

Bericht Heizleistungsmessung Kanton Gülden-Stadt, Schule Lindenhof

Ausgangslage

Ziel dieser Messung ist es den Wärmebedarf bei der Norm-Aussentemperatur von $-9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu erfassen und objektspezifische Anomalien im Energieverbrauch zu erkennen und zu interpretieren. Die Berechnung des Wärmebedarfs basiert dabei auf dem Vorgehen der SIA 384/1:2022, Ziffer 4.3.7.

- Auftraggeberin: Kanton Gülden-Stadt
- Projektbegleitung (originate): Simon Kogler
- Objekt: Schule Lindenhof
- Messzeitraum: 43 Tage; Mi, 20. Dez. 2023 bis Do, 01. Feb. 2024
- Leistungszuschlag für evtl. wegfallende solare Erträge: 15.0 %
- Gewählte Mittelwertbildung aufgrund der thermischen Eigenschaften, verfügbaren Speichern und angeschlossenen Systemen: 24 h

Systemeigenschaften

- Thermische Eigenschaften des Objekts: schwer, wenig innenliegende Isolation
- Heizwert Gas: 37040 kJ/Nm^3
- Brennereffizienz (bezogen auf Heizwert): 90.0 %
- Aktuell installierte Heizleistung: 482 kW

Zusammenfassung

Der Wärmebedarf des Objekts bei einer Aussentemperatur von -9.0 °C (Norm-Aussentemperatur für das Objekt) beträgt 149.9 kW (inkl. Leistungszuschlag Solar*). Die aufgenommenen Daten zeigen keine groben Unregelmässigkeiten. Verbleiben Nutzung, Wärmeabgabesystem und Wärmedämmung unverändert, kann die gemessene Norm-Heizleistung für die Dimensionierung des neuen Wärmeerzeugers verwendet werden. Die folgende Tabelle zeigt die Steigung der gemessenen Leistungskennlinie anhand der Leistung bei einer Aussentemperatur von 15 °C , -3 °C und -9.0 °C .

Temperatur [°C]	Leistung [kW]
15.0	36.3
-3.0	106.8
-9.0	130.3

Tab. 1: Thermische Leistung in Abhängigkeit der Aussentemperatur

Die mittlere Leistung über die gesamte Messkampagne betrug 81.2 kW ; Die Messung dauerte insgesamt 43 Tage und an 27 Tagen war die durchschnittliche Aussentemperatur unter 5 °C .

* pauschaler Leistungszuschlag von 15% für eventuell wegfallende solare Erträge

Aussentemperatur-Leistung-Diagramm, mit Leistungskennlinie

In der Graphik unten wird die Leistung (24-h-Mittelwerte) in Bezug zur Aussentemperatur dargestellt. Im ersten Schritt werden die Daten in zwei Gruppen unterteilt, damit reduzierte Betriebspunkte nicht für die Leistungskennlinie verwendet werden. Danach wird durch die höheren Leistungen die Leistungskennlinie gelegt. Dank dieser kann die benötigte Leistung bei Norm-Aussentemperatur interpoliert werden.

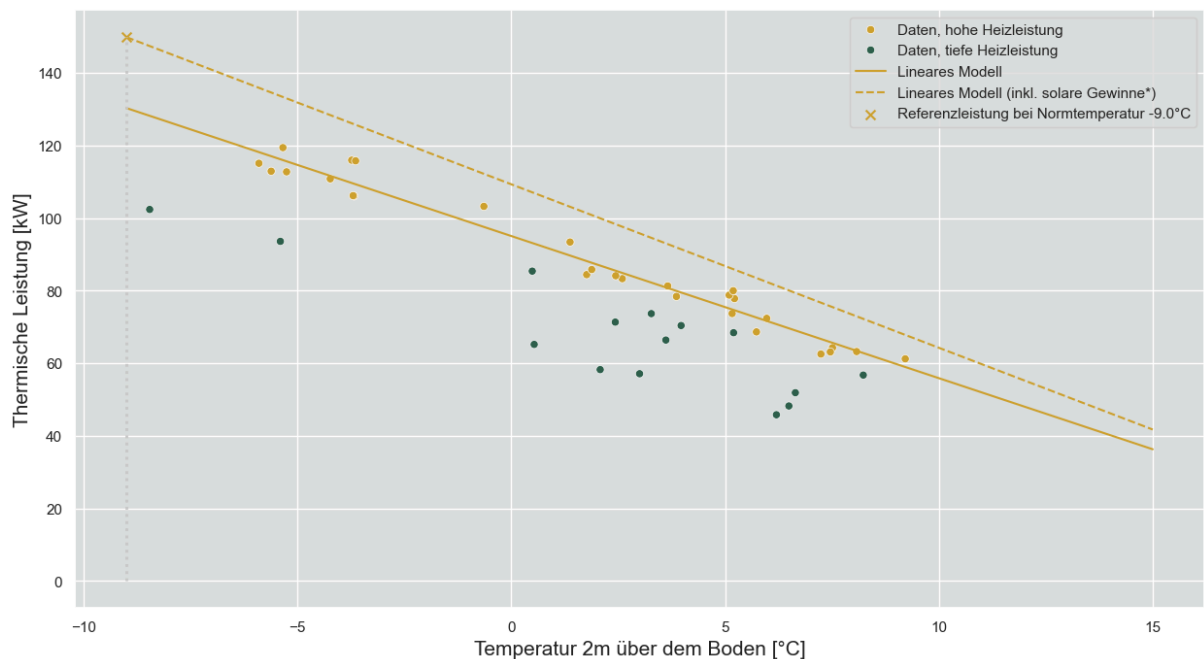


Fig. 1: Leistungskennlinie Schule Lindenhof

* pauschaler Leistungszuschlag von 15% für eventuell wegfallende solare Erträge durch die Fensterflächen

Verlauf der Aussentemperatur und der Leistung über die Zeit

In der Graphik unten ist der zeitliche Verlauf der Aussentemperatur und der Leistung (24-h-Mittelwerte) dargestellt. Im Normalfall entsprechen tiefe Temperaturen hohen Leistungen und umgekehrt. Abweichungen dieser Regel weisen auf mögliche Probleme hin.

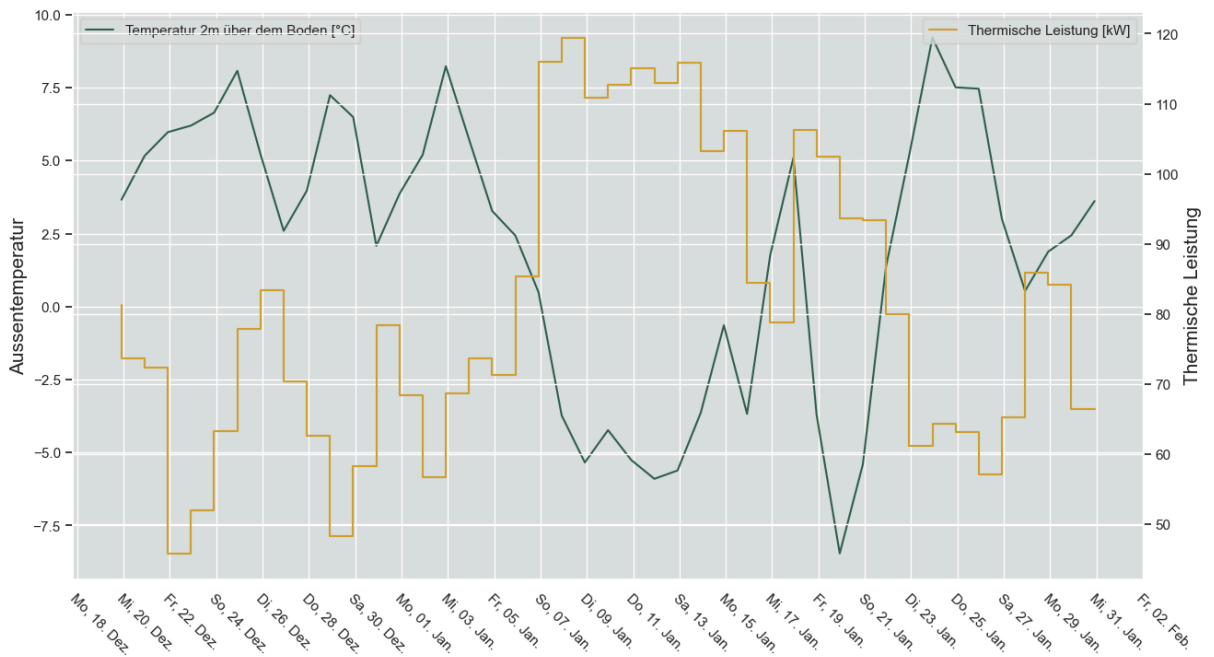


Fig. 2: Zeitlicher Verlauf von Aussentemperatur und thermischer Leistung

Rasterdiagramm der Leistung

Im Rasterdiagramm unten ist Leistung über die gesamte Messkampagne in 1-h-Intervallen dargestellt. Diese Darstellung hilft zu prüfen, ob der Verbrauch gut an die Nutzung angepasst ist. Darüber finden sich für jeden Tag mittlere Aussentemperatur und solare Globalstrahlung (direkte + indirekte Solarstrahlung).

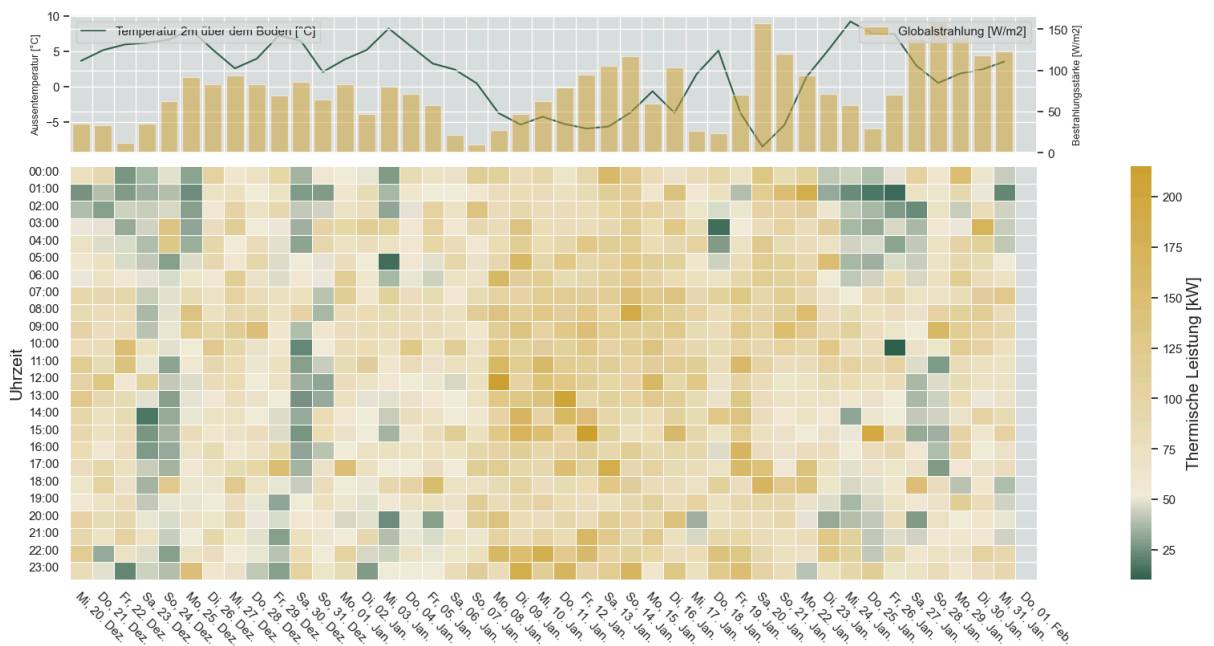


Fig. 3: Heatmap der thermischen Leistung in 1-h-Intervallen, darüber Tagesmittelwerte für Aussentemperatur und Solare Einstrahlung

Untersuchtes Heizsystem

Das System besteht aus einem Gas-Öl-Kombikessel, der Warmwasser erzeugt und Hauptgebäude, Neubau und Turnhallen beheizt. Als Brennstoff wird heute aber nur noch Gas verwendet. Abgegeben wird die Wärme im Hauptgebäude über Radiatoren, in den anderen Objekten über Flächenheizungen. Zusätzlich wird die Luftaufbereitung der Lüftung durch die untersuchte Heizung mit Wärme versorgt.

Schematische Darstellung

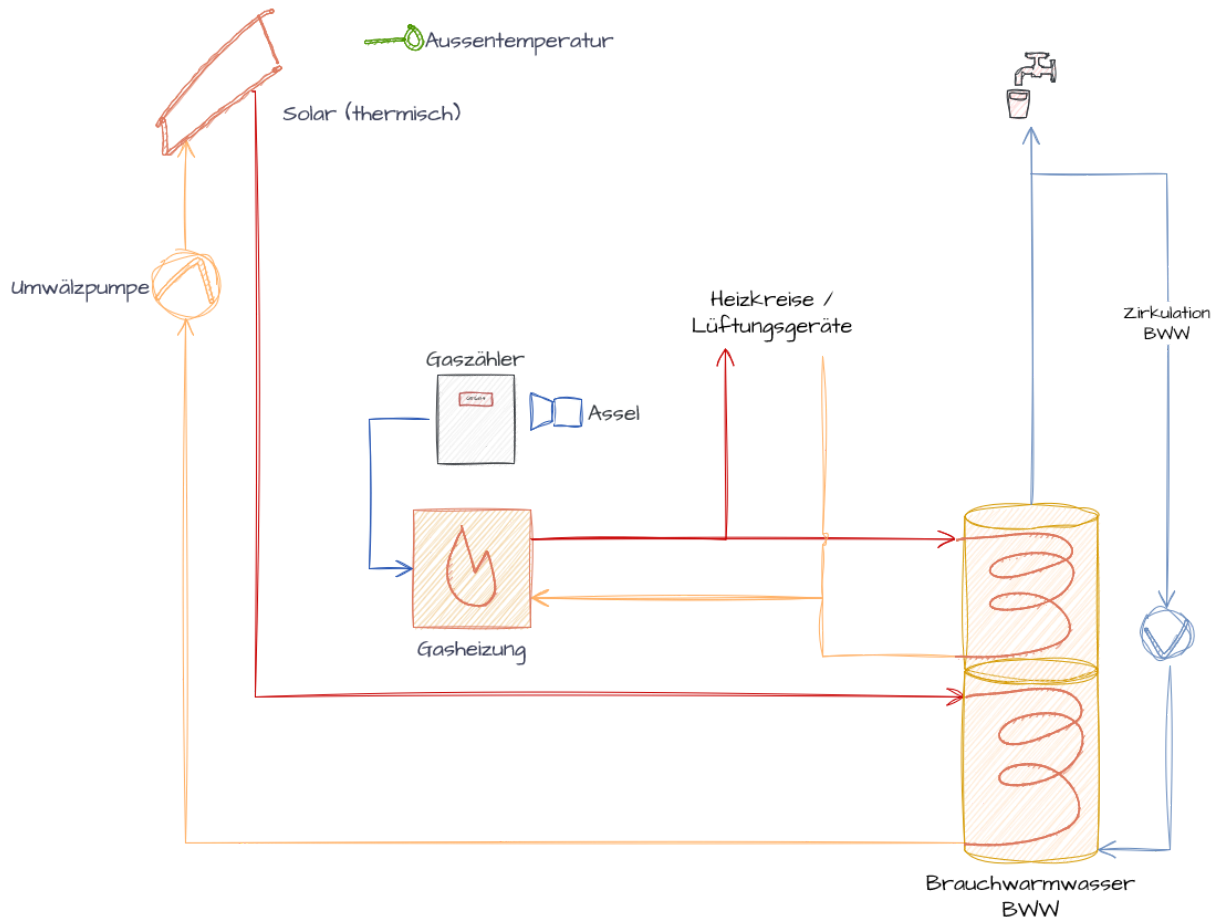


Abb. 1: Schema Untersuchtes System

Interpretation der Daten

Das Gebäude scheint teilweise nutzungsorientiert betrieben zu werden. Sichtbar wird dies durch den verminderten Wärmebedarf während des Wochenendes. Trotzdem gibt es auch ausserhalb der Nutzungszeiten wiederholt Leistungspeaks, für die keine offensichtliche Erklärung besteht. Für die Planungssicherheit ist es wertvoll, auch diese Leistungsspitzen zuordnen zu können, eventuell ergibt sich daraus auch noch Optimierungspotenzial für den aktuellen Betrieb.

Empfehlung weiteres Vorgehen

Die aufgenommenen Daten könnten gemeinsam mit der Fachperson, die das Wärmekonzept erstellt hat, untersucht werden. Eventuell lassen sich die Anomalien anhand der speziellen Kombination aus Altbau, Neubau, Turnhalle und der jeweiligen Nutzungszeiten erklären. Aufgrund der Systemkomplexität würden wir als nächsten Schritt ausserdem empfehlen, den Wärmebedarf der Lüftungen, der Warmwasser-Zirkulation und des Warmwasser-Bezugs zu untersuchen.

Anhang

Im Anhang wird auf das genaue Vorgehen für den vorliegenden Bericht eingegangen. Die Berechnungsgrundlage als auch alle Zwischenresultate werden offengelegt.

Messmethode und Messaufbau

Die abgegebene Leistung der Gasheizung wird durch Auslesen des Zählerstandes berechnet. Aus der Veränderung des Zählerstandes kann der Volumenfluss in m^3/h berechnet werden. Mit zusätzlichen Informationen zur Brennereffizienz, dem Umgebungsdruck sowie zu Druck, Temperatur und Heizwert des Gases kann die abgegebene Leistung berechnet werden. Der Zählerstand wird dabei mittels einer vor dem Zähler installierten Kamera ermittelt (siehe Bild).



Abb. 2: Messaufbau Kamera Gaszähler

Aufgenommene Daten

In der Messkampagne wurden Viertelstundenwerte des Zählerstandes aufgenommen, anhand derer jeweils der Wärmebedarf des Gebäudes berechnet wird. Zusätzlich wurden Aussentemperatur, globale Solarstrahlung und Niederschläge für den Messstandort Lindenstrasse 15, 4242 Gölten als Stundenwerte aufgezeichnet.

Die mittlere Leistung über die gesamte Messkampagne war 81.2 kW; Die Messung dauerte insgesamt 43 Tage und an 27 Tagen war die durchschnittliche Aussentemperatur unter 5°C.

Plausibilisierung der Daten

Das Merkblatt "[Ermittlung der Wärmeerzeugerleistung](https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/2781)" (<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/2781>) schlägt unter 3.4 die spezifische Heizleistung für die Plausibilisierung vor. Sie errechnet sich aus der Norm-Heizlast dividiert durch die Energiebezugsfläche. Die folgende Tabelle aus genanntem Merkblatt beschreibt die Erwartungswerte.

Gebäudetyp	Kontrollwert
Bestehende, schlecht wärmegeämmte Dienstleistungsbauten	60 W/m ² - 80 W/m ²
Bestehende, schlecht wärmegeämmte Wohnhäuser	50 W/m ² - 70 W/m ²
Bestehende, gut wärmegeämmte Wohnhäuser	40 W/m ² - 50 W/m ²
Neubauten gemäss heutigen Vorschriften	25 W/m ² - 40 W/m ²
Minergie-Gebäude	20 W/m ² - 30 W/m ²
Minergie-P-Gebäude	8 W/m ² - 20 W/m ²

Tab. 2: Plausibilisierungstabelle - Merkblatt Ermittlung der Wärmeerzeugerleistung

Hinweis: Die hier ausgewiesene spezifische Heizlast ist grob abgeschätzt und dient nur der Plausibilisierung.

Die Energiebezugsfläche im vorliegenden Objekt beträgt 4500 m². Sie wurde im vorliegenden Projekt basierend auf Geoinformationsdaten von map.geo.admin.ch (<https://map.geo.admin.ch>) abgeschätzt. Die gemessene spezifische Heizleistung beträgt folge dessen:

$$\frac{\text{Norm-Heizlast}}{\text{Energiebezugsfläche}} = \frac{149891 \text{ W}}{4500 \text{ m}^2} = 33 \text{ W/m}^2$$

Die gemessene spezifische Heizleistung entspricht damit dem erwarteten Bereich.

Vorgehen Abgegebene Wärmemenge

Die abgegebene Wärmemenge wird wie folgt berechnet: $Q_{out} = V_n \times H \times \eta$. Dabei ist V_n der Gas-Normvolumenstrom, H der Heizwert des Gases, und η die Brennereffizienz.

Heizwert Gas

Der aktuelle Heizwert des am untersuchten Anschluss verwendeten Gases wird von der regionalen Gasgesellschaft gemessen und wird dort regelmässig angefragt.

Normvolumenstrom

Der Normvolumenstrom (\dot{V}_n) wird aus dem gemessenen Gasvolumenstrom (\dot{V}_b) und der Zustandszahl (z) berechnet ($\dot{V}_n = \dot{V}_b \times z$). Die Zustandszahl setzt sich aus Temperatur und Druckverhältnissen des Gases zusammen und wird wie folgt berechnet:

$$z = \frac{273.15 \text{ K}}{T_{\text{Gas}}} \times \left(\frac{p_{\text{amb}} + p_{\text{eff}}}{1013.25 \text{ mbar}} \right)$$

dabei ist T_{Gas} die Gastemperatur in Kelvin, p_{amb} der Umgebungsdruck in Millibar, und p_{eff} der Eingangsdruck des Gases am Gaszähler.

Gastemperatur

Da während den Messungen zum Heizungsersatz aufgrund des hohen Heizwärmebedarfs von einem hohen Gasdurchfluss auszugehen ist, wird angenommen, dass das Gas nicht genügend Zeit hat sich im warmen Kellerbereich signifikant zu erhitzen. Deshalb wird die ungefähre Bodentemperatur am Messort als Gastemperatur eingesetzt. Diese wird während dem Messzeitraum auf 5 °C geschätzt

Umgebungsdruck

Der Umgebungsdruck gehört zu den Meteodaten, die während der Messdauer für den Messstandort aufgezeichnet werden (Bereitgestellt werden die Daten von Meteotest, Bern).

Eingangsdruck am Gaszähler

Beim Eingangsdruck am Gaszähler handelt es sich um den Überdruck im Gasnetz vor dem Gaszähler gegenüber dem Umgebungsdruck. Dank dieses Überdruckes fließt das Gas zu den Verbrauchenden. Der Eingangsdruck wird durch die Höhe des Anschlusses oder über die eingesetzte Druckreduktion bestimmt und ist real von verschiedenen Faktoren abhängig. Er wird von der lokalen Gasversorgerin erfragt und liegt üblicherweise im Bereich von 10-50 mbar.

Brennereffizienz

Es gibt drei Wege die Brennereffizienz zu erhalten:

1. Anhand der technischen Daten der Heizung und dem Wärmeabgabesystem (Fussbodenheizung / Radiatoren)
2. Anhand der technischen Daten der Heizung und der Rücklauftemperaturen der Heizkreise bei kalten Aussentemperaturen
3. Aus einer Rauchgasmessung im Rahmen eines Brennerservices (ETA > häufig in Bezug auf den Heizwert)

Die Brennereffizienz wird im vorliegenden Fall mit der 1. Methode abgeschätzt. Daraus resultiert ein Wert von 90.0 % bezogen auf den Heizwert.

Vorgehen Norm-Aussentemperatur (nach SIA384/2:2020)

Die Norm-Aussentemperatur $\theta_{e,0}$ berechnet sich unter Berücksichtigung von Höhenunterschieden zwischen Gebäuden und wird auf 1 K gerundet. Als Standard wird der Wert nach SIA 2028 als $\theta_{e,clm}$ genommen. Liegt der Gebäudestandort höher als die massgebende Klimastation, erfolgt eine Anpassung um den Temperaturgradienten $G_\theta = -0,005 \text{ K pro Meter}$. Ist der Gebäudestandort tiefer, findet keine Anpassung statt.

$$\theta_{e,0} = \theta_{e,clm} + G_\theta \times (h_s - h_{clm}) + \Delta\theta_{e,\tau}$$

wobei:

- $\theta_{e,0}$: Norm-Aussentemperatur in °C
- $\theta_{e,clm}$: Standard-Aussentemperatur nach SIA 2028, Ziffer 3.5, in °C
- G_θ : Temperaturgradient, -0,005 K/m
- h_s : Höhe des Gebäudes, gemessen ab Nullniveau, in m.ü.M.
- h_{clm} : Höhe der relevanten Klimastation nach SIA 2028, in m.ü.M.
- $\Delta\theta_{e,\tau}$: Temperaturkorrektur gemäss Kapitel 5, in K

Temperaturkorrektur

Die SIA 384-2:2020 beinhaltet in Ziffer 5.2 eine Methode zur vereinfachten Ermittlung der Temperaturkorrektur für die Norm-Aussentemperatur. Diese basiert auf einfachen Kriterien zur Beurteilung der Gebäudeträgheit.

Bauweise	Beispiele	$\Delta\theta_{e,t}$
schwer	<ul style="list-style-type: none"> - Plattenbelag oder Belag mit hoher Wärmeleitfähigkeit auf Zement- oder Anhydritestrich (≥ 6 cm). - Massivbau (Stahlbeton, Mauerwerk) mit aufliegender Wärmedämmung, Fensteranteil $< 50\%$. - Innenwände und Decken hauptsächlich aus Stahlbeton. 	0 K
mittel	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenbeläge mit geringerem Wärmedurchlasswiderstand. - Verkleidungen aus Gips(karton) mit min. 25mm Dicke. - Deckenverkleidung aus Gips(karton) mit min. 25mm Dicke, 80% freiliegend. 	-1 K
leicht	<ul style="list-style-type: none"> - Massivholz- und Teppichbeläge. - Dünne Holzwerkstoffplatten, Holztäfer, Akustikplatten. - Ähnliche Innenwände wie Außenwände. 	-2 K
sehr leicht	Industrie-Stahlbau	-3 K

Tab. 3: Ermittlung der Temperaturkorrektur für die Norm-Aussentemperatur

Das untersuchte Objekt "Schule Lindenhof" wird wie folgt eingeschätzt: "schwer, wenig innenliegende Isolation", entsprechend wird mit einer Temperaturkorrektur von 0 °C gearbeitet.

Berechnung Norm-Aussentemperatur

Für die Adresse Lindenstrasse 15, 4242 Gölten ist die relevante Klimastation St. Gallen (STG). Die Referenz-Norm-Aussentemperatur beträgt dort -9 °C.

Das Objekt liegt tiefer als die Klimastation, dadurch entfällt die Höhenkorrektur.

Wird die Temperaturkorrektur von 0 °C abgezogen, ergibt sich für das Objekt eine Norm-Aussentemperatur von -9.0 °C.

$$\theta_{e,0} = \theta_{e,clm} + G_\theta \times \max(0, h_s - h_{clm}) + \Delta\theta_e$$

$$\theta_{e,0} = -9^\circ C + 0.005K/m \times \max(0, 670m - 779m) + 0K = -9.0^\circ C$$

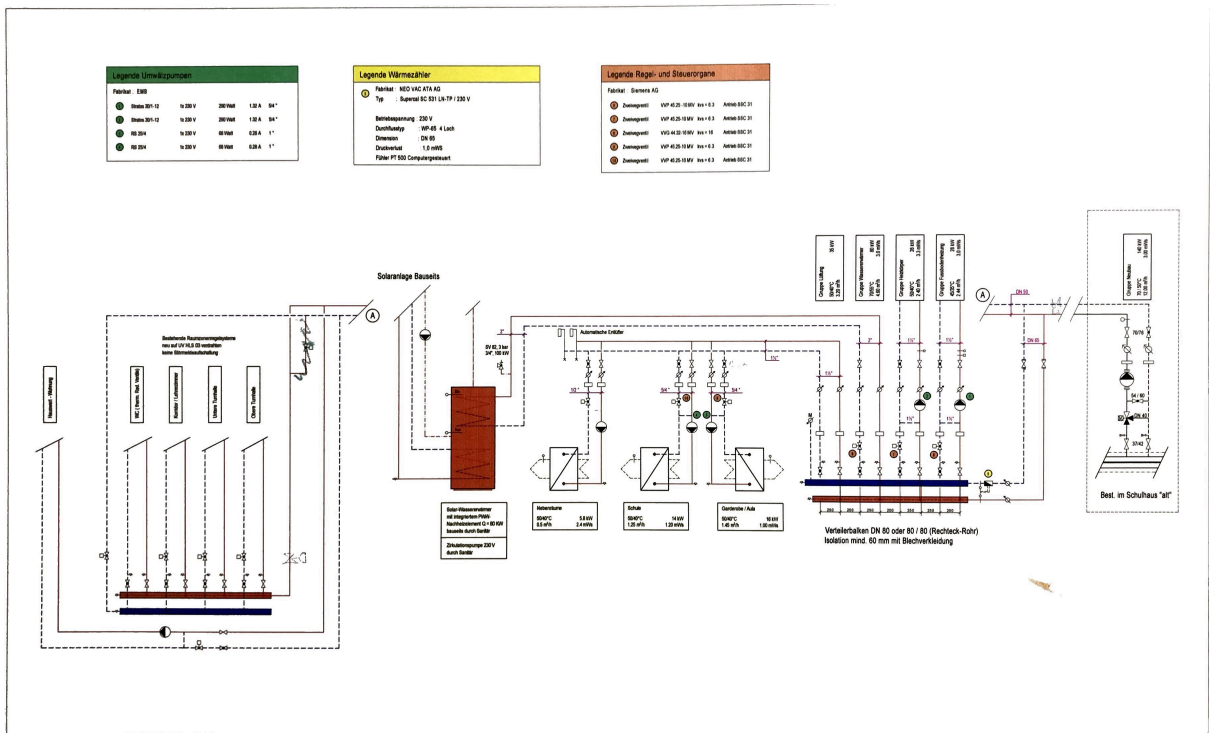


Abb. 4: Schema Wandbild

Bericht exportiert am: Mi, 05. Jun., 14:57



originale.ch/neueheizung

unterstützt durch

