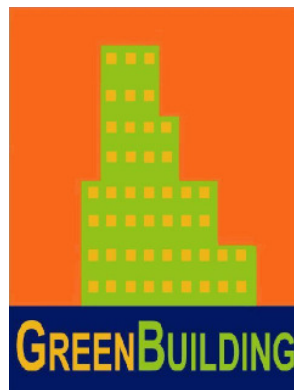


Technisches Modul zum Thema

# Klimatisierung



## Inhalt

1. Einführung .....	1
2. Bestandsaufnahme der Klimaanlage .....	1
3. Bewertung der Leistung .....	4
4. Technische Maßnahmen zur Energieeinsparung .....	6
5. Maßnahmenplan.....	8
6. Berichterstattung .....	12
Anhang 1: Durchschnittliche thermische Lasten des Gebäudes zur Dimensionierung neuer Anlagen .....	13
Anhang 2: Energieaudit des Gebäudes .....	14
Anhang 3: Technische Maßnahmen zur Erhöhung des Wirkungsgrades zentraler Klimaanlage.....	15
Anhang 4: Bewertung der durchgeführten Maßnahmen .....	19

Autoren:

Adnot, Jerome; Dupont, Maxime  
Ecole des Mines de Paris

Deutsche Überarbeitung:  
Dr. Peter Radgen, Fraunhofer-ISI

GreenBuilding im Internet: [www.green-building.de](http://www.green-building.de)

Das Vorhaben GreenBuilding wird gefördert durch:

Gefördert durch das



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

Intelligent Energy  Europe

Die alleinige Verantwortung für die Inhalte dieses Dokuments liegt beim Herausgeber. Die Inhalte geben nicht die Position der Europäischen Gemeinschaft wieder. Die Europäische Kommission trägt keine Verantwortung für jegliche Nutzung der in diesem Dokument dargestellten Inhalte.

Kontaktstellen für GreenBuilding in Deutschland:



In Zusammenarbeit mit



## 1. Einführung

Das GreenBuilding-Programm ist ein freiwilliges Programm der Europäischen Kommission, welches Eigentümern und Nutzern von Nicht-Wohngebäuden, die entweder einer privaten oder öffentlichen Organisation angehören, bei der Verbesserung der Energieeffizienz ihrer Gebäude und dem Einsatz von erneuerbaren Energiequellen helfen soll. Teilnehmen können alle Unternehmen, Betriebe oder Organisationen (nachfolgend „Organisationen“ genannt), die zur Verwirklichung der GreenBuilding-Ziele beitragen wollen.

Mit der Teilnahme am GreenBuilding-Programm können Unternehmen ihr Engagement für eine deutliche Verringerung des Energieverbrauchs in ihren Nicht-Wohngebäuden unter Beweis stellen.

Das vorliegende Dokument dient der Ergänzung des GreenBuilding-„Partnerleitfadens“. Es beschreibt die Punkte, die der Maßnahmenplan eines zukünftigen GreenBuilding-Partners, der sich im Bereich Klimatisierung engagieren möchte, beinhalten sollte. Insbesondere werden darin die folgenden, für den Partner relevanten Schritte erklärt:

- **Bestandsaufnahme** der Bauteile und Funktionen der Klimaanlage
- **Beurteilung** der Anwendbarkeit möglicher Energiesparmaßnahmen
- **Maßnahmenplan** zur Festlegung der vom Partner vorgesehenen Schritte zur Senkung der Betriebskosten mittels verbesserter Energieeffizienz
- **Jahresbericht** über die Umsetzungsfortschritte des Maßnahmenplans

Bitte beachten Sie, dass Unterlagen zur Bestandsaufnahme und Beurteilung vertraulich und nur zum firmeninternen Gebrauch bestimmt sind, wohingegen der Maßnahmenplan sowie der Fortschrittsbericht im Rahmen des GreenBuilding-Programms veröffentlicht werden.

## 2. Bestandsaufnahme der Klimaanlage

Das Bestandsaufnahmeformular dient dem Auditor zur systematischen Beschreibung der Klimaanlage und deren Ausstattung. Eine Dokumentvorlage für Audits finden Sie im Anhang.

### 2.1. Grundlagen

#### *Funktionsweise einer Klimaanlage*

Eine Klimaanlage funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie ein Kühlschrank und verfügt über dieselben Grundbauteile. Beide kühlen Räume mit einer oder mehreren Kühlschlangen, die auch als Verdampfer bezeichnet werden. Der Kondensator, ein Wärmetauscher, gibt die Wärme nach außen ab. Ein Kompressor führt das Kältemittel vom Verdampfer zum Kondensator und zurück. Das flüssige Kältemittel verdampft im Verdampferrohr des Innengerätes, wobei es der Raumluft Wärme entzieht und den Raum dadurch kühlt. Das erwärmte Kältemittelgas wird in den Kondensator im Außengerät gesaugt, wo es verflüssigt wird und seine Wärme an die

Umgebung abgibt. Kommerzielle und industrielle Anlagen sind weitaus komplexer, folgen aber dem gleichen Prinzip.

In den meisten Fällen funktionieren diese Anlagen, ebenso wie Kühlschränke, nach dem Prinzip des „Kompressionskälteprozesses“. Alternativ kommt der „Absorptionskälteprozess“ zur Anwendung, bei dem ein Kältemittel/Lösungsmittel-Gemisch (Wasser/Ammoniak oder Lithiumbromid/ Wasser) verwendet und thermische Energie benötigt wird. Anlagen, die nach dem Prinzip des Absorptionskälteprozesses funktionieren sind zwar teurer und weniger effizient, können aber mit einem kostengünstigeren Energieträger (z. B. Wärme von einer KWK-Anlage) betrieben werden.

Reversible Anlagen können entweder gleichzeitig Wärme und Kälte abwechselnd Wärme oder Kälte erzeugen. Vom rein technischen Standpunkt aus betrachtet ist der Kompressionskälteprozess stets umkehrbar, d. h. als Wärmepumpe nutzbar. In der Praxis aber trifft das meist nicht zu, zum Beispiel wenn die Anlage über einen Kühlturm verfügt. Obwohl der Absorptionskälteprozess aus technischer Sicht ebenfalls umkehrbar ist, wird dies meist nicht genutzt, da es effizienter ist, zum Heizen von Gebäuden direkt auf andere Energieträger zurückzugreifen.

### *Die Kühlung der Luft*

Es gibt drei Arten von Kälteerzeugungsanlagen auf dem Markt: „Kompakteinheiten“ („Alles in Einem“), „Split-Anlagen“ (bestehend aus einem Außengerät mit Kondensator und Kompressor, welches mit einem oder mehreren aus Verdampfern und Ventilatoren bestehenden Innengeräten verbunden ist) und „Kälteanlagen“ (Anlagen zum Erzeugen von Kaltwasser). Der Hauptunterschied zwischen den drei Anlagenarten ist das Transportmedium, mit welchem die „Kälte“ in klimatisierte Räume transportiert wird. Dies kann z. B. bei Kälteanlagen Wasser, bei Split-Anlagen ein Kältemittel oder bei Kompakteinheiten Luft sein.

Welcher Kälteträger auch immer benutzt wird, am Ende muss zur Senkung der Raumtemperatur die Luft gekühlt werden. Mit einem zentralen Klimagerät (AHU) kann die Kühlung der Luft entweder lokal (in einem Bereich) oder zentral (vor der Weiterleitung in die einzelnen Bereiche) erfolgen. Im ersten Fall wird ein gesondertes Umluftsystem benötigt, wohingegen es im zweiten Fall möglich ist, die Lüfterneuerung durch die Zuführung von Frischluft zu steuern.

### *Wärmeabfuhr*

Der Kondensator kann entweder mithilfe von Luft oder Wasser gekühlt werden. Luftgekühlte Kondensatoren können entweder in die Anlage integriert sein oder an anderer Stelle installiert werden, um so die Flexibilität zu erhöhen. Ein luftgekühlter Kondensator ist ein Luft/Kältemittel-Wärmetauscher mit einem oder mehreren Ventilatoren. Ein wassergekühlter Kondensator ist ein Wasser/Kältemittel-Wärmetauscher, dessen Wasser in einem Kühlturm zurückgekühlt wird. In seltenen Fällen wird auch Frischwasser zur Kühlung eingesetzt.

## 2.2. Beschreibung der Systeme

Viele Gebäudebesitzer oder Anlagenbetreiber verfügen über eine gut dokumentierte Beschreibung ihrer Anlagen. In diesem Fall ist die Bestandsaufnahme einfach und lässt sich anhand folgender Tabelle zusammenfassen.

Kälteerzeugungssysteme	Beschreibung
Kompakteinheit	„Kompakt-Anlage, die direkt im zu kühlenden Raum installiert wird. Rohrleitungen ermöglichen die Frischluftzufuhr und damit die Kühlung des Kondensators. Dieser kann auch im Außenbereich angebracht oder mit Wasser gekühlt werden. Das Gerät gewährleistet die Lüftererneuerung durch Einblasen von Frischluft. Die Luftzufuhr kann über Rohrleitungen erfolgen.
Fensterklimaanlage	Kleine „Kompakt-Anlage, die „in“ eine Wand oder ein Fenster montiert wird. Der Kondensator befindet sich auf der Außenseite, der Verdampfer auf der Innenseite.
Dachklimaanlage	Eine Art Kompaktanlage, die auf dem Dach montiert wird. Die Luftzufuhr erfolgt über Rohrleitungen. In den meisten Fällen wird der Kondensator luftgekühlt. Das Gerät sorgt durch Einblasen von Frischluft für Lüftererneuerung.
Split-Anlage	Die Anlage ist unterteilt in ein Außengerät (Kompressor und Kondensator) und ein oder mehrere Innengeräte (Verdampfer und Ventilator). Jedes Innengerät ist durch zwei Leitungen mit dem Kondensator verbunden und kann einzeln gesteuert werden. Manchmal ist es zur Steuerung der Lüftererneuerung an ein Klimagerät angeschlossen.
VRF-Anlage (Anlage mit variablem Kältemittelstrom)	Eine Split-Anlage, die längere Netzleitungen und den Anschluss mehrerer Innengeräte sowie eine Wärmerückführung durch Verflüssigen des Kältemittels mit anschließender lokaler Verteilung ermöglicht. Jedes Innengerät wird über einen eigenen Kreislauf mit Kältemittel versorgt.
Kälteanlage	Dabei handelt es sich um eine Anlage zum Kühlen von Wasser. Üblicherweise wird das Wasser mit einer Temperatur von 6°C in einen Kreislauf eingespeist und fließt mit einer Temperatur von 12°C zurück. Es kann entweder lokal von Ventilator-Luftkühlern verwendet werden oder zentral von Klimageräten, die die Lüftererneuerung gewährleisten. Dieses System ist für den Absorptionskälteprozess geeignet.
Wasserkreislauf-Wärmepumpensystem (WLHPS)	In jedem Raum werden reversible Wärmepumpen mit geringer Kapazität installiert, die auf der Grundlage eines Wasserkreislaufs arbeiten. Dieser Prozess ermöglicht eine Wärmerückgewinnung. Die Temperatur des Kreislaufs wird im Winter über eine Wärmequelle (Kessel, Wärmetauscher) und im Sommer über Wärmesenke (Kühlturm, Kälteerzeugungssystem) geregelt.

### 3. Bewertung der Leistung

#### a) Parameterermittlung

##### *Elektrische Leistung oder Stromverbrauch der Klimaanlage*

Die elektrische Leistung (oder Stromverbrauch) der Klimaanlage lässt sich für Vergleiche und die Ermittlung der jährlichen Steigerung heranziehen. Diese Messung kann für jedes Kälteerzeugungssystem, aber auch für Nebenaggregate (Pumpen, Ventilatoren usw.) durchgeführt werden. Nebenaggregate machen einen großen Anteil am Energieverbrauch einer Klimaanlage aus. Der Aufwand für diese Messung hängt von der elektrischen Ausstattung des Gebäudes ab, ist aber häufig gering.

Das GreenBuilding-Programm hat zum Ziel, den Stromverbrauch von Klimaanlagen in den Gebäuden durch eine Erhöhung der Energieeffizienz der Anlagen und Verbesserungen auf den Gebieten der Regelung und Betriebsführung zu verringern.

##### *Kühlleistung einer Klimaanlage*

So wie die elektrische Leistung ist auch die Kühlleistung der Klimaanlage für einen Leistungsvergleich von Nutzen. Diese Messung ist allerdings bei einigen Systemen (direkte Verteilung) weitaus schwieriger als die rein elektrische Messung, ermöglicht es jedoch, Erkenntnisse über den Kühlbedarf des Gebäudes und die Auslastung der Klimaanlage zu gewinnen.

Das GreenBuilding-Programm hat zum Ziel, den Kühlbedarf von Gebäuden durch Verbesserungen im Bereich der Gebäudehülle, der Beleuchtung sowie der IT-Ausstattung zu verringern. Daher liefert diese Messung Hinweis für die Bewertung anderer Module des GreenBuilding-Programms.

#### b) Anlagen-Kennzahlen

Kennzahlen stellen keine definitiven Kennwerte dar und müssen deshalb mit Bedacht analysiert werden. So sind Rückschlüsse aus dem Vergleich von zwei unterschiedlichen Gebäuden ohne Kenntnis ihrer genauen technischen Merkmale wenig sinnvoll und können völlig falsch sein. Für einen Vergleich zweier Gebäude mit gleicher Nutzung oder deren Jahresendergebnissen von Seiten des Gebäudebesitzers können sie jedoch sehr hilfreich sein.

##### *Die Leistungsziffer*

Die Leistungsziffer ( $\epsilon$ ) gibt die Menge an Strom an, die eine Klimaanlage benötigt, um unter „normalen“ Bedingungen den gewünschten Kühlungsgrad zu erreichen. Er entspricht dem Verhältnis der Ergebnisse der beiden Messungen von Strom und Kälteleistung, eines Betriebspunktes. Je höher die Leistungsziffer ( $\epsilon$ ) ist, desto weniger Energie verbraucht das Gerät. Berücksichtigt man saisonal (SEER), wenn die gesamte Kühlperiode, so spricht man von der mittleren Leistungsziffer ( $\bar{\epsilon}$ ) berücksichtigt wird. Für gewöhnlich ist nur die Leistungsziffer der Anlage bekannt, obwohl die durchschnittliche jahreszeitabhängige Leistungsziffer ( $\bar{\epsilon}$ ) von Interesse

wäre. Die neuesten Informationen zu diesem Thema finden Sie auf der Internetseite von EUROVENT ([www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)).

$$\varepsilon = \frac{P_{\text{Kühlung}}}{P_{\text{elektrisch}}}$$

$$\bar{\varepsilon} = \frac{E_{\text{Kühlung}}}{E_{\text{elektrisch}}}$$

$P_{\text{Kühlung}}$ : vom Gerät erbrachte Kühlleistung (W)

$P_{\text{elektrisch}}$ : vom Gerät aufgenommene elektrische Leistung (W)

$E_{\text{Kühlung}}$ : vom Gerät während eines bestimmten Zeitraums erzeugte Kälteenergie (J oder kWh)

$E_{\text{elektrisch}}$ : vom Gerät während eines bestimmten Zeitraums verbrauchter Strom (J oder kWh)

Diese Leistungsdaten müssen vom Hersteller für alle Produkte angegeben werden und basieren auf bestimmten Voraussetzungen<sup>1</sup> (Vollastbetrieb). Die Leistungsziffer ( $\varepsilon$ ) hängt jedoch von der Belastung des Systems ab, so dass dieselbe Anlage je nach Kühlbedarf des Gebäudes (Isolierung, Belegung, Raumklima) unterschiedliche Effizienz aufweisen kann. Sie kann entweder kontinuierlich (Leistung) oder am Ende einer Kühlperiode (Energie) gemessen werden.

Gleiches gilt für die Erstellung des „ $\bar{\varepsilon}$ “-Wertes der gesamten Anlage (Zusatzgeräte eingeschlossen). Das eigentliche Ziel des GreenBuilding-Programms besteht darin, den „ $\bar{\varepsilon}$ “-Wert einer Klimaanlage durch die Erhöhung der Kälteleistung, der Verringerung des Stromverbrauchs sowie der Anzahl der Zusatzgeräte zu erhöhen. Eine Verringerung des Stromverbrauchs und der Anzahl der Zusatzgeräte kann durch effizientere Technologien und bessere Regelungsmöglichkeiten erzielt werden kann.

#### *Stromverbrauch pro Quadratmeter*

Direkte Messergebnisse verschiedener Jahre oder Gebäude müssen für einen Vergleich zuvor in Indikatoren zusammengefasst werden. In einem Bürogebäude zum Beispiel ist die Belegung von Jahr zu Jahr gleich bleibend und der Kühlbedarf nicht unbedingt abhängig von der darin ausgeübten Tätigkeit. Daher könnte man z.B. unter Berücksichtigung der Kühlgradtage (CDD) den Stromverbrauch ins Verhältnis zur Quadratmeteranzahl setzen. Dieser Indikator wird häufig angewandt, so dass man zahlreiche Vergleichswerte dazu finden kann.

---

<sup>1</sup> Internationale Organisation für Normung, „ISO 5151 – Raumklimageräte und Wärmepumpen ohne Kanalanschluss – Leistungsprüfung und Klassifizierung“, 1994

## Weitere Energieangaben

Für einen Vergleich des jährlichen Stromverbrauchs von Klimaanlage (ohne Lüftung) oder einen Vergleich von Klimaanlage in verschiedenen Gebäuden mit derselben Funktion können viele verschiedene Energieindikatoren herangezogen werden. Im Sinne der Genauigkeit sollten bei den Energieverbräuchen die Kühlgradtage berücksichtigt werden.

Gebäudenutzung	Maßgebliche Energieindikatoren
Allgemein	kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Hotel	kWh/Zimmeranzahl/Jahr
Schule	kWh/Schüleranzahl/Jahr
Museum, Konzerthalle oder sonstige kostenpflichtige Veranstaltungsorte	kWh/Sitzanzahl/Jahr
Krankenhaus	kWh/Bettenanzahl/Jahr

Quelle: „Energy audit of building systems: An engineering approach“<sup>2</sup>

## 4. Technische Maßnahmen zur Energieeinsparung

Der Modulanwender erhält Hilfestellung zu wichtigen Punkten (Kapazität, Aufstellung, Wartung...), sowie Hinweise auf Alternativen oder verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten zum Zwecke der Energieeinsparung.

### a) Gebäudeplanung

Ebenso wie das Heizen ist auch die Gebäudehülle von großer Bedeutung und hat beträchtliche Auswirkungen auf den Energieverbrauch einer Klimaanlage. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Verminderung der Sonneneinstrahlung (durch Reduzierung der verglasten Flächen oder Verbesserung der Effizienz der Verglasung oder Abschattung), der Erhöhung der Wärmedämmung (Steigerung der thermischen Trägheit) und der Verminderung des Lufteintritts (Verringerung der thermischen Belastung).

### b) Interne Lasten

Der Kühlbedarf ist abhängig vom herrschenden Klima (Sonne, Temperatur, Feuchtigkeit), der Belegungsrate, der Gebäudehülle, der Luftwechselrate, der künstlichen Beleuchtung und den Elektrogeräten. Es ist schwierig, die internen Lasten zu verändern, da die meisten Maßnahmen zu einer Verringerung des Kühlaufwands im Sommer gegenläufige Auswirkungen auf den Heizaufwand im Winter haben (siehe technisches Modul Heizanlage). So ist es wichtig, die Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen und IT-Geräten zu erhöhen, um die Lasten zu senken, die sich jedoch im Winter als sehr nützlich erweisen können!

<sup>2</sup> Krarti, M., „Energy audit of building systems: An engineering Approach“ („Energieaudit der Gebäudeanlagen: Technische Herangehensweisen“), CRC Press, 2000

## **Dimensionierung der Klimaanlage**

Die Leistungsziffer ( $\epsilon$ ) einer Klimaanlage, die nur im Teillastbetrieb betrieben wird, ist zwangsläufig geringer als bei Nennlastbetrieb (Volllastbetrieb). Aus diesem Grunde ist eine überdimensionierte Auslegung einer Klimaanlage nicht zu empfehlen. Zu den Hauptgründen für eine zu große Dimensionierung einer Klimaanlage zählen das Bedürfnis nach Komfort selbst bei Spitzenbelastung (annehmbare Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit nach kurzer Zeit), sowie eine mögliche Erweiterung der Aktivitäten in der Zukunft, was zu einem gesteigerten Kühlbedarf führt.

### **c) Wahl der Klimaanlage**

Hersteller geben die Leistungsziffer ( $\epsilon$ ) ihrer Klimaanlage an. Bei der Auswahl sollte man der Klimaanlage mit dem höchsten energetischen Wirkungsgrad den Vorzug geben. Wie bereits erwähnt, unterscheidet sich jedoch der Wirkungsgrad bei Teillast häufig sehr von dem bei Nennlast (Volllast), welcher üblicherweise angegeben wird. Sollten Wirkungsgrade bei Teillastbetrieb angegeben sein, ist die Anlage zu wählen, die am wenigsten Energie verbraucht.

### **d) Dimensionierung von Leitungsnetzen und Auswahl von Zusatzgeräten**

Bei einigen Anlagen können die Nebenaggregate (Ventilatoren, Pumpen) einen bedeutenden Anteil (mehr als 50%)<sup>3</sup> der Stromkosten ausmachen. Es ist daher wichtig, die Luft-, Wasser- oder Kältemittelleitungen richtig zu dimensionieren, um Druckabfälle und folglich auch den Stromverbrauch der Zusatzgeräte zu reduzieren. Zusatzgeräte müssen in Übereinstimmung mit dem Leitungsnetz und den Anforderungen der Anlage ausgewählt werden. Es wird empfohlen, die Ausrüstung mit dem höchsten Wirkungsgrad bei Nennlastbetrieb zu wählen.

### **e) Betriebs- und Instandhaltung**

Einmalige technische Verbesserungen führen nicht zu einer langfristig hohen Betriebsleistung. Eine kontinuierliche Wartung ist unabdingbar, denn nur so können Leistung, Nutzbarkeit, Zuverlässigkeit und somit auch die Betriebskosten der Anlage verbessert oder zumindest auf einem konstanten Niveau gehalten werden.

### **f) Kontinuierliche Leistungsüberwachung**

Die Leistungsüberwachung, die sich auf qualifizierte Messungen stützt, ist für eine Anlage unumgänglich, da sie es ermöglicht, technische Fehler und Energieverbrauchsabweichungen wesentlich schneller zu erkennen. Ohne Messungen werden die Probleme viel zu spät bemerkt; meist erst dann, wenn ein Störfall vorliegt. Diese Überwachung kann von einem umfassenden Steuerungssystem, einem so genannten „Gebäude-Energiemanagement-System“ (BEMS) geleistet werden, das beispielsweise die Steuerung der Beleuchtung, des Heizbetriebs, der Klimaanlagen und der Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) ermöglicht.

---

<sup>3</sup> Adnot, J. et al., „Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners“ (EECCAC, Energieeffizienz und Zertifizierung von zentralen Klimaanlagen) für die EU-Generaldirektion Transport und Energie, Mai 2003

## 5. Maßnahmenplan

Dieser Abschnitt soll Hilfestellung bei der Erstellung eines Maßnahmenplans, der sorgfältigen Prüfung der vorgeschlagenen Maßnahmen, der Erstellung eines zeitlichen Rahmens für die Umsetzung des Maßnahmenplans sowie der Einschätzung der erwarteten Einsparungen leisten. Eine Dokumentvorlage für einen Maßnahmenplan ist im Anhang enthalten.

Der Maßnahmenplan soll als Anlass dienen, sich mit der technischen und wirtschaftlichen Rentabilität einer neuen Klimaanlage zu befassen oder die Leistung einer bereits vorhandenen zu verbessern. Er beinhaltet die vier folgenden Schritte.

### 1. Energieaudit

Ein Energieaudit umfasst die systematische Erfassung und Auswertung von Angaben zum Energieverbrauch und kann dazu dienen, Möglichkeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz einer Klimaanlage aufzuzeigen. Das Energieaudit kann aus folgenden Teilen bestehen:

#### *Anforderungen an das Gebäude und Einschränkungen des Eigentümers*

Erfassung von Informationen über die Anforderungen an das Gebäude und die Einschränkungen, denen sein Eigentümer unterworfen ist. Diese Informationen können sich aus Belegungsdaten, Gebäudekenndaten, internen Lasten, Betriebseinschränkungen, Klimaangaben, Nutzungsweisen usw. zusammensetzen.

#### *Technische Informationen und Betriebsbedingungen der Anlage*

Erfassung von technischen Informationen und Betriebsbedingungen einer bereits vorhandenen Klimaanlage. Als Informationsquellen können technische Dokumente, Begehungsberichte, Angaben auf Typenschildern, Gebäude-Energiemanagement-Systeme (BEMS), Betriebs- und Instandhaltungsunterlagen usw. dienen.

#### *Kühllastprofil*

Erstellung des Kühllastprofils des Gebäudes und möglichst genaue Anpassung an das herrschende Klima, um die Größe der Anlage zu optimieren. Das Lastprofil kann mit Hilfe vorhandener Kenndaten, entsprechender Zähler, den Kühlgradtagen (CDD), usw. bestimmt werden. Bei der Einschätzung der internen Lasten zwecks Dimensionierung der Klimaanlage oder der Erwägung anderer möglicher technischer Lösungen kann die Tabelle in Anhang 1 zu Rate gezogen werden.

### 2. Auswahl der umzusetzenden Maßnahmen

Eine in Anhang 2 aufgeführte Tabelle bietet Unterstützung bei der Zusammenstellung der Ergebnisse des Energieaudits des Gebäudes sowie bei der Erwägung möglicher technischer Änderungen an der vorhandenen Klimaanlage.

### *Verringerung der internen Lasten*

Vor dem Vornehmen von Verbesserungen jedweder Art oder dem Austausch der bereits vorhandenen Anlage sowie zwecks Optimierung der Größe der Anlage ist es wichtig, verschiedene Möglichkeiten zur Verringerung der internen Lasten des Gebäudes in Betracht zu ziehen. Andere technische Module des GreenBuilding-Programms bieten zusätzliche Informationen zur Erreichung solcher Ziele (z. B. die technischen Arbeitshilfen, Beleuchtung und IT-Geräte).

### *Besondere Gegebenheiten und passive Technologien*

Vor der Investition in eine neue Klimaanlage sind im Gebäude spezifische Gegebenheiten zu prüfen. Ist z. B. eine KWK-Anlage vorhanden, deren Wärme im Sommer zur Erzeugung von Kälte über den Absorptionskälteprozess genutzt werden kann, wie es im technischen Modul Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage des GreenBuilding-Programms beschrieben wird. Möglicherweise kann das Gebäude auch an ein Fernkältenetz angeschlossen und damit die Anschaffung einer neuen Klimaanlage vermieden werden. Schließlich kann die Kühlung eines Gebäudes mit Hilfe passiver Technologien erfolgen, wie im entsprechenden technischen Modul beschrieben.

### *Auswahl der Anlage und Dimensionierung (nur für Neuanlagen)*

Die Auswahl und Dimensionierung sollte anhand folgender Kriterien erfolgen: Leistungsfähigkeit, Kapazität und Platzbedarf, Anschaffungskosten, Betriebskosten, Zuverlässigkeit, Flexibilität sowie Wartungsfreundlichkeit. Die Leistungsfähigkeit muss im Zusammenhang mit der erforderlichen Kapazität betrachtet werden, da eine ungünstige Kombination dieser beiden Faktoren zu einer beträchtlichen Erhöhung der Betriebskosten führen kann. Die Wahl einer Klimaanlage sollte immer auf der Grundlage der Gesamtkosten (Investitions- und Betriebskosten) erfolgen und nicht allein auf der Grundlage der Investitionen, wie anhand der folgenden Tabelle dargestellt<sup>4</sup> wird:

---

<sup>4</sup> Optimierter hypothetischer SSEER-Wert für ein Gebäude mit einer Fläche von 2000 m<sup>2</sup>, über einen Zeitraum von 800 Stunden/a. Die Dimensionierungswerte liegen bei 120W/m<sup>2</sup> für zentrale Klimaanlage und 240W/m<sup>2</sup> für Raumklimaanlagen.

			Theoretische Leistungsziffer $\bar{\epsilon}$	Kosten		Annualisierte Lebenszykluskosten $\text{€}/\text{m}^2/\text{a}$
				Invest. $\text{€}/15 \text{ a}$	Energie $\text{€}/15 \text{ a}$	
Raumklima-anlage	Ohne Primärluft	Multi-Split Anlage	2,25	220.000	128.000	16,69
		Kompaktanlage	2,25	160.000	128.000	13,30
	Mit Primärluft	Multi-Split Anlage	2,25	248.000	128.000	20,75
		Kompaktanlage	2,25	188.000	128.000	16,77
Zentrale Klimaanlage	Ohne Primärluft	Multi-Split Anlage	2,25	186.000	128.000	14,77
		FCU - 2 Rohre	2,00	220.000	144.000	17,23
		FCU - 4 Rohre	2,00	228.000	144.000	17,68
		WLHPS	2,40	100.000	120.000	9,65
		VRF	2,80	260.000	102.857	22,01
	Mit Primärluft	Kompaktanlage	2,25	130.000	128.000	12,91
		Multi-Split Anlage	2,25	274.000	128.000	22,48
		CAV	1,30	336.000	221.538	34,76
		VAV	1,70	352.000	169.412	34,33
		FCU - 2 Rohre	2,00	318.000	144.000	27,53
		FCU - 4 Rohre	2,00	326.000	144.000	28,10
		WLHPS	2,40	200.000	120.000	17,30
		VRF	2,80	348.000	102.857	31,78

Quelle: „Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners“ (EECCAC)<sup>5</sup>

Klimaanlagen sind zunehmend flexibel einsetzbar und es empfiehlt sich, besser mehrere Geräte geringer Kapazität zu erwerben als lediglich eine Großanlage, die für den jährlichen Spitzenbedarf ausgelegt wurde, aber zumeist nur im Teillastbetrieb gefahren wird. Darüber hinaus kann durch Kältespeicherung der Bedarf bei Spitzenbelastung gedeckt werden, selbst wenn die Kapazität des Systems als unzureichend erscheint. Sind diese beiden Optionen nicht realisierbar, wird die Investition in eine Anlage mit variabler Kapazität empfohlen, wobei so oft wie möglich variable Geschwindigkeiten genutzt werden sollten.

#### *Optimierung einer bereits vorhandenen Klimaanlage*

Das Energieaudit wird Möglichkeiten zur Optimierung einer bereits vorhandenen Anlage aufzeigen. Der Austausch der gesamten Anlage ist eine Lösung. Im Falle von komplexen Anlagen können jedoch auch Teilverbesserungen vorgenommen werden, wie beispielsweise

- der Ersatz von Motoren durch effizientere Modelle (EFF1)
- die Verwendung von Pumpen, Kompressoren oder Ventilatoren mit variabler Drehzahl
- die Optimierung von Steuereinrichtungen und Betriebszeiten
- der Austausch aller veralteten Bauteile
- eine Wärmeisolierung des Leitungsnetzes
- usw.

<sup>5</sup> Adnot, J. et al., „Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners“ (EECCAC, Energieeffizienz und Zertifizierung von zentralen Klimaanlagen) für die EU-Generaldirektion Transport und Energie, Mai 2003.

Eine umfangreiche, informative Liste über Optimierungsmöglichkeiten einer bereits vorhandenen Klimaanlage findet sich in Anhang 3.

### 3. Verbesserung der Folgemaßnahmen

Artikel 9 der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz<sup>6</sup> schreibt in allen Gebäuden eine sicherheitstechnische Prüfung von Klimaanlage mit einer Kühlleistung von mehr als 12 kW vor. Es wird die Durchführung regelmäßiger Wartungskontrollen (in Anlehnung an die Bestimmungen der CEN-Norm<sup>7</sup>) empfohlen, um Prüfern sachdienliche Informationen liefern zu können und um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen. Aus diesem Grund müssen für Klimaanlage geplante Instandhaltungsmaßnahmen im Rahmen eines Projekts des GreenBuilding-Programms so früh wie möglich bedacht werden. Nach folgenden Punkten sollte vorgegangen werden:

- Messung der Betriebsleistung der Anlage sowie
- Betrieb und Instandhaltung der Anlage

#### *Kontinuierliche Leistungsmessung*

Nur wenige Angaben, z.B. der Stromverbrauch (gesamt oder einzeln) oder die Kälteerzeugung, müssen für eine Energieanalyse zu Rate gezogen werden. Bei der Verwendung von zusätzlichen Messgeräten werden die Messungen zwar genauer, aber auch komplexer. Auf dieser Grundlage können Indikatoren erstellt und regelmäßig überprüft werden. Regelmäßige Prüfungen erfordern jedoch eine hohe Anzahl an Messungen, die anhand verschiedener Messinstrumente oder mit Hilfe des Gebäude-Energiemanagement-Systems, welches die Verwaltung, Steuerung und Visualisierung von Prozessen und Betriebsabläufen in Echtzeit ermöglicht, erfolgen können.

#### *Betrieb und Instandhaltung*

Betrieb und Instandhaltung können vom Gebäudeeigentümer selbst durchgeführt oder auf einen sachverständigen Dritten übertragen werden. Es wird empfohlen, einen Betriebs- und Instandhaltungsvertrag abzuschließen, worin sich der Auftragnehmer zur Ausführung der im Vertrag festgelegten Aufgaben verpflichtet und eine klare Haftung übernimmt. In der Regel legt ein Betriebs- und Instandhaltungsvertrag lediglich die Häufigkeit der Kontrollen, die Art der zu erbringenden Leistung, die Arbeitsmittel und das zu verwendende Material fest.

Ein Ergebnisvertrag beinhaltet den Kostenvoranschlag des sachverständigen Dritten und dessen Garantie für die Sicherheit im Gebäude und die Wartung der Anlagen. Des Weiteren sind in ihm die Maßnahmen erhalten, die der sachverständige Dritte für das Erreichen der vereinbarten Ziele für notwendig erachtet.

---

<sup>6</sup> Europäisches Parlament, „Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft, L 1/65, Bd. 46, vom 4. Januar 2003.

<sup>7</sup> Europäisches Komitee für Normung (CEN), „Lüftung von Gebäuden - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen“, 2005.

Es ist eine lange Vertragslaufzeit nötig, da die Erfüllung der Garantie nicht nur umfangreiche Kenntnisse des Prozesses voraussetzt, sondern auch die Aneignung dieser Kenntnisse sowie die Inbetriebnahme und die Einstellung der Anlage einen hohen Zeitaufwand erfordern.

Ein solcher Vertrag erfordert folglich die Verwendung von entsprechenden Kriterien zur Festlegung von Zielvorgaben und möglichen Konventionalstrafen, die es aber nur dann geben kann, wenn die Anlage kontinuierlich messtechnisch überwacht wird.

## 6. Berichterstattung

Der Gebäudenutzer soll bei seiner regelmäßigen Berichterstattung an die Kommission über die durchgeführten Verbesserungen, den Grad der Fertigstellung sowie ggf. über die zukünftigen Pläne unterstützt werden. Dabei ist es wichtig, über die Auswirkungen der Verbesserungen auf den Stromverbrauch bzw. die Kenndaten sowie über die daraus resultierenden finanziellen Einsparungen ausreichend informiert zu sein.

Der Bericht sollte Folgendes beinhalten:

- Beschreibung des Gebäudes: Datumsangabe, Gebäudehülle, Klima, interne Lasten, Belegung, Nutzungsart
- Beschreibung der vorhandenen Klimaanlage: Datumsangabe, Hauptproblempunkte, bereits erfolgte Verbesserungen mit Datumsangabe
- Angaben über die energetischen und wirtschaftlichen Kenndaten der vorhandenen Anlage im bestehenden Gebäude (unter Verwendung der üblichen Kenndaten)
- Maßnahmen zur Verringerung der internen Lasten
- Beschreibung der an der Klimaanlage durchgeführte Optimierungsmaßnahmen
- Angaben über die energetischen und wirtschaftlichen Kenndaten der neuen Anlage im neuen Gebäude (unter Verwendung der üblichen Kenndaten).

Als Vorlage für diesen Bericht kann die Tabelle in Anhang 4 verwendet werden, in welcher die durch Verbesserungen erzielten Energieeinsparungen sowie die finanziellen Einsparungen dargestellt werden.

## Anhang 1: Durchschnittliche thermische Lasten des Gebäudes zur Dimensionierung neuer Anlagen

### Externe Lasten aufgrund

- der klimatischen Bedingungen vor Ort (kWh)
- des Lufteintritts (m<sup>3</sup> und kWh)

### Interne Lasten aufgrund

- der Belegung (Personenanzahl oder Prozentanteil und kWh)
- der Lüfterneuerung (m<sup>3</sup> und kWh, in Abhängigkeit der Belegung)
- der Beleuchtung (kWh)
- der Elektrogeräte (kWh)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0 - 2												
2 - 4												
4 - 6												
6 - 8												
8 - 10												
10 - 12												
12 - 14												
14 - 16												
16 - 18												
18 - 20												
20 - 22												
22 - 24												
<b>GESAMT (kWh)</b>												

## Anhang 2: Energieaudit des Gebäudes

<b>Energieaudit</b>
Zusammenfassung der Ergebnisse
<b>Beschreibung der geprüften Maßnahmen</b>
<b>Maßnahme 1</b>
Beschreibung
Grund für die Annahme oder Ablehnung
<b>Maßnahme 2</b>
Beschreibung
Grund für die Annahme oder Ablehnung
<b>Maßnahme 3</b>
Beschreibung
Grund für die Annahme oder Ablehnung
<b>Detaillierte Beschreibung der gewählten Maßnahmen</b>
<b>Arbeitsplan und zeitlicher Rahmen für die Umsetzung der gewählten Maßnahmen</b>

## Anhang 3: Technische Maßnahmen zur Erhöhung des Wirkungsgrades zentraler Klimaanlage

Es gibt ein breites Spektrum an technischen Maßnahmen, die den Energiebedarf von zentralen Klimaanlage verringern können, ohne dass Änderungen an den Anlagen selbst vorgenommen werden müssen. Sie sind nach Typ geordnet nachfolgend aufgelistet. Diese Liste wurde der EECCAC-<sup>8</sup> Studie entnommen.

### Kältekreislauf und Regelung

- CH1 Optimierung von Kosten/Leistung bei Vollastbetrieb (Grenzwert für üblichen energetischen Wirkungsgrad  $\epsilon$ )
- CH2 Optimierung von Kosten/Leistung bei Teillastbetrieb (Grenzwert für übliche integrierte Teillast-Leistungszahl (Integrated Part-Load Values, IPLV))
- CH3 Kältequelle mit niedrigerer Temperatur (Fluss, Grundwasser) zur Rückkühlung
- CH4 Gestufte Geschwindigkeiten und Regelung des Fördervolumens
- CH5 Variable Geschwindigkeiten und Regelung des Fördervolumens
- CH6 Verbesserte Leistung des Kühlturms, Bestimmung der Kühlmitteldurchflussmenge
- CH7 Optimale Schichtung des Kältemittels
- CH8 Lastverteilung zwischen den einzelnen Kälteanlagen
- CH9 Optimale Regelung des Kühlturms zugunsten einer reduzierten Leistung der Zusatzgeräte und einer Kosten minimierenden Kondensatortemperatur
- CH10 In die Kälteanlage integrierte kostenfreie Kühlung
- CH11 Reduzierung der Leistung des Kühlturms in einfacherer Form als unter CH9 angeführt

### Motoren und Ventilatoren

- V1 Wirkungsgrad EFF 2
- V2 Wirkungsgrad EFF
- V3 Auswahl von Ventilatoren nach Eigenschaftskurven und Druckregelung
- V4 Verbesserte Tangentialventilatoren
- V5 Verbesserte Ventilatoren für Kondensatoren und Klimageräte
- V6 Bessere Filter in klassischer Ausführung
- V7 Weniger Druckabfall in allen Bauteilen
- V8 Variable Geschwindigkeit
- V9 Möglichkeit, jeden elektrischen Motor direkt am Gerät ausschalten zu können
- V10 Möglichkeit, jeden elektrischen Motor mit Hilfe des Gebäude-Energiemanagement- Systems zentral auszuschalten

### Auslegung und Dimensionierung

- DS1 Dezentrale Anlage mit Maximalauslegung
- DS2 Überdimensionierung nicht gestattet, Unterdimensionierung teilweise möglich

---

<sup>8</sup> Adnot, J. et al., „Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners“ (EECCAC, Energieeffizienz und Zertifizierung von zentralen Klimaanlage) für die EU-Generaldirektion Transport und Energie, Mai 2003.

- DS3 Qualität der Dienstleistung „Dimensionierung“ (beispielsweise Suche nach Alternativen, Dimensionierung der Ventilatoren, Minimierung der Lebenszykluskosten)
- DS4 Optimierung der Mehrzonen-Dimensionierung und Verhinderung des Mischens von Kälte und Wärme
- DS5 Dimensionierung anhand der Simulation der Gesamtanlage
- DS6 Regelungsgrenzwert gilt für Primärenergie, optimiert Stromverbrauch nach Preis
- DS7 Regelung richtet sich nach Kohlendioxidmenge, optimiert Stromverbrauch nach Auswirkung auf Erderwärmung
- DS8 Sorgfältige Einstellung von Sollwerten und Regelung der Unempfindlichkeitsbereiche
- DS9 Automatische Einstellung des Drucks, wie in Auslegung vorgesehen

### **Betrieb und Instandhaltung**

- OM1 Aufzeichnung des Energieverbrauchs
- OM2 Steuerung des Energieverbrauchs durch ein Gebäude-Energiemanagement-System
- OM3 Verpflichtung zur Anbringung einer Vorrichtung, mit der in jedem Bereich eine Temperaturmessung vorgenommen werden kann
- OM4 Optimierung des Filterwechsels
- OM5 Reinigung der Kühlturmschlangen
- OM6 Reinigung der Verdampferschlangen
- OM7 Optimale Zeitplanung der Durchführung von M4-M6
- OM8 Feineinstellung der Steuerung durch Gebäude-Energiemanagement-System
- OM9 Systematische Fehlererkennung mit Hilfe des Gebäude-Energiemanagement-Systems
- OM10 Betriebs- und Instandhaltungsvertrag (nach welchen Kriterien?)
- OM11 Energieeffizienz-Contracting
- OM12 Herstellung wie in Auslegung vorgesehen
- OM13 Vom Konstrukteur verfasstes Betriebshandbuch, das dem Betreiber übergeben wird

### **Dezentrale Anlage: Kompaktanlagen, Dachklimaanlagen, Raumklimaanlagen usw. für einzelne Bereiche**

- PACK1 Kostenfreie lokale Kühlung
- PACK2 Änderung der Regelsollwerte (Temperatur, Feuchtigkeit)
- PACK3 Reversibilität (lokale Wärmepumpe)
- PACK4 Optimierung von Kosten/Leistung bei Vollastbetrieb (Grenzwert für üblichen energetischen Wirkungsgrad  $\epsilon$ )

### **Kälteanlage mit Kaltwasserverteilung**

- WS1 Regelung der Vor- und Rücklauftemperatur bei 7/12 Grad
- WS2 Regelung der Temperatur auf 8/14 Grad vor Verlassen der Anlage
- WS3 Regelung der Temperatur auf 8/16 vor Verlassen der Anlage
- WS4 Variable Temperatur bei Ablauf
- WS5 Variable Temperatur bei Vor- und Rücklauf
- WS6 Übergeordnete Steuerung der Kältekompressoren, , Kompressoren mit variabler Drehzahl.

- WS7 Verbesserte Pumpen
- WS8 Verstärkte Rohrisolierung
- WS9 Weniger Wärmeverluste, Verwendung von grenzflächenaktiven Stoffen
- WS10 Bessere Regelung des Ventilator-Luftkühlers
- WS11 Kühldecken/-träger/-wände
- WS12 Reversibilität
- WS13 Wasserseitig kostenfreie Kühlung

### **Klimatisierung durch umlaufendes Kältemittel**

- SCR1 Optimierung von Kosten/Leistung bei Vollastbetrieb (Grenzwert für üblichen energetischen Wirkungsgrad  $\epsilon$ )
- SCR2 Kostenfreie lokale Kühlung
- SCR3 Reversible Multi-Split Anlage
- SCR4 Übergang zu variablem Kältemittelstrom (VRF-Anlage) (Kompressionsgewinne) in MS-Anlage
- SCR5 Optimale Strömungsverteilung durch elektronische Steuereinheit in der VRF-Anlage
- SCR6 Reversibles Verhalten der 2 Rohre in der VRF-Anlage
- SCR7 Reversibles Verhalten der 3 Rohre in der VRF-Anlage
- SCR8 Änderung der Regelsollwerte (Temperatur, Feuchtigkeit)

### **Klimaanlage auf Basis von Kaltluft**

- AS1 Kostenfreie zentrale Kühlung
- AS2 Geringerer Außenluftanteil
- AS3 Variabler Volumenstrom (VAV)
- AS4 Bessere Ventilatoren im Klimagerät
- AS5 Anwendung der EUROVENT-Vorgaben für Klimageräte (weniger undichte Stellen, bessere Isolierung)
- AS6 Kostengünstiges Klimagerät
- AS7 Optimierte Einblastemperatur (10 - 16°C)
- AS8 Qualität des Feuchtigkeitskontrollsystems (entscheidend für den Energieverbrauch)
- AS9 Verbesserung der geringen Effizienz von Mehrzonenklimaanlagen
- AS10 Anwesenheitssensor und weitere „bedarfsgeregelte“ Lüftungsarten
- AS11 Zentrale Wärme- bzw. Kälterückgewinnung innerhalb der HVAC-Anlage
- AS12 „Verdrängungsstrategie“ durch Luftschichtung der Räume (geringe Einlassgeschwindigkeiten) oder andere „Verdrängungsstrategien“
- AS13 Der Luftstrom richtet sich nach den hygienischen Anforderungen und hat keinen Mindestwert jenseits des Mindestwerts der hygienischen Anforderungen
- AS14 Verhinderung von abwechselndem Kühlen und Wiedererwärmen
- AS15 Isolierung der Rohrleitungen und Behebung von undichten Stellen
- AS16 Möglichkeit zum Ausschalten und zur Regelung der Klimaanlage in jedem einzelnen Bereich
- AS17 Möglichkeit von Lüftungsstufen zwischen den Räumen
- AS18 Reversibilität durch die Verwendung einer Kälteanlage als Wärmepumpe
- AS19 Wärmerückgewinnung für Brauchwarmwasser

## **Wasser-Luft-Anlagen**

- AWS1 Verbesserte Regelung bei klassischen Anlagen
- AWS2 Verbesserter Ejektor, der eine Einblastemperatur von 18°C ermöglicht
- AWS3 Kühldecken/ -träger/ -wände und eine zusätzliche luftgekühlte Anlage
- AWS4 Luftführung im Raum
- AWS5 Reversibilität

## **Anlagen mit Wasserkreislauf**

- WL1 Optimierung von Kosten/Leistung bei Vollastbetrieb (Grenzwert für üblichen energetischen Wirkungsgrad  $\epsilon$ )

## **Verbesserung der Gebäudehülle**

- B1 Bessere Wärmedämmung des Gebäudes für die Nutzung im Winter
- B2 Grenzwert für maximale Anzahl der klimatisierten Bereiche in Gebäuden laut Bauvorschrift
- B3 Zugangstüren (automatisches Schließen nach dem Betreten oder Verlassen eines Raumes)
- B4 Regelung der Sonneneinstrahlung durch Öffnungen
- B5 Beschattung der Fassaden
- B6 Verringerung des Stromverbrauchs der Beleuchtung
- B7 Verringerung des Stromverbrauchs für Bürogeräte
- B8 Verstärkte Lüftung bei Nacht
- B9 Stärkere Ausrichtung des Belüftungsbedarfs an den Mindestanforderungen

## **Komfortbedingungen: Änderung des Betriebs**

- C1 Bessere Anpassung an die Belegung der einzelnen Bereiche
- C2 An die Außentemperatur angepasste Kühlung der Räume
- C3 Anwesenheitssensoren, wie beispielsweise CO<sub>2</sub>-Sensoren
- C4 Lüftungssensoren wie beispielsweise zum Öffnen eines Fensters
- C5 Qualitätsniveau

## **Alternative Lösungen in Bezug auf die Anlagentechnik**

- E1 Kühlung eines ganzen Viertels oder Blockes
- E2 Absorptionslösungen oder Lösungen mit Kombination von Absorptions- und Kompressionsanlagen
- E3 Kältespeicherung
- E4 Verwendung der Kondensatorwärme zum Erwärmen von Brauchwarmwasser (DHW)
- E5 Nutzung der „Win-Win-Situation“ durch effizientere Bürogeräte und Beleuchtung, was zu einer geringeren Belastung der Klimaanlage führt.
- E6 Verdunstungskühlung
- E7 Kühlung durch Entfeuchtung
- E8 Kühlung mit Kühlturm statt Einsatz der Kältemaschine

## Anhang 4: Bewertung der durchgeführten Maßnahmen

		Vor Durchführung der Maßnahme (kWh/a - €/a)	Nach Durchführung der Maßnahme (kWh/a - €/a)
<b>Energiekosten</b>	Strom		
	Brennstoff		
	Sonstige Energie		
	GESAMT		
<b>Investitionen</b>	Gerät 1		
	Gerät 2		
	...		
	GESAMT		
<b>Betriebs- und Instandhaltungskosten</b>	Maßnahme 1		
	Maßnahme 2		
	...		
	GESAMT		
<b>Sonstige Kosten</b>	Kosten 1		
	Kosten 2		
	...		
	GESAMT		
<b>GESAMT</b>			
<b>Jährliche wirtschaftliche Einsparungen</b>			
<b>Amortisationszeit</b>			