

Ein Leitfaden für die Verwendung der
 Pyrometerkegel von Orton

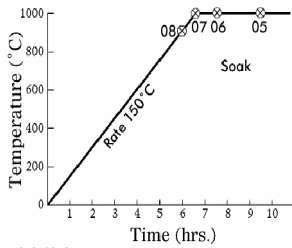


Abbildung 1
 Wirkung von Zeit und Temperatur auf die Kegelverformung

(quer): Temperatur (°C) - Durchwärmung - Heizrate (150°C)
 Zeit (Std.)

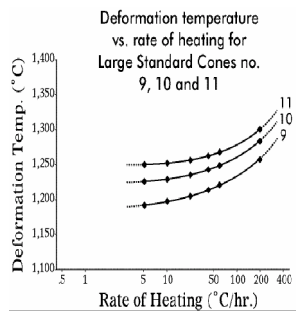


Abbildung 2
 Verformungstemperatur im Vergleich zur Heizrate für die großen
 Standardkegel Nr. 9, 10 und 11

(quer): Verformungstemperatur(°C) - Heizrate (°C/Std.)

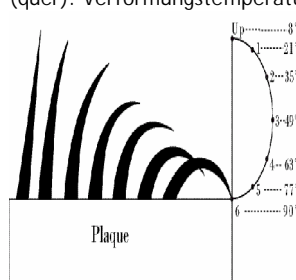


Abbildung 3
 Zeigerstellung im Vergleich zur Winkelverformung Platte

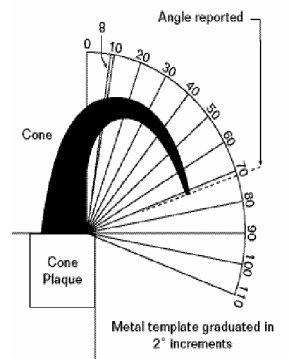


Abbildung 4
 Angezeigter Winkel - Kegel - Kegelplatte

Metalllehre mit 2 Schritt-Unterteilung

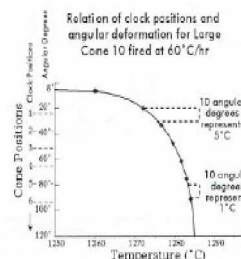


Abbildung 5
 Verhältnis der Zeigerstellungen und der Winkelverformung für den
 großen Kegel Nr. 10 mit einer Aufheizung/Feuerung
 von 60°C/Std.

(quer): Kegelstellungen - Zeigerstellungen - Winkelgrade

10 Winkelgrad entsprechen 5°C
 10 Winkelgrad entsprechen 1°C
 Temperatur (°C)

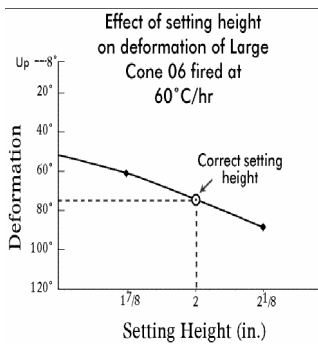


Abbildung 6
Wirkung der Setzhöhe auf die Verformung des großen Kegels Nr. 06 mit einer Aufheizung bzw. Feuerung von 60°C/Std.

(quer): Verformung - Richtige Setzhöhe - Setzhöhe (Inch)

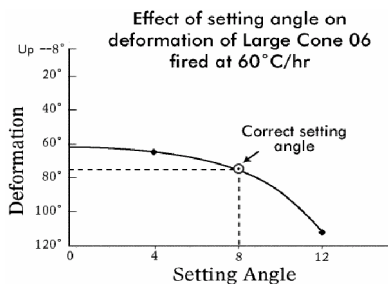


Abbildung 7
Wirkung des Setzwinkels auf die Verformung des großen Kegels Nr. 06 mit einer Aufheizung/Feuerung von 60°C/Std.

(quer): Verformung - Richtiger Setzwinkel - Setzwinkel

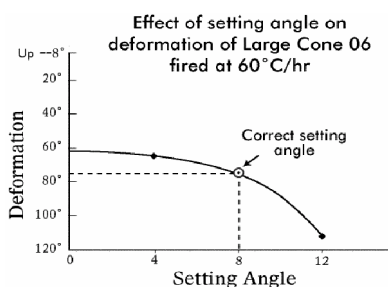


Abbildung 8
Wirkung des Setzwinkels auf die Verformung des großen Kegels Nr. 06 mit einer Aufheizung/Feuerung von 60°C/Std.

(quer): Verformung
Richtiger Setzwinkel
Setzwinkel

WAS SIND PYROMETERKEGEL VON ORTON?

Die von Edward Orton Jr. 1896 entwickelten Pyrometerkegel werden zur Messung sowohl der Auswirkungen der Zeit als auch der Brenntemperatur innerhalb eines Keramikbrennofens eingesetzt. Die kombinierte Wirkung von Temperatur und Zeit ist wichtig und stellt einen der wichtigen Aspekte erfolgreicher Töpferei und Keramikherstellung dar. Bei richtiger Verwendung sind die Pyrometerkegel von Orton empfindliche Indikatoren, die in der Lage sind, die bei einer „Wärmearbeit“ bestehenden Unterschiede mit einem bemerkenswerten Maß an Genauigkeit anzuzeigen. Die aus über 100 sorgfältig kontrollierten Zusammensetzungen hergestellten Pyrometerkegel, die dem Brenngut gleichartige Mischungen enthalten, biegen (verformen) sich in wiederholbarer Weise innerhalb eines Temperaturbereichs von 27°C oder weniger. Die Kegel erweichen und biegen sich bei Erreichen der gewünschten Temperatur und bei der weitergehenden Erhöhung der Temperatur im Verlauf der Zeit beim Brennen in gleicher Art wie bei der Formung von Glas. Orton stellt große, kleine und selbsttragende Kegel her. Große Kegel werden sowohl von Industriebetrieben als auch Töpfern verwendet. Der von Edward Orton Jr. 1896 entwickelte ursprüngliche „Standard“ sind große Kegel mit einer Höhe von 2 1/2 Inch (6,35 cm).

Kleine Kegel besitzen eine Höhe von ungefähr 1 1/8 Inch (2,86 cm) und eine den großen Kegeln gleichartige Zusammensetzung. Die kleinen Kegel wurden zur Verwendung in Brennöfen mit beschränktem Raum entwickelt. Zur Erreichung des richtigen Aufstellwinkels und der richtigen Aufstellhöhe sind für große und kleine Kegel bestimmte Sockel erforderlich.

Selbsttragende Kegel haben ebenfalls eine Höhe von 2 1/2 Inch (6,35 cm), und die richtige Aufstellhöhe und der richtige Aufstellwinkel sind bereits

in den Kegel integriert. Hierdurch kann der Benutzer auf einfache aber exakte Art Brennvorgänge richtig reproduzieren.

WESHALB SOLLTEN PYROMETERKEGEL VON ORTON VERWENDET WERDEN?

Pyrometerkegel von Orton messen zuverlässig und genau die kombinierten Auswirkungen von Zeit und Temperatur und können zu folgenden Zwecken eingesetzt werden:

- Feststellung, ob dem Produkt der gewünschten Betrag an „Wärmearbeit“ zugeführt wurde,
- Die von den Kegeln gemessenen Daten können in ein statistisches Softwareprogramm eingegeben werden, um SPC-Kontroll-diagramme zu erstellen,
- Messung der Gleichmäßigkeit der Brennofentemperatur,
- Überwachung der Umgebungsbedingungen im Brennofen während des Brandes,
- Bereitstellung des sichtbaren Nachweises über die Behandlung gebrannter Produkte durch in denselben Fertigungsperioden gebrannten Kegeln.

WIE FUNKTIONIEREN PYROMETERKEGEL VON ORTON?

Pyrometerkegel „biegen“ oder verformen sich an einer beabsichtigten Stelle derart, dass der Winkel der Spitze des Kegels einen Bogen beschreibt, der sich in bestimmter Weise nach unten wölbt. Der Wert, um den sich die Spitze neigt, kann mit den Zeigern einer Uhr ins Verhältnis gesetzt werden, wobei die Endtemperatur dann erreicht ist, wenn sich der Kegel um einen 90°-Winkel neigt. Zu Anfang wird sich die Kegelspitze langsam neigen und im weiteren Verlauf der Wärmeauswirkungen über einen verlängerten Zeitraum hinweg biegen sich die Kegel schneller. Abbildung 1 zeigt die kombinierte Zeit/Temperatur-Wirkung eines gleichmäßigen Brandes bei einer Reihe großer Kegel der Nummern 08, 07, 06 und 05. (Orton empfiehlt für alle Ihre Brände ein Drei-Kegel-System mit einem Führungkegel, einem Brennkessel und einem Schutzkegel zu verwenden. Es können auch vier Kegel verwendet werden).

Bei einem gleichmäßigen Brennen in einem elektrischen Brennofen mit 150°C/Std. hat sich Kegel 08 so weit verformt, dass die Kegelspitze den Boden berührte (955°C). Kegel 07 zeigte bei 984°C dieselbe Verformung. Nach einer Stunde „Durchwärmung“ (Exposition) verformten sich Kegel 06 und Kegel 05 nach einer Durchwärmzeit von drei Stunden.

Da Zeit und Temperatur für die Kegelverformung wichtige Faktoren darstellen, wirkt sich die Heizrate auf die Verformungstemperatur des Kegels aus. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für das gleichzeitige Brennen von drei großen Kegeln mit sechs verschiedenen Heizraten. Mit Anhebung der Heizrate steigt die zur Erreichung der „Endpunkt“-Temperatur erforderliche Temperatur ebenfalls an. Diese Beziehung ist für die meisten Keramikprodukte und Glasuren typisch und kann als gutes Beispiel für die Ursache benannt werden, weshalb Temperatur alleine nicht für die Sicherstellung des ordnungsgemäßen Garbrandes oder der Brennbedingungen ausreichend ist.

Zur Beschreibung der Kegelverformung hat man ein System auf Grundlage von „Zeigerstellungen“ entwickelt, das auf der Beobachtung der Stellungen der Kegelspitzen im Verhältnis zu einem imaginären Zifferblatt basiert. Abbildung 3 zeigt die „uhrähnliche“ Verformung von Pyrometerkegeln von Orton, wodurch der Benutzer die tatsächliche Winkelverformung des Kegels im Vergleich zu dessen ursprünglicher vertikaler Stellung beschreiben kann. Abbildung 4 ist ein Beispiel einer weithin gebräuchlichen Lehre, die zur Messung der Kegelverformung in Schritten von zwei Winkelgrad unterteilt ist. Der in diesem Beispiel dargestellte „Winkel“-Verformungswert von 72° wäre das angezeigte Ergebnis oder der Endpunkt.

Abbildung 5 zeigt das Uhrzeigersystem zur Beschreibung der Verformung oder zur Aufzeichnung des Biegeintervalls während des Brennvorgangs. Es kann unschwer erkannt werden, dass diese Biegung nicht linear erfolgt und vom Benutzer während des Brennens beobachtet werden muss.

WENN ICH THERMOELEMENTE EINSETZE, WESHALB SOLLTE ICH DANN KEGEL VERWENDEN?

Thermoelemente sind auf Grund ihrer Einfachheit, des unkomplizierten Umgangs und Einbaus die im Industriezweig am häufigsten eingesetzten Temperaturanzeiger. Ein Thermoelement erfasst die an seiner Spitze „gemessene“ Temperatur, das heißt an einem einzigen Punkt in Raum und Zeit. Ein Thermoelement ist nicht in der Lage „Wärmearbeit“ zu bestimmen, und ohne den Betrieb eines speziellen Messwagens ist ein

Thermoelement nicht fähig, Informationen über die Gleichmäßigkeit der Wärmeverteilung im Querschnitt des Brennofens zu liefern.

Die sich durch die Verwendung von Pyrometerkegeln von Orton ergebenden Kosteneinsparungen wiegen die Kosten für die Kegel bei weitem auf, und es wird in höherem Maße garantiert, dass qualitativ hochwertige Ware hergestellt wird.

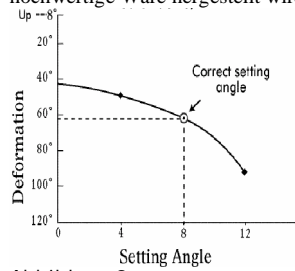


Abbildung 9
Wirkung des Setzwinkels auf die Verformung des großen Kegels 10 mit einer Aufheizung/Feuerung von 60°C/Std.
(quer): Verformung - Richtiger Setzwinkel

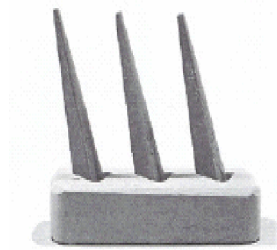


Abbildung 10
(Abbildung der Kegel)

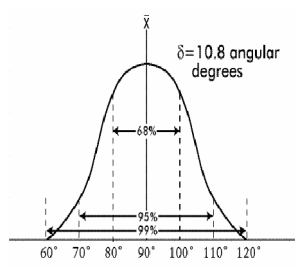


Abbildung 11
Verformungsqualität von großen, plastisch geformten Standardkegeln Nr. 10
 $\delta = 10,8$ Winkelgrad - Streuung bei der Verformung

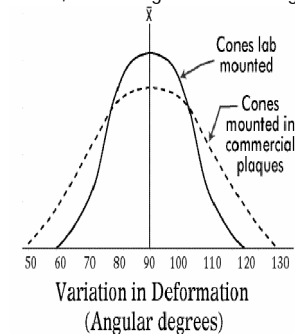


Abbildung 12
Streuung der Verformung bei Standardkegeln Nr. 10 auf Grund der Aufstellungsverfahren
Auf Unterlage gesetzte Kegel
Auf handelsüblichen Platten gesetzte Kegel



Abbildung 14
Abbildung der Kegel 7, 8, 9

BESTIMMUNG DER EINZUSETZENDEN KEGEL

Gehen Sie wie folgt vor, um das richtige Kegelsortiment für Ihre Verwendungszwecke zu ermitteln:

- Gewünschte maximale Brenntemperatur
- Halte- oder „Durchwärm“- Zeit bei Höchsttemperatur
- Art der Brennofenumgebung
- Heizrate während des letzten Temperaturanstiegs um 200°C

Legen Sie unter Verwendung dieser Angaben den allgemeinen Brennereich wie folgt fest:

1. Nehmen Sie ein Temperaturäquivalenz-diagramm von Orton zur Hand, suchen Sie den Kegel mit jener Kegelnummer für die Heizrate und die Höchsttemperatur, die am nächsten bei Ihren tatsächlichen Brennbedingungen liegt. (Dieser wird Ihr Brenkegel sein).
2. Falls eine „Durchwärm“- oder Haltezeit bei Höchsttemperatur vorgesehen ist, müssen Sie bei einer Durchwärmung über eine Stunde einen eine Nummer heißeren, bei einer Durchwärmung über drei Stunden einen um zwei Nummern heißeren und bei einer Durchwärmung über neun Stunden einen um drei Nummern heißeren Kegel wählen.
3. Falls der Brennofen mit einem in der Oberseite des Brennofens eingebauten, gesteuerten Thermoelement ausgestattet ist, müssen Sie für den „Brenkegel“ einen um eine Nummer kleineren Kegel wählen, da die Oberseite normalerweise wesentlich heißer ist als der Platz, an dem die Kegel aufgestellt werden.
4. Verwenden Sie für den Probelauf um den „Brenkegel“ herum zwei (kühlere) „Führungs“- Kegel und einen (heißeren) „Schutz“- Kegel.

(Bei kleinen Brennöfen mit einer schnellen Heizrate von ungefähr 300°C/Std. kann es notwendig sein, kleine Kegel von Orton zu verwenden, bei denen eine schnellere Aufheizung möglich ist, ohne dass negative Auswirkungen bestehen).

WESHALB SOLLTEN SELBSTTRAGENDE KEGEL VON ORTON VERWENDET WERDEN?

Für die richtige Verwendung aller Pyrometerkegel bestehen die zwei, für alle in gleichem Maße geltenden kritischen Aspekte der Aufstellung der Kegel mit der richtigen Setzhöhe und dem richtigen Winkel. Dies kann für den Benutzer eine zeit- und arbeitsaufwändige Aufgabe darstellen.

Die „Höheneinstellung“ wirkt sich in starkem Maße auf die Kegelverformung aus. Die Abbildungen 6 und 7 zeigen die Wirkung der Setzhöhe auf die Winkelverformung der unterschiedlich hohen Kegel. Die höchsten Kegel verformten sich am stärksten und die niedrigsten am wenigsten.

Wie in den Abbildungen 8 und 9 dargestellt, wirkt sich auch die „Winkelsetzung“ beträchtlich auf die Kegelverformung aus. Um dies zu verdeutlichen, wurde bei der „Höhensetzung“ ein gleichartiges Verfahren verwendet, bei welchem mehrere Kegel mit unterschiedlichen Winkeln unter Beibehaltung derselben weiteren Faktoren aufgestellt wurden. Jene Kegel, die mit einem geringeren Winkel als dem gewünschten Winkel von 8° eingestellt wurden, verformten sich in geringerem Maße als jene, die im Winkel von 8° gesetzt wurden. Die in Abbildung 10 dargestellten großen Kegel wurden mit dem richtigen 8°-Winkel und einer Setzhöhe von ungefähr 5,08 cm (2 Inch) eingesetzt.

Durch die Einführung selbsttragender Kegel von Orton entfiel die Abhängigkeit vom Faktor Mensch. Der revolutionäre selbsttragende Kegel von Orton verfügt über die richtige Aufstellhöhe und den richtigen Aufstellwinkel, die bereits in den Halte-/Stützfuß der Kegel eingebaut sind, was den Benutzern wiederum übereinstimmende, reproduzierbare und erfolgreiche Brennvorgänge durchzuführen erlaubt.

Börkey Keratech GmbH

Paulsborner Straße 10 Telefon +49 (0) 30 8916027
10709 Berlin Wilmersdorf Telefax +49 (0) 30 8931690

<http://www.keratech.de/>

<mailto:sesam@boerkey-keramik.de>