht Jahre** durchzuführen.

Für Anlagen, welche vor dem 22. Juni 2016 in Betrieb genommen wurden, ist die erste Inspektion spätestens bis zum **31. Dezember 2017** durchzuführen.

Für neue Anlagen (Inbetriebnahme nach dem 22. Juni 2016) oder Anlagen welche einen wesentlichen Umbau erfahren, ist die erste Inspektion spätestens fünf, bzw. acht Jahre nach der Inbetriebnahme bzw. nach Abschluss der Umbauarbeiten durchzuführen.

Ein Bericht ist dem Betreiber spätestens **15 Tage** nach der durchgeführten Inspektion zu übermitteln.

Das Resultat der Gesamtbewertung und die Bewertung der Dimensionierung aller durchgeführten Inspektionen ist der Umweltverwaltung spätestens **zum 31. März** jeden Jahres einzureichen. Der Bericht ist der Umweltverwaltung elektronisch an die Email-Adresse airbruit@aev.etat.lu zu senden. Zu diesem Zweck soll das Formular des Dichtheitstests genutzt werden, welches unter folgenden Internet Adresse zu finden ist:

www.environnement.public.lu/air_bruit/dossiers/f-gaz/controle_d_etancheite/Formulaire_Controles-etancheite.xlsx

1.1.3 Inhalt der Inspektion

Im Rahmen der regelmäßigen Inspektion der betroffenen Anlagen müssen die folgenden Punkte bewertet werden:

- Bewertung des Wirkungsgrades der Anlage (**Effizienz**)
- Bewertung der **Dimensionierung** der Anlage in Bezug auf den Kältebedarf des Gebäudes

Falls die Anlage nicht modifiziert wurde, braucht die Bewertung der Dimensionierung bei den darauffolgenden Inspektionen nicht wiederholt zu werden.

Neben diesen beiden Bewertungen muss der zu erstellende Bericht **Empfehlungen** und **Verbesserungsmaßnahmen** beinhalten, welche der Senkung des Energiebedarfs der Klimaanlage dienen.

Die von der Umweltverwaltung bereitgestellten Formulare haben das Ziel das Fachpersonal bei der Bewertung dieser Punkte zu leiten.

Energieeffizienzbewertung für direkte Kälteanlagen

Alternativ können jedoch andere Ansätze zu Bewertung gewählt werden (z.B. KaP-Tool, vgl. 1.2)

1.1.4 Autorisiertes Fachpersonal

Die Inspektion ist entweder von einer natürlichen, unabhängigen Person, welche von der Handwerkskammer zertifiziert ist, oder vom Personal einer moralischen Person, welche von der Handwerkskammer zertifiziert ist, durchzuführen.

1.2 Das KaP-Tool

Das hier erläuterte Formulare ist auf dem Werkzeug des Forschungsvorhabens „KaP - Kälteanlagen in der Praxis“ aufgebaut, welches vom Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, vom Steinbeis-Innovationszentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik sowie von der BROCHIER Consulting + Innovation GmbH durchgeführt wurde. Dieses Vorhaben wurde vom Deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Förderkennzeichen: 03ET1066A) gefördert.

Das KaP-Tool kann ergänzend zu den hier erläuterten Formularen angewendet werden.

Das Werkzeug steht auf der folgenden Webseite kostenfrei zur Verfügung:

<http://www.stz-egs.de/innovationsverbund-mnf-netzwerke/kap-werkzeuge/>

Für komplexe Anlagen wird empfohlen das KaP-Tool für die regelmäßigen Inspektionen zu nutzen, da dieses gegenüber den Formularen einen höheren Detaillierungsgrad aufweist.

1.3 Verfügbare Formulare

Von der Umweltverwaltung wird je ein Formular für die drei folgenden Kategorien an Anlagen bereitgestellt.

1.3.1 Direkte Anlagen

Als direkte Anlagen werden mechanische Kälteanlagen bezeichnet, welche nicht über Sekundarkreise für die Kälteverteilung und die Rückkühlung verfügen. Bei diesen Anlagen verdampft das Kältemittel im Kühlaggregat gegenüber der Raumluft, bzw. wird im Rückkühler gegenüber der Umgebungsluft verflüssigt.

Solche Anlagen sind zum Beispiel:

Energieeffizienzbewertung für direkte Kälteanlagen

- Splitgeräte
- Multisplit-Geräte
- Kompaktklimageräte

1.3.2 Indirekte Anlagen

Als indirekte Anlagen werden mechanische Kälteanlagen bezeichnet, welche über Sekundärkreise für die Kälteverteilung und/oder die Rückkühlung verfügen. In der Regel wird die Kälte bei solchen Anlagen mittels eines Kaltwasserkreises verteilt.

1.3.3 Thermische Anlagen

Als thermische Anlagen werden Kälteanlagen bezeichnet, bei denen Wärme als Antriebsenergie anstatt von elektrischer/mechanischer Energie eingesetzt wird. Die thermische Energie kann hierbei sowohl mittels eines Brenners als auch mittels Abwärmenutzung oder Nutzung solarer Wärme bereitgestellt werden. Thermische Anlagen umfassen:

- Adsorptionsanlagen (z.B. Zeolith-Wasser)
- Absorptionsanlagen (z.B. LiBr-Wasser)

Im Rahmen der hier erläuterten Inspektionen sind nur geschlossene Anlagen betroffen. Offene Anlagen (z.B. Sorptionsräder) sind ausgeschlossen.

2 Erläuterung des Formulars für direkte Anlagen

Die einzelnen Abfragen für die direkte Anlagen werden im Folgenden erläutert.

Da Klimaanlage in der Regel sehr individuell sind, ist eine einheitliche Bewertungsmethodik schwer umsetzbar. Daher wurden den einzelnen Abfragen kein Punktesystem hinterlegt, sondern die Abfragen sollen den durchführenden Techniker bei der individuellen Bewertung leiten. In der Regel, ist die erste Auswahlmöglichkeit als die beste einzustufen, bis hin zur letzten, welche als die schlechteste anzusehen ist. In Abhängigkeit der zu inspizierenden Anlage oder der baulichen Gegebenheiten können einzelne Abfragen mehr oder weniger relevant sein.

Es unterliegt dem Techniker, sich anhand seiner Erfahrung und der vorgetroffenen Gegebenheiten, ein allgemeines Bild der Anlage zu schaffen und somit eine allgemeine Bewertung (gut, mittel, schlecht) zu erstellen.

Für komplexe Anlagen wird empfohlen zusätzlich das KaP-Tool für die regelmäßigen Inspektionen einzusetzen, da dieses gegenüber den Formularen einen höheren Detaillierungsgrad aufweist.

2.1 Allgemeine Daten

Bei den allgemeinen Daten werden die folgenden Punkte abgefragt:

- **Planung und Bau der Anlage:** „Bei Erweiterungen oder Umbauten an bestehenden Anlagensystemen wird des Öfteren auf eine Aktualisierung bestehender Pläne oder auf eine regelungstechnische Anpassung der Anlage verzichtet. Je öfter dies geschieht, umso unübersichtlicher gestaltet sich das Gesamtsystem im Nachhinein.“¹ Somit ist für die spätere Bewertung der Anlage eine einmalig geplante und umgesetzte Anlage als beste Einstufung zu berücksichtigen. Eine oft erweiterte Anlage birgt das Risiko einer nicht optimalen Auslegung und somit einer Einbusse bei der Energieeffizienz. Auch die Dimensionierung der Anlage in Bezug auf das Gebäude kann sich durch Erweiterungen ändern.
- **Dokumentation und Wartungsunterlagen:** Eine komplette Dokumentation der Anlage (z.B. Datenblätter, Prinzipschema,

¹ Quelle: Forschungsvorhaben „KaP - Kälteanlagen in der Praxis“

Energieeffizienzbewertung für direkte Kälteanlagen

Bedienungsanleitung, Abnahmeprotokoll, Wartungsprotokolle) ermöglicht eine optimale Einschätzung der Anlage und ihrer Spezifitäten. „Eine saubere und vollständige Dokumentation lässt einen anlagentechnischen Fehlbetrieb leichter ausfindig machen und bietet eine stabile Basis für zukünftige Optimierungs- oder Änderungsmaßnahmen. ... Eine der wichtigsten Dokumentationsgrundlagen bilden die Wartungsverträge bzw. vorhandene Wartungspläne. In diesen Unterlagen finden sich Informationen über Leckagen, mögliche Fehlbetriebe, die Ersatzteilaufstellung, Kältemittelverluste/ -befüllung, usw.“²

- **Wartungsintervall:** Der Wartungsintervall muss individuell für jede Anlage bewertet werden. Einwandfrei funktionierende Anlagen (insbesondere Spilt-Geräte) werden in der Regel jährlich gewartet, wobei der Wartungsintervall bei komplexeren und intensiv genutzten Anlagen kleiner sein sollte. Intervalle von mehr als zwei Jahren weisen auf eine unsachgemäße Wartung hin, welche Einbußen bei der Effizienz mit sich führen können.
- **Störanfälligkeit des Systems:** „Ein einwandfreier Betrieb der Anlage spart Betriebskosten und Aufwand. Die Betriebssicherheit einer Anlage ist je nach Nutzung des Objektes unterschiedlich wichtig. Ausfälle können unterschiedlichste Ursachen haben und unter anderem aus drastisch fehlerhaften Parametern entstehen (z.B. dauerhaftes Vereisen des Verdampfers).“² Häufige Störungen weisen auf einen unsachgemäßen Betrieb und somit womöglich auf Einbußen bei der Effizienz hin.
- **Verantwortungsbereich:** „Jedes technische Anlagensystem sollte einen direkten Ansprechpartner besitzen, der sich einerseits mit dem Betrieb selbst auseinandersetzt sowie hierarchisch eine Position innehält, Änderungen am System zu diskutieren und durchzuführen bzw. durchführen zu lassen. Besitzt dieser Ansprechpartner einschlägiges Fachwissen über das System, sind Optimierungsmaßnahmen und Fehlerpotentiale einfacher ausfindig zu machen und Informationen über das Anlagensystem selbst leichter zu beschaffen.“² Als Verantwortlicher mit Fachwissen wird geschultes Personal bezeichnet, welche alle relevanten Einstellungen (z.B. Regelung, Temperatureinstellungen) an der Anlage vornehmen kann sowie Fehler

² Quelle: Forschungsvorhaben „KaP - Kälteanlagen in der Praxis“

Energieeffizienzbewertung für direkte Kälteanlagen

interpretieren und identifizieren kann. Als Verantwortlicher ohne Fachwissen wird Personal bezeichnet, welche für die Anlage zuständig ist, jedoch nur Grundeinstellungen (z.B. Ein- und Ausschalten) vornehmen kann. Ist kein Verantwortlicher bezeichnet oder ist die Verantwortlichkeit nicht klar definiert, sollte der Nutzer bzw. der Eigentümer darauf hingewiesen werden die Zuständigkeit für die Anlage zu definieren. Die Verantwortlichkeit kann sowohl intern oder extern (z.B. über den Wartungsvertrag) liegen.

- **Datenerfassung:** Für die Energieeffizienz weisen die Betriebsdaten der Anlage (z.B. Temperaturen, Leistungen) oft auf Verbesserungspotenzial hin. „Eine Datenerfassung und –speicherung in kürzeren Intervallen gibt Aufschluss auf unterschiedliche mögliche Optimierungspotentiale (z.B. Nachtverbräuche, Anlaufströme verringern, Gleichzeitigkeit von Verbrauchern, ...). Durch die Pflege historischer Daten können vergangene Ereignisse zur Validierung von bestimmten Maßnahmen herangezogen werden.“³ Stundenwerte oder Werte mit einer höheren Auflösung (z.B. über die Gebäudeleittechnik oder aus einem Monitoringsystem) ermöglichen eine detaillierte Analyse des Systems und derer Komponenten und sind somit als gut zu bewerten. Monatswerte und Jahreswerte (z.B. aus Kalorimetern) ermöglichen die Kenntnisnahme der eingesetzten Endenergie und oft das Berechnen einer Jahres-Effizienz und sind somit als mittel einzustufen. Liegen gar keine Daten vor oder werden diese nicht genutzt ist dies als schlecht einzustufen.

2.2 Energieeffizienz

Die Einstufung der Energieeffizienz erfolgt beim vorliegenden Formular gemäß den Eurovent Zertifikationen. Hierbei kann entweder der EER („Energy efficiency ratio“, früher auch COP „Coefficient of Performance“ oder Leistungszahl bei den von Eurovent festgeschriebenen Betriebsbedingungen) und/oder der ESEER („European seasonal efficiency ratio“, früher auch jährlich gemittelte Arbeitszahl) angegeben werden.

Diese Kennzahlen sind bei zertifizierten Anlagen entweder in den Herstellerangaben zu ermitteln oder auf der Internetseite von Eurovent (www.eurovent.eu).

³ Quelle: Forschungsvorhaben „KaP - Kälteanlagen in der Praxis“

2.3 Dimensionierung

Die Bewertung der Dimensionierung erfolgt bei den vorliegenden Formularen über einen Vergleich der Leistungen der Kältebereitstellung zu den Leistungen der Kälteeinbringung.

Falls die Anlage gegenüber einer vorherigen Inspektion nicht modifiziert wurde, braucht die Bewertung der Dimensionierung nicht wiederholt zu werden (vgl. auch 1.1.3). Beim ersten Durchführen der Inspektion, muss die Bewertung der Dimensionierung jedoch erfolgen.

Als Quelle für diese Bewertung dienen in der Regel die technischen Unterlagen, wie z.B. ein System-Schaltplan oder die Auslegungsunterlagen des technischen Büros. Sind diese nicht verfügbar, muss die Dimensionierung anhand einer Abschätzung bewertet werden. Falls dies anhand einer Abschätzung erfolgt, empfehlen Sie dem Eigentümer/Betreiber die Unterlagen der Anlage zu vervollständigen (vgl. 2.7).

Die installierte Kälteleistung (a) entspricht bei den direkten Anlagen der Summe der thermischen Leistung aller Kältemaschinen im betrachteten Kreislauf.

Die Redundanzleistung (b) entspricht bei den direkten Anlagen der Summe der thermischen Leistung aller Kältemaschinen, welche im betrachteten Kreislauf im Normalfall nicht genutzt werden. Diese Anlagen werden in der Regel nur dann eingeschaltet, wenn andere Anlagen ausfallen oder gewartet werden. Sieht die Regelung des Gesamtsystems vor, dass alle Kältemaschinen zeitlich gleich genutzt werden sollen, ist die Redundanzleistung die thermische Leistung welche nicht für den regulären Betrieb der Anlage im Auslegungsfall notwendig wäre.

Die Leistung aller Abnehmer (c) entspricht bei den direkten Anlagen der Summe der thermischen Leistung aller Geräte der Kälteeinbringung (z.B. Konvektoren, Kassetten) im betrachteten Kreislauf.

Die Bewertungszahl (x), das Verhältnis der Summe der Abnehmer zur Summe der minimal benötigten Erzeuger, wird gemäss der angegebenen Formel aus den drei vorherigen Grössen bestimmt:

$$x = \frac{c}{a - b}$$

Energieeffizienzbewertung für direkte Kälteanlagen

und in Prozent im entsprechenden Feld eingetragen. Die drei angegebenen Einstufungen des Wertes x ermöglichen eine individuelle Bewertung der Dimensionierung.

Werte unter 100% deuten auf eine Unterdimensionierung der Kälteanlage gegenüber der Kälteeinbringung hin, Werte über 100% auf eine Überdimensionierung.

Geben Sie zudem an, ob Sie die Redundanzleistung für die Anlage als angemessen oder nicht einstufen.

2.4 Verdichter/Rückkühleinheiten

Das Formular ist anwendbar auf Anlagen mit bis zu fünf Verdichter/Rückkühleinheiten, welche in den dafür vorgesehenen Feldern zugeordnet werden können. Dies kann z.B. über die Seriennummer oder einer Bezeichnung aus dem Anlagenschema erfolgen. Es ist darauf zu achten, dass die Bezeichnung/Zuordnung eindeutig ist.

Für die folgenden Abfragepunkte sind jeweils fünf Felder für die zuvor zugeordneten Einheiten vorgesehen. Eine beispielhafte Zuordnung für die Einheit 1 ist in Abb. 2-1 dargestellt.

Verdichter / Rückkühleinheiten:
Bezeichnung der Einheit (z.B. Seriennummer)

1						
2						
3						
4						
5						
<i>Alter</i>		1	2	3	4	5
0-5 Jahre						
6-15 Jahre						
älter als 15 Jahre						

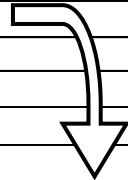


Abb. 2-1: Beispiel für die Zuordnung der Abfragen

Für die einzelnen Verdichter/Rückkühleinheiten werden die folgenden Informationen abgefragt:

- **Alter:** „Auch wenn Wartungs- und Instandhaltungstermine eingehalten wurden, sorgen Alterserscheinungen wie Verschleiß und Abrieb innerhalb der Anlage für einen nicht optimalen Anlagenbetrieb. Unter Umständen können Neuinvestitionen in aktuelle Kälteanlagen

Energieeffizienzbewertung für direkte Kälteanlagen

wirtschaftlich dargestellt werden.“⁴ Des Weiteren weisen rezente Anlagen oft ein verbessertes Verhalten bezüglich der Effizienz im Vergleich zu älteren Anlage auf. Mit steigenden Endenergiekosten kann sich die Modernisierung der Kältemaschinen schnell wirtschaftlich gestalten. Weisen Sie den Nutzer/Eigentümer der Anlage bei älteren Aggregaten auf diese Möglichkeit hin (z.B. im Textfeld für individuelle Erläuterungen und Maßnahmen, vgl. 2.7)

- **Anzahl Starts pro 1000 Betriebsstunden:** „Ein guter Indikator für die Takthäufigkeit einer Anlage sind die Starts pro Betriebsstunden, hieraus ist das Intervall des An-Aus Betriebes direkt ersichtlich. Zu häufiges Takten wirkt sich auf die Lebensdauer der Kältemaschine negativ aus. Große Kälteanlagen können signifikante Stromspitzen erzeugen, je öfter diese vorkommen, umso mehr wird das elektrische Netz belastet. Dieser Punkt sollte also insbesondere bei größeren Anlagen bzw. bei Anlagen, die einen signifikanten Anteil des Gesamtenergiebezuges der Liegenschaft ausmachen, bearbeitet werden.“⁵ Somit sind <50 Starts pro 1000 Betriebsstunden als gut, $50 < x < 500$ als mittel und >500 Starts als schlecht zu bewerten.
- **Negative Feststellungen:** Die negativen Feststellungen sollen auf mögliche Probleme der Anlage hinsichtlich der Energieeffizienz und der Dimensionierung hinweisen:
 - Verschmutzte Wärmeübertrager: durch Verschmutzung der Rückkühler können z.B. die Verflüssigungstemperatur oder die Druckverluste ansteigen, wodurch das Bauteil und die Gesamtanlage weniger effizient arbeiten. Das Bauteil sollte auf jeden Fall geprüft und gesäubert werden.
 - Verdichter läuft unruhig: unruhig laufende Verdichter weisen auf Lagerschäden oder Beschädigungen am Bauteil hin, wodurch die Effizienz der Anlage verringert wird. Das Bauteil sollte auf jeden Fall geprüft und ggf. gewartet oder ersetzt werden.
 - Ventilator läuft unruhig: unruhig laufende Ventilatoren weisen auf Lagerschäden oder Beschädigungen am Bauteil hin, wodurch die Effizienz der Verflüssigung und somit der Anlage verringert

⁴ Quelle: Forschungsvorhaben „KaP - Kälteanlagen in der Praxis“

⁵ Quelle: Forschungsvorhaben „KaP - Kälteanlagen in der Praxis“

Energieeffizienzbewertung für direkte Kälteanlagen

- wird. Das Bauteil sollte auf jeden Fall geprüft und ggf. gewartet oder ersetzt werden.
- Anlagenteile sind korrodiert / verschmutzt: Korrosion und Verschmutzung deuten auf Leckagen oder nicht sachgemäße Wartung hin. Die betroffenen Anlagenteile sollten auf jeden Fall detailliert geprüft und ggf. gewartet oder ersetzt werden.
 - Ungünstiger Aufstellungsort: durch ungünstige Aufstellungsorte des Verflüssigers steigt in der Regel die Kondensationstemperatur und somit wird die Effizienz der Anlage gemindert. Ungünstige Orte können z.B. nahe an einer Abwärmequelle oder im direkten Sonnenlicht sein.
- **Positive Feststellungen:** Die positiven Feststellungen führen Technologien auf welche im Jahresbetrieb zu erheblichen Effizienzsteigerungen führen:
 - Elektronisch geregeltes Expansionsventil: mit einem elektronisch geregelten Expansionsventil kann der Kältemittelmassenstrom geregelt werden, sodass die Überhitzung über den gesamten Bereich der Leistungsregelung des Verdichters konstant gehalten werden kann, wodurch die Effizienz der Anlage im Realbetrieb gesteigert werden kann.
 - Geregelter Verdichter (z.B. Inverter): um häufiges Takten der Kälteanlage zu vermeiden wird die Leistung anhand eines geregelten Verdichters den Rahmenbedingungen angepasst. So kann die Effizienz der Anlage im Realbetrieb gesteigert werden. Die am häufigsten angewandte Methode ist die Leistungsregelung des Verdichters mit Invertertechnologie.
 - Ventilator des Rückkühlers ist geregelt: ein geregelter Ventilator senkt den Strombedarf für den Betrieb dieses Bauteiles und steigert somit die Effizienz der Anlage.
 - **Leckageerkennungssystem mit Warnanlage:** „Ist ein Leckageerkennungssystem vorhanden, wird die Dichtheit der Anlage dauerhaft geprüft. Dies erhöht die Sicherheit und Ökologie der Anlage enorm.“⁶

⁶ Quelle: Forschungsvorhaben „KaP - Kälteanlagen in der Praxis“

2.5 Kälteeinbringung und Verteilung

Für die einzelnen Geräte der Kälteeinbringung werden die folgenden Informationen abgefragt:

- **Alter:** Auch das Alter der Einheiten zur Kälteeinbringung (z.B. Konvektoren, Kassetten) kann sich auf die Energieeffizienz der Gesamtanlage auswirken. Neuere Geräte weisen in der Regel bessere Wirkungsgrade beim Wärmeübergang oder bei den Ventilatoren auf. Weisen Sie den Nutzer, vor allem bei sehr alten Bauteilen, darauf hin, die Wirtschaftlichkeit einer Erneuerung der Kälteeinbringung überprüfen zu lassen. Weisen die Anlagen unterschiedliche Alter ist der Mittelwert über alle Bauteile zu bilden und anzugeben.
- **Negative Feststellungen:** Die negativen Feststellungen sollen auf mögliche Probleme der Anlage hinsichtlich der Energieeffizienz und der Dimensionierung hinweisen:
 - Verschmutzte Wärmeübertrager: durch Verschmutzung der Verdampfer können die Verdampfungstemperatur oder die Druckverluste ansteigen, wodurch das Bauteil und die Gesamtanlage weniger effizient arbeiten. Das Bauteil sollte auf jeden Fall geprüft und gesäubert werden.
 - Ventilatoren/Gebälse laufen unruhig: unruhig laufende Ventilatoren weisen auf Lagerschäden oder Beschädigungen am Bauteil hin, wodurch die Effizienz der Verdampfung und somit der Anlage verringert wird. Das Bauteil sollte auf jeden Fall geprüft und ggf. gewartet oder ersetzt werden.
 - Es liegen Beschwerden bzgl. des Raumkomforts vor: solche Beschwerden deuten in der Regel auf ein verschmutztes (z.B. Schimmelbildung bei der Kondensatabscheidung) oder schlecht eingestelltes Bauteil hin. Die betroffenen Bauteile sollten auf jeden Fall geprüft und ggf. gewartet, gereinigt oder eingestellt werden.
 - Ungünstiger Aufstellungsort: ein ungünstiger Aufstellort (z.B. verdecktes Gebläse oder Luftaustritt direkt in Richtung von Nutzern) kann zum einen die Effizienz oder den Raumkomfort beeinflussen. Prüfen Sie ob es einen geeigneteren Aufstellort für die betroffenen Geräte gibt.

- **Dämmung der Verteilerleitungen:** Eine schlechte Dämmung der Verteilerleitungen führt zu einer Teilverdampfung des Kältemittels in den Leitungen und somit zu einer Verschlechterung der Energieeffizienz. Die Dämmung sollte mindestens dem aktuellen Stand der Technik entsprechen.

2.6 Angaben zum Gebäude

Die installierte Gebäudetechnik, Architektur und der Nutzer haben einen wesentlichen Einfluss auf den Energiebedarf zur Klimatisierung. Ziel dieser Abfrage ist die Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen zur Senkung des Kühlbedarfes. Da jedoch nicht immer eine Begehung des Gebäudes möglich ist, sind die Angaben als optional für die finale Bewertung anzusehen. Dennoch ist es wichtig den Nutzer bzw. den Eigentümer der Anlage auf betehende Verbesserungspotentiale hinsichtlich der Energieeffizienz hinzuweisen.

- **Sonnenschutz:** Ein wesentlicher Bestandteil der Kühllast von Gebäuden ist der Wärmeeintrag durch solare Strahlung über die transparenten Bauteile. Dieser kann durch einen Sonnenschutz wesentlich verringert werden. Als beste Optionen sind hier der außenliegende Sonnenschutz (z.B. außenliegende Lamellen, Sonnensegel, Rollläden) und Fenster mit Sonnenschutzverglasung oder -folien anzusehen. Innenliegende Systeme (z.B. Jalousien, innenliegende Lamellenvorhänge) sind als mittel einzustufen, da hierdurch vor allem die direkte Strahlung auf die Gebäudenutzer vermieden wird, ein Großteil der Wärme jedoch ins Gebäude gelangt. Liegt kein Sonnenschutz vor führt dies bei Gebäuden mit einem großen Fensteranteil zu einem erhöhten, solaren Wärmeeintrag und somit zu einem erhöhten Kältebedarf und einer Steigerung des Energiebedarfs für die Klimatisierung.
- **Beleuchtung:** Neben den äußeren Wärmeeinträgen tragen die inneren Wärmequellen zum Kühlbedarf bei. Hierbei stellt die Beleuchtung in der Regel ein einfach umzusetzendes Energieeinsparpotential dar. Energieeffiziente LED Beleuchtungen weisen hohe Wirkungsgrade auf, so dass bei gleicher Lichtintensität weniger Wärme abgegeben wird. Leuchtstoff- und Kompaktleuchtstofflampen (z.B. Neonröhren) erreichen etwas geringere Wirkungsgrade als moderne LED Beleuchtungen und führen somit zu einem erhöhten Kältebedarf und einer Steigerung des Energiebedarfs für die Klimatisierung.

- **Innovative Technik:** Neben der Senkung des Wärmeeintrages oder der inneren Wärmequellen, ermöglichen einige technische Umsetzung die Reduktion des fossilen Energiebedarfes zur Kühlung. Die drei hier berücksichtigten Technologien sind als positiv bei der finalen Bewertung zu berücksichtigen:
 - Nachtkühlung über automatisch gesteuerte Fensterlüftung: durch diese Technologie können Räume oder Hallen durch zuführen von kalter Frischluft abgekühlt werden. Hierdurch werden vor allem die thermischen Kapazitäten abgekühlt so dass tagsüber der Kühlbedarf reduziert werden kann.
 - Adiabate Kühlung über Lüftungsanlage: durch Einspritzen von Wasser in die Luft verdunstet dieses und entzieht der Luft somit Wärme. Die adiabate Kühlung kann direkt oder indirekt erfolgen.
 - Photovoltaikanlage: der von einer Photovoltaikanlage produzierte Strom trägt indirekt zur Reduktion der CO₂-Emissionen bei indem der Anteil an regenerativ bereitgestelltem Strom erhöht wird.

2.7 Empfohlene Maßnahmen

Die Abfragen zur Klimaanlage und dem Gebäude sollen das durchführende Personal bei der Einschätzung und Bewertung leiten. Negative Feststellungen sollen bei der Durchführung zu Empfehlungen zur Steigerung der Energieeffizienz für den Eigentümer/Betreiber der Klimaanlage führen. Für alle drei Anlagentypen wurde eine Liste von gängigen Massnahmen erarbeitet. Diese sind in der Regel an die Abfragen gebunden und müssen bei einer negativen Feststellung nur angekreuzt werden. Da für Klimaanlagen jedoch eine Vereinheitlichung schwer zu erstellen ist, können in den Formularen ebenfalls individuelle Empfehlungen und Verbesserungsmaßnahmen des durchführenden Personals eingetragen werden. Des weiteren dient dieses Textfeld zur detaillierten Erläuterung der einzelnen Massnahmen. Hier kann das durchführende Personal dem Eigentümer/Betreiber der Anlage z.B. die verallgemeinerten Massnahmen für die gegebene Anlage spezifizieren oder die positiven Auswirkungen einer Umsetzung erläutern.

2.8 Gesamtbewertung

Anhand der Abfragen zur Klimaanlage und dem Gebäude wird das durchführende Personal bei der Bewertung der Effizienz und der Dimensionierung der Anlage und derer Komponenten geleitet. Bei der hier beschriebenen

Energieeffizienzbewertung für direkte Kälteanlagen

Methodik wurde auf ein Punktesystem zur Bewertung der Anlage verzichtet, da eine Verallgemeinerung der Bewertungskriterien sich schwierig gestaltet. Das durchführende Personal soll anhand der Abfragen und auf Grund seines Fachwissens die Anlage individuell bewerten (gut, mittel oder schlecht).

Für komplexe Anlagen wird empfohlen das KaP-Tool für die regelmäßigen Inspektionen zu nutzen, da dieses gegenüber den Formularen einen höheren Detaillierungsgrad aufweist.

3 Literatur

- [EPR10] Europäisches Parlament und Rat
Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.
Europäische Union
Straßburg, 2010/31/EU, 2010
- [EPR14] Europäisches Parlament und Rat
Richtlinie 2014/517/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 über fluoridierte Treibhausgase und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 Text von Bedeutung für den EWR.
Europäische Union
Straßburg, 2014/517/EU, 2014
- [SCL10] GOUVERNEMENT LUXEMBOURGEOIS
Règlement grand-ducal du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels et modifiant 1. le règlement grand-ducal modifié du 30 novembre 2007 concernant la performance énergétique des bâtiments d'habitation.
Service Central de Législation
Luxembourg, A-N°173, 2010
- [SCL11] GOUVERNEMENT LUXEMBOURGEOIS
Règlement grand-ducal du 2 septembre 2011 relatif a) aux contrôles d'équipements de réfrigération, de climatisation et de pompes à chaleur fonctionnant aux fluides réfrigérants du type HFC, HCFC ou CFC b) à l'inspection des systèmes de climatisation.
Service Central de Législation
Luxembourg, A-N°197, 2011
- [SCL12] GOUVERNEMENT LUXEMBOURGEOIS
Règlement grand-ducal du 26 décembre 2012 modifiant le règlement grand-ducal du 2 septembre 2011.
Service Central de Législation
Luxembourg, A-N°282, 2012
- [SCL16] GOUVERNEMENT LUXEMBOURGEOIS
Règlement grand-ducal du 22 juin 2016 relatif ... b) à l'inspection des systèmes de climatisation.
Service Central de Législation
Luxembourg, A-N°114, 2016