

Rechnerische Ermittlung des Wärmespeichervermögens von Natursteinheizungen der Fa. Thermostone

Auftraggeber **Thermostone GmbH**

Bahnhof Triesdorf Ost 34

D- 91732 Merkendorf

Ansprechpartner:

Herr A. Sidiropoulos



Ausführende **Technische Universität Dresden**

Stelle

Institut für Energietechnik

Helmholtzstraße 14

D - 01062 Dresden

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. L. Schinke



Bearbeiter Dipl.-Ing. L. Schinke

Dipl.-Ing. M. Beyer

Datum 06.06.2024

Inhalt

1	Aufgabenstellung	3
2	Grundlagen und Randbedingungen.....	4
2.1	Berechnungsgrundlage.....	4
2.2	Randbedingungen	4
3	Ergebnisse	6
4	Literaturverzeichnis	8
5	Symbolverzeichnis	9
	Zusammenfassung	10

1 Aufgabenstellung

Die Fa. Thermostone GmbH ist ein innovativer Hersteller von elektrischen Natursteinheizungen. Die gute Eigenschaft des Gesteins als Wärmespeicher kann für die Funktionsweise des Heizsystems hilfreich sein. Daher soll im Rahmen einer rechnerischen Analyse das Wärmespeichervermögen für drei verschiedene Gesteinsarten für die Produkte der Fa. Thermostone ermittelt werden.

2 Grundlagen und Randbedingungen

2.1 Berechnungsgrundlage

Die Grundlagen für die Berechnung sind beispielweise in [1] zu finden. Für die Bestimmung der Wärmemenge (Wärmespeichervermögen) Q wird folgende Gleichung verwendet

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Dabei findet die Masse des Systems m , die spezifische Wärmekapazität c_p sowie die Temperaturdifferenz zwischen zwei Systemzuständen Berücksichtigung.

Die Masse des Systems m kann bei Kenntnis der geometrischen Abmessungen (Länge L , Breite B , Höhe H) über das Volumen V und die Dichte ρ ermittelt werden.

$$m = \rho \cdot V \quad \text{mit} \quad V = L \cdot H \cdot B$$

Die spezifische Wärmekapazität c_p ist eine Stoffgröße und kann verschiedenen Quellen entnommen werden.

2.2 Randbedingungen

Für die Berechnung werden folgende Randbedingungen bzw. Annahmen getroffen:

- Die Umgebungstemperatur und somit das Bezugstemperaturniveau für das Wärmespeichervermögen entspricht $\vartheta_U = 20^\circ\text{C}$
- Für die Berechnung wird von einer einheitlichen Gesteinstemperatur $\vartheta_S = 90^\circ\text{C}$ von ausgegangen.
- Auf Grund der konstruktiven Maßnahmen bzw. Berücksichtigung der elektrischen Heizelemente inkl. Anschluss und Regelung wird seitens der Fa. Thermostone angegeben, dass diese ca. 5% des Volumens der Natursteinheizung einnehmen. Daher werden bei der Berechnung der Masse der Natursteinheizung die verbleibenden 95% des Volumens berücksichtigt.
- Die Werte für die benötigten Stoffdaten (Dichte und spezifische Wärmekapazität) werden aus Datenblättern oder Quellen für die Berechnung wie in Tabelle 1 dargestellt entnommen.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Stoffdaten

	Wert	Quelle / Bemerkung
Marmor		
Dichte	2840 kg/m ³	[2], Prüfbericht seitens Thermostone zur Verfügung gestellt
spez. Wärmekapazität	890 J/(kg K)	[3], Angabe von: 860-920 J/(kg K) → Verwendung des Mittelwertes
Speckstein		
Dichte	2750 kg/m ³	[4]
spez. Wärmekapazität	980 J/(kg K)	[4]
Kalkstein		
Dichte	2462 kg/m ³	[5], Prüfbericht seitens Thermostone zur Verfügung gestellt
spez. Wärmekapazität	900 J/(kg K)	[3], Angabe von: 800-1000 J/(kg K) → Verwendung des Mittelwertes

Es ist anzumerken, dass es sich hier bei der Berechnung um das Wärmespeichervermögen der Natursteinheizung bei den definierten Randbedingungen handelt. Aussagen zu dynamischen Effekten bzw. Auskühlverhalten (zeitliche Verteilung der Wärmeabgabe in den Raum) können hiermit nicht getroffen werden.

3 Ergebnisse

Mit der oben beschriebenen Berechnung und unter Berücksichtigung der Annahmen und Randbedingungen ergeben sich für die verschiedenen Größen der Natursteinheizungen der Fa. Thermostone nachfolgende Wärmespeichervermögen bei einer Raumtemperatur von 20°C und einer mittleren Gesteinstemperatur von 90°C.

Die Tabelle 2 fasst die Ergebnisse für die Gesteinsart Marmor zusammen.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Berechnungen für die Gesteinsart Marmor

Naturstein- heizung	Länge mm	Breite mm	Höhe mm	Wärmemenge / Wärmespeichervermögen	
				kj	kWh
MH 17	1350	600	30	4084,5	1,13
MH 15	1250	600	30	3781,9	1,05
MH 12	1000	600	30	3025,5	0,84
MH 9	1000	500	30	2521,3	0,70
MH 7	1000	400	30	2017,0	0,56
MH 4	600	400	30	1210,2	0,34

Es ist wie zu erwarten erkennbar, dass die größeren Natursteinheizungen eine größere Masse und somit auch ein größeres Wärmespeichervermögen haben als die kleineren Modelle. Berücksichtigt man die Schwankungsbreite bei der Angabe der spezifischen Wärmekapazität in [3], so ergeben sich Abweichungen von maximal ca. 4% des Wärmespeichervermögens zum zu Grunde gelegten Mittelwert.

Die Tabelle 3 fasst die Ergebnisse für die Gesteinsart Speckstein zusammen. Auch hier zeigt sich der gleiche Sachverhalt hinsichtlich der Größe der Natursteinheizung wie bei der Gesteinsart Marmor.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Berechnungen für die Gesteinsart Speckstein

Naturstein- heizung	Länge mm	Breite mm	Höhe mm	Wärmemenge / Wärmespeichervermögen	
				kj	kWh
MH 17	1350	600	30	4355,0	1,21
MH 15	1250	600	30	4032,4	1,12
MH 12	1000	600	30	3225,9	0,90
MH 9	1000	500	30	2688,3	0,75
MH 7	1000	400	30	2150,6	0,60
MH 4	600	400	30	1290,4	0,36

Die Tabelle 4 fasst die Ergebnisse für die Gesteinsart Speckstein zusammen. Auch hier zeigt sich der gleiche Sachverhalt hinsichtlich der Größe der Natursteinheizung wie bei der Gesteinsart Marmor.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Berechnungen für die Gesteinsart Kalkstein

Naturstein- heizung	Länge mm	Breite mm	Höhe mm	Wärmemenge / Wärmespeichervermögen	
				kJ	kWh
MH 17	1350	600	30	3580,6	0,99
MH 15	1250	600	30	3315,4	0,92
MH 12	1000	600	30	2652,3	0,74
MH 9	1000	500	30	2210,3	0,61
MH 7	1000	400	30	1768,2	0,49
MH 4	600	400	30	1060,9	0,29

4 Literaturverzeichnis

- [1] A. Dittman, S. Fischer, J. Huhn und J. Klinger, Repetitorium der Technischen Thermodynamik, Stuttgart: Teubner Verlag, 1995.
- [2] Hellenic Survey of Geology and Mineral Exploration, „Laboratory Tests Results For The Whitish Dolomitic-Calclitic Marble Under The Commercial Name POLARIS,“ Chalandri, Griechenland, 2020.
- [3] Bundesverband Geothermie e.V., „Geothermie.de,“ [Online]. Available: <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/w/waermekapazitaet>. [Zugriff am 23 05 2024].
- [4] H.-P. Willig, „Die Chemie-Schule,“ [Online]. Available: <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Steatit>. [Zugriff am 23 05 2024].
- [5] LGA Bautechnik GmbH, „Prüfung von Naturwerkstein auf Rohdichte und offene Porosität,“ Nürnberg, 2022.

5 Symbolverzeichnis

Symbol	Beschreibung	Einheit
B	Breite	m
c_p	spezifische Wärmekapazität	J/kgK
H	Höhe	m
L	Länge	m
m	Masse	kg
Q	Wärmemenge / Wärmespeichervermögen	J
V	Volumen	m ³
ρ	Dichte	kg/m ³
ϑ	Celsiustemperatur	°C
ΔT	Temperaturdifferenz	K

Index	Beschreibung
S	Stein
U	Umgebung

Zusammenfassung

Im Rahmen einer rechnerischen Analyse für die Fa. Thermostone wurde das Wärmespeichervermögen für drei verschiedene Gesteinsarten für Natursteinheizungen bestimmt. Der Berechnungsgang sowie die definierten Annahmen und Randbedingungen sind dem vollständigen Bericht zu entnehmen. Die Analysen zeigen, dass die Baugröße der Natursteinheizung sowie die Gesteinsart einen Einfluss auf das Wärmespeichervermögen haben. Die nachfolgenden Tabellen fassen das Wärmespeichervermögen bei einer Raumtemperatur von 20°C und einer mittleren Gesteinstemperatur von 90°C zusammen.

Tabelle A: Zusammenfassung der Berechnungen für die Gesteinsart Marmor

Naturstein- heizung	Länge mm	Breite mm	Höhe mm	Wärmemenge / Wärmespeichervermögen	
				kJ	kWh
MH 17	1350	600	30	4084,5	1,13
MH 15	1250	600	30	3781,9	1,05
MH 12	1000	600	30	3025,5	0,84
MH 9	1000	500	30	2521,3	0,70
MH 7	1000	400	30	2017,0	0,56
MH 4	600	400	30	1210,2	0,34

Tabelle B: Zusammenfassung der Berechnungen für die Gesteinsart Speckstein

Naturstein- heizung	Länge mm	Breite mm	Höhe mm	Wärmemenge / Wärmespeichervermögen	
				kJ	kWh
MH 17	1350	600	30	4355,0	1,21
MH 15	1250	600	30	4032,4	1,12
MH 12	1000	600	30	3225,9	0,90
MH 9	1000	500	30	2688,3	0,75
MH 7	1000	400	30	2150,6	0,60
MH 4	600	400	30	1290,4	0,36

Tabelle C: Zusammenfassung der Berechnungen für die Gesteinsart Kalkstein

Naturstein- heizung	Länge mm	Breite mm	Höhe mm	Wärmemenge / Wärmespeichervermögen	
				kJ	kWh
MH 17	1350	600	30	3580,6	0,99
MH 15	1250	600	30	3315,4	0,92
MH 12	1000	600	30	2652,3	0,74
MH 9	1000	500	30	2210,3	0,61
MH 7	1000	400	30	1768,2	0,49
MH 4	600	400	30	1060,9	0,29