

## Sicherheitskonzepte zum Entbindern

Das Entbindern von technischer Keramik ist ein kritischer Prozess auf Grund der freigesetzten Kohlenwasserstoffe, die bei entsprechender Konzentration im Ofenraum ein zündfähiges Gemisch entstehen lassen. Nabertherm bietet zugeschnittene passive und aktive Sicherheitspakete in Abhängigkeit vom Prozess und der Bindermenge an, die einen sicheren Betrieb des Ofens ermöglichen.

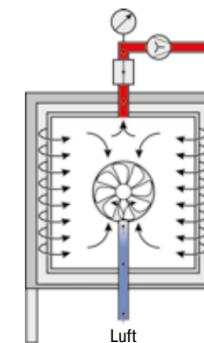
### I. Entbindern an Luft

#### 1. Entbindern in elektrisch beheizten Öfen

Für das Entbindern an Luft mit elektrischer Heizung bietet Nabertherm unterschiedliche Entbinderungs Pakete für unterschiedliche Prozessanforderungen an. Alle Entbinderungs Pakete verfügen über eine professionelle, integrierte Sicherheitstechnik. Je nach Bedarf kann zwischen einem passiven oder aktiven Sicherheitskonzept gewählt werden. Die passiven Sicherheitskonzepte unterscheiden sich durch die jeweiligen Anforderungen an Organikmenge, Prozesssicherheit und Temperaturverteilung.

##### 1.1. Passives Sicherheitskonzept

Grundsätzlich sind die Nabertherm-Entbinderungsöfen mit einem passiven Sicherheitskonzept für langsames Verdampfen von brennbaren Stoffen ausgestattet. Die elektrisch beheizten Öfen arbeiten dabei nach dem Verdünnungsprinzip mittels Frischluftzufuhr, um die Ausgasungen aus der Ware auf eine nicht zündfähige Atmosphäre im Ofen zu reduzieren. Die Organikmenge und die Temperaturkurve müssen kundenseitig so definiert werden, dass die maximal zulässige Verdampfungsrate nicht überschritten wird. Die Verantwortung für die Funktion des Sicherheitskonzeptes liegt beim Anwender. Das DB-Sicherheitspaket des Ofens überwacht alle sicherheitsrelevanten Prozessparameter und leitet ein entsprechendes Notprogramm im Störfall ein. In der Praxis hat sich das passive Sicherheitskonzept auf Grund des guten Preis-/Leistungsverhältnisses bewährt. In Abhängigkeit von den Prozessanforderungen werden die folgenden Ausstattungspakete angeboten.

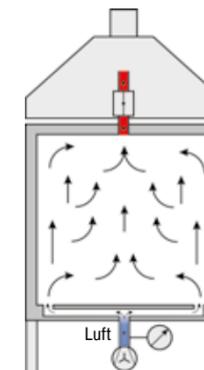


#### Entbinderungs paket DB10 für Umluftöfen (Konvektionsheizung) bis 450 °C

Das Entbinderungs paket DB10 stellt die Basisausführung für den sicheren Entbinderungs betrieb von Umluftöfen bis 450 °C dar. Der Ofen ist mit einem Abgasventilator ausgerüstet, über den eine definierte Menge Luft aus dem Ofen gesogen wird, so dass gleichzeitig die für den Entbinderungsprozess erforderliche Menge an Frischluft in den Ofen gelangt. Der Ofen wird im Unterdruck betrieben, der das undefinierte Austreten von Verdampfungsprodukten verhindert.

Überwachte Prozesszustände für einen sicheren Prozessablauf:

- Abluftvolumenstrom
- Luftumwälzung
- Temperaturgradienten: Bei Überschreitung eines kundenseitig voreingestellten Aufheizgradienten erfolgt eine Abschaltung der Ofenanlage



#### Entbinderungs paket DB50 für Laboröfen

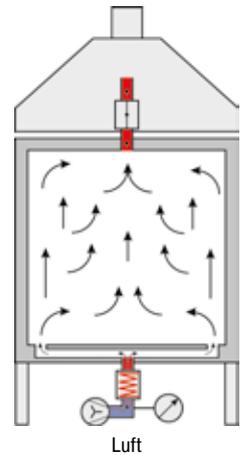
Das Entbinderungs paket DB50 ist insbesondere für Laboröfen und Anwendungen mit geringen Verdampfungsraten, z.B. Laboranwendungen, geeignet. Der Ofen ist mit einem Frischluftgebläse ausgerüstet. Der Frischluftventilator wird werkseitig so eingestellt, dass die für den Entbinderungsprozess erforderliche Mindestmenge an Frischluft eingeblasen wird. Während der Entbinderungsphase wird der Ofen im Überdruck betrieben.

Überwachte Prozesszustände für einen sicheren Prozessablauf:

- Frischluftvolumenstrom

**Entbinderungspaket DB100 für Produktionsöfen mit Strahlungsbeheizung**

Das Entbinderungspaket DB100 stellt die Basisausführung für den sicheren Entbinderungsbetrieb von Öfen mit Strahlungsbeheizung dar. Der Ofen ist mit einem Frischluftgebläse und einem Frischluftheritzer ausgerüstet. Der Frischluftventilator wird so eingestellt, dass die für den Entbinderungsprozess erforderliche Menge an Frischluft eingeblasen wird. Während der Entbinderungsphase wird der Ofen im Überdruck betrieben. Abluft und Abgas werden über einen Auslass mit motorischer Klappe in eine Ablufesse mit Zugunterbrechung abgeführt. Diese stellt die Schnittstelle zum kundenseitigen Abluftsystem dar.

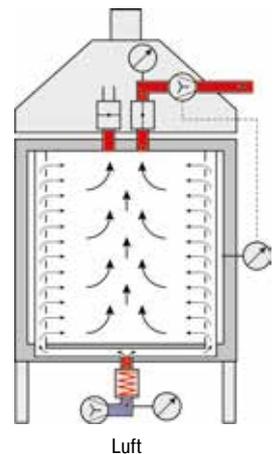


Überwachte Aggregate und Prozesszustände für einen sicheren Prozessablauf:

- Elektromagnetische Türverriegelung
- Redundanter Frischluftvolumenstrom
- Stellung der Frischluftklappe
- Stellung der Abluftklappe
- Temperaturgradient
- Spannungsausfall (Notfallprogramm nach Spannungswiederkehr)
- Frischluftventilator
- Thermoelementbruch
- Abhängig von der Störung reagiert die Ofensteuerung unterschiedlich und überführt den Ofen in einen sicheren Zustand

**Entbinderungspaket DB200 für Produktionsöfen, ausgeführt als Umluftöfen oder als Öfen mit Strahlungsbeheizung**

Das Entbinderungspaket DB200 ist die professionelle Lösung für die variable keramische Fertigung, da es flexibel für unterschiedliche bzw. für häufig wechselnde Entbinderungsprozesse eingesetzt werden kann. Wie beim Entbinderungspaket DB100 wird die für den Prozess benötigte Frischluft mittels eines Frischluftherizers vorgewärmt. Das Einblasen der Luft erfolgt über perforierte keramische Rohre, die die vorgewärmte Luft horizontal in den Ofenraum ausblasen. Dadurch werden ein sehr guter Wärmeübertrag und eine verbesserte Temperaturgleichmäßigkeit erreicht.



Anders als beim Entbinderungspaket DB100 werden Abluft und Abgas über getrennte Auslässe, jeweils mit motorischer Klappe abgeführt. Der Ofen wird mit einem Frischluftgebläse und einem Abgasgebläse ausgerüstet. Beide Aggregate werden so eingestellt, dass die für den Entbinderungsprozess erforderliche Menge an Frischluft eingeblasen und gleichzeitig ein Unterdruck im Ofenraum ausgeregelt wird. Die Abgase (Entbinderungsphase) werden ausschließlich über den Abgasauslass abgeführt, der direkt mit der kundenseitigen Abgasverrohrung verbunden ist. Durch den direkten Anschluss verringern sich die anfallenden Abgasmengen, Abgasreinigungsanlagen können hierdurch kleiner gestaltet werden. Die Abluft in der Abkühlphase wird in eine Ablufesse mit Zugunterbrechung geführt, die die Schnittstelle zum kundenseitigen Abluftsystem darstellt.

Überwachte Aggregate und Prozesszustände für einen sicheren Prozessablauf:

- Elektromagnetische Türverriegelung
- Redundante Frischluft- und Abgasvolumenstromüberwachung
- Stellung der Frischluftklappe
- Stellung der Abgasklappe
- Stellung der Abluftklappe
- Gradientenüberwachung
- Spannungsausfall (Notfallprogramm nach Spannungswiederkehr)
- Frischluftventilator
- Ausfall Abgasventilator
- Unterdruck im Ofenraum
- Thermoelementbruch
- Abhängig von der Störung reagiert die Ofensteuerung unterschiedlich und überführt den Ofen in einen sicheren Zustand

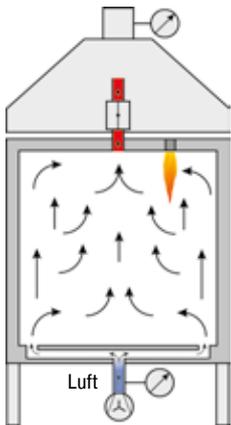
## Sicherheitskonzepte zum Entbindern

Die wesentlichen Unterschiede bzw. Vorteile zwischen den beschriebenen Entbinderungspaketen DB100 und DB200 sind:

- Automatische Regelung des Abgasgebläses in Abhängigkeit zur vorgewählten Frischluftmenge. Dadurch Vorteile in der Temperaturführung (Temperaturgleichmäßigkeit) und angepasste Abführung der Abgasmengen. Reduzierung der Geruchsbelastung und Kondensatbildung in der Abgasverrohrung.
- Perforierte Einblasrohre im Ofenraum zur gleichmäßigen Verteilung der vorgewärmten Frischluft über die horizontalen Chargierebenen
- Abgassystem kann kleiner ausgelegt werden, da nicht über eine Zugunterbrechung zusätzliche Kaltluft beigemischt wird (Energieeffizienz)

### 1.2. Aktives Sicherheitskonzept

Alternativ kann das passive Sicherheitskonzept durch Zusatzausstattung auf ein aktives Sicherheitskonzept hochgerüstet werden, damit es aktiv die Sicherheit überwacht. Mittels Flammen-Thermischer Analyse (FTA) im Ofenraum wird die aktuelle Grenzkonzentration überwacht. Entsprechend werden Frischluft- und Abgasgebläse sowie die Ofenheizung automatisch geregelt. Sollte z.B. durch Überladung, durch einen zu schnellen Aufheizgradienten oder zu wenig Frischluftzufuhr im Ofen ein unsicherer Zustand entstehen, wird - je nach Prozessschritt - sofort das notwendige Notprogramm eingeleitet.



### 2. BO-Sicherheitskonzept in elektrisch beheizten Öfen für Prozesse mit hohen Verdampfungsraten

Das BO Sicherheitskonzept, das zündfähige Gemische durch einen zusätzlichen gasbeheizten Zündbrenner abbrennt, kann ebenfalls zum Ausbrennen von organischen Resten eingesetzt werden. Das Konzept ist auch gut für Produkte geeignet, die durch einen zwischenzeitlichen unkontrollierten Temperaturanstieg keinen Schaden nehmen. Eine nähere Beschreibung dieses Sicherheitskonzeptes ist auf Seite 10 zu finden.

### 3. Entbindern in direkt gasbeheizten Öfen

Gasbeheizte Öfen haben gegenüber elektrisch beheizten Öfen den Vorteil, dass bei den freigesetzten Kohlenwasserstoffen ein großer Anteil unmittelbar während des Prozesses verbrannt werden. Insofern bieten sich gasbeheizte Öfen insbesondere dann an, wenn der Verdampfungsprozess schwer beherrschbar ist, z.B. bei hoher Verdampfungsdynamik. Die Freisetzungsprozesse von Kohlenwasserstoffen mit hoher Dynamik erfordern somit keine aufwendige Prozesssteuerung oder lange Prozesszeiten. Gasbeheizte Öfen bieten sich insbesondere dann zum Entbindern an, wenn die Anforderungen an eine exakte Temperaturführung oder eine optimale Temperaturgleichmäßigkeit beim Entbindern nicht an erster Stelle stehen.

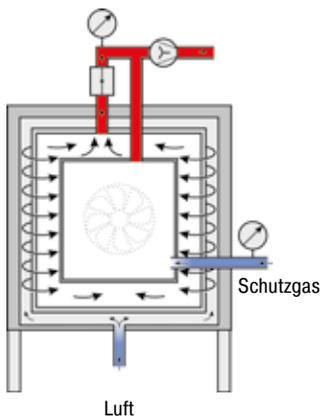
## II. Entbindern oder Pyrolyse unter nicht brennbaren oder brennbaren Schutz- oder Reaktionsgasen

### IDB-Sicherheitskonzept für das Entbindern unter nicht brennbaren Schutzgasen mit geringem Restsauerstoffgehalt im Begasungskasten

Für Entbinderungsprozesse, die unter Schutzgas zu erfolgen haben, bei denen jedoch ein geringer Anteil an Restsauerstoff für die Materialien zulässig ist, bietet sich das passive IDB-Sicherheitskonzept mit inerter Atmosphäre in einem Begasungskasten an. Die Ofentechnik in Verbindung mit einem Begasungskasten aus warmfestem Edelstahl überzeugen durch ein sehr gutes Preis-/Leistungsverhältnis.

Über eine überwachte Inertgas-Vorspülung und Erhaltungsspülung wird sichergestellt, dass ein Restsauerstoffgehalt von 3 % im Begasungskasten nicht überschritten wird. Kundenseitig ist dieser Grenzwert durch regelmäßige Messungen zu überprüfen.

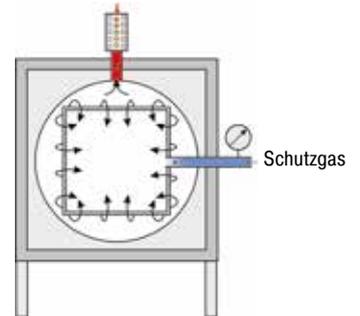
- Überwachte Inertgas-Vorspülung und Erhaltungsspülung im Begasungskasten
- Überwachung Vordruck Inertgas
- Überwachtes Spülen des Ofenraums mit Frischluft, um evtl. Leckagen des Kastens durch Verdünnung der Atmosphäre im Ofenraum zu kompensieren



**IDB-Sicherheitskonzept für das Entbindern unter nicht brennbaren Schutzgasen oder für Pyrolyse-Prozesse in Retortenöfen**

Die Retortenöfen der Baureihen NR(A) und SR(A) eignen sich hervorragend für das Entbindern unter nicht brennbaren Schutzgasen oder für Pyrolyse-Prozesse. In der IDB-Ausführung werden die Öfen mit einem Schutzgas gespült. Abgase werden in einer Abgasfackel verbrannt. Sowohl das Spülen als auch die Fackelfunktion sind überwacht, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.

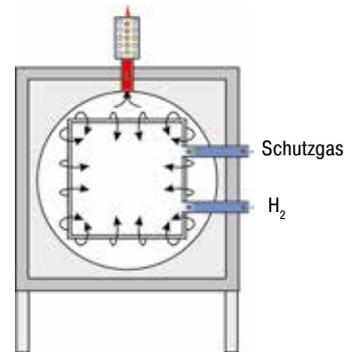
- Prozessführung unter überwachtem geregeltem Überdruck von 35 mbar relativ
- Fehlersichere Siemens SPS und Grafik-Touch Panel zur Dateneingabe
- Überwachter Gasvordruck des Prozessgases
- Bypass zum sicheren Spülen des Ofenraumes mit Inertgas
- Fackel zur thermischen Nachverbrennung der Abgase



**Sicherheitskonzept für die Wärmebehandlung unter brennbaren Prozessgasen**

Bei der Verwendung von brennbaren Prozessgasen wie z.B. Wasserstoff wird der Retortenofen zusätzlich mit der hierfür erforderlichen Sicherheitstechnik ausgerüstet und geliefert. Als sicherheitsrelevante Sensoren kommen nur Bauteile mit entsprechender Zertifizierung zum Einsatz. Der Ofen wird über ein fehlersicheres SPS-Steuerungssystem (S7-300/Sicherheitssteuerung) geregelt.

- Einleitung brennbares Prozessgas bei geregelttem Überdruck
- Zertifiziertes Sicherheitskonzept
- Prozesssteuerung H3700 mit SPS-Regelung und Grafik-Touch Panel zur Dateneingabe
- Redundante Gaseinlassventile für Wasserstoff
- Überwachte Vordrücke aller Prozessgase
- Bypass zum sicheren Spülen des Ofenraumes mit Inertgas
- Fackel (elektrisch bzw. gasbeheizt) zur thermischen Nachverbrennung des brennbaren Prozessgases
- Notflutbehälter zum Spülen des Ofens mit Schutzgas im Fehlerfall



**CDB-Sicherheitspaket für das katalytische Entbindern mit Salpetersäure**

- Das Sicherheitskonzept sieht die Vermeidung von explosiven Gasgemischen beim Betrieb mit Salpetersäure vor. Dazu wird die gasdichte Retorte automatisch mit einem kontrollierten Stickstoffstrom gespült und verdrängt den Luftsauerstoff vor dem Einleiten der Salpetersäure. Während der Entbindung vermeidet das überwachte Mischungsverhältnis zwischen Stickstoff und Säure eine Säureüberdosierung und damit eine explosive Atmosphäre.
- Begrenzung und Überwachung der Förderrate der Säurepumpe
- Stickstoff-Volumenstrom mit redundanten Durchflusssensoren
- Fehlersichere Siemens SPS
- Temperaturwählbegrenzer zur Überwachung der Über- und Untertemperatur
- Notflutbehälter zum Spülen des Ofens mit Schutzgas im Fehlerfall
- Fackel zur thermischen Nachverbrennung der Abgase

