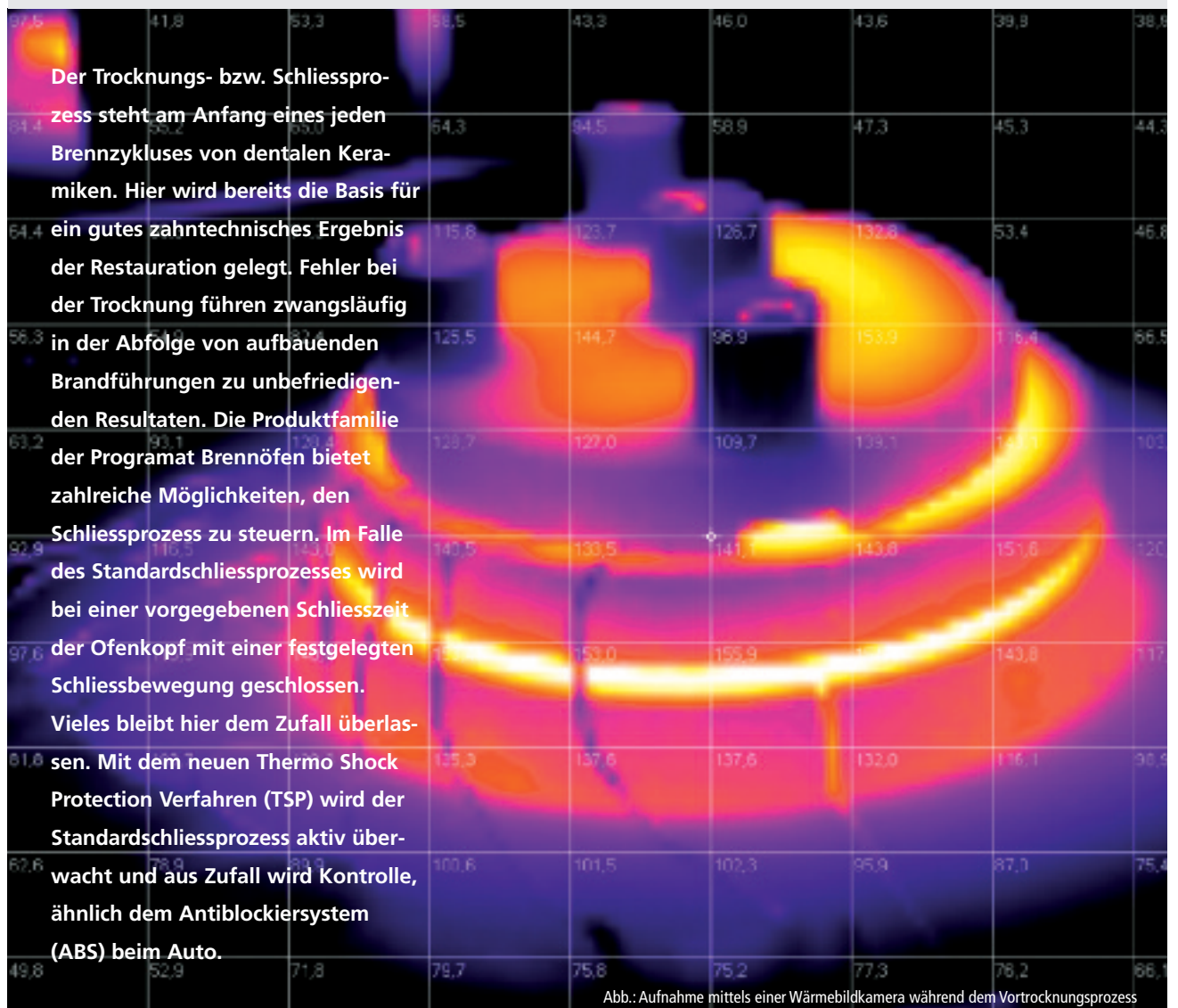


Wissenschaftliche Information

Thema: **Thermo Shock Protection**

Titel: **Den Schliessprozess bei Keramik-Brennöfen mit Thermo Shock Protection (TSP) sicher im Griff**

Autor: Dipl.-Ing. (FH) Rudolf Jussel, Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Geräteentwicklung
Eidg. dipl. ZTM Karl Gmür, Zahntechnischer Mitarbeiter der Forschung & Entwicklung
Ivoclar Vivadent AG, Bendererstrasse 2, 9494 Schaan, Liechtenstein



1. Einleitung

Bei der Gestaltung eines Schliessprozesses gibt es für den Zahntechniker (ZT) eine Vielzahl von Möglichkeiten. Zum einen kann durch Nutzung der passiven Restwärme im Ofenraum innerhalb einer vorgegebenen Schliesszeit S das Brenngut vor dem eigentlichen Brennzyklus getrocknet werden. Eine weitere Option besteht darin, durch aktives Heizen des Ofenraums auf eine Solltemperatur diese Restwärme während des Schliessprozesses in engen Grenzen zu kontrollieren. Dafür sind innerhalb der Programmat Brennofenfamilie die so genannten Vortrocknungsfunktionen zuständig. Hochwertige Geräte wie der Programmat PX1 oder der Programmat P700 erlauben dem Anwender darüber hinaus, beim Vortrocknen auch noch die Vortrocknungspositionen und -zeiten individuell festzulegen. In der alltäglichen Praxis verlässt sich der Zahntechniker jedoch meist auf die Verarbeitungsanleitung des Herstellers und auf einen Schliessprozess, welcher lediglich gesteuert durch die Schliesszeit, jedoch ohne aktives Heizen abläuft. Diverse negative Einflussgrößen, wie z.B. eine zu hohe Temperatur im Brennraum des Ofens, können zu Fehlern führen. Mit dem für den Programmat P700 entwickelten TSP Verfahren sollen diese wesentlichen Einflussgrößen speziell berücksichtigt und aktiv kontrolliert werden.

2. Unkontrollierbare Randbedingungen während des Schliessprozesses

Je nach Bauart des Brennofens wird der Schliessprozess durch unkontrollierbare Faktoren, wie beispielsweise die aktuell im Ofenkopf gespeicherte Wärmemenge bzw. Wärmenergie, beeinflusst. Die gespeicherte Wärmemenge ist gross, wenn zuvor ein Brand mit sehr hohen Temperaturen ausgeführt wurde. Wurde das Geräte jedoch gerade erst in Betrieb genommen, so ist kaum Wärmeenergie in der Isolation vorhanden. Die optimale Trocknung während des Schliessprozesses wird massgeblich durch die in der Isolation gespeicherte Wärmemenge bestimmt. Eine zu heisse Brennkammer kann, unabhängig vom Trägermaterial, beginnend z.B. beim 1. Washbrand des Opaquers bis hin zum Glanzbrand, zu einer Schädigung der jeweils applizierten Keramikmasse führen.

Der erfahrene Zahntechniker versucht dies zu vermeiden, indem er nach Gutdünken zuwartet, bis die Temperatur in der Ofenkammer auf ein gewisses Niveau abgesunken ist. Gegebenenfalls wird er bei zu hoher Starttemperatur durch einen Hinweis in der Verarbeitungsanleitung (VA) oder eine Fehlermeldung des Brennofens darauf aufmerksam gemacht. Gute Brennöfen zeigen den idealen Zeitpunkt zum Bestücken des Brenntisches mitunter durch einen Signalton an. Bleibt der Ofenkopf geöffnet, wird bei Unterschreiten einer Mindesttemperatur in der Brennkammer der Programmat-Familie ein Warnton ausgegeben.

Weitere Variablen oder Faktoren (Randbedingungen), die den Standardschliessprozess beeinflussen können, sind: die Position des Objektes auf dem Brenntisch (z.B. mittig – aussen – Höhe des Brenngutes), das Material des Brennguttrügers und der Brenngutträger, die Art oder Grösse bzw. Extension oder Volumen der zahntechnischen Restauration sowie die Legierung (hier als Exempel für einen Gerüstwerkstoff), die verwendete Keramikmasse, die Menge und Zusammensetzung des Liquids oder der eigentliche Einstellzeitpunkt der Restauration in den Brennofen, um nur einige zu nennen. Weitere Störgrößen können offene Fenster im Labor oder Zugluft, ausgelöst durch eine ungünstige Platzierung des Brennofens, oder eine nahe Klimaanlage sein. Ein Teil, vor allem letztere dieser Einflussgrößen, liegt jedoch grösstenteils in der Hand des Anwenders. Siehe hierzu auch R. Strietzel (Dentallabor 4. 2006).

3. Das zentrale Prinzip von TSP

Die in der Brennkammer gespeicherte Wärmemenge steht in direktem Zusammenhang mit der in der Brennkammer gemessenen Temperatur. Die Ofentemperatur gibt also Aufschluss über die in der Brennkammer gespeicherte Wärmemenge. Der Einfluss dieser dort gespeicherten Wärmemenge auf das Trocknungsergebnis wird massgebend durch den Abstand zum Objekt bzw. der Restauration bestimmt. Die Schliessbewegung wird beim einfachen Standardschliessprozess durch ein festes und unveränderbares Weg-Zeit-Diagramm vom Hersteller vorgegeben. Der Brenntisch oder der Ofenkopf bewegt sich dabei innerhalb der festgelegten Schliesszeit in sequenziellen Stufen oder kontinuierlich, aber auf festgelegtem Wege zur endgültigen Schliessstellung der Ofenkammer.

Unterschiedliche Wärmemengen in der Ofenkammer führen zu verschiedenen Trocknungsergebnissen. Es kann zu offenen Poren oder Rissen im Opaquer bis hin zu Siedebblasen, hervorgerufen durch explosionsartiges Verdampfen von Liquidzusätzen, kommen. Exakt hier setzt TSP an. Beim Start des Programms wird die in der Brennkammer vorhandene Wärmemenge abgeschätzt und darauf basierend eine optimale Schliessbewegung errechnet. Der Ofen versucht dann innerhalb der vorgegebenen Schliesszeit S , das Objekt auf optimalem Wege in die Nähe der Brennkammer zu bringen und darauf den Brennraum zu schliessen. Das bedeutet, dass bei sehr viel Wärme in der Brennkammer der Ofen sehr lange wartet, bis er das Objekt näher in den anfänglich heissen Brennraum fährt. Andererseits ermöglicht eine weit geöffnete Brennkammer, dass sich der Brennraum schneller weiter abkühlen kann.

Nachfolgende Abbildung 1 zeigt, wie bei aktivem TSP die Schliessbewegung verändert wird. Dabei wird nochmals darauf hingewiesen, dass der Brennofen in der selben Schliesszeit (S) schliesst.

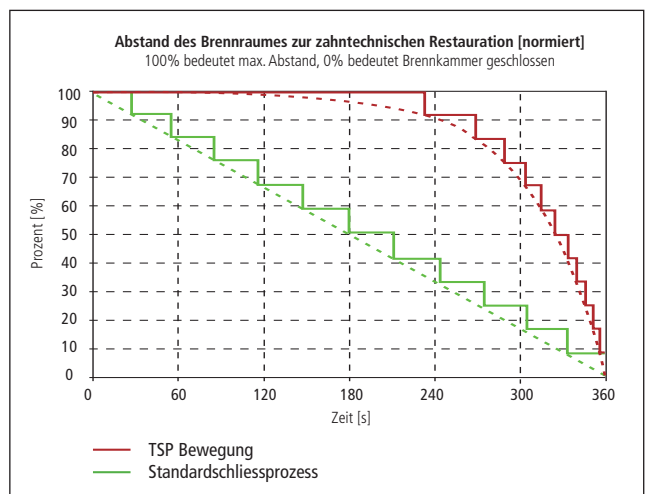


Abb. 1: Schliessbewegung mit und ohne TSP

4. Parametrierung TSP

Aus zahlreichen Experimenten mit unterschiedlicher gespeicherter Wärmemenge im Brennraum des Ofens wurde ein mathematisches Modell für die Berechnung einer geeigneten Schliessbewegung erarbeitet. Ausgehend von einer gewünschten Standardsituation (ideale Bedingungen) wird nun die Schliessbewegung aufgrund der Ofentemperatur beim Start des Brennprogramms so berechnet, dass die am Objekt eintreffende Wärmemenge zu einer optimalen Trocknung desselben führt.

Abbildung 2 erläutert die unterschiedliche Temperaturentwicklung an zahntechnischen Restaurationen, wenn ohne TSP gearbeitet wird. Deutlich sind die Temperaturunterschiede als Funktion der Temperatur / Energie im Ofenbrennraum erkennbar.

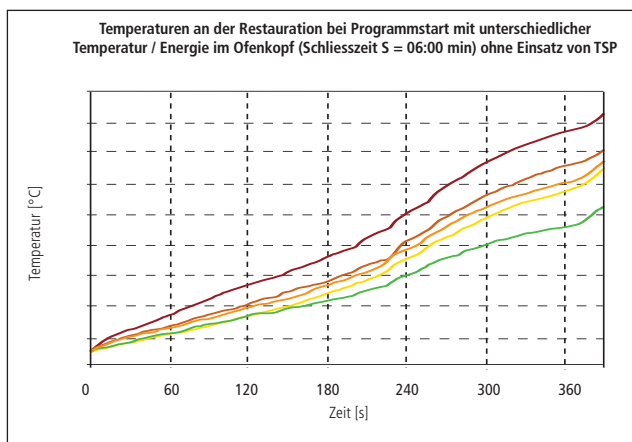


Abb. 2: Temperaturunterschiede am Objekt bei unterschiedlichsten Startbedingungen ohne TSP

Abbildung 3 zeigt die Wiederholung der Versuche bei Einsatz des TSP Verfahrens. Die Streuung ist deutlich geringer. Alle Temperaturkurven kommen der Sollkurve, hier in grün dargestellt, über den gesamten Schliesszyklus sehr nahe.

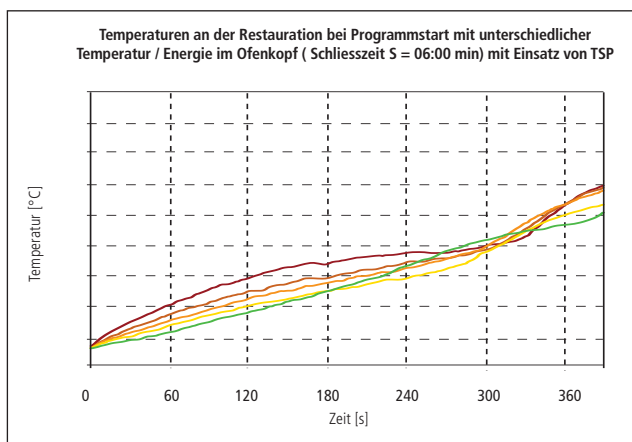


Abb. 3: Temperaturunterschiede am Brenngut bei unterschiedlichsten Startbedingungen mit TSP

Messungen an verschiedensten Positionen auf dem Brenntisch belegen, dass sich auch die Temperaturdifferenzen auf dem Brenntisch reduzieren, wenn mit TSP gearbeitet wird.

5. Nachweis des Erfolgs im zahntechnischen Einsatz

Allgemein ist für den Brennzyklus der Beginn des (Vor-)Trocknungsprozesses entscheidend. Die Wahl der Zeit-Temperatur-Achse kann bereits bei zu grossen Temperaturanstiegen und zu hohen Temperaturen beim Einstellen des Brenngutes und so zu einer Schädigung der Restaurationen führen. Dabei ist auch das Handling der jeweils verwendeten Keramik / Liquid Mischung von eminenter Wichtigkeit. Der spätere Verlauf des Trocknungsprozesses ist eher sekundär zu betrachten.

Die zu hohen Temperatureinstrahlungen, hauptsächlich bei Folgebränden, führen zu einer Versiegelung der Oberfläche. Eingeschlossene Feuchtigkeit kann nicht entweichen und kann im weiteren Verlauf der Brandführung Risse und offene Poren bis hin zu Siedeblassen zur Folge haben. Häufig treten auch an Stellen, wo bedingt durch die Applikation mehr Material liegen bleibt (z.B. okkusal und / oder interdental), vermehrt Risse oder ein Aufstellen der Keramik auf. Dies ist sehr deutlich auf den folgenden Bildern 4 + 6 ohne TSP Betrieb erkennbar. Im direkten Vergleich dazu die Bilder 5 + 7, wo mit denselben Parametern und Materialien, jedoch im TSP Betrieb, gearbeitet wurde.



Abb. 4: Opaquerbrand ohne TSP, bei T > 560 °C eingestellt! Extrem viele offene Poren und Risse



Abb. 5: Opaquerbrand mit TSP bei T > 560 °C eingestellt! Perfekter Opaquerbrand, keine Poren / Risse



Abb. 6: Opaquerbrand ohne TSP, bei T > 560 °C eingestellt! Deutliche Häufung von Rissen



Abb. 7: Opaquerbrand mit TSP bei T > 560 °C eingestellt! Perfekter Opaquerbrand, keine Risse

6. Abschliessend

Das Thermo Shock Protection TSP Verfahren lässt sich gut mit dem Antiblockiersystem ABS im Automobilbereich vergleichen. In den seltensten Fällen wird der erfahrene Zahntechniker ein schlechtes Brenn-ergebnis durch einen provokanten Schliessprozess riskieren; ebenso wenig wie der Autofahrer das Ansprechen des ABS herausfordert. Zahntechnische Anforderungen können hin und wieder jedoch beim Standardschliessprozess die Grenzen des Machbaren übersteigen, vergleichbar wie Eis und Schnee beim Auto fahren. TSP bietet, analog zum ABS, in solchen Fällen die notwendigen Reserven, um dennoch ein erfolgreiches und gutes Ergebnis zu erzielen.

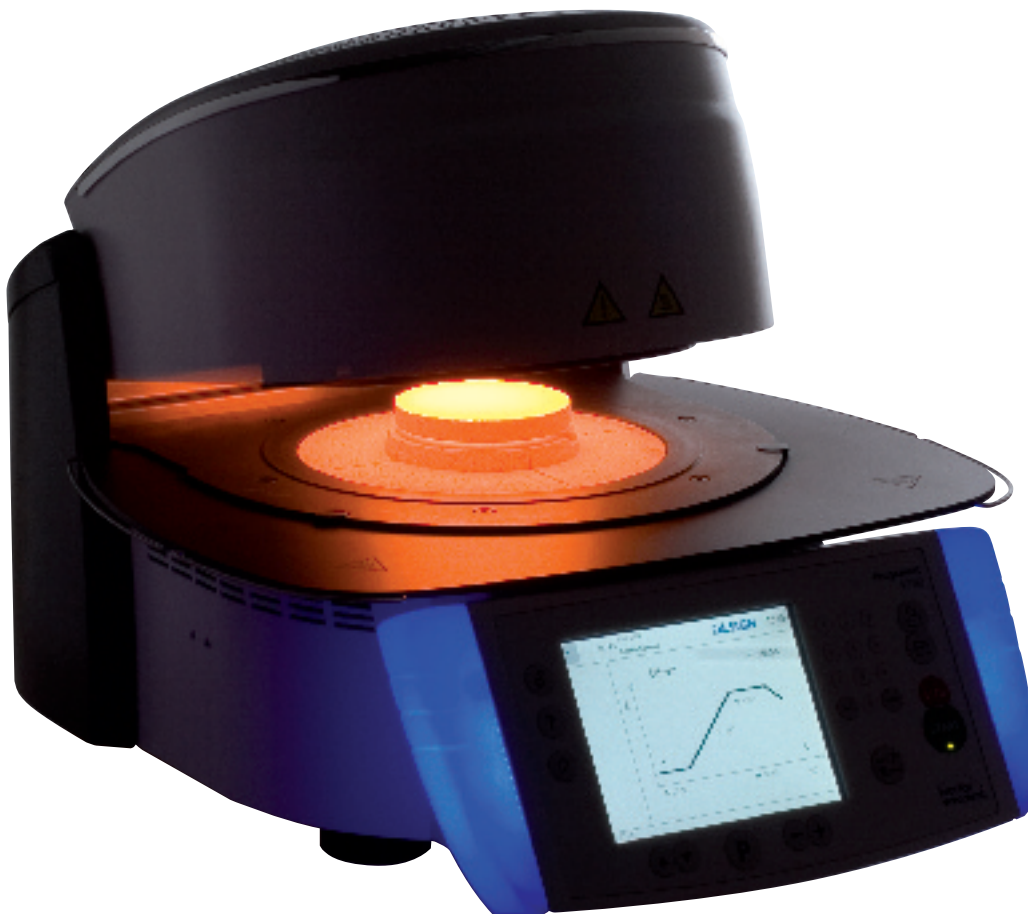


Abb.: Programat P700 während dem Abkühlprozess

Literaturhinweise:

Dr. R. Strietzel „Aufbrennen der Verblendkeramik“
© dental-labor, LIV, Heft 4. 2006