

MERKBLATT MESSKONZEPT FÜR WÄRMEPUMPEN-ANLAGEN

Fachstellen Energie- und Gebäudetechnik (Amt für
Hochbauten) und IGG (Immobilien Stadt Zürich)



Herausgeberin
Stadt Zürich
Amt für Hochbauten
Postfach, 8021 Zürich

Tel. 044 412 11 11
www.stadt-zuerich.ch/beschaffungswesen
www.stadt-zuerich.ch/egt

17. Juni 2020

Redaktionelle Bearbeitung
Stefan Zollinger
Roland Wagner

Layout
Fabian Unold

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|-------------------------------------|-----------|
| 1 | Allgemeines | 4 |
| 1.1 | Allgemeine Grundsätze | 4 |
| | | |
| 2 | Messkonzept | 5 |
| 2.1 | Jahresarbeitszahlen | 5 |
| 2.2 | Messkonzepte nach Anlagengrösse | 6 |
| 2.2.1 | Kompaktwärmepumpenanlagen | 7 |
| 2.2.2 | Grosswärmepumpenanlagen | 8 |
| 2.2.3 | Anlagen zur Wärme- und Kältenutzung | 9 |
| | | |
| 3 | Literaturverzeichnis | 10 |

1 ALLGEMEINES

1.1 Allgemeine Grundsätze

Für die Bauvorhaben des Amtes für Hochbauten (AHB) der Stadt Zürich sind neben den gültigen Gesetzen und Vorschriften die «Empfehlung Gebäudetechnik» der KBOB (Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren) [1], die „Richtlinie Gebäudetechnik – Ergänzungen zur KBOB-Empfehlung Gebäudetechnik“ [2] und die Standards der Eigentümervertreter [3] anzuwenden.

Merkblätter dienen als Arbeitshilfen für das Projektteam und zeigen mögliche vorbildliche, auf die Bedürfnisse abgestimmte Lösungen auf.

Dieses Merkblatt wurden von den Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik (FS EGT) und der Abteilung Gebäudetechnik (IGG) der Immobilien Stadt Zürich erarbeitet und soll bei städtischen Objekten beachtet werden, welche durch das Amt für Hochbauten der Stadt Zürich neu-, umgebaut oder instandgesetzt werden.

2 MESSKONZEPT

2.1 Definition Jahresarbeitszahl

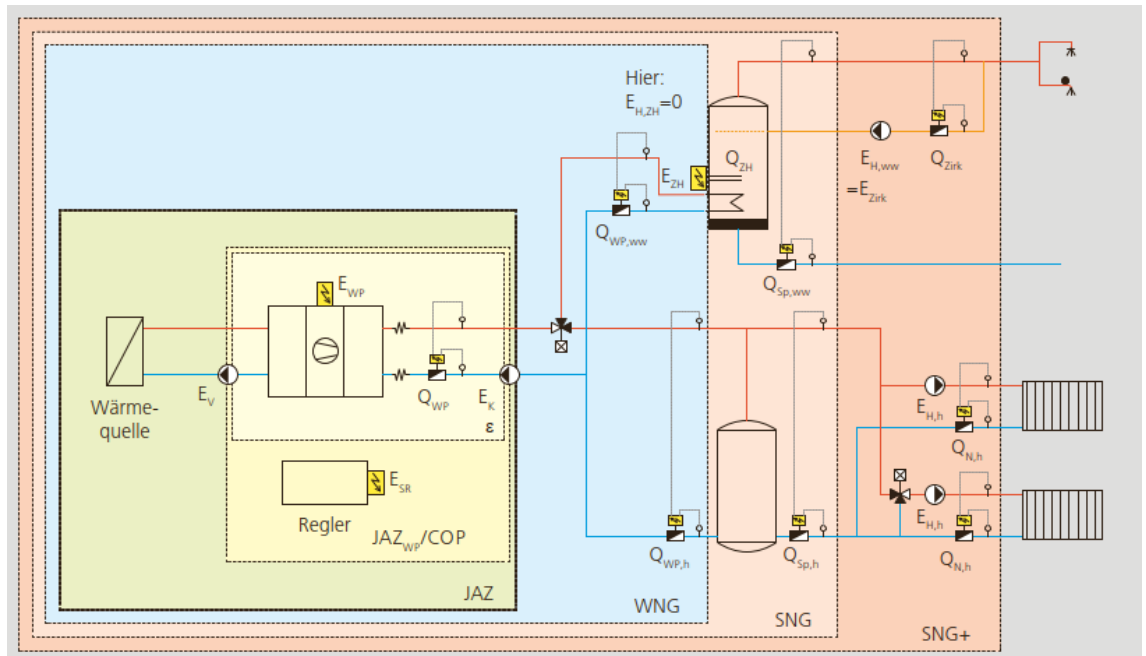
Für Wärmepumpen-Anlagen (WP-Anlagen) existieren verschiedene Kennzahlen zur Definition der Effizienz der Energieumwandlung. Der sog. Coefficient of Performance *COP* gibt nach EN 14511 das Verhältnis der Wärmepumpenleistung (d.h. des am Kondensator abgegebenen Nutzwärmestroms, resp. Kondensatorleistung) und der (elektrischen) Leistung des Antriebverdichters (Kompressor) an. Diese Grösse bildet aber nur die Effizienz des Kompressors in einem bestimmten Betriebspunkt ab. Aus betrieblicher Sicht ist die Effizienz des gesamten Wärmepumpen-Systems, inklusive aller Hilfsbetriebe, über einen bestimmten Zeitraum von z.B. einem Jahr von Bedeutung. Für die Beurteilung der Effizienz existieren je nach Systemgrenze unterschiedliche Grössen, z.B. Seasonal COP *SCOP*, Jahresarbeitszahl *JAZ_{WP}* und *JAZ*, Wärmeerzeugungsnutzungsgrad *WNG* und Systemnutzungsgrad *SNG* bzw. Systemnutzungsgrad Plus *SNG+*, (s. Dott et al., 2018 [4]). Entscheidend ist der Vergleich der Anlageneffizienz unter Betrieb mit den in der Planung angenommenen Parametern. Für die Stadt Zürich ist hier vor allem die Jahresarbeitszahl gemäss Minergie-Nachweis bzw. die Minergie-Berechnung relevant. Die in der Minergie-Berechnung ausgewiesenen Jahresarbeitszahlen werden, sofern keine Standard-Werte verwendet werden, in der Regel mit dem Tool WPEsti (Huber und Stalder, 2018 [5]) berechnet. Damit wird der Energiebedarf in kWh a⁻¹ folgender Komponenten des Wärmepumpensystems berücksichtigt:

- Q_{WP} : produzierte Wärme ab Kondensator
- E_{WP} : Energiebedarf des Kompressors
- E_V : Energiebedarf der Verdampferpumpe
- E_K : Energiebedarf Kondensatorpumpe(n)
- E_{SR} : Energiebedarf für Steuerung und Regulierung
- E_A : Energiebedarf Abtaueinrichtung (falls vorhanden)
- E_C : Energiebedarf der Carterheizung

Die Jahresarbeitszahl ist also gleich

$$JAZ = Q_{WP} / (E_{WP} + E_V + E_K + E_{SR} + E_A + E_C)$$

Zusatzheizungen (z.B. Elektroeinsätze) werden für die Berechnung der JAZ nicht berücksichtigt.



Figur 1: Systemgrenze und Kennzahlen in Wärmepumpenanlagen [4]

2.2 Messkonzepte nach Anlagengrösse

Im Vorprojekt ist ein Messkonzept für die geplante Wärmepumpen-Anlage zu erstellen, in dem die einzuplanenden Messstellen definiert werden, die für eine einheitliche Berechnung der JAZ und anderen Kennzahlen notwendig sind. Die Entscheidung, ob ein Messkonzept umgesetzt wird, erfolgt im Projektteam in Zusammenarbeit mit der Fachstelle EGT des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich. Bei Bauvorhaben im Auftrag der Immobilien Zürich ist die Fachstelle IGG mit in die Entscheidung einzubeziehen. Falls ein Messkonzept realisiert wird, gelten die im folgenden genannten Anforderungen an die zu installierenden Messstellen.

Bei Bauvorhaben im Auftrag der Immobilien Stadt Zürich werden die Messdaten via SPS/GA auf den EDL-Energiemonitor übertragen. Im Energiemonitor erfolgt die Berechnung der JAZ und weiterer Kennzahlen. Die Auswertung der Messstellen bei Bauten anderer Dienstabteilungen kann alternativ auch ohne Übertragung der Messdaten auf ein EDL-Portal erfolgen, z.B. durch manuelles Ablesen und Auswerten der Messstellen. Das Messkonzept muss aber mindestens die Anforderungen von Minergie erfüllen, wenn das Objekt nach Minergie zertifiziert werden soll.

In begründeten Fällen (Kosten, Komplexität) kann auf die Installation einzelner Messstellen verzichtet werden, wenn die Auswertung des Energiebedarfs

der entsprechenden Komponente auf andere einfache Weise möglich ist, z.B. anhand der Betriebsstunden oder plausiblen Schätzungen etc.

Je nach Grösse und Komplexität der Wärme- oder Kälteerzeugungsanlage werden unterschiedliche Messanforderungen gestellt. Es wird zwischen Kompakt- sowie Grosswärmepumpenanlagen bzw. Kombianlagen Kälte/Wärme unterschieden. Unter Grosswärmepumpenanlagen werden hier Anlagen verstanden, deren hydraulische Einbindung, Steuerung und Regulierung durch entsprechende Fachpersonen geplant wird. Dies sind hier Anlagen mit einer Heizleistung von typischerweise ca. 100 kW.

Auf den Einsatz von Elektroeinsätzen zur unterstützenden Schnellerwärmung z.B. des TWW-Speichers soll ausser in gut begründeten Ausnahmefällen grundsätzlich verzichtet werden. Der Betrieb von Elektroeinsätzen bei Ausfall der Wärmepumpe soll durch einen Alarm angezeigt werden. Der Energiebedarf von Elektroeinsätzen wird nicht gemessen, ausser eine zusätzliche elektrische Nachwärmung ist in begründeten Ausnahmefällen Teil des Energiekonzeptes.

2.2.1 Kompaktwärmepumpenanlage

Hierbei handelt es sich um Anlagen, bei denen meistens alle für den Betrieb erforderlichen Komponenten wie Solepumpe, Heizungspumpe, etc., in der Wärmepumpe integriert sind. Die Ladung externer Speicher (TWW oder technischer Speicher) und evtl. die Steuerung von Heizungsgruppen erfolgt idealerweise über die integrierte Steuerung der Wärmepumpe.

Bei Kompaktwärmepumpenanlagen müssen folgende Messstellen vorgesehen werden:

- Wärmemessung ab WP (Q_{WP})
- Eine Elektromessung für Verdichter und alle Hilfsbetriebe (z.B. externer Werkzähler)
($E_{WP} + E_V + E_K + E_{SR} + E_A + E_C$)
- Bei mehreren Wärmepumpen kann nach Rücksprache mit dem Projektteam die Messung für jede einzelne Maschine separat erfolgen.

Weitere Messstellen für die Überwachung der Anlage:

- Betriebsstunden und Starts jeder einzelnen Wärmepumpe
- Bei Erdwärmesonden die minimale und maximale Vor- und Rücklauf-temperatur (Verdampfer-Eintrittstemperatur resp. -Austrittstemperatur) im Betrieb pro Jahr (d.h. Minimalanforderung SIA 384/6:2020, oder Trendaufzeichnung bei Aufschaltung auf ein EDL-Portal)

Das Anlagenbild der Wärmepumpe kann, falls vorhanden, über einen externen Zugriff auf das Gebäudeleitsystem der IMMO verlinkt werden.

2.2.2 Grosswärmepumpenanlagen

Bei diesen Anlagen handelt es sich um Maschinen, die für die speziellen Anforderungen des Projektes entwickelt wurden (Anlagenbau in Industrie-Qualität), oder um handelsübliche Standard-Wärmepumpen grösserer Leistung ($\dot{q}_{WP} > \text{ca. } 100 \text{ kW}$) mit externen Pumpen etc.

Die Wärmepumpe ist mit allen wesentlichen Komponenten auf der Gebäudeautomation direkt visualisiert.

Bei Grosswärmepumpenanlagen müssen pro Wärmepumpe folgende Messstellen vorgesehen werden:

- Wärmemessung ab WP (Q_{WP})
- Elektromessung für Verdichter (E_{WP})
- Elektromessung aller Hilfsbetriebe pro Wärmepumpe ($E_V + E_K + E_{SR} + E_A + E_C$, Messungen können ab SGK zusammengefasst werden)

Bei Anlagen mit zusätzlichem Energieaufwand für die Förderung von Umweltenergie (z.B. Grundwasserpumpen, Solepumpen, Luft-Wärmetauscher) wird empfohlen, diese separat zu messen. Der Entscheid wird im Projektteam getroffen.

Weitere Messstellen für die Überwachung der Anlage:

- Betriebsstunden und Starts jeder einzelnen Wärmepumpe
- Modulationssignal bei Verwendung FU-geregelter Kompressoren
- Bei Erdwärmesonden die minimale und maximale Vor- und Rücklauftemperatur (Verdampfer-Eintrittstemperatur resp. Austrittstemperatur) im Betrieb pro Jahr (d.h. Minimalanforderung SIA 384/6:2020, oder Trendaufzeichnung bei Aufschaltung auf ein EDL-Portal)

Bei Erdwärmesondenanlagen, die auch zur Kühlung genutzt werden (aktive Regeneration), ist Wärmeeintrag und Wärmeentzug entweder separat zu messen oder der Heiz- resp. Kühlbetrieb über das Vorzeichen der Messung eindeutig zu identifizieren.

In Grundwasserfassungen müssen Grundwasser-Temperatur und –Spiegel über die Gebäudeautomation erfasst und gemäss Auflage des AWEL jährlich rapportiert werden. Bei IMMO-Projekten wird das Reporting automatisiert auf dem EDL-Energiemonitor erstellt.

2.2.3 Anlagen zur Wärme- und Kältenutzung

Bei Kombianlagen Kälte/Wärme müssen folgende Messstellen vorgesehen werden:

- Wärmemessung ab WP ($Q_{WP,Kondensator}$) (Nutzenergie)
- Kältemessung ab WP ($Q_{WP,Verdampfer}$) (Nutzenergie)
- Elektromessung für Verdichter (E_{WP})
- Elektromessung für Hilfsbetriebe ($E_V + E_K + E_{SR} + E_A + E_C$)

Bei Anlagen mit zusätzlichem Energieaufwand für die Förderung von Umweltenergie (z.B. Grundwasserpumpen, Solepumpen) wird empfohlen, diese separat zu messen. Entscheid im Projektteam.

Weitere Messstellen für die Überwachung der Anlage:

- Betriebsstunden und Starts jeder einzelnen Wärmepumpe/Kältemaschine
- Signal WP-, KM-Betrieb
- Modulationssignal bei Verwendung FU-geregelter Kompressoren

Bei Erdwärmesonden die minimale und maximale Vor- und Rücklauftemperatur (Verdampfer-Eintrittstemperatur resp. Austrittstemperatur) im Betrieb pro Jahr (d.h. Minimalanforderung SIA 384/6:2020, oder Trendaufzeichnung bei Aufschaltung auf ein EDL-Portal)

Bei Erdwärmesondenanlagen, die auch zur Kühlung genutzt werden (aktive Regeneration), ist Wärmeeintrag und Wärmeentzug entweder separat zu messen oder der Heiz- resp. Kühlbetrieb über das Vorzeichen der Messung eindeutig zu identifizieren.

In Grundwasserfassungen müssen Grundwasser-Temperatur und –Spiegel über das Leitsystem erfasst und gemäss Auflage des AWEL jährlich rapportiert werden. Bei IMMO-Projekten wird das Reporting automatisiert auf dem EDL-Energiemonitor erstellt.

3 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] KBOB Empfehlung Gebäudetechnik, Stand 2014
www.kbob.ch
- [2] Richtlinie Gebäudetechnik, Ergänzung zur KBOB Empfehlung Gebäudetechnik, Stand 26. August 2015
www.stadt-zuerich.ch/egt
- [3] Standards Eigentümerversprecher
www.stadt-zuerich.ch/egt
- [4] Dott, R., Genkinger, A., Kobler, R., Alimpic, Z., Hubacher, P., und Afjei, T., 2018, *Wärmepumpen – Planung, Optimierung, Betrieb und Wartung*, 5. vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage, Faktor Verlag, Zürich
- [5] Huber, A., und Stalder, S., 2018, *Rechenmodell WPEsti, Handbuch mit Beispielen, Version 8.3*, im Auftrag von EWZ, Energieinstitut Vorarlberg, AWEL, FWS, Verein Minergie