

SCHOTT Artista® - Richtig gekühlt!

Wem nützt es, wenn aufgrund unangemessener Kühlung das Objekt bereits im Ofen oder nach der Installation an seinem Bestimmungsort bei den dort herrschenden Umgebungsbedingungen zerspringt?

Neben wirtschaftlichen Verlusten bleibt möglicherweise ein unzufriedener Kunde zurück, der zu allem Überfluss auch noch Negativwerbung betreibt.

Die nachfolgend beschriebene Kühlstrategie für dickere Objekte ist praxiserprobt und liefert seit einigen Jahren beste Ergebnisse im ARTISTA®-Forum.

Die Situation im Ofen zwischen Theorie und Praxis

Bei umfangreichen Messungen in Fusingöfen wurde festgestellt, dass die Anzeige der Regler häufig deutlich von den Werten abwich, die von externen Messgeräten in unmittelbarer Nähe des Reglerfühlers ermittelt wurden.

In diesem Zusammenhang sei die Frage erlaubt, wie gut ein Thermoelement, welches direkt neben einem Heizstrahler platziert wird, die Temperatur im Glas repräsentiert?

Hinzu kommen Abweichungen in der Temperaturverteilung, die von Ofen zu Ofen unterschiedliche Werte annehmen können. Diese Unterschiede können von diversen Faktoren wie Ofengröße, Ofenleistung, Heiztechnologie, Befüllungsgrad, Isolierung etc. abhängen. Sie sind daher nur schwer zu verallgemeinern.

Eine allgemein gültige Kühlstrategie sollte diesen Unwägbarkeiten Rechnung tragen!

Die Kühlstrategie

Nachdem die Verschmelzung bei hohen Temperaturen erfolgt ist, lässt man den Ofen natürlich abkühlen, bis 570 °C erreicht sind. Das ist noch weit über der eigentlichen Kühlzone und beinhaltet ein großes Maß an Sicherheit.

Zwischen 570 °C und 350 °C kühlt man linear mit der in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Kühlrate ab.

Wenn 350 °C erreicht sind, kann der Ofen abgeschaltet werden. Öffnen sollte man ihn jedoch erst nahe Raumtemperatur, um Sprünge im Objekt zu vermeiden.

Die nachfolgend dargestellten Kühlraten haben bislang sowohl bei Objekten mit planparallelen Oberflächen als auch bei reliefartigen Verschmelzungen gute Dienste geleistet. Entscheidend ist, dass die Form oben offen ist. Die Kühlrate wird anhand der dicksten Stelle des Objektes (in vertikaler Ausdehnung) ermittelt.

Diese Vorgehensweise kommt ohne Haltezeiten bei „irgendwelchen“ Kühltemperaturen aus! Das häufig gehörte Argument der notwendigen Temperaturangleichung ist bei dieser Methode gegenstandslos. Bei der Abkühlung ist das Glas selbst die größte Wärmequelle. Die Homogenisierung stellt sich gewissermaßen automatisch ein.

Nach unserer Erfahrung spielt die Größe des Objektes bei der Wahl der Kühlrate in modernen Fusingöfen keine wesentliche Rolle.

Tabelle Kühlempfehlung

Glasdicke [mm]	Rate [K/min]	Rate[K/h]	Kühldauer [min]	Kühldauer [h]
20	0,703	42,15	313	5,2
25	0,450	26,98	489	8,2
30	0,312	18,74	705	11,7
35	0,229	13,76	959	16,0
40	0,176	10,54	1253	20,9
45	0,139	8,33	1585	26,4
50	0,112	6,74	1957	32,6
55	0,093	5,57	2368	39,5
60	0,078	4,68	2818	47,0
65	0,067	3,99	3307	55,1
70	0,057	3,44	3836	63,9
75	0,050	3,00	4403	73,4
80	0,044	2,63	5010	83,5
85	0,039	2,33	5656	94,3
90	0,035	2,08	6341	105,7
95	0,031	1,87	7065	117,8
100	0,028	1,69	7828	130,5
105	0,025	1,53	8631	143,9
110	0,023	1,39	9472	157,9
115	0,021	1,27	10353	172,6
120	0,020	1,17	11273	187,9
125	0,018	1,08	12232	203,9
130	0,017	1,00	13230	220,5
135	0,015	0,93	14267	237,8
140	0,014	0,86	15344	255,7
145	0,013	0,80	16459	274,3
150	0,012	0,75	17614	293,6
155	0,012	0,70	18808	313,5
160	0,011	0,66	20041	334,0
165	0,010	0,62	21313	355,2
170	0,010	0,58	22624	377,1
175	0,009	0,55	23974	399,6
180	0,009	0,52	25364	422,7
185	0,008	0,49	26792	446,5
190	0,008	0,47	28260	471,0
195	0,007	0,44	29767	496,1
200	0,007	0,42	31313	521,9

Bei den Zahlen in der Tabelle handelt es sich um rechnerisch ermittelte Werte!

Bei der Berechnung wurden sämtliche für die Kühlung relevanten physikalischen Eigenschaften von klarem ARTISTA® berücksichtigt. Außerdem wurde eine zu erwartende Restkühlspannung von 30 nm/cm Gangunterschied akzeptiert. Die tatsächlich erreichten Werte der Kühlspannung am fertigen Objekt lagen ausnahmslos im Bereich von 10 – 12 nm/cm!

Das sind hervorragende Werte, die gleichzeitig belegen, dass diese Kühlempfehlung sehr konservativ ist. Auch bei zurückhaltender Verwendung von farbigen Gläsern darf davon ausgegangen werden, dass keine negativen Effekte auftreten.

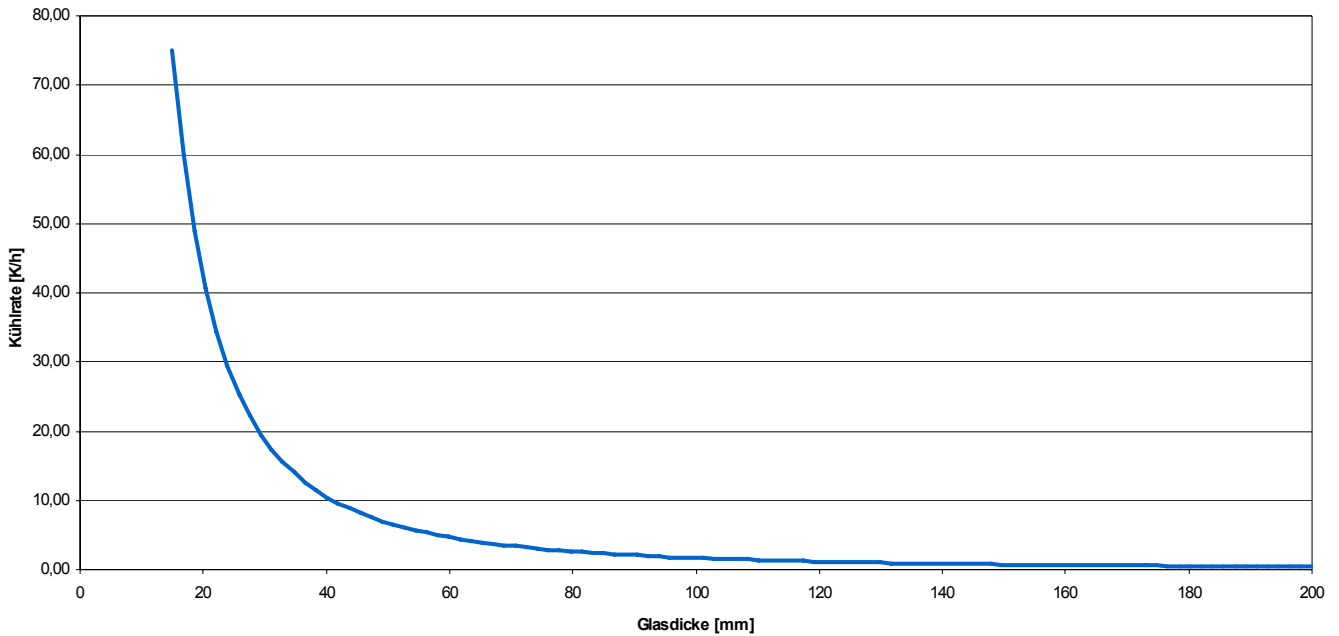
Die praktischen Erfahrungen in der Anwendung dieser Tabelle wurden im ARTISTA®-Forum in modernen faserisolierten Öfen mit in Quarzglasrohren geführten Heizstrahlern gemacht.

Bei abweichenden Rahmenbedingungen können unterschiedliche Resultate erzielt werden. Eine Funktionsgarantie kann daher von SCHOTT AG nicht übernommen werden!

Hinweis:

In Technik und Wissenschaft werden Temperaturdifferenzen nicht in Grad Celsius sondern in Kelvin [K] ausgedrückt. Dabei entspricht ein Kelvin einem Unterschied von einem Grad Celsius.

Kühlrate in Abhängigkeit von der Glasdicke



Anhand des Diagramms kann man erkennen, dass die Entwicklung der Kühlrate in Abhängigkeit von der Glasdicke nicht linear verläuft!

Beispiel:

Glasdicke [mm]	Kühldauer [h]
20	5,2
40	20,9
80	83,5
160	334,0

$\left[\begin{array}{l} \leftarrow \text{X } 4 \\ \leftarrow \text{x } 16 \end{array} \right.$

Die doppelte Glasdicke erfordert die vierfache Kühldauer. Bei der vierfachen Glasdicke hat man bereits den Faktor 16 für die Zeit!

SCHOTT AG

Architecture + Design

Hattenbergstraße 10

55122 Mainz

Germany

Telefon +49 (0)6131/66-2400

Telefax +49 (0)6131/66-2525

E-Mail: info.architecture@schott.com

www.schott.com/architecture

www.schott.com/architecture/german