

# **Toolbox für technische Maßnahmen zur kooperativen Erbringung einer Energieeinspardienstleistung**

Juli 2016



Co-funded by European Union

## Kontakt

Reinhard Ungerböck  
Grazer Energieagentur GmbH  
Kaiserfeldgasse 13/1  
A-8010 Graz  
T: +43 316 811848-17  
E-Mail: [ungerboeck@grazer-ea.at](mailto:ungerboeck@grazer-ea.at)  
Website: [www.grazer-ea.at](http://www.grazer-ea.at)

Für den Inhalt verantwortlich:  
Grazer Energieagentur GmbH  
e7 GmbH  
ASEW

Dieses Dokument wurde im Rahmen des  
Energiespar-Contracting Plus (EPC+) Projekts  
erarbeitet und ist auf der Projekt-Website  
verfügbar.

[www.epcplus.org](http://www.epcplus.org)

Task: 4.2.  
Deliverable: 4.3.



*Dieses Projekt hat im Rahmen des Horizon 2020 Forschungs- und Innovationsprogramms der Europäischen Union gemäß der Fördervereinbarung Nr 649.666 finanzielle Mittel erhalten. Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Dokuments liegt bei den Autoren. EASME übernimmt keine Haftung für die Verwendung der hier enthaltenen Informationen.*

## Inhalt

Inhalt.....	3
1. Allgemeine Beschreibung und Nutzungsanleitung .....	6
1.1. Übersicht Werkzeugkasten.....	7
2. Energieeffiziente Beleuchtung .....	8
2.1. Allgemeine Beschreibung .....	8
2.2. Grundvoraussetzungen .....	8
2.3. Anwendungsbereiche .....	9
2.4. Kalkulationsmethode.....	9
2.4.1. Einsparpotenzial / wesentliche Einflussgrößen.....	10
2.4.2. Investitionskosten .....	11
2.4.3. Laufende Kosten .....	11
2.5. Messung, Anpassung der Baseline und Einspargarantie.....	11
3. Hydraulischer Abgleich von Heizungssystemen .....	12
3.1. Technische Beschreibung .....	12
3.1.1. Allgemeine Beschreibung .....	12
3.1.2. Auslegungsparameter.....	12
3.1.3. Eignung der Maßnahme .....	14
3.1.4. Maßnahme nicht geeignet für.....	14
3.2. Berechnungsmethode .....	15
3.2.1. Erwartete Einsparungen .....	15
3.2.2. Investitionskosten .....	16
3.2.3. Laufende Kosten .....	16
3.2.4. Zu erwartende Lebensdauer der Maßnahme und erforderliche Ersatzinvestition (falls vorhanden) .....	16
3.3. Umsetzungsprozess inklusive Maßnahmen zur Qualitätssicherung während und nach Umsetzung	17
3.4. Bewertung der Maßnahme zum Nachweis der erzielten Einsparung.....	18
4. Energieeffiziente Pumpen .....	19
4.1. Technische Beschreibung .....	19
4.1.1. Allgemeine Beschreibung .....	19
4.1.2. Auslegungsparameter.....	19

4.1.3.	Maßnahme ist geeignet für .....	20
4.1.4.	Maßnahme nicht geeignet für .....	20
4.2.	Rechenmethodik.....	20
4.2.1.	Erwartete Einsparungen .....	20
4.2.2.	Investitionskosten .....	21
4.2.3.	Laufende Kosten .....	21
4.2.4.	Zu erwartende Lebensdauer der Maßnahme und erforderliche Ersatzinvestition (falls vorhanden) .....	22
4.3.	Umsetzungsprozess: inklusive Maßnahmen zur Qualitätssicherung während und nach Umsetzung	22
4.4.	Bewertung der Maßnahme zum Nachweis der erzielten Einsparung.....	23
5.	Nachtkühlung .....	24
5.1.	Allgemeine Beschreibung .....	24
5.2.	Auslegungsparameter .....	25
5.3.	Maßnahme geeignet für .....	25
5.4.	Maßnahme nicht geeignet für .....	25
5.5.	Rechenmethodik.....	26
5.5.1.	Erwartete Einsparungen .....	26
5.5.2.	Investitionskosten .....	26
5.5.3.	Laufende Kosten .....	26
5.5.4.	Zu erwartende Lebensdauer der Maßnahme und erforderliche Ersatzinvestition (falls vorhanden) .....	27
5.5.5.	Abgezinste cash flow Analyse und Nettobarwert .....	27
5.6.	Bewertung der Maßnahme zum Nachweis der erzielten Einsparung.....	27
5.6.1.	Erforderliche Daten für den Referenzzeitraum:.....	28
5.6.2.	Erforderliche Daten nach Einführung von Nachtkühlung.....	28
6.	Heizung, Lüftung, Klima- und Kältetechnik (Toolbox 6) .....	29
6.1.	Allgemeine Beschreibung .....	29
6.2.	Grundvoraussetzungen .....	29
6.3.	Anwendungsbereiche .....	30
6.4.	Kalkulationsmethode für die zu erwartenden Einsparung.....	31
6.4.1.	Abschätzung der erzielbaren Energieeinsparung .....	32
6.4.2.	Investitionskosten .....	33
6.4.3.	Laufende Kosten .....	33

6.5.	Lebensdauer und Umsetzungsprozess der Maßnahme .....	33
6.6.	Verifizierung der Energieeinsparungen .....	34
7.	Gebäudeleittechnik- und Energieverbrauchsmonitoring-Systeme (Toolbox 7).....	36
7.1.	Allgemeine Beschreibung .....	36
7.2.	Grundvoraussetzungen .....	36
7.3.	Anwendungsbereiche .....	37
7.4.	Kalkulationsmethode für die zu erwartenden Einsparung.....	37
7.4.1.	Investitionskosten .....	37
7.4.2.	Laufende Kosten .....	37
7.5.	Lebensdauer und Umsetzungsprozess der Maßnahme .....	38
7.6.	Verifizierung der Energieeinsparungen .....	39
8.	Austausch bzw. Renovierung von Heizkesseln .....	41
8.1.	Allgemeine Beschreibung .....	41
8.2.	Grundvoraussetzungen .....	41
8.3.	Anwendungsbereiche .....	42
8.4.	Kalkulationsmethode.....	42
8.4.1.	Einsparpotenzial / wesentliche Einflussgrößen.....	43
8.4.2.	Investitionskosten .....	43
8.4.3.	Laufende Kosten .....	44
8.5.	Messung, Anpassung der Baseline und Einspargarantie.....	44

## 1. Allgemeine Beschreibung und Nutzungsanleitung

Das Ziel EPC+ ist die Standardisierung von technischen Einsparmaßnahmen um sie für die Netzwerk-Partner, die diese Maßnahmen anbieten, weitestgehend vorhersehbar und kalkulierbar zu machen um die Kosten möglichst gering zu halten.

Dieser Werkzeugkasten stellt für die Anbieter von EPC+-Dienstleistungen standardisierte Einsparmaßnahmen (Auslegungsparameter, Berechnungsmethode, Prozessablauf) zur Verfügung und legt die Qualitätsstandards für die Maßnahmenbewertung fest. Textbausteine dieser Beschreibung können durchaus auch in der Kommunikation mit dem Kunden verwendet werden um Vertrauen durch Transparenz für die angebotenen Maßnahmen zu generieren.

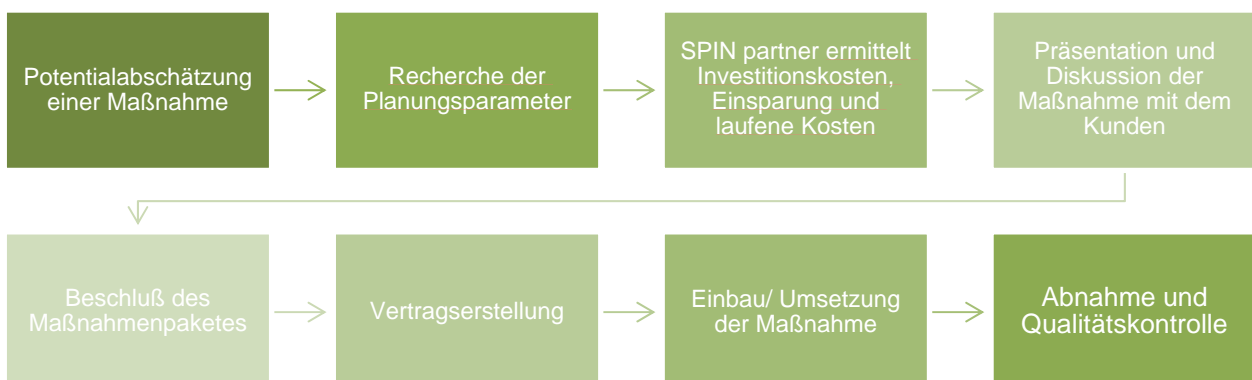
Die einzelnen in EPC+ angewendeten Maßnahmen werden allgemein beschrieben, weiters sind Auslegungsparameter und Anwendungsgebiete beschrieben und zusätzlich Fälle bzw. Situationen dargestellt, in denen die Umsetzung der Maßnahme keinen Sinn macht.

### Berechnungsmethode

Zur Erleichterung der Einführung der Maßnahme durch einen Netzwerk-Partner werden ggf. die Kalkulationsmethodik für Umsetzung, Wartung und Betriebsführung und Einsparung beschrieben – idealerweise in Form von produktneutralen, open-source Berechnungstools. Exemplarische produktorientierte Berechnungstools werden verwendet, wenn produktneutrale nicht in der erforderlichen Form vorliegen.

### Prozessablauf

Der allgemeine Prozessablauf ist für alle Maßnahmen gleich und deshalb auch Teil des Geschäftsmodells von EPC+. Abweichungen sind in bestimmten Fällen möglich, z.B. wenn sich die Maßnahmen während der Umsetzungs- bzw. Betriebsphase untereinander beeinflussen. Beachten Sie dazu die nachfolgende Matrix – hier können Wechselwirkungen und Art und Weise der Beeinflussung ersichtlich werden.



Zur besseren Übersicht der einzelnen Tätigkeiten und Kommunikationsschnittstellen zwischen den beteiligten Akteuren ist der Prozessablauf auch in Form eines „service blueprint“ dargestellt (vergleiche Kapitel 0)

## 1.1. Übersicht Werkzeugkasten

Dieser Werkzeugkasten ist eine angepasste Form des europäischen Formats des Projekts EPC+, öffentlich verfügbar unter diesem Link: <http://epcplus.org/energy-service-packages/>

Er konzentriert sich auf jene Maßnahmen, die im deutschen und österreichischen Wirtschaftsraum als ökonomisch und technisch sinnvoll erachtet werden (unter Zugrundelegung der klimatischen, wirtschaftlichen und legislativen Rahmenbedingungen).

Hier ein Überblick der ausgearbeiteten Maßnahmen:

Energieeffizienzmaßnahmen:

1. Innenbeleuchtung: LED-Beleuchtung und Lichtsteuerung
2. Hydraulische Abgleich von Heizsystemen
3. Energieeffiziente Pumpen in Heizsystemen
4. Nachtkühlung in Dienstleistungsgebäuden
5. Optimierung von Regelungsparametern in HKL Systemen
6. Energiemessung und -managementsysteme in Gebäuden
7. Heizkesselerneuerung / Heizkesseltausch

## 2. Energieeffiziente Beleuchtung

### 2.1. Allgemeine Beschreibung

Im Bereich der Beleuchtung von Hallen und Gebäuden liegt enormes Einsparpotenzial. Dies kann durch einen Austausch vorhandener Lichtsysteme durch LED-Technik sowie einer effizienten Steuerung gehoben werden.

Im Rahmen des Konzeptes werden vorhandene Leuchtmittel durch moderne LED-Technik ersetzt und (soweit sinnvoll) durch Steuerungseinheiten wie z.B. Präsenzmelder (Bewegungsmelder) etc. ergänzt.

Der Kunde partizipiert an den erzielten Einsparungen insofern, als dass er keine Investitionskosten trägt und mit geringeren Energiekosten belastet ist. Hierzu werden zunächst die bisherigen Kosten für Beleuchtung ermittelt (siehe Def. Baseline). Der Anbieter kalkuliert die Kosten für das neue Beleuchtungssystem bestehend aus Investition, Wartung, Austausch von Leuchtmitteln über die Vertragslaufzeit (z.B. 5 Jahre). Rechnerisch werden die Energiekosten Kosten für das neue System (Installierte Leistung und Nutzungsdauer) ermittelt. Das sich ergebende Einsparpotenzial wird ermittelt.

### 2.2. Grundvoraussetzungen

Grundvoraussetzung zur erfolgreichen Umsetzung des Konzeptes ist zum einen, dass durch Modernisierung/Austausch der Beleuchtung ausreichend Energie eingespart wird, zum anderen, dass Messsysteme installiert werden oder transparente Berechnungen geschaffen werden können, die eine Reduktion des Verbrauchs nachvollziehbar und transparent machen. Wesentlich ist darüber hinaus die Brenndauer der Beleuchtungsanlage, um kurze Amortisationszeiträume zu gewährleisten.

Brenndauer in Stunden pro Jahr	Wirtschaftlich darstellbar?
über 5000 Stunden/Jahr	Absolut wirtschaftlich mit einer kurzen Amortisationsdauer
3500 – 5000 Stunden/Jahr	Eine Wirtschaftlichkeit mit einer Amortisationsdauer unter 5 Jahren ist möglich, bedarf aber einer Einzelfallprüfung
Weniger als 3500 Stunden/Jahr	Nur mit längeren Amortisationszeiten über 5 Jahre wirtschaftlich lohnenswert



## 2.3. Anwendungsbereiche

- KMU; Gewerbe
- Hallenbeleuchtung
- Beleuchtungsstruktur muss so aufgebaut sein, dass zentrale Messsysteme installiert werden können
- Planbare und nachvollziehbare Nutzungsstruktur
- Bürogebäude mit ausreichender Brenndauer der Beleuchtungsanlage (siehe Tabelle oben)

Das Konzept ist nicht geeignet für:

- Büroräume, Konferenzräume mit einer unregelmäßigen Nutzung und unzureichender Brenndauer (siehe Tabelle oben)
- Objekte bei denen keine messtechnischen Voraussetzungen zu Erfassung des Verbrauchs von Beleuchtung geschaffen werden können
- Objekte bei denen Beleuchtung eine untergeordnete Rolle spielt

## 2.4. Kalkulationsmethode

Der Anbieter erfasst die installierten Beleuchtungssysteme und entwickelt ein Konzept zur Modernisierung.

Im Standardfall wird davon ausgegangen, dass heute keine Messung des tatsächlichen Stromverbrauchs für Beleuchtung möglich ist bzw. erfolgt. In diesem Fall wird mittels Erfassung der Nutzungsdauer (Beleuchtungsdauer) und anhand der installierten Leistung der einzelnen Leuchtpunkte der aktuelle Stromverbrauch für Beleuchtung ermittelt. Diese Ermittlung ist Basis der Baseline-Definition. Unter Punkt 8 finden sich temporäre Maßnahmen zur Messung, die nur einen verhältnismäßig geringen Aufwand mit sich bringen.

Sofern Messeinrichtungen zur Erfassung des Stromverbrauchs für die Beleuchtung vorhanden respektive mit überschaubarem Aufwand zu installieren sind, so wird die erzielte Energieeinsparung anhand dieser Messwerte validiert. Dabei erfolgt ein Abgleich mit den – zur Ermittlung der Baseline – angenommenen und in den Folgeperioden gemessenen Beleuchtungsdauern.

Der Anbieter ermittelt die möglichen Energieeinsparungen und prüft, ob sich eine Umstellung auf LED-Technik innerhalb einer entsprechenden Frist amortisiert.

**Die maximale Einsparung der Kosten ergibt sich durch folgende Formel:**

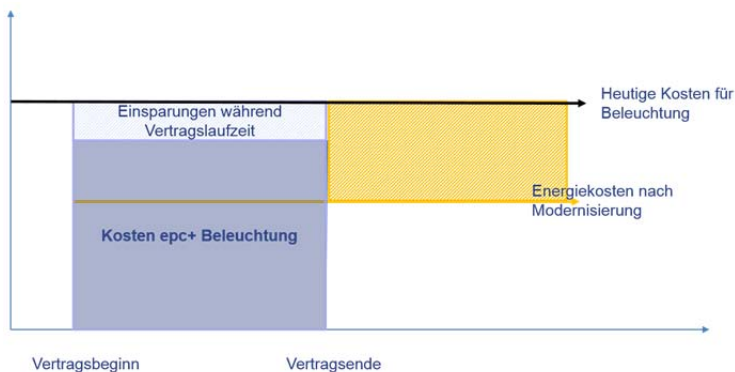
$$\text{Einsparung} = B(k_0) - (E_{\text{kneu}} + I_k + B_k)$$

$B(k_0)$  = Heutige Energiekosten für Beleuchtung (=Baseline)

$E_{\text{kneu}}$  = Energiekosten nach Modernisierung

$I_k$  = Investitionskosten (annuitätisch betrachtet über 5 Jahre)

$B_k$  = Betriebskosten (jährlich)



Während der Vertragslaufzeit von 5 Jahren garantiert der Contractor eine Einsparung – bezogen auf die gesamten Beleuchtungskosten (Basis. Baseline und aktueller Strompreis) von beispielsweise 10%. Der Contractor erhält eine Vergütung (Contractingrate), die addiert mit den tatsächlichen Kosten des Energieverbrauchs für Beleuchtung 10% unter den heutigen Kosten der Beleuchtung (Baseline als Basis) liegt.

Nach der Vertragslaufzeit übernimmt der Kunde die Technik und profitiert zu 100% von den verringerten Kosten.

Der Kunde zahlt folglich auch weiterhin die Energiekosten sowie die anbieterseitig kalkulierten Kosten für Investition und Betrieb. Gleichzeitig garantiert der Contractor, dass die Summe der Zahlungen x% unterhalb der heutigen Kosten liegt. Für den Fall, dass die Einsparungen geringer sind, hat der Contractor seine Contractingrate zu reduzieren.

Über eine Messung der Nutzungsdauer (siehe unten) erfolgt eine jährliche Überprüfung der zugrundeliegenden Werte bei der Ermittlung der Baseline bzw. der Abweichung von den Ausgangswerten (insbesondere Nutzungsdauer).

Überprüfung Baseline =  $\text{Nutzungsdauer (alt)} / \text{Nutzungsdauer (neu)}$

Sofern geeignete Messeinrichtungen bzgl. des Stromverbrauchs für die Beleuchtung vorhanden sind (bzw. installiert werden) erfolgt die Überprüfung der Einspargarantie zusätzlich auf Basis des Stromverbrauchs.

#### 2.4.1. Einsparpotenzial / wesentliche Einflussgrößen

Das Einsparpotenzial wird auf Basis eines „Raumplanungsbuches“ ermittelt. Aufgenommen wird die Installierte Leistung sowie die Beleuchtungsdauer. Der Contractor plant das umzusetzende Beleuchtungskonzept und ermittelt mittels der Kalkulation die Contractingrate.

Mittels jährlicher Messung der Beleuchtungsdauer wird die tatsächliche Einsparung aus der Modernisierung ermittelt.

Ggf. erfolgt eine kontinuierliche Messung des Stromverbrauchs, sofern geeignete Messeinrichtungen installiert sind bzw. mit überschaubarem finanziellem und technischem Aufwand installiert werden können.

Darüber hinaus kann auch eine Effizienzberatung angeboten werden, die mit einfachen Mitteln Effizienzpotentiale hebt.

#### **2.4.2. Investitionskosten**

Im Rahmen des Konzeptes sind sämtliche Investitionskosten bzgl. der Installation neuer Leuchtmittel sowie zur Integration geeigneter Messinstrumente vorzusehen.

#### **2.4.3. Laufende Kosten**

Kosten des Betriebs der Beleuchtungssysteme

- Wartung / Betrieb / Instandhaltung
- Energieeinsatz

### **2.5. Messung, Anpassung der Baseline und Einspargarantie**

Die Einsparung wird jährlich unter Berücksichtigung der tatsächlich gemessenen Beleuchtungsdauer und der installierten Leistung ermittelt.

Die Werte des ersten Messzyklusses werden herangezogen um die Definition der Baseline im Hinblick auf die angesetzten Benutzungsstunden zu validieren. Im Rahmen des Validierungsprozesses besteht die Möglichkeit die Baseline-Definition zu korrigieren.

- Vereinbarung eines Referenzraumes mit dem Kunden, wo eine Leistungsmessung stattfindet, die mit den zuvor geschätzten Betriebsstunden multipliziert wird und auf die anderen Räumlichkeiten überträgt.
- Falls Präsenzmelder installiert sind, sollte in einem Referenzraum mind. eine Woche konstant gemessen werden, um die Brenndauer und Leistung der alten Beleuchtungsanlage festzustellen.
- Für den Fall, dass Lichtstromkonstanthaltung angewandt wird, sollte der Anwender den M&V (siehe IPMVP Option 1 oder 2) adaptieren.

In den Folgejahren dient die Messung der Nutzungsdauer dazu, eine Abweichung der Werte von der Baseline in Bezug auf kalkulierte Einsparungen vorzunehmen. Referiert werden Einsparungen auf die Basisdefinition.

### **3. Hydraulischer Abgleich von Heizungssystemen**

#### **3.1. Technische Beschreibung**

##### **3.1.1. Allgemeine Beschreibung**

Bestehende Heizsysteme ohne hydraulischen Abgleich weisen meist einige Merkmale auf, die darauf schließen lassen, dass ein Abgleich sinnvoll und notwendig ist:

- Ungleichmäßige Wärmeverteilung: Räume am Anfang des Heizstranges sind übertemperaturiert und überhitzt – Räume am Ende des Stranges erreichen nicht die gewünschte Raumtemperatur
- Strömungsgeräusche an den Heizkörperventilen
- Hohe Energiekosten (im Vergleich mit Benchmarks)

In vielen Fällen wird einfach die Vorlauftemperatur oder Pumpendrehzahl des betroffenen Heizstranges erhöht, um die Verbraucher am Ende eines Stranges mit ausreichend Wärme zu versorgen. Das führt zu hohen Verteilverlusten und stark überhitzten Räumen am Beginn der Verteilleitungen und wertvolle Energie wird meist „weggelüftet“.

Beim hydraulischen Abgleich wird der Volumenstrom für jeden Heizkreis bzw. jeden Heizkörper so begrenzt, dass eine Übertemperaturierung vermieden wird, der erforderliche Wärmebedarf jedoch zur Verfügung steht. Das führt einerseits zu einem Komfortgewinn durch gleichmäßige Wärmeverteilung und andererseits zu hohen Energie- und Kosteneinsparungen.

Je nach Anlagengröße wird der hydraulische Abgleich durchgeführt durch:

- Voreingestellte Thermostatventile (erforderliche Wassermenge, Druckdifferenz) bzw. andere Form der Wassermengenbegrenzung am Verbraucher
- Strangreguliertventile je Zone
- Drehzahlregelte Umwälzpumpe (variabler Volumenstrom)

Durch Reduktion der Pumpendrehzahl bei bestehenden Pumpen oder dem Einsatz von drehzahlregulierten Pumpen (Kombination mit der Maßnahme Energieeffiziente Pumpen) kann zusätzlich der Stromverbrauch reduziert werden.

##### **3.1.2. Auslegungsparameter**

In vor allem kleineren Bestandsgebäuden fehlen meist die Daten zum bestehenden System, sodass eine detaillierte Rohrnetzrechnung wie im Neubau gar nicht möglich ist. Aber auch ohne vollständige Datengrundlage sind sehr gute Ergebnisse möglich. Das kann einerseits durch vereinfachte Berechnung über die installierte Heizkörpergröße und Ermittlung der erforderlichen Vorsteinstellung oder durch Messung direkt vor Ort erfolgen. Nachfolgend wird die Variante des hydraulischen Abgleichs durch Messung

dargestellt, da hier genauere Ergebnisse erzielt werden können und zusätzlich bei Messung nach Umsetzung ein Nachweis über die erzielte Einsparung erbracht werden kann.

In kleineren Gebäuden (bis 1,5 m Pumphöhe) erfolgt der hydraulische Abgleich durch Wassermengenbegrenzung direkt am Heizkörper z.B. durch voreinstellbare Thermostatventile, Ventilhubbegrenzer. Optimale Ergebnisse können nur in Kombination mit drehzahlgeregelten Pumpen erreicht.

Bei mittelgroßen Anlagen werden die einzelnen Heizkreise untereinander über Strangreguliertventile oder Differenzdruckregler abgeglichen – optimale Ergebnisse werden auch hier nur in Kombination mit drehzahlgeregelten Pumpen erreicht.

Der weitere und aufwendigere Abgleich an den einzelnen Heizkörpern kann entfallen, wenn das System mit dieser Maßnahme bereits gut einreguliert ist. Festgestellt kann dies durch den Vergleich von Temperaturen - sind die Temperaturdifferenzen an unterschiedlich positionierten Heizkörpern im gesamten Verteilsystem annähernd ident ( $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ) kann davon ausgegangen werden, dass der erforderliche Arbeitsaufwand nicht in Relation zu den zusätzlichen eher geringen Einsparungen steht.

- Wärmeabgabesystem
  - Installierte Heizkörpertypen je Raum (Länge, Breite, Höhe, Typ) - vereinfacht: installierte Heizkörperleistung = Heizlast des Raumes
  - Fabrikat, Typ und Voreinstellung vorhandener Thermostatventile  
Hinweis: sind keine voreinstellbaren Thermostatventile vorhanden, müssen diese eingebaut werden. Das verursacht zusätzliche Kosten, weil das Rohrnetz für den Einbau entleert und wieder befüllt werden muss
  - Zugänglichkeit zu den einzelnen Heizkörpern
- je Heizkreis:
  - Wärmebedarf – Summe der installierten Heizleistung (Heizkörper) kann herangezogen werden, wenn keine genaueren Daten vorliegen, muss aber auf Plausibilität geprüft werden.
  - Auslegungstemperaturen (Vorlauf- und Rücklauftemperatur)
  - Installierte Pumpe
    - Fabrikat
    - Type
    - Baulänge
    - Anschlußdimension
    - Stromversorgung (230V/400V)
    - Art der Regelung (Stufenregelung / Drehzahlregelung) und eingestellter Wert
    - Naßläuferpumpe / Trockenläuferpumpe
    - Betriebspunkt
      - Volumenstrom [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
      - Höhe [m]

- Fabrikat, Type und Einstellung des vorhandenen Strangreguliertventils (Durchfluss, Differenzdruck)  
Hinweis: sind noch keine Strangreguliertventile vorhanden, müssen diese für den Abgleich der Heizkreise untereinander installiert werden
- Heizzeiten pro Heizkreis
- Messungen (Vergleiche Kapitel Maßnahmenbewertung (0))
  - Je Heizkreis: Vorlauf- und Rücklauftemperatur, Temperaturdifferenz, Druck, Volumenstrom, Heizleistung und Wärmebedarf, Stromverbrauch und Leistung, über einen aussagekräftigen Zeitraum (z.B. ein bis zwei Wochen) in der Heizsaison (idealerweise in der Übergangszeit, aber unbedingt im Winterbetrieb)
  - Außentemperatur und Raumtemperatur in zumindest drei vom Heizkreis versorgten Räumen:
    - Raum am Anfang der Verteilleitung (meist überhitzter Bereich)
    - Raum in der Mitte der Verteilleitung (erforderliche Raumtemperatur kann erreicht werden)
    - Raum am Ende der Verteilleitung (erforderliche Raumtemperatur kann nicht erreicht werden – es ist zu kalt)
  - Im ersten Schritt (vereinfacht): Vorlauf- und Rücklauftemperatur von 3 Heizkörpern an unterschiedlichen Positionen im Verteilsystem (Abstand zur Wärmequelle)
  - Im zweiten Schritt (falls die Einregulierung jedes Heizkörpers als wirtschaftlich erachtet wird): Vorlauf- und Rücklauftemperatur jedes Heizkörpers

### 3.1.3. Eignung der Maßnahme

Typische Einsatzmöglichkeiten:

- ungleichmäßige Raumbedingungen im Gebäude vor: es gibt über- und unterversorgte Bereiche, sprich zu warme bzw. zu kühle Räume
- geringe Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf bzw. hohes Temperaturniveau von Vor- und Rücklauf
- Strömungsgeräusche an den Heizkörperventilen
- Bestandsgebäude nach einer thermischen Sanierung (geringere Heizlast erforderlich)
- nach einer Erweiterung des Gebäudes (Zubau und damit höhere Heizlast)
- Gebäude mit statischen Heizflächen (Heizkörper, Fußbodenheizung,...) und Lüftungsanlagen

### 3.1.4. Maßnahme nicht geeignet für

Hier ist der Einsatz nicht sinnvoll:

- bereits einregulierte Gebäude
- Gebäude ohne vorhandene Thermostatventile (Maßnahme aufgrund des höheren Installationsaufwandes nicht mit geringer Amortisationszeit umsetzbar)

## 3.2. Berechnungsmethode

### 3.2.1. Erwartete Einsparungen

Die Einsparungen liegen in der Praxis bei rund 5-20% der Baseline. Je genauer und vollständiger einreguliert wird desto höher ist die erzielbare Einsparung aber auch der Aufwand für den Abgleich.

- Einregulierung der Heizkreise untereinander ohne einzelne Heizkörper: 5-8%
- Einregulierung der Heizkreise untereinander einschließlich der vorhandenen Heizkörper: 10-20%

Die Einsparungen setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen::

- Reduzierter Volumenstrom und damit geringere Pumpleistung (Stromeinsparung)  
Hinweis: Die Verdoppelung der Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf verringert den Volumenstrom um 50% und die Pumpleistung wird auf 12% reduziert
- Geringere Verteilverluste durch geringere Vorlauftemperatur (Temperaturniveau kann meist deutlich gesenkt werden) und höhere Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf
- Bedarfsgerechtes Heizen wird möglich: Hohe Energieverluste durch Weglüften bzw. Herunterkühlen übertensorgter und somit überhitzter Räume fällt weg

Einflussfaktoren, die Abweichungen zur kalkulierten Einsparung verursachen können:

- Nutzererhalten während der Messungen (davor und danach, mittlerer Einfluß)
- correction of heat degree days might not be linear to true consumption (low influence)
- Heizgradtagbereingung: Verbrauch verhält sich nicht linear zu den steigenden/sinkenden Heizgradtagen (geringer Einfluß)
- weiterer Wärmequellen wie Solarstrahlung oder interne Wärmequellen (mittlerer Einfluß)
- Warmwasserverbrauch (geringer Einfluß)

*Erforderliche Angaben:*

	Einheit	Betrag, Formel, Referenz
--	---------	--------------------------

<i>Kosteneinsparung</i>	<i>[€/Jahr]</i>	Muss vom jeweiligen SPIN-partner berechnet werden. Einfache Formel ist nicht anwendbar
<i>Verbrauchseinsparung</i>	<i>[kWh/Jahr]</i>	Muss vom jeweiligen SPIN-partner berechnet werden. Einfache Formel ist nicht anwendbar

### 3.2.2. Investitionskosten

Diese Kosten müssen innerhalb des Anbieternetzwerkes ermittelt und abgestimmt werden:

1. Material: voreinstellbare Thermostatventile oder Durchflußbegrenzer, Strangreguliertventile, elektronisch geregelte Heizungspumpen (sofern nicht vorhanden), Kleinmaterial
2. Arbeit: Aufwand für den Messauf- und abbau und den hydraulischen Abgleich je Heizkreis (ca. 60 Minuten je Kreis sofern Strangreguliertventile schon in Bestand) bzw. je Heizkörper (ca. 30-45 Minuten je Heizkörper)
3. Fahrtkostenpauschale
4. Planung, Abwicklung und Koordination: Pauschalpreis
5. Messung nach der hydraulischen Einregulierung (für Einsparungsnachweis): Pauschalpreis je Heizkreis

*Erforderliche Angaben:*

	<i>Einheit</i>	<i>Betrag, Formel, Referenz</i>
<i>Materialkosten</i>	<i>[€]</i>	siehe oben
<i>Lohnkosten</i>	<i>[€]</i>	siehe oben
<i>Fahrtkosten</i>	<i>[€]</i>	siehe oben
<i>Planung, Abwicklung, Koordination</i>	<i>[€]</i>	siehe oben

### 3.2.3. Laufende Kosten

Die Maßnahme verursacht keine laufenden Kosten.

*Erforderliche Angaben:*

	<i>Einheit</i>	<i>Betrag, Formel, Referenz</i>
<i>Laufende Koten</i>	<i>[€/Jahr]</i>	keine laufenden Kosten

### 3.2.4. Zu erwartende Lebensdauer der Maßnahme und erforderliche Ersatzinvestition (falls vorhanden)

Richtwerte für die Nutzungsdauer von Ventilen und Pumpen: 15 Jahre

*Notwendige Ersatzinvestition: nicht vorhanden*

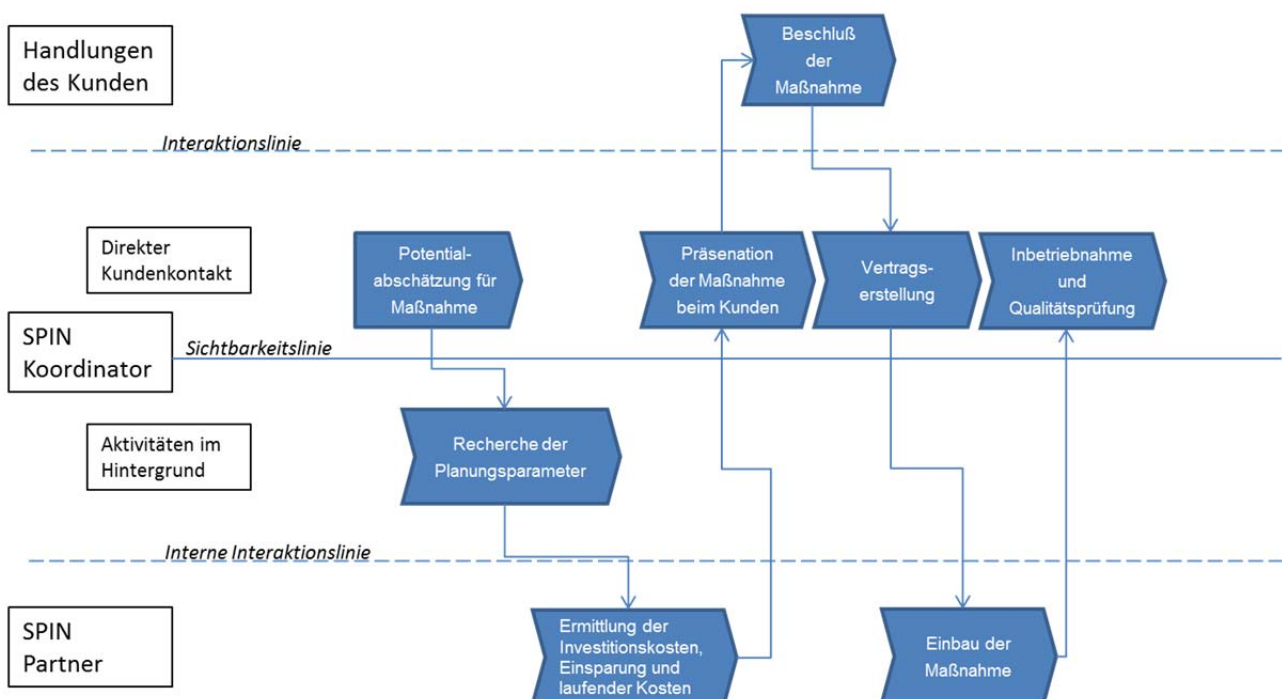


Erforderliche Angaben:

	Einheit	Betrag, Formel, Referenz
Nutzungsdauer der Komponenten bzw. Gesamten Maßnahme	[Jahre]	15
Jährliche Kosten	[€/Jahr oder % der Investition]	0

### 3.3. Umsetzungsprozess inklusive Maßnahmen zur Qualitätssicherung während und nach Umsetzung

Beispiel



### 3.4. Bewertung der Maßnahme zum Nachweis der erzielten Einsparung<sup>1</sup>

Messung nach der hydraulischer Einregulierung und Vergleich mit der Messung vor Umsetzung der Maßnahme (Bestandserhebung). Die Messung sollte analog zur ersten und über eine repräsentativen Zeitraum (z.B. ein bis zwei Wochen) in der Heizperiode (idealerweise in der Übergangszeit, aber unbedingt im Winterbetrieb) erfolgen:

- a. Je Heizkreis: Vorlauf- und Rücklauftemperatur, Temperaturdifferenz, Druck, Volumenstrom, Heizleistung und Wärmebedarf, Stromverbrauch und Leistung,
- b. Außentemperatur und Raumtemperatur in den drei vom Heizkreis versorgten gleichen Räumen:
  - Raum am Anfang der Verteilleitung (meist überhitzter Bereich)
  - Raum in der Mitte der Verteilleitung (erforderliche Raumtemperatur kann erreicht werden)
  - Raum am Ende der Verteilleitung (erforderliche Raumtemperatur kann nicht erreicht werden – es ist zu kalt)

Die Messungen müssen je Heizkreis einmal vor und einmal nach Umsetzung also hydraulischer Einregulierung erfolgen. Der Wärmeverbrauch muss heizgradtagbereinigt werden um die eventuell unterschiedlichen Witterungsverhältnisse zu berücksichtigen. Sofern keine gleich langen Messzeiträume gewählt wurden, muss auch entsprechend zeitlich abgegrenzt werden um idente Zeiträume gegenüberzustellen. Die Differenz des Wärmeverbrauches im Messzeitraum vor und nach Umsetzung und die Reduktion des Stromverbrauches ergeben die tatsächlich erzielte Einsparung.

Die Verbesserungen der Komfortbedingungen können über die Erfassung der Raumtemperaturen in den drei gemessenen Räumen dargestellt werden und stellen eine qualitativ hochwertige Umsetzung der Maßnahme sicher (Qualitätskontrolle möglich).

Unzulässige Option des Nachweises:

1. Berechnung der Einsparung ohne weiteren Nachweis durch Messung
2. Ermittlung der statischen Amortisationszeit
3. Messung von nur einem Heizkreis und Hochrechnung auf die Anzahl der vorhandenen Heizkreise ist nicht möglich (zu hohe Abweichungen vom tatsächlichen Verbrauch möglich).

---

<sup>1</sup> Kriterien: minimaler Aufwand, jedoch mit Nachweis einer qualitativen Umsetzung inklusive garantieren Einsparungsergebnis, nicht nur die alleinige Installation der Maßnahme

## 4. Energieeffiziente Pumpen

### 4.1. Technische Beschreibung

#### 4.1.1. Allgemeine Beschreibung

Während der Heizsaison sind Heizungspumpen - meist rund um die Uhr - in Betrieb um die erzeugte Wärme von der Quelle zum Verbraucher (z.B. Heizkörper) zu bringen. Heizungspumpen laufen während der Wintermonate tatsächlich oft ständig und verursachen einen beachtlichen Stromverbrauch. Energieeffiziente Pumpen können den Stromverbrauch um bis zu 90% senken und Verteilverluste können ebenfalls beachtlich reduziert werden.

Zusätzlich erhöht der Einsatz von richtig dimensionierten moderner Pumpen die Anlageneffizienz in vor allem alten und bereits renovierten Gebäuden wo die bestehenden Heizungspumpen oft überdimensioniert und völlig ineffizient betrieben werden. Durch fehlende oder mangelhafte Inbetriebnahme von Heizungspumpen und Wärmeabgabesystem können zusätzlich Komforteinschränkungen entstehen (über- und unterversorgte Bereiche, Strömungsgeräusche an Heizkörperventilen,...).

Diese Maßnahme reduziert den Stromverbrauch und Wärmeverbrauch und erzielt noch bessere Ergebnisse, wenn sie gemeinsam mit einem Hydraulischen Abgleich des Heizsystems durchgeführt wird.

#### 4.1.2. Auslegungsparameter

- Welche Parameter sind für die Planung der Maßnahme zu erheben?
  - Technische Daten
    - Installierte Pumpe
      - Fabrikat
      - Type
      - Baulänge
      - Anschlußdimension
      - Stromversorgung (230V/400V)
      - Art der Regelung (Stufenregelung / Drehzahlregelung) und eingestellter Wert
      - Naßläuferpumpe /Trockenläuferpumpe
      - Pump design (canned rotor/glandless pump/glanded pump)
    - Betriebspunkt
      - Volumenstrom [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
      - Höhe [m]
    - Betriebszeiten
      - Tägliche Betriebszeiten der Pumpe

- Saisonale Betriebszeiten - Sommer/Winterumschaltung: Wann wird die Pumpe zu Beginn der Heizsaison eingeschaltet und wann im Frühling d.h. am Ende der Heizsaison ausgeschaltet? Erfolgt dies automatisch über die Außentemperatur oder händisch?
- Sind temporäre Messungen erforderlich und wenn ja, welche?
  - Wenn der ermittelte Betriebspunkt offensichtlich falsch, unglaublich oder überhaupt nicht bekannt ist: Messung der Temperaturdifferenz und des Differenzdrucks über zumindest 1-2 Tage

#### **4.1.3. Maßnahme ist geeignet für**

Typische Einsatzmöglichkeiten:

- Bestehende Pumpen mit Stufenregelung
- Warmwasserpumpen
- Geringe Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des entsprechenden
- Pumpenalter >10 Jahre

#### **4.1.4. Maßnahme nicht geeignet für**

Hier ist der Einsatz nicht sinnvoll:

- Hocheffiziente Pumpen für die Frischwasserversorgung
- Pumpen mit geringen Betriebsstunden und/oder geringer elektrischer Anschlußleistung

## **4.2. Rechenmethodik**

### **4.2.1. Erwartete Einsparungen**

Die Stromverbrauchseinsparung durch Einsatz einer energieeffizienten Pumpe kann über folgendes Tool ermittelt werden:

<http://lcc-check.wilo-select.com/Pump.aspx>

<https://at.grundfos.com/grundfos-product-center.html> <sup>2</sup>

Berücksichtigung von Risikozuschlägen gemäß Einsparungsnachweis (vergleiche 4.4)

---

<sup>2</sup> Die Kalkulationstools sind exemplarisch angeführt und müssen vom jeweiligen SPIN Partner auf Eignung für den Einsatz im Projekt geprüft zu werden. Der Einsatz ist dann sinnvoll, wenn eine transparente und nachvollziehbare Einsparberechnung erfolgt.

*Erforderliche Angaben:*

	<i>Einheit</i>	<i>Betrag, Formel, Referenz</i>
<i>Kosteneinsparung</i>	<i>[€/Jahr]</i>	Verwendung von online-tools, wie z.B. oben angeführt
<i>Verbrauchseinsparung</i>	<i>[kWh/Jahr]</i>	Verwendung von online-tools, wie z.B. oben angeführt

In Kombination mit einem Hydraulischen Abgleich des Systems können zusätzliche wärmeseitige Einsparungen erzielt werden.

#### 4.2.2. Investitionskosten

Diese Kosten müssen innerhalb des Anbieternetzwerkes ermittelt und abgestimmt werden:

6. Material: Pumpe, Kleinmaterial
7. Arbeit: Grundpreis (abhängig von der Entfernung zum Kunden – inkl. Fahrtkostenpauschale),  
Preis pro Pumpe
8. Planung, Abwicklung und Koordination: Pauschalpreis vom jeweiligen Anbieter festzulegen
9. optional: Messung des bestehenden Systems: Pauschalpreis je Pumpe

*Erforderliche Angaben:*

	<i>Dimension</i>	<i>Betrag, Formel, Referenz</i>
<i>Materialkosten</i>	<i>[€]</i>	siehe oben
<i>Lohnkosten</i>	<i>[€]</i>	siehe oben
<i>Planung, Abwicklung, Koordination</i>	<i>[€]</i>	siehe oben

#### 4.2.3. Laufende Kosten

Einmalige Qualitätsprüfung inklusive Feinjustierung der Einstellungen nach einer Heizperiode – idealerweise in der Übergangszeit zwischen Winter und Sommer.

*Erforderliche Parameter:*

	<i>Einheit</i>	<i>Betrag, Formel, Referenz</i>
<i>Laufende Kote</i>	<i>[€/Jahr]</i>	keine weiteren laufenden Kosten

#### 4.2.4. Zu erwartende Lebensdauer der Maßnahme und erforderliche Ersatzinvestition (falls vorhanden)

Richtwerte für die Nutzungsdauer von Pumpen: 15 Jahre

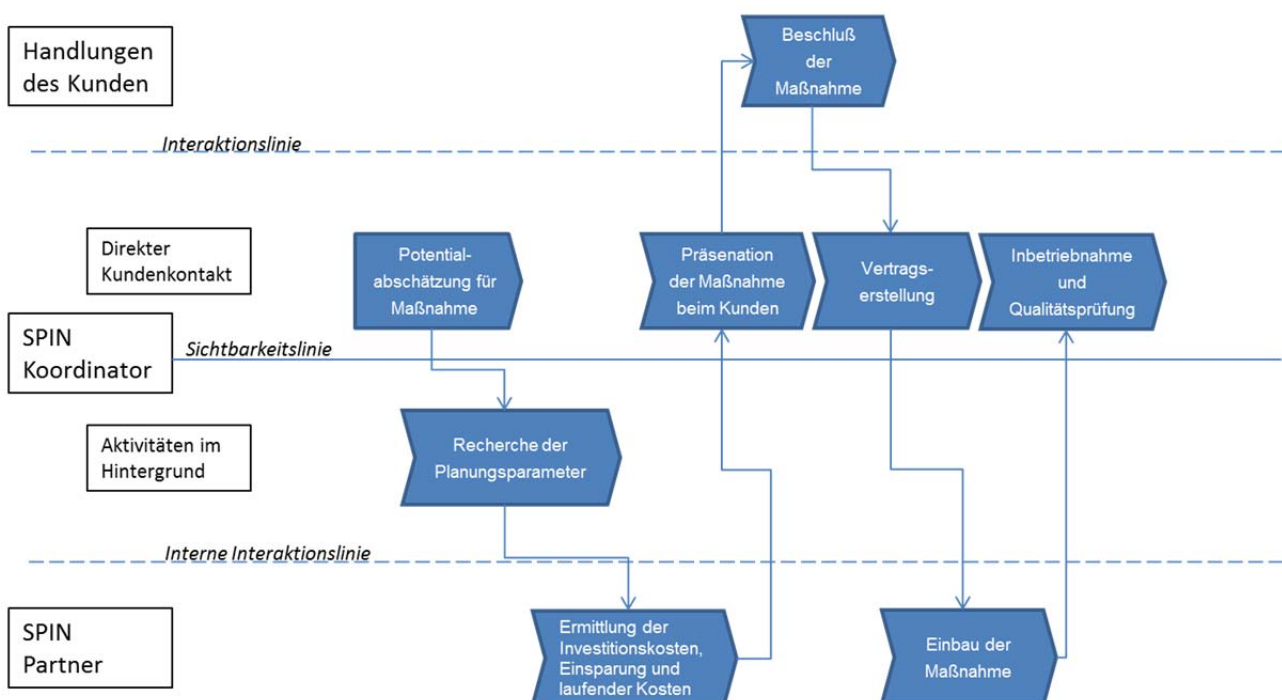
Notwendige Ersatzinvestition: nicht vorhanden

Erforderliche Angaben:

	Einheit	Betrag, Formel, Referenz
Nutzungsdauer der Komponenten bzw. gesamten Maßnahme	[Jahre]	15
Jährliche Kosten	[€/Jahr oder % der Investition]	0

#### 4.3. Umsetzungsprozess: inklusive Maßnahmen zur Qualitätssicherung während und nach Umsetzung

Beispiel



#### 4.4. Bewertung der Maßnahme zum Nachweis der erzielten Einsparung<sup>3</sup>

Option A of IPMvP (International Performance Measurement and Verification Protocol): Sonderzähler für die Messung bestimmter Parameter

Messung des Stromverbrauches jeder Pumpe, die getauscht werden soll vor und nach Umsetzung der Maßnahme – zumindest 24 Stunden (oder andere Anzahl vollständiger Tage). Die Verbrauchsdifferenz stellt die erreichte Einsparung dar.

Ähnliche Nutzungsbedingungen und Konditionen bei den beiden Messungen sollten vorherrschen und dokumentiert werden.

Hinweis: Der Nachweis von Einsparungen im Wärmeverbrauch ist nur mit einem vergleichsweise hohen Aufwand dokumentierbar und deshalb nur in Verbindung mit der Maßnahme Hydraulischer Abgleich gerechtfertigt.

Unzulässige Option für den Einsparnachweis:

4. Ermittlung der statischen Amortisationszeit
5. einmalige Messung (Momentaufnahme) nach Umsetzung der Maßnahme
6. Einmalige Messung der Heizleistung vor und nach Umsetzung der Maßnahme ist nicht ausreichend, da es sich nur um eine Momentaufnahme handelt und die unterschiedlichen Betriebsbedingungen und Einflüsse (z.B. unterschiedliche Heizzeiten und Witterungsbedingungen) nicht erfasst werden.

---

<sup>3</sup> Kriterien: minimaler Aufwand, jedoch mit Nachweis einer qualitativen Umsetzung inklusive garantieren Einsparungsergebnis, nicht nur die alleinige Installation der Maßnahme

## 5. Nachtkühlung

### 5.1. Allgemeine Beschreibung

Die Kühlung von Gebäuden erfolgt im Normalfall durch Klimaanlage. Der Einsatz von mechanischen Lüftungsanlagen, insbesondere Klimaanlage verursacht einen hohen CO<sub>2</sub>- Ausstoß und einen hohen Abwärme-Anteil, der in weiterer Folge zur Überhitzung von dicht besiedelten städtischen Gebieten führen kann<sup>4</sup>.

Es bestehen unterschiedliche technische Möglichkeiten, den durch Lüftungs- und Klimaanlage abzuführende Kühlbedarf von Gebäuden zu verringern. In weiterer Folge wird eine Form davon beschrieben und erörtert: die **Nachtkühlung**. Bei der Nachtkühlung (teilweise wird auch der Begriff Nachtpülung verwendet) wird die kühle Nachtluft während der Sommermonate genutzt um Wärme aus dem Gebäude abzuführen.

Die kalte Nachtluft wird ins Gebäude geleitet und kühlt den Baukörper, der sich tagsüber erwärmt hat ab - anders als beim Free-Cooling, wo die kühle Nachtluft über den bestehenden Kältekreis genutzt wird. Tagsüber verhält sich der Baukörper wie ein Schwamm der Wärme aus internen Gewinnen (Personen, Abwärme von Geräten,...), solare Gewinne, etc. aufnimmt und speichert. Durch Öffnungen in der Gebäudehülle (z.B. Fenster, Lüftungsklappen) strömt nachts die kühle Außenluft ins Gebäude nach, was einerseits zu geringeren Innenlufttemperaturen führt und andererseits die speicherwirksame Masse des Gebäudes abkühlt. Im Idealfall wird damit nachts der tagsüber anfallende Wärmeeintrag ins Gebäude ausgeglichen.<sup>5</sup>

Es wird zwischen aktiver und passiver Nachtkühlung unterschieden.

1. **Passive Nachtkühlung** –erfolgt durch geöffnete Fenster (freie Lüftung) während der Nachtstunden. Der Wärmeabtransport erfolgt durch freie Lüftung und ist von den Wetterverhältnissen (Temperatur, Wind) abhängig. Tagsüber sind die Fenster geschlossen zu halten.
2. **Aktive Nachtkühlung** - der Kältetransport erfolgt mit mechanischer Unterstützung: während der Nachtstunden wird über die vorhandene Lüftungsanlage ein kühle Außenluft ins Gebäude eingebracht, um gespeicherte Wärme abzuführen. Tagsüber wird die Anlage wie gewohnt für Lüftung und Klimatisierung genutzt
3. **Kombination aus passiver und aktiver Kühlung** – bei dieser Methode wird die freie Lüftung durch Ventilatoren unterstützt. Der Volumenstrom durch das Gebäude und damit auch der Kühleffekt kann damit erhöht werden.

<sup>4</sup> in der englischen Originalfassung: Islington, Low energy cooling, Good practice guide 5.

<sup>5</sup> Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Nachtk%C3%BChlung>



## 5.2. Auslegungsparameter

Grundsätzlich gibt es folgende zwei Möglichkeiten um Nachtkühlung umzusetzen: freie Lüftung durch natürliche Druck- und Temperaturunterschiede oder mechanische „Spülung“. Die erforderlichen Auslegungsparameter werden nachfolgend dargestellt, wobei kein weiterer Hinweis auf diese Unterscheidung erfolgt:

## 5.3. Maßnahme geeignet für

- Gebäude mit hoher speicherwirksamer Masse (Beton- oder Steinaufbauten), die eine „Kältespeicherung“ über Nacht ermöglicht um den täglichen Wärmeintrag auszugleichen
- Nachtkühlung ist besonders effektiv in Regionen mit großem Temperaturunterschied zwischen der maximalen und minimalen Tagesaußentemperatur. Für optimale Ergebnisse sollte die nächtliche Außentemperatur unter die tagsüber gewünschten Komfortbedingung von 22°C und 60% Luftfeuchte fallen
- Nachtkühlung kann durch Verschiebung der Spitzenlast auch Teil der Kühlstrategie eines Gebäudes sein: Tagsüber ist Energie am teuersten - durch Nachtkühlung wird der Stromverbrauch für Ventilatoren tagsüber reduziert was somit auch zu geringeren Energiekosten führt.

## 5.4. Maßnahme nicht geeignet für

- Gebäude mit geringen speicherwirksamen Massen, z.B. Holzbauten
- Gebäude in Gebieten mit hoher Luftverschmutzung, wo freie Lüftung des Gebäudes mit unkonditionierter Außenluft nicht möglich ist.
- Gebäude in Gebieten, wo durch freie Lüftung mit unkonditionierter Luft Fluginsekten ins Gebäude gelangen können
- Passive Nachtkühlung bei Gebäuden in lauter Umgebung. Das betrifft jedoch nur Gebäude, die während der Nachtkühlung besetzt sind.
- Passive Nachtkühlung durch tägliches öffnen und schließen von Fenstern kann sehr aufwendig sein erfordert Manpower. Mit automatisch zu öffnenden Fenstern bzw. Lüftungsklappen könnte hier Abhilfe geschaffen werden.
- Passive Nachtkühlung durch öffnen der Fenster kann in Gebäuden, die nachts unbenutzt sind, zu einem Sicherheitsproblem werden.
- Gebäude, die so „verschachtelt“ sind, dass eine entsprechende Durchströmung(Durchzug) für Nachtkühlung nicht erreicht werden kann.

## 5.5. Rechenmethodik

### 5.5.1. Erwartete Einsparungen

Nachtkühlung reduziert die Betriebszeiten der herkömmlichen Lüftungs- und Klimaanlage, kann diese jedoch nicht ersetzen. Wenn ein Gebäude nachts ausreichend mit kalter Außenluft runtergekühlt wurde, wird sich der Kühlbedarf entsprechend zeitlich verschieben, sodass sich die Klimaanlage vielleicht erst gegen 11:00 oder 12:00 Uhr mittags einschaltet und nicht wie sonst gewöhnlich bereits schon um 8:00 oder 9:00 Uhr. Die Einsparung wird also durch geringere Betriebszeiten der Kühleinheit der Klimaanlage abgebildet.

### 5.5.2. Investitionskosten

Grundsätzlich gibt es folgende zwei Möglichkeiten um Nachtkühlung umzusetzen: freie Lüftung durch natürliche Druck- und Temperaturunterschiede oder mechanische „Spülung“.

Die erste Variante benötigt zwar keine zusätzlichen Komponenten wie Ventilatoren, jedoch sind Adaptionen am Gebäude, die ein nächtliches Durchströmen ermöglichen erforderlich: z.B. automatisch öffnende Fenster oder Lüftungsklappen. Bei der zweiten Variante müssen die Einstellungen der bestehenden Lüftungsanlage für eine Nachtkühlung entsprechend adaptiert werden.

Auf jeden Fall wird aber ein auf das entsprechende Gebäude maßgeschneidertes Konzept erforderlich sein (Kosten – Nutzen), sodass hier keine allgemein gültige Kostenaufstellung dargestellt wird.

### 5.5.3. Laufende Kosten

Die laufenden Kosten teilen sich in Wartungs- und Betriebskosten. Die Betriebskosten hängen von der gewählten Variante ab: Mechanisch unterstützte Nachtkühlung verursacht Stromkosten für die Ventilatoren, während diese bei freier Lüftung wegfallen.

Die Wartungskosten sind in beiden Varianten gering und erfordern eine regelmäßige Überprüfung von Ventilen, Hebel und Motoren, die bei Fehlfunktion die nächtliche behindern könnten. Die Wartungskosten können als geringer Anteil der Wartungskosten für die vorhandene Lüftungs- und Klimaanlage angesetzt werden.

#### **5.5.4. Zu erwartende Lebensdauer der Maßnahme und erforderliche Ersatzinvestition (falls vorhanden)**

Die zu erwartende Nutzungsdauer einer mechanisch unterstützten Nachtkühlung entspricht der, der herkömmlichen Lüftungs- und Klimaanlage, die mit rund 20 Jahren angenommen werden kann. Die zu erwartende Nutzungsdauer einer natürlichen also passiven Nachtkühlung entspricht der, von automatischen Ventilen und Hebeln, die ebenfalls mit rund 20 Jahren angenommen werden kann. Auch sollte man über die gesamte Nutzungsdauer bei Umbauten oder Sanierungen darauf achten, dass die Durchströmungswege im Gebäude erhalten bleiben und nicht durch neue Zwischenwände o.ä. blockiert werden.

#### **5.5.5. Abgezinste cash flow Analyse und Nettobarwert**

Für die Ermittlung und Durchführung der abgezinsten cash flow Analyse, Tilgungsrate und Nettobarwert der Investition wurde eigene Tools im Projekt entwickelt, die benutzt werden können: zu finden auf European toolbox package [www.epcplus.org/energy-service-packages/](http://www.epcplus.org/energy-service-packages/)

*Erforderliche Angaben:*

1. *Darlehensabschreibung (€/Jahr)*
2. *Darlehensrückzahlung (€/Jahr)*
3. *bezahlte Zinsen (€/Jahr)*
4. *Restbetrag (€/Jahr)*
5. *Cash flow (€/Jahr)*
6. *Kumulativer Barwert (€/Jahr)*
7. *Interne Rendite*

### **5.6. Bewertung der Maßnahme zum Nachweis der erzielten Einsparung<sup>6</sup>**

Das EPC+ Projekt konzentriert sich auf Energieeffizienzmaßnahmen in Klein- und Mittelbetrieben. Dadurch sind zu umfangreiche Nachweisverfahren zu vermeiden und es muss eine Ausgewogenheit zwischen dem Aufwand für die Datenerhebung - möglichst kosteneffizient - und dem Datenumfang – so umfangreich, dass Streitigkeiten vermieden werden – gefunden werden.

---

<sup>6</sup> Kriterien: minimaler Aufwand, jedoch mit Nachweis einer qualitativen Umsetzung inklusive garantieren Einsparungsergebnis, nicht nur die alleinige Installation der Maßnahme

Empfohlen wird Option B of IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol): Separate Messungen von einzelnen Parametern, die zur Berechnung des Energieverbrauchs verwendet werden: Sowohl 'Leistung' auch 'Betriebszeit' sollen bei der Einsparberechnung berücksichtigt werden.

#### **5.6.1. Erforderliche Daten für den Referenzzeitraum:**

Folgende Daten sollten für eine ganze repräsentative Kühlperiode (Jahr) zur Verfügung stehen:

- Stromverbrauch der Kühleinheit der herkömmlichen Lüftungs- und Klimaanlage vor Umsetzung
- Betriebszeit der herkömmlichen Lüftungs- und Klimaanlage
- Kühlgradtage im Referenzzeitraum
- Sollwerte des Kühlsystems (z.B. geforderte Raumkonditionen) .

Falls Nutzungsänderungen im Gebäude stattgefunden haben oder geplant sind, sollten diese dokumentiert werden.

Idealerweise sollten auch Informationen zum Komfortstandard im Gebäude vorliegen wie z. B. werden die Komfortbedingungen nicht erreicht – gibt es Beschwerden?

#### **5.6.2. Erforderliche Daten nach Einführung von Nachtkühlung**

Nach Umsetzung der Maßnahme sollten folgende Daten erhoben bzw. gemessen werden.

- Stromverbrauch der Kühleinheit der herkömmlichen Lüftungs- und Klimaanlage nach Umsetzung
- Betriebszeit der herkömmlichen Lüftungs- und Klimaanlage
- Kühlgradtage im betrachteten Zeitraum
- Sollwerte des Kühlsystems (z.B. geforderte Raumkonditionen)
- Im Fall von Kombinierte Nachtkühlung (Aktive und Passive): Stromverbrauch der Ventilatoren, die die freie Lüftung unterstützen.

Nutzungsänderungen im Gebäude müssen dokumentiert werden und Informationen zum Einhalten der erforderlichen Raumkonditionen zur Verfügung gegeben werden.

## 6. Heizung, Lüftung, Klima- und Kältetechnik (Toolbox 6)

### 6.1. Allgemeine Beschreibung

Sofern die Betriebsparameter von HLK-Anlagen in Gebäuden nicht an den tatsächlichen Bedarf angepasst sind, kann dadurch der jährliche Energieverbrauch deutlich höher ausfallen als erforderlich. Die Ursachen für eine nicht optimale Wahl der Regelparameter von Haustechnikanlagen können sehr verschieden sein und beispielsweise in einer Überschätzung der erforderlichen Raumtemperatur in der Heizsaison, inadäquater Regelmöglichkeiten für die Gebäudenutzer, Mangel an Wissen, wie mit den Anlagen umzugehen ist, oder einer falschen Anlagenprogrammierung begründet sein.

Daher stellt die Überprüfung von Betriebsparametern von HLK-Anlagen (etwa Zimmertemperaturniveau oder die Anlagenbetriebszeit) und die Anpassung an den tatsächlichen Bedarf der Gebäudenutzer eine wirkungsvolle – und kostengünstige – Energieeffizienzmaßnahme dar. Wenn der Beginn der Heiz- und Kühlsaison des Gebäudes an fixe Daten gekoppelt ist, kann die Anschaffung eines Regelsystems, das auf die durchschnittliche Außentemperatur Bezug nimmt und damit die Anlagenbetriebszeit minimiert, weitere Einsparungen erzielen. Darüber hinaus ist der Einbau bzw. die Verbesserung eines Wärmerückgewinnungssystems für Lüftungsanlagen interessant.

Zusätzlich zur erreichbaren Kostenreduktion in Verbindung mit den angesprochenen Energieeffizienzmaßnahmen kann der Komfort für Gebäudenutzer verbessert werden. Zum Beispiel kann ein starres, spätes Ende der Heizperiode oder eine zu hohe Raumsolltemperatur an warmen Frühlingstagen zur Überhitzung des Gebäudes führen, welche durch eine optimierte Regelung unterbunden werden kann. Je nach vorhandenen Anlagentypen betrifft die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen auf dem Gebiet der HLK-Systeme verschiedene Energieträger (Öl, Gas, Holz, Strom, etc.).

Sollte das Gebäude über ein GLT-System verfügen, sind organisatorische Maßnahmen kostengünstig und mit relativ geringem Aufwand umsetzbar (siehe Toolbox 7).

### 6.2. Grundvoraussetzungen

Folgende Parameter sind für den Umsetzungsprozess der Maßnahme entscheidend und zu erheben:

- Technische Parameter der aktuellen Anlagen
  - Start und Ende der Heiz- bzw. Kühlsaison
  - Erhebung des tatsächlichen Bedarfs für Zielkomfortparameter, Raumsolltemperaturen für Heiz- und Kühlsysteme, Luftwechselzahlen und Luftfeuchtigkeitsgrenzwerte
  - Benutzungszeiten des Gebäudes
  - Regelungsart der Ventilatoren
  - Volumenstrom bzw. Druckdifferenzen der Lüftungsanlagen
  - Rückwärmezahl von Lüftungsanlagen

- Qualität der thermischen Gebäudehülle und ihr Einfluss auf die Raumtemperatur
- Möglichkeiten der Gebäudenutzer, auf die Regelung von HLK-Systemen Einfluss zu nehmen
- Betriebsparameter
  - Heizkurve und Heizprofil (täglich, wöchentlich oder jährlich)
  - Kältekurve und Kühlprofil (täglich, wöchentlich oder jährlich)
  - Möglichkeiten der Gebäudenutzer, das Heiz- bzw. Kühlprofil zu beeinflussen
  - Betriebszeiten der HLK-Systeme
- Sind temporäre Messungen erforderlich?
  - Für die Berechnung der erreichbaren Energieeinsparungen ist es ratsam, die folgenden Punkte messtechnisch aufzuzeichnen und zu berücksichtigen:
    - mittlere Tagesaußentemperatur
    - elektrischer Energieverbrauch von HLK-Systemen
    - Brennstoffverbrauch von Heizkesseln bei aktuell eingestelltem Betriebspunkt
  - Werden innerhalb der Vertragslaufzeit Betriebsparameter verändert, so ist eine neuerliche Durchführung der betroffenen Messungen ratsam.

### 6.3. Anwendungsbereiche

Die Maßnahme ist insbesondere für folgende Objekte interessant:

- Gebäude, welche von keinem Facility Manager betreut werden bzw. in welchen keine Person vor Ort für die Anlagenbetreuung zuständig ist
- Gebäude, deren Nutzer über mangelnden Gebäudekomfort aufgrund unpassender Betriebsparameter klagen

Die Maßnahme ist in folgenden Fällen nicht notwendig:

- Aus den Angaben des Kunden geht hervor, dass eine Person vor Ort die Betriebsparameter der Anlagen optimal regelt
- Die Anlagen werden von einem professionellen Contractingpartner energieeffizient betrieben
- Die Anlagenparameter sind an den tatsächlichen Bedarf optimal angepasst, was im Rahmen eines Energieaudits eruiert werden kann

## 6.4. Kalkulationsmethode für die zu erwartenden Einsparung

Zur Berechnung der zu erwartenden Einsparungen der Maßnahmen dieser Toolbox wird ein Excel Tool zur Verfügung gestellt. Dieses ermöglicht die Berechnung der normalisierten Energieeinsparungen und liefert sowohl absolute Ergebnisse in kWh, als auch die relative Einsparung als Prozentangabe. Dabei werden die aktuellen Einstellungsparameter („Baseline“) mit den vorgeschlagenen verglichen, woraus die Einsparung resultiert. Eingabefelder, welche im Tool grün unterlegt sind, müssen dafür mit den entsprechenden Werten befüllt werden. Die linke Spalte bezieht sich dabei auf die Status-Quo-Einstellungen, die rechte Spalte auf die Parametereinstellungen, wie sie nach Umsetzung der Maßnahme sein werden. Die Berechnung erfordert die durchschnittlichen monatlichen Außentemperaturen des Baselinejahres, sowie die durchschnittlichen monatlichen Außentemperaturen einer Testreferenzperiode (beispielsweise test reference year, TRY).

Es ist entscheidend, dass zuverlässige Daten für den Energieverbrauch der HLK-Systeme und Informationen über die tatsächlich notwendigen Komfortparameter im Gebäude verfügbar sind. Im Folgenden wird die Berechnungsmethode vorgestellt.

### Baseline-Verbrauch:

Der Baseline-Verbrauch kann durch die Verwendung von Jahresenergieverbrauchsdaten abgeschätzt und unter Zuhilfenahme der zugehörigen Gradtageszahl des lokalen Klimaprofils normalisiert werden. Die Gradtageszahl sollte dabei möglichst detailliert berechnet werden, idealerweise auf Tagesebene.

#### Heizgradtage:

$$HGT(T_1, T_2) = \sum_{n=1}^{12} (T_1 - \theta_b) \cdot d_n$$

$T_1$ .....Zielraumtemperatur

$T_2$ .....Heizgrenztemperatur

$d_n$ .....Anzahl der Tage mit einer mittleren Außentemperatur unter  $T_2$

$\theta_b$ ..... Monatliche Durchschnittstemperatur

#### Kühlgradtage:

$$KGT(T_1, T_2) = \sum_{n=1}^{12} (\theta_b - T_1) \cdot d_n$$

$T_1$ .....Zielraumtemperatur

$T_2$ .....Kühlgrenztemperatur

$d_n$ .....Anzahl der Tage mit einer mittleren Außentemperatur über  $T_2$

$\theta_b$ ..... Monatliche Durchschnittstemperatur

Hinweis: Wenn Daten zum Energieverbrauch, der Außentemperatur und möglicher weiterer Einflussfaktoren auf Tagesebene verfügbar sind, so kann der Baseline-Verbrauch alternativ auch mittels Regressionsanalyse analysiert werden.

#### 6.4.1. Abschätzung der erzielbaren Energieeinsparung

Um die Auswirkungen der Betriebsoptimierung von HLK-Anlagen auf deren Energieverbrauch abschätzen zu können, kann die Gradtageszahl für Heiz- und Kühlsysteme für die unterschiedlichen Betriebsparameter verglichen werden, sofern man ein geeignetes Klimaprofil verwendet. Man berechnet mit dessen Hilfe die Gradtageszahl für die aktuellen Betriebsbedingungen und die optimierten Parameter. Das Verhältnis der beiden kann zur Abschätzung des Einspareffekts verwendet werden.

$$Q_s = \left(1 - \frac{HGT_m}{HGT_b}\right) \cdot 100$$

$Q_s$ .....Erwartbare Heizenergieeinsparung [%]

$HGT_b$ .....Heizgradtage der Baseline

$HGT_m$ .....Heizgradtage nach Maßnahmenumsetzung

$$Q_s = \left(1 - \frac{CDD_m}{CDD_b}\right) \cdot 100$$

$Q_s$ .....Erwartbare Kühlenergieeinsparung [%]

$CDD_b$ .....Kühlgradtage der Baseline

$CDD_m$ .....Kühlgradtage nach Maßnahmenumsetzung

Der Betrag der eingesparten Heiz- bzw. Kühlenergie bei Anschaffung eines Energierückgewinnungssystems bei Lüftungsanlagen kann über die Rückwärmezahl derartiger Anlagenkomponenten abgeschätzt werden. Durch die Reduktion von überschüssigen Betriebsstunden von HLK-Systemen wird auch elektrische Energie eingespart, deren Betrag wie folgt berechnet werden kann:

$$E_s = (P_{in} + P_{out}) \cdot (t_b - t_m)$$

$E_s$ .....Eingesparte elektrische Energ [kWh]

$P_{in}$ .....Leistung des Zuluft-Venilators [kW]

$P_{out}$ .....Leistung de Abluft-Ventilators [kW]

$t_b$ .....Betriebsstunden in der Baseline-Situation [h]

$t_m$ .....Betriebsstunden nach Maßnahmenumsetzung [h]

Die Betriebsstunden von zugehörigen Umwälzpumpen von HLK-Systemen werden durch entsprechende Maßnahmen im selben Ausmaß reduziert. Diese zusätzliche Energieeinsparung [kWh] berechnet sich aus dem Produkt von deren Pumpleistung [kW] und der Anzahl reduzierter Betriebsstunden [h].



#### 6.4.2. Investitionskosten

##### Materialkosten

- Messausrüstung für Außentemperatur und Anlagenverbrauch, sofern notwendig und gewünscht
- Energierückgewinnungssysteme

##### Arbeitskosten

- Erhebung und Überprüfung der aktuell eingestellten Anlagenparameter und der Anlagenbetriebszeiten
- Erhebung der tatsächlichen Anforderungen an die Komfortparameter
- Adaptierung der Anlagenparameter an den tatsächlichen Bedarf
- Installation des Messsystems

#### 6.4.3. Laufende Kosten

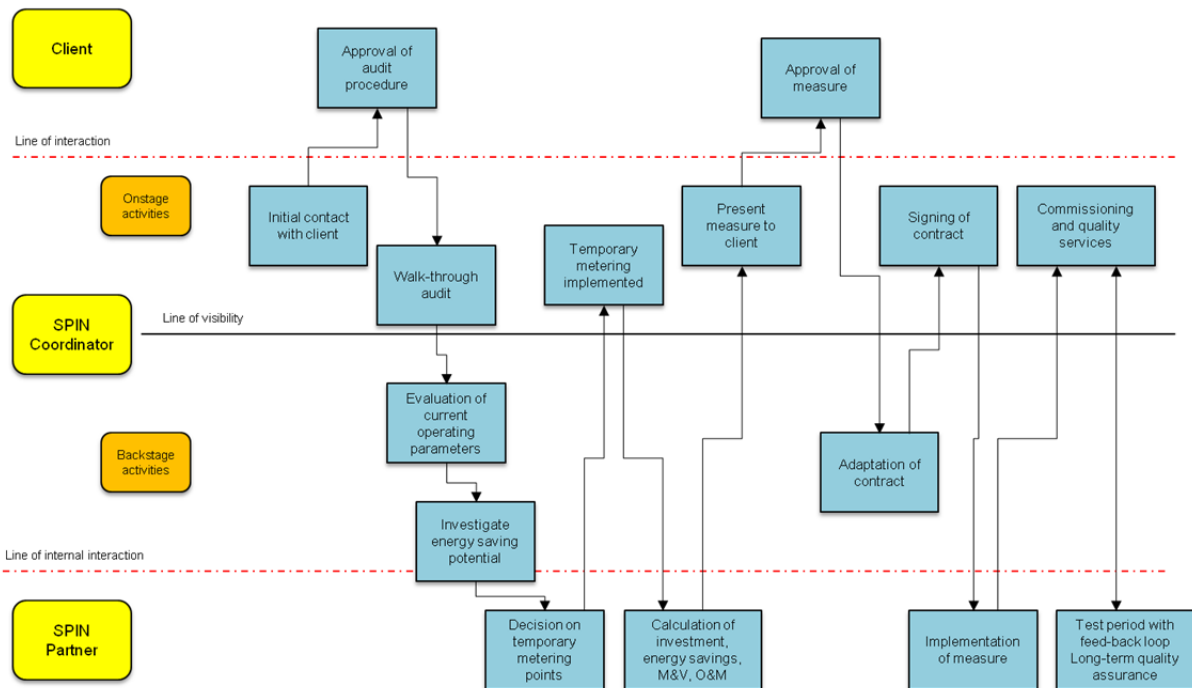
- Regelmäßiges Überprüfen der Anlagenparameter
- Qualitätscheck der neuen Parametereinstellungen, ob diese den gestellten Anforderungen genügen
- Regelmäßige Funktionsüberprüfung und Kontrolle, ob die Parameter unsachgemäß geändert wurden
- Kosten für die Messung bei betrieblichen Veränderungen

### 6.5. Lebensdauer und Umsetzungsprozess der Maßnahme

Die Maßnahme wird voraussichtlich so lange wirksam sein, wie regelmäßige Qualitätskontrollen der Anlagenbetriebsparameter durchgeführt werden. Nachdem für die Betriebsoptimierung geringe Investitionskosten anfallen, überschreitet die Maßnahmenlebensdauer die relativ kurze Amortisationszeit. Anlagenkomponenten, wie Regelungseinheiten oder Energierückgewinnungssysteme müssen regelmäßig getauscht werden, wobei deren Lebensdauer meist zwischen 15 und 20 Jahren angegeben wird.

Um eine Cash-Flow-Analyse, Amortisations- und Barwertberechnung der Investitionen durchführen zu können, wurden Berechnungstools im Rahmen des Projekts entwickelt, welche Sie auf der Europäischen Toolbox Webpage [www.epcplus.org/energy-service-packages/](http://www.epcplus.org/energy-service-packages/) finden können. Eingabeparameter sind dabei die errechneten Energieeinsparungen (siehe Kapitel 4), der Energietarif, die anfallenden Investitions- und Betriebskosten (siehe Kapitel 5 und 6) und ökonomische Parameter.

Der Prozess der Maßnahmenumsetzung beginnt mit der Erhebung der aktuellen Betriebsparameter der HLK-Anlagen durch den SPIN. In Absprache mit den Gebäudenutzern und den Facility Managern vor Ort werden die tatsächlich notwendigen Anforderungen an die Komfortparameter abgestimmt. Parameter, welche nicht entsprechend geregelt sind, werden im Anschluss adaptiert. Es ist ratsam, nach der Maßnahmenumsetzung das Feedback der Gebäudenutzer einzuholen und, falls notwendig und gewünscht, die Betriebsparameter zu adaptieren. Nachdem ein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht worden ist, kann der Prozess der Qualitätssicherung anlaufen, der eine jährliche Kontrolle der HLK-Anlagenparameter beinhaltet.



## 6.6. Verifizierung der Energieeinsparungen

Hinweis: Es ist entscheidend, dass die tatsächlich notwendigen Anforderungen an die Komfortparameter (Innenraumtemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftwechselzahl und Anlagenbetriebszeiten) und die Datengrundlage für die Baselineberechnung im Rahmen eines externen Energieaudits **gemeinsam mit dem Kunden** erhoben wird und Teil des Leistungsvertrags ist. Dazu können Standardformulierungen für die Definition von Zielkomfortparameter verwendet werden.

Es ist wichtig, dass die relevanten Kennzahlen der Bezugsperiode gesammelt und protokolliert werden. Diese Daten müssen über die gesamte Laufzeit des Vertrags zugänglich sein. Daher wird ein so genannter „M&V Plan“ aufgesetzt, welcher Detailinformationen zur Installation und der Kalibrierung des erforderlichen Messsystems beinhaltet. Nach der Maßnahmenumsetzung wird ein Funktionalitätscheck durchgeführt. Der Prozess endet mit einem Bericht über die Energie- und Kosteneinsparung.

Folgende Aspekte müssen gemeinsam mit dem Kunden definiert und diskutiert werden:

- Methode zur Verifizierung der erzielten Einsparungen und Detailtiefe der Betrachtung
- Definition der Einflussfaktoren, welche berücksichtigt werden sollen (Änderungen der Nutzungsintensivität des Gebäudes, Auslastungsgrad, klimatische Bedingungen, Änderungen des Anlagenbedarfs, etc.)
- Bandbreite von vernachlässigbaren Einstellungsänderungen (beispielsweise  $\pm 5\%$  Änderungen der Sollwerte für die relative Luftfeuchtigkeit werden toleriert)

- Es ist im Vorfeld zu klären, wer für die Umsetzung der Maßnahme verantwortlich ist (Facility Manager vor Ort, SPIN Partner, etc.)
- Sämtliche Änderungen der Betriebsparameter müssen elektronisch protokolliert werden (z.B. in Form eines Logbuchs)

Die Option B des International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) sollte für die Berechnung der Energieeinsparung genutzt werden, wobei eine Messung vor Ort vorgesehen ist. Die Systemgrenze stellt das HLK-System dar.

Um die Einsparungen zu verifizieren, sollten folgende Daten zumindest einmal pro Quartal überprüft werden:

- Komfortparameter und Raumtemperaturen (z.B. anhand von Messwerten im Viertelstundenintervall)
- Energieverbrauch von HLK-Anlagen (z.B. anhand eines Lastprofils auf Viertelstundenebene)
- Die Besetzungszahl und Auslastung des Gebäudes
- Aufgezeichnete Änderungen der Betriebsparameter der HLK-Anlagen
- Es ist ratsam, eine Plausibilitätsüberprüfung der erreichten Einsparungen gegenüber dem Gesamtenergieverbrauch durchzuführen

Sofern der Einfluss von externen Einflussparametern auf den Energieverbrauch bekannt ist, kann ein vereinfachter M&V Ansatz mit Hilfe des Lastgangs eines Gebäudes gewählt werden. Dazu wird ein Messzeitraum definiert (beispielsweise 2 Monate), in welchem der Strom- oder Wärmelastgang des Gebäudes aufgezeichnet wird. In manchen Ländern kann das Lastprofil auch direkt beim Netzbetreiber ohne jeglichen Messaufwand bezogen werden (in Österreich ist das beispielsweise ab einem Jahresverbrauch von mehr als 100.000 kWh der Fall). Vor Beginn der Messperiode müssen alle externen Einflussparameter bestimmt werden, von welchen der Energieverbrauch eines Tages abhängig ist. Anschließend sind für jeden Tag im Messzeitraum die identifizierten externen Einflussparameter (z.B. Temperatur, anwesende Personen) zu eruieren.

Nach dem Setzen der Maßnahme wird für denselben Zeitraum der Lastgang beobachtet. Sofern sich die externen Einflussparameter in der Vergleichsperiode geändert haben, ist eine Normierung der jeweiligen Verbrauchswerte erforderlich. Dieser vereinfachte Ansatz ist daher nur dann sinnvoll, wenn die Einflussparameter mit vertretbarem Aufwand eruiert und aufgezeichnet werden können und die Lastgangperioden grundsätzlich vergleichbar sind.

## 7. Gebäudeleittechnik- und Energieverbrauchsmonitoring-Systeme (Toolbox 7)

### 7.1. Allgemeine Beschreibung

GLT-Systeme können die Energieeffizienz von Gebäuden erhöhen, nachdem sie die Möglichkeit bieten, die Betriebsweise von HLK-Anlagen, Warmwassersystemen, Beleuchtungs- oder Beschattungsanlagen zu kontrollieren. Darüber hinaus kann mit deren Hilfe das Lastprofil einzelner Anlagen oder des gesamten Gebäudes aufgezeichnet und damit anschließend analysiert werden. Als Folge davon können mögliche Schwächen oder Fehler im Betriebsverhalten oder in der Programmierung von Anlagen erkannt und behoben werden. GLT-Systeme sind damit nicht nur zweckdienliche, flexible Mittel, technische Gebäudesysteme bedarfsgerecht zu betreiben, sondern auch leistungsstarke Analyse- und Bewertungsinstrumente. Besonders in Gebäuden mit einer großen Anzahl von Haustechnikanlagen, kann es sehr effektiv sein, diese mit einem GLT-System zu steuern und deren Energieverbrauch in Form von detaillierten Zeitreihen aufzuzeichnen, anstelle die Einstellungsparameter für jede Anlage einzeln zu überwachen und deren Energieverbrauch regelmäßig zu protokollieren. Durch die zentrale Steuerungs- und Überwachungsmöglichkeit können ineffiziente Wechselwirkungen unterschiedlicher Haustechnikanlagen entdeckt und zu behoben werden, wie beispielsweise der gleichzeitige Betrieb von Heizungs- und Kühlsystemen.

Um eine detaillierte Messung des Energieverbrauchs erreichen zu können, ist es notwendig, bestimmte Eingabedaten zur Verfügung zu stellen. Die Hardware- und Software-Komponenten des GLT-Systems umfassen die Steuerelektronik, Sensoren, Datenlogger, Datenübertragungssysteme und eine Software-Benutzeroberfläche und werden an die Anforderungen des Kunden angepasst.

Manche internationale Lieferanten bieten umfassende Systeme an: Honeywell, Siemens EMC, ENVIDATEC JEVIS, IngSoft InterWatt, etc. Darüber hinaus gibt es in den meisten Ländern Produkte von nationalen Anbietern auf dem Markt.

Die Implementierung eines GLT-Systems an sich ist nicht als Energieeffizienzmaßnahme einzustufen und führt damit auch nicht zu einer Reduktion des Energieverbrauchs. Erst durch die Analyse der aufgezeichneten Messdaten und entsprechende konkrete Optimierungsschritte kann dies erreicht werden.

### 7.2. Grundvoraussetzungen

Folgende Parameter sind für den Umsetzungsprozess der Maßnahme entscheidend und zu erheben:

- Technische Parameter der aktuellen Anlagen
  - Wird bereits ein GLT-System im Gebäude verwendet?
  - Werden alle technischen Anforderungen für die Einführung eines GLT-Systems erfüllt?
  - Besteht die Möglichkeit, die aktuelle Energiezählerinfrastruktur mit Datenloggern auszustatten, diese Verbrauchsdaten digital zu speichern und in eine Analysesoftware zu übertragen?
  - Wie viele Energiezähler und Messsensoren sind aktuell in Verwendung und wie sind diese zugeordnet? (Ein Zähler pro Geschoß / pro Haustechnikanlage, etc.)

- Sind die Energieverbrauchsdaten vergangener Jahre buchhalterisch erfasst worden?
- Welche technischen Änderungen sind erforderlich, um die notwendigen Sensoren und Messgeräte für das GLT-System implementieren zu können und wie aufwändig sind die zu setzenden Schritte?
- Organisatorische Fragen:
  - Ist es notwendig, beim Energieversorger um Bewilligung für die Errichtung des GLT-Systems anzusuchen, wenn in das Messsystem eingegriffen wird?
  - Sind vor Ort Facility Manager verfügbar, welche die GLT-Anlage betreiben und die Monitoringdaten überwachen können?

### 7.3. Anwendungsbereiche

Die Maßnahme ist insbesondere für folgende Objekte interessant:

- Gebäude mit einer sehr großen Anzahl von Haustechnikanlagen
- Gebäude mit einer großen Anzahl von elektrischen Verbrauchern

### 7.4. Kalkulationsmethode für die zu erwartenden Einsparung

Nachdem die Implementierung eines GLT-Systems mit Aufzeichnung des Energieverbrauchs an sich keine Energieeffizienzmaßnahme darstellt, ist es nicht möglich, direkte Energieeinsparungen zu berechnen. Es wird erwartet, dass durch die Analyse der gesammelten Daten Energieeinsparungen im Umfang von 5 bis 10 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs erreicht werden können, da durch das GLT-System der Anlagenbetrieb optimiert werden kann. Die Spannweite der erzielbaren Einsparungen ist allerdings auch abhängig vom aktuellen Energieeffizienzstandard des Gebäudes.

Die Implementierung eines GLT-Systems ermöglicht es, mehrere Maßnahmen gleichzeitig umzusetzen, wie etwa Effizienzsteigerungen im Betrieb von HLK- oder Beleuchtungsanlagen. Für Berechnungsmöglichkeiten dieser Maßnahmen wird an dieser Stelle auf Toolbox 6 und Toolbox 1 verwiesen.

#### 7.4.1. Investitionskosten

Materialkosten

- GLT-Software
- Messequipment mit Datenloggern und Datentransfersystemen

Arbeitskosten

- Installationskosten des GLT-Systems

#### 7.4.2. Laufende Kosten

- Regelmäßige Überprüfung der Qualität der Messdaten (Vermeidung von Datenlücken)

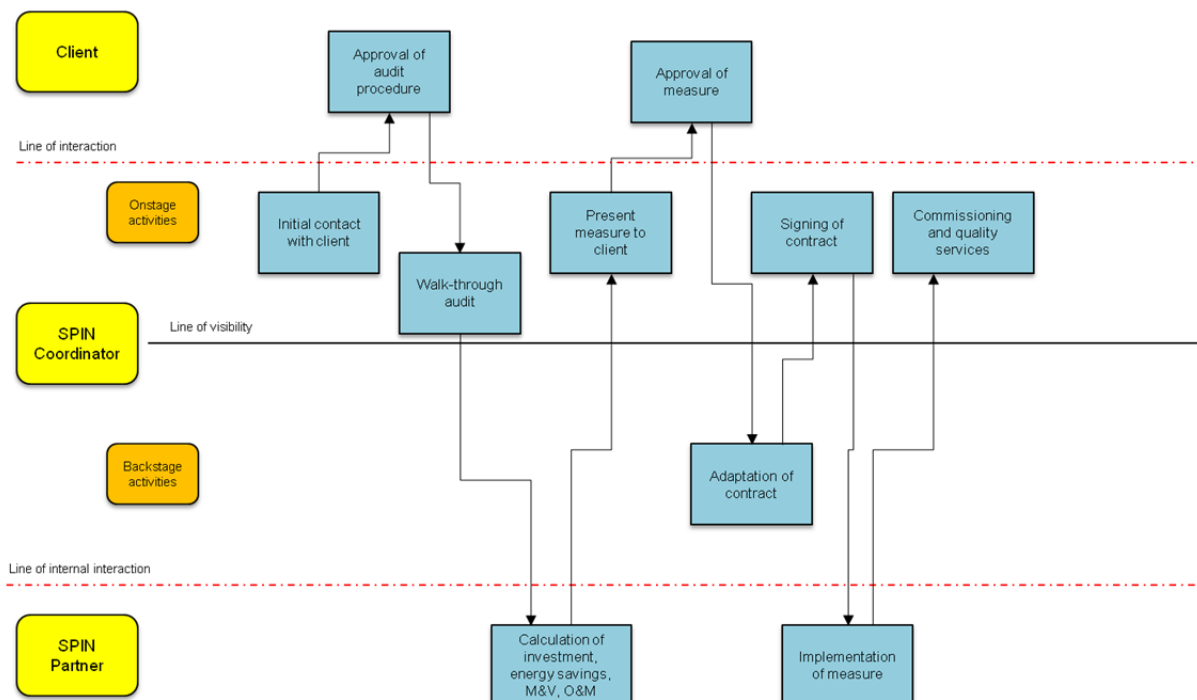
- Analyse der gesammelten Verbrauchsdaten, sowohl zu Prozessbeginn, um Maßnahmen ableiten zu können, als auch in regelmäßigen Intervallen zu deren Qualitätssicherung
- Langfristige, regelmäßige Datenanalyse

## 7.5. Lebensdauer und Umsetzungsprozess der Maßnahme

Die Lebensdauer von organisatorischen Maßnahmen, welche mithilfe der analysierten Daten abgeleitet werden können, ist in erster Linie von der regelmäßigen Überwachung der Anlagenparameter und der Plausibilisierung der Messdaten abhängig. Hardware-Komponenten wie Sensoren und Messgeräte müssen regelmäßig getauscht werden. Die zu erwartende Lebensdauer für Server und Software-Schnittstellen beträgt 5 Jahre, für andere Komponenten liegt sie zwischen 10 und 15 Jahren.

Um eine Cash-Flow-Analyse, Amortisations- und Barwertberechnung der Investitionen durchführen zu können, wurden Berechnungstools im Rahmen des Projekts entwickelt, welche Sie auf der Europäischen Toolbox Webpage [www.epcplus.org/energy-service-packages/](http://www.epcplus.org/energy-service-packages/) finden können. Um die Amortisationszeit des Energieverbrauchsmonitoring-Systems abschätzen zu können, kann ein von e7 programmiertes Tool verwendet werden, welches unter <https://e-sieben.shinyapps.io/evm-roj> zur Verfügung steht.

Der Prozess der Implementierung eines GLT-Systems mit EVM-Komponenten beginnt mit der Evaluierung der aktuellen Energiezählerinfrastruktur. In diesem Schritt werden auch die Anforderungen an das GLT-System erhoben. In Abstimmung mit den Facility Managern des Gebäudes wird ein Zeitraum für die regelmäßige Qualitätskontrolle und Auswertung der gesammelten Messdaten erarbeitet.



## 7.6. Verifizierung der Energieeinsparungen

**Hinweis:** Es ist entscheidend, dass die tatsächlich notwendigen Anforderungen an die Komfortparameter (Innenraumtemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftwechselzahl und Anlagenbetriebszeiten) und die Datengrundlage für die Baselineberechnung im Rahmen eines externen Energieaudits **gemeinsam mit dem Kunden** erhoben wird und Teil des Leistungsvertrags ist. Dazu können Standardformulierungen für die Definition von Zielkomfortparameter verwendet werden.

Es ist wichtig, dass die relevanten Kennzahlen der Bezugsperiode gesammelt und protokolliert werden. Diese Daten müssen über die gesamte Laufzeit des Vertrags zugänglich sein. Daher wird ein so genannter „M&V Plan“ aufgesetzt, welcher Detailinformationen zur Installation und der Kalibrierung des erforderlichen Messsystems beinhaltet. Nach der Maßnahmenumsetzung wird ein Funktionalitätscheck durchgeführt. Der Prozess endet mit einem Bericht über die Energie- und Kosteneinsparung.

Folgende Aspekte müssen gemeinsam mit dem Kunden definiert und diskutiert werden:

- Methode zur Verifizierung der erzielten Einsparungen und Detailtiefe der Betrachtung
- Definition der Einflussfaktoren, welche berücksichtigt werden sollen (Änderungen der Nutzungsintensivität des Gebäudes, Auslastungsgrad, klimatische Bedingungen, Änderungen des Anlagenbedarfs, etc.)
- Bandbreite von vernachlässigbaren Einstellungsänderungen (beispielsweise  $\pm 5\%$  Änderungen der Sollwerte für die relativen Luftfeuchtigkeit werden toleriert)
- Es ist im Vorfeld zu klären, wer für die Umsetzung der Maßnahme verantwortlich ist (Facility Manager vor Ort, SPIN Partner, etc.)
- Sämtliche Änderungen der Betriebsparameter müssen elektronisch protokolliert werden (z.B. in Form eines Logbuchs). Ein geeignetes Mittel zur Dokumentation von organisatorischen Maßnahmen stellt eine Eintragung im Logbuch der GLT-Software oder ein Screenshot der Benutzeroberfläche dar.

Nachdem es sich bei der Maßnahme um die Implementierung eines langfristigen Messsystems handelt, kann die Qualität des Maßnahmeneffekts regelmäßig überprüft werden. Dies ist auch insofern ratsam, als dadurch Probleme wie Datenlücken oder fehlerhaften Datenaufzeichnungen unterbunden werden können (wöchentliche oder zumindest monatliche Prüfung der Datenaufzeichnung empfohlen).

Die Option B des International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) sollte für die Berechnung der Energieeinsparung genutzt werden, wobei eine Messung vor Ort vorgesehen ist. Die Systemgrenze stellt das HLK-System dar.

Um die Einsparungen zu verifizieren, sollten folgende Daten zumindest einmal pro Quartal überprüft werden:

- Komfortparameter und Raumtemperaturen (z.B. anhand von Messwerten im Viertelstundenintervall)
- Energieverbrauch von HLK-Anlagen (z.B. anhand eines Lastprofils auf Viertelstundenebene)
- Die Besetzungszahl und Auslastung des Gebäudes
- Aufgezeichnete Änderungen der Betriebsparameter der HLK-Anlagen

- Der Gesamtenergieverbrauch des Gebäudes: Es ist ratsam, eine Plausibilitätsüberprüfung der erreichten Einsparungen gegenüber dem Gesamtenergieverbrauch durchzuführen

Sofern der Einfluss von externen Einflussparametern auf den Energieverbrauch bekannt ist, kann ein vereinfachter M&V Ansatz mit Hilfe des Lastgangs eines Gebäudes gewählt werden. Dazu wird ein Messzeitraum definiert (beispielsweise 2 Monate), in welchem der Strom- oder Wärmelastgang des Gebäudes aufgezeichnet wird. In manchen Ländern kann das Lastprofil auch direkt beim Energieversorger ohne jeglichen Messaufwand bezogen werden (in Österreich ist das beispielsweise ab einem Jahresverbrauch von mehr als 100.000 kWh der Fall). Vor Beginn der Messperiode müssen alle externen Einflussparameter bestimmt werden, von welchen der Energieverbrauch eines Tages abhängig ist. Anschließend sind für jeden Tag im Messzeitraum die identifizierten externen Einflussparameter (z.B. Temperatur, anwesende Personen) zu eruieren.

Nach dem Setzen der Maßnahme wird für denselben Zeitraum der Lastgang beobachtet. Sofern sich die externen Einflussparameter in der Vergleichsperiode geändert haben, ist eine Normierung der jeweiligen Verbrauchswerte erforderlich. Dieser vereinfachte Ansatz ist daher nur dann sinnvoll, wenn die Einflussparameter mit vertretbarem Aufwand eruiert und aufgezeichnet werden können und die Lastgangperioden grundsätzlich vergleichbar sind.



## 8. Austausch bzw. Renovierung von Heizkesseln

### 8.1. Allgemeine Beschreibung

Veraltete und ineffiziente Heizungsanlagen verursachen einen hohen Endenergieverbrauch und tragen aufgrund der Vielzahl von Gebäuden und installierten Anlagen erheblich zu einem zu hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei.

Das nachfolgend skizzierte Modell soll dazu dienen, Gebäudeeigentümer (KMU) zu einer Modernisierung von Heizungsanlagen zu veranlassen, indem eine Einspargarantie (bezogen auf das Niveau der heutigen Beheizungskosten) gegeben wird.

EPC+ „Modernisierung von Heizungsanlagen“ beinhaltet die Modernisierung/Erneuerung bestehender Heizungsanlagen und den effizienten Betrieb. Zu diesem Zweck deckt der Anbieter die gesamte Wertschöpfungskette der Installation (Contracting) ab.



Das Preismodell folgt nicht der gängigen Kalkulation von Contractingprojekten basierend auf der Contractingrate (Investition- und Wartungskosten). In Rechnung gestellt werden 95-97% der bisherigen Kosten für Beheizung. Somit offeriert der Anbieter eine garantierte Energieeinsparung.

Dementsprechend wird eine Baseline definiert (siehe unten), die sowohl die heutigen Kosten der Beheizung als auch den Effizienzgrad berücksichtigt.

### 8.2. Grundvoraussetzungen

Als ersten Vorabcheck, sofern die Messungen für die bestehende Anlage möglich sind, sollten die folgenden Parameter berücksichtigt werden:

- Alter, Modell und Größe der bestehenden Anlage
- Heizlast der Räumlichkeiten, die mit Wärme versorgt werden sollen
- Parameter des Heizsystems (Volumenstrom, Strömungs- und Rückströmungstemperatur)

### 8.3. Anwendungsbereiche

Grundlage des Konzeptes ist die Anlagenmodernisierung. Zwecks Amortisation von Investitionssummen ist eine langfristige Vertragslaufzeit von mind. 10 Jahren erforderlich. Die bestehende Anlage sollte ein Mindestalter von 15 Jahren aufweisen und in einer Verfassung sein, dass die Modernisierung der Anlage ein höheres Effizienzlevel ermöglicht. Darüber hinaus sollte die Anlage auch während der Sommermonate genutzt werden, um ein angemessenes Level an Wärmeversorgung der neuen Anlage zu gewährleisten. Aus diesem Grund sind beispielsweise Wohngebäude mit einer integrierten Warmwasserversorgung eine gute Option.

Insofern bilden die folgenden Parameter die Voraussetzungen für eine erfolgreiche und wirtschaftliche Implementierung:

Zentralheizung

- Alter der Anlage: mind. 15 Jahre
- Anlagen mit geringer Effizienz
- Größe der Anlage: mind. 150 kW
- Energieverbrauch: mind. 180.000 kWh/a

Das Konzept ist nicht geeignet für:

- Kürzlich modernisierte Anlagen
- Anlagen mit hoher Energieeffizienz
- Anlagen, die aufgrund ihrer Größe ein zu geringes absolutes Einsparpotenzial aufweisen.

### 8.4. Kalkulationsmethode

Der Anbieter kalkuliert gemäß dem gängigen Schemata der Energieliefercontracting-Kalkulation und prüft, ob ein Wärmepreis, der 3-5% unterhalb der Baseline (Berechnung siehe unten) liegt, realisierbar ist.

[Siehe Kalkulationstool](#)

Das Tool zeigt die unterschiedlichen Hebel der Wirtschaftlichkeit. Folgende Aspekte wirken sich vorteilhaft auf die Wirtschaftlichkeit aus:

- Schlechter Jahresnutzungsgrad der installierten Anlage
- Einkaufsvorteil im Bereich Energie auf Anbieterseite

Spielraum im Rahmen der Preisgestaltung ergibt sich auf Anbieterseite durch

- Variation der kalkulatorischen Instandsetzungskosten
- Variation der Einspargarantie zwischen z.B. 3-5%

Mittels dieses Konzeptes lassen sich akzeptable Projektrenditen erwirtschaften (Interner Zinsfuß > 10%), wobei festzustellen ist, dass sich eine Vertragslaufzeit von 15 Jahren (ohne Restwertzahlung) gegenüber einer Vertragslaufzeit von 10 Jahren (inkl. Restwertzahlung) positiv auf die Projektrendite auswirkt.

Anmerkung: Steigende Energiepreise führen zu einer Verlängerung der Amortisationszeit.

#### **Wesentlicher Bestandteil ist die Definition der Baseline als Preisobergrenze:**

$$\text{Baseline} = \text{EK}_0 + W + \text{SF} + \text{Ik}$$

$\text{EK}_0$  = Energiekosten Basisjahr (aktueller Energiepreis des Kunden) \* Energieverbrauch (Durchschnitt der letzten drei Jahre)

W = Kosten für Wartung (letztes Jahr)

SF = Kosten für Schornsteinfeger (letztes Jahr)

Ik = kalkulatorische Kosten für Instandhaltung: z.B. 50-90% der anzusetzenden Kosten für Instandhaltung gem. VDI 2077 bezogen auf die Investitionskosten in die neue Anlage

Zum Ende der Grundvertragslaufzeit hat der Kunde die Option die Anlage zu einem Sachzeitwert (Restwert) zu übernehmen und selbst weiter zu betreiben. Der Sachzeitwert orientiert sich an der Abschreibungsdauer von Heizungsanlagen von 15 Jahren und entspricht nach 10 Jahren 1/3 der Investitionssumme. Alternativ wird der Vertrag fortgeführt bis die maximale Vertragslaufzeit von 15 Jahren erreicht ist.

#### **8.4.1. Einsparpotenzial / wesentliche Einflussgrößen**

Das Einsparpotenzial aufgrund der Modernisierung von Heizungsanlagen liegt in etwa bei 15-25% bezogen auf den Energieverbrauch. Die Praxis zeigt, dass es im Rahmen gängiger Energieliefercontractingprojekte schwierig ist, sämtliche Kosten der Wärmelieferung rein aus Energiekosteneinsparungen abzubilden. Zur Realisierung einer Einspargarantie von ca. 3-5% sind folgende Aspekte ausschlaggebend:

- Baseline-Definition: Integration (potenzieller) kalkulatorischer Instandsetzungskosten (Höhe wird je nach Wirtschaftlichkeit des Konzeptes vom Anbieter festgelegt; Variabel: z.B. 50-90% der Investitionskosten in die neue Anlage)
- Restwert (Sachzeitwert) der Anlage nach 10 Jahren

#### **8.4.2. Investitionskosten**

Im Rahmen dieses Konzeptes sind sämtliche Investitionskosten zur Modernisierung der Anlage zu berücksichtigen. Hierbei handelt es um die Kosten für:

- Technische Ausstattung und Material
- Design
- Personelle Ressourcen
- Abbau / Entsorgung der bestehenden Anlage

#### **8.4.3. Laufende Kosten**

Kosten der Wärmelieferung, im Wesentlichen:

- Energiekosten (im Falle das der Anbieter des Contracting auch Energie liefert)
- Wartung / Betrieb / Instandhaltung

Erläuterungen der einzelnen Designparameter findet sich im Kalkulationstool.

### **8.5. Messung, Anpassung der Baseline und Einspargarantie<sup>7</sup>**

Die jährliche Evaluierung (Messung des Brenn-Wirkungsgrades der Anlage) durch den Schornsteinfeger lässt nur eine eingeschränkte Aussage hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und Einsparnutzung der neuen Anlage zu. In diesem Fall können nur die Nutzung des Treibstoffs im Verhältnis zur Verbrennung gemessen und daraufhin verifiziert werden, ob die Werte mit den geltenden rechtlichen Bedingungen einhergehen.

Diese Messung sollte während der Contractinglaufzeit einmal jährlich vom Schornsteinfeger durchgeführt werden.

Einen verlässlichen Wert für die Bestimmung des Effizienzgrades und somit auch der Wirtschaftlichkeit der modernisierten Anlage bietet die Messung der Anlageneffizienz. Die Anlageneffizienz wird direkt kalkuliert mittels der zugeführten oder abgeführten Energieströme bzw. indirekt durch die Bestimmung der insgesamt zugeführten Energie und derer individueller Verluste (Abgasverluste, Leitungs- oder Strahlungsverluste). Der Effizienzgrad der Installation sollte von einem neutralen Experten verifiziert werden.

---

<sup>7</sup> Maßnahmen mit minimalen Aufwand aber dennoch mit einem qualitativen Nachweis für eine solide Modernisierung, samt Garantie (nicht nur reine Installation)