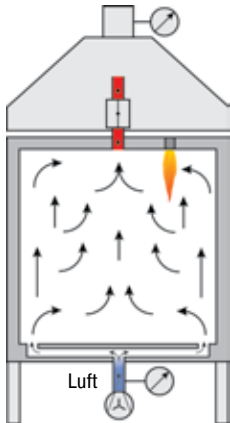


# Sicherheitskonzepte für weitere Prozesse bei Entstehung organischer Abgase

## I. BO-Sicherheitskonzept für Prozesse mit hohen Verdampfungsraten von Organik

Das BO-Sicherheitskonzept wird für Prozesse eingesetzt, bei denen auf Grund einer schlecht zu steuernden Verdampfungsdynamik eine Verdünnung der Ofenatmosphäre mit Luft allein zur Sicherstellung eines nicht zündfähigen Gemisches nicht ausreicht. Beispiele sind Prozesse mit hohen Bindermengen oder schnellen Verdampfungsraten. Auch Prozesse, in denen das Produkt durch eine Entzündung verascht, können mit diesem Ofenkonzept sicher durchgeführt werden.



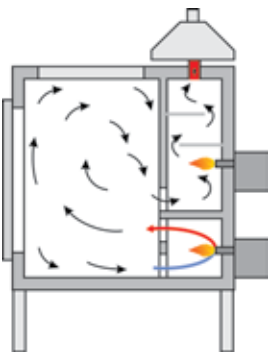
Der Ofenatmosphäre wird ständig Luft zugeführt, so dass stets ein Luftüberschuss vorhanden ist. Entsteht trotzdem ein zündfähiges Gemisch in der Atmosphäre, so wird dieses durch einen gasbeheizten Zündbrenner im Ofen gezündet. Dadurch wird sichergestellt, dass keine größeren zündfähigen Konzentrationen entstehen können und ein sicheres Abbrennen ermöglicht. Das Konzept ist generell für Produkte empfehlenswert, die durch einen zwischenzeitlichen Temperaturanstieg keinen Schaden nehmen. Das Austreiben von organischen Bestandteilen kann auch bei Temperaturen oberhalb von 500 °C erfolgen. Im Anschluss an den Ausbrennprozess kann, je nach Ofenmodell, ein Folgeprozess bis max. 1400 °C erfolgen.

Überwachte Sicherheitsfunktionen für einen sicheren Prozessablauf

- Türverriegelung mit temperaturabhängiger Verriegelung
- Gaseingangsdruck Brenneranlage
- Flammenüberwachung des Zündbrenners
- Durchflussmenge Frischluft
- Durchfluss an der Esse
- Abhängig von der Störung reagiert die Ofensteuerung unterschiedlich und überführt den Ofen in einen sicheren Zustand

## II. NB .. CL-Sicherheitskonzept für thermisches Reinigen durch Pyrolyse

Das NB .. CL-Sicherheitskonzept wird für das thermische Reinigen von Bauteilen durch Pyrolyse, d.h. in einer sauerstoffarmen Atmosphäre eingesetzt. Beispiele sind die thermische Reinigung beschichteter Oberflächen von Stahlteilen oder Düsen von Kunststoff-Spritzgussmaschinen. Die Öfen sind gasbeheizt und verfügen über eine integrierte thermische Nachverbrennung (TNV), die ebenfalls gasbeheizt ist. Durch die voreingestellte, sauerstoffarme bzw. reduzierende Atmosphäre im Ofen wird eine lokale Selbstentzündung am Werkstück wirkungsvoll vermieden, um Beschädigungen auf Grund von Flammenbildung und daraus resultierenden Temperaturanstieg zu verhindern. Die entstehenden Abgase werden aus dem Ofenraum in die integrierte thermische Nachverbrennung geleitet, wo sie nachverbrannt werden. Je nach Art der Abgase ist eine rückstandsfreie Umsetzung möglich. Das NBCL-Sicherheitskonzept ist nicht geeignet für das Ausdampfen von Lösungsmitteln oder für Produkte mit hohem Wasseranteil.

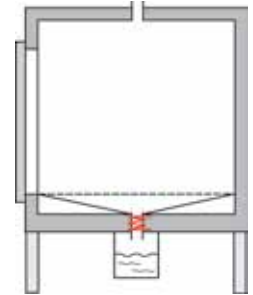


Überwachte Sicherheitsfunktionen für einen sicheren Prozessablauf

- Gaseingangsdruck Brenneranlage
- Sicherstellung der TNV-Funktion: Der Ofen ist mit einer mehrstufigen Sicherheitsüberwachung ausgerüstet, damit keine ungereinigten Abgase entweichen. Steigt die Temperatur in der TNV auf Grund der im Prozess entstehenden Abgasmenge über einen voreingestellten Grenzwert an, schaltet die Ofenheizung von Groß- auf Kleinlast solange herunter, bis der Grenzwert wieder unterschritten ist. Reicht diese Maßnahme nicht aus, weil eine zu hohe Abgasmenge im Ofen generiert wird, so wird die Ofenheizung abgeschaltet und der Prozess abgebrochen.
- Druckentlastungsklappe: bei einem Druckstoß im Ofenraum, z.B. durch falsche Beschickung oder Prozessführung, wird eine Druckentlastungsklappe ausgelöst und verhindert ein Bersten des Gehäuses. Es erfolgt ein Prozessabbruch.
- Löscheinrichtung: Bei einer ungewollten Selbstentzündung kann durch spezielle Öffnungen im Ofenraum mit ABC-Löschgerät der Brand gelöscht werden
- Türverriegelung: ab Prozessstart ist die Tür elektrisch verriegelt
- Abhängig von der Störung reagiert die Ofensteuerung unterschiedlich und überführt den Ofen in einen sicheren Zustand

### III. WAX-Sicherheitskonzept zum Wachs ausschmelzen unterhalb des Flammpunktes für elektrisch beheizte Öfen

Die Öfen der Baureihe WAX mit entsprechendem Sicherheitskonzept sind zum sicheren Wachs ausschmelzen von Bauteilen, z.B. Keramikformen, unterhalb des Flammpunktes des Wachses geeignet. Das aufgeschmolzene Wachs wird in einem Behälter unterhalb des Ofens aufgefangen. Der Auffangbehälter befindet sich in einer luftdicht abgeschlossenen Schublade und kann zum Entleeren entnommen werden. Das Wachs läuft durch ein Rost in einen trichterförmigen Auslauf im Boden des Ofens. Der Auslaufkanal ist beheizt, um ein Erstarren des auslaufenden Wachses sicher zu verhindern. Das Ofenprogramm wird erst gestartet, nachdem die Solltemperatur des Auslaufs erreicht ist. Kundenseitig wird die Ausschmelztemperatur und die Zeit des Ausschmelzens vorgewählt. Nach Beendigung des Ausschmelzprozesses kann der Ofen bis auf 850 °C aufgeheizt werden, um die Formen zu sintern.

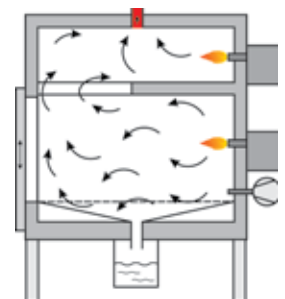


Überwachte Sicherheitsfunktionen für einen sicheren Prozessablauf

- Temperatur des Wachsauslaufs
- Zwei unabhängige Temperaturwählbegrenzer
  - Erster Temperaturwählbegrenzer wird unterhalb des Flammpunktes des Wachses eingestellt. Dadurch wird verhindert, dass sich das Wachs während des Ausschmelzvorganges entzündet. Kundenseitig wird die Dauer der Wachs ausschmelzung vorgegeben. Nach Ablauf dieser Zeit wird der Temperaturwählbegrenzer über das Programm deaktiviert, damit der Ofen mit dem Sinterprozess fortfahren kann.
  - Zweiter Temperaturwählbegrenzer mit einstellbarer Abschalttemperatur als Übertemperaturschutz für den Ofen und die Ware beim Sintern

### IV. BOWAX-Sicherheitskonzept zum Wachs ausschmelzen/Verbrennen oberhalb des Flammpunktes (Flash-Fire-Dewaxing)

Die gasbeheizten Öfen mit BOWAX-Sicherheitskonzept sind zum Wachs ausschmelzen oberhalb des Flammpunktes ausgelegt. Flash-Fire-Prozesse resultieren in einem schlagartigen Ausschmelzen des Wachses. Der Ofen wird heiß beschickt, d.h. bei einer Temperatur oberhalb 750 °C. Auch bei großen Wachsmengen oder unbekanntem Flammpunkt ist dieses Prinzip einsetzbar. Gleiches gilt bei großen Restwachsmengen, die nicht herkömmlich ausgeschmolzen werden können.



Ein Teil des Wachses schmilzt auf und läuft über einen Auslauf im Ofenboden in einen mit Wasser befüllten Behälter. Der zweite Teil des Wachses verdampft und es entsteht ein zündfähiges Gemisch im Ofen. Dieses wird durch einen gasbeheizten Zündbrenner im Ofenraum gezündet. Die Öfen verfügen über eine nachgeschaltete Thermische Nachverbrennung, die die verbleibenden Abgase reinigt und Geruchsbelastigungen minimiert.

Durch die Entzündung im Ofenraum kann es zu unkontrollierten Temperaturerhöhungen kommen. Die Charge muss daher gegen Temperaturwechsel und Temperaturen > 1000 °C beständig sein.

Überwachte Sicherheitsfunktionen für einen sicheren Prozessablauf

- Gasdruck der Brenner
- Flammenüberwachung der Brenner
- Temperaturwählbegrenzer mit einstellbarer Abschalttemperatur als Übertemperaturschutz für Ofen und Charge
- Elektromagnetisch verriegelte Hubtür, nachdem der Ofen chargiert wurde
- Anzeige bei Erreichen der zulässigen Beschickungstemperatur

# Sicherheitskonzepte für weitere Prozesse bei Entstehung organischer Abgase

## V. Sicherheitskonzept EN 1539 (NFPA 86) zum Trocknen von Lösemitteln in Trocknern

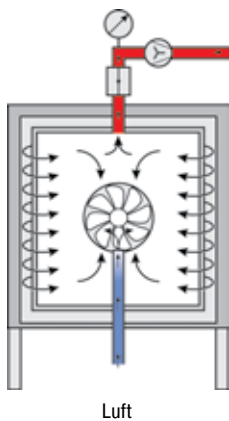
Die Sicherheitstechnik der Öfen und Trockner für Prozesse, bei denen Lösungsmittel oder andere brennbare Stoffe relativ schnell freigesetzt und verdampft werden, wird europaweit in der EN 1539 (oder NFPA 86 in den USA) geregelt.

Typische Anwendungen sind das Trocknen von Formlacken, Oberflächenbeschichtungen und Tränkharzen. Anwender kommen neben der Chemieindustrie auch aus vielen verschiedenen anderen Bereichen wie der Automobil-, Elektro- oder auch Kunststoff- und Metallverarbeitenden Industrie.

Die EN 1539 unterscheidet hierbei die Sicherheitskonzepte Typ A und Typ B.

### 1. Sicherheitskonzept EN 1539 Typ A

Das Sicherheitskonzept sieht die Vermeidung der Bildung explosionsfähiger Gemische durch einen kontinuierlichen Luftwechsel im gesamten Dampfraum vor.



Umsetzung der Normanforderungen

- Ein Abgasventilator sorgt für den erforderlichen kontinuierlichen Luftwechsel im Trockner bzw. Ofen. Die Funktion des Ventilators wird sicherheitstechnisch überwacht. Die während der Wärmebehandlung auftretenden Dämpfe werden mit Hilfe des Abgasventilators aus dem Ofenraum abgesaugt.
- Die Luftwechselrate wird über ein Differenzdrucksystem sichergestellt (Differenzdrucküberwachung der Luftumwälzung und des Abgases). Meldet das System einen Fehler, geht der Ofen in Störung und die Heizung wird abgeschaltet.
- Über den Unterdruck wird sichergestellt, dass Lösungsmittel definiert aus dem Ofen austreten können
- Das Innengehäuse des Ofens ist komplett verschweißt und verhindert, dass Lösemittel in die Isolierung eindringen und sich dort anreichern

NABERTHERM spezifiziert, welche Menge von Lösungsmitteln bei welcher Arbeitstemperatur je nach Ofentyp eingebracht werden dürfen. Die Lösungsmittelmenge wird berechnet bezogen auf den schlechtesten Fall, d.h. eine schnelle Verdampfung von Lösungsmittel auf einer größtmöglichen Oberfläche.

Die Norm sieht auch Ausnahmen vor, bei denen im Fall von niedrigeren Verdampfungsraten größere Lösungsmittelmengen pro Charge in den Trockner eingebracht werden dürfen. Kundenseitig ist deshalb der Prozess stets zu bewerten, um entsprechend die Lösemittelmengen einzuhalten.

Bei Formlacktrocknungen können die Werte nach Norm um den Faktor 10 erhöht werden. Sollte der Prozess des Kunden der Tränkharztrocknung entsprechen (z.B. bei Transformatoren, Motorwicklungen etc.), so können die auf schnelle Verdampfung berechneten maximalen Mengen an brennbaren Stoffen bis zum Faktor 20 erhöht werden. Je nach Prozess sind die derzeit gültigen Normauflagen kundenseitig einzuhalten.

Die hohe Luftwechselrate resultiert in einem relativ hohen Energieverbrauch. Die EN 1539 sieht vor, dass nach Ablauf der Hauptverdampfungszeit der Mindestabluftvolumenstrom auf 25 % reduziert werden kann. Die Hauptverdampfungszeit nach EN 1539 ist die Zeit, in der die Hauptmenge der brennbaren Stoffe freigesetzt wird. Nabertherm bietet für die Trockner mit Sicherheitstechnik als Zusatzausstattung eine Steuerung an, die diese Energiesparoption umsetzt. Kundenseitig muss dabei das Ende der Hauptverdampfungszeit eingestellt und bestätigt werden. Nach Erreichen dieses Zeitpunktes reduziert die Anlage den Abgasvolumenstrom entsprechend.

## 2. Sicherheitskonzept EN 1539 Typ B

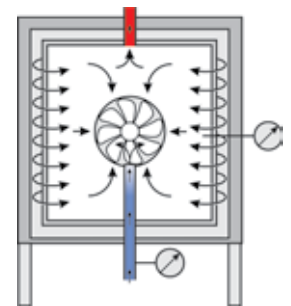
Eine Alternative zum Sicherheitskonzept mittels Verdünnung der Luft in der Ofenatmosphäre wird in der EN 1539-B beschrieben. Das Sicherheitskonzept sieht dabei die Vermeidung der Bildung explosionsfähiger Gemische durch Begrenzung der Sauerstoffkonzentration in jedem Teil des Gesamtdampftraumes vor.

Vor dem Prozessstart und nach dem Entbinderungsprozess wird der gasdicht ausgeführte Behälter mittels automatischem, sicher überwachten Spülvorgang mit Inertgas gespült, um brennbare und explosive Gemische zu vermeiden.

Während des Prozesses wird die Betriebsspülung sicher überwacht.

Umsetzung der Normanforderungen

- Prozesssteuerung über eine fehlersichere SPS (F-SPS)
- Überwachung des Ofenraumüberdruckes
- Überwachung der Eingangsdrücke für den Prozessgas- bzw. Notspülpfad
- Überwachung Türverriegelung gegen unerlaubtes Öffnen des Ofens im Betrieb
- Im Fehlerfall erfolgt eine Notspülung des Ofens, die auch zum Abschalten der Heizung und des Umwälzers führt. Kundenseitig ist eine ausfallsichere Schutzgasversorgung zur Verfügung zu stellen.
- Eine Überwachung der Sauerstoffkonzentration erfolgt mittels Sauerstoffsonden, welche im Abgasstrang positioniert sind.



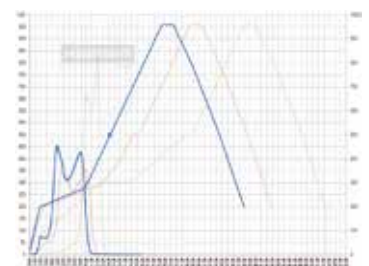
Schutzgas

## Prozessoptimierung durch Nabertherm mittels Flammenionisationsdetektor (FID)

Die Entbinderung beansprucht oftmals einen großen Teil der gesamten Prozesszeit. Deshalb liegt in diesem Segment ein großes Potenzial, um die Prozesskurve zeitlich zu optimieren.

Nabertherm bietet zur Prozessoptimierung eine produktionsbegleitende Analyse des Entbinderungsprozesses mittels FID-Messung an. Ziel der Messung ist die Feststellung einer möglichen Verkürzung der Prozesszeiten, Erhöhung des Durchsatzes und einer damit einhergehenden Senkung der Produktionskosten. Auf Basis der Empfehlungen prüft und validiert der Kunde die praktische Umsetzung im Hinblick auf die Materialeigenschaften der Charge.

- Prozessanalyse einschließlich FID Messung und Vorschläge zu einer möglichen Prozessoptimierung
  - Aufnahme der Rohgaswerte der aktuellen Werte mittels FID Messung
  - Auswertung und Ermittlung von Zeiträumen mit geringer Verdampfungsaktivität
  - Bereitstellung FID Messgerät
  - Erstellung der Auswertung und Berichte
- Prozessanpassung
  - Vorschläge für ein optimiertes Temperaturprofil
  - Umsetzung der Vorschläge durch Ofenfahrt mit begleitender Messung und Auswertung nach Freigabe der Vorschläge durch den Kunden
  - Empfehlung für weitere kundenseitige Optimierungsschritte, sofern machbar



Prozesskurven vor und nach Optimierung