

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Filternde Abscheider  
Heißgasfiltration  
  
Filtering separators  
High-temperature gas filtration

VDI 3677

Blatt 3 / Part 3

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen. Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The draft of this guideline has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette). The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung . . . . .	2	Preliminary note . . . . .	2
Einleitung . . . . .	2	Introduction . . . . .	2
<b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>	<b>4</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>2 Begriffe . . . . .</b>	<b>4</b>	<b>2 Terms and definitions . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>3 Grundlage der kuchenbildenden Staubabscheidung . . . . .</b>	<b>6</b>	<b>3 Principles of cake-forming dust collection . . . . .</b>	<b>6</b>
3.1 Wirkungsweise, Mechanismus der Partikelabscheidung . . . . .	6	3.1 Mode of action and mechanism of particle separation . . . . .	6
3.2 Regenerierung . . . . .	9	3.2 Regeneration . . . . .	9
<b>4 Filtermedien . . . . .</b>	<b>11</b>	<b>4 Filter media . . . . .</b>	<b>11</b>
4.1 Heißgasfilterkerzen aus Hochtemperatur- wolle (HTW) . . . . .	11	4.1 High-temperature gas filter candles made from high-temperature insulation wool (HTIW) . . . . .	11
4.2 Kornkeramische Filterelemente . . . . .	15	4.2 Ceramic filter elements . . . . .	15
4.3 Metallische Filtermaterialien . . . . .	20	4.3 Metal filter materials . . . . .	20
4.4 Prüfung von Heißgasfiltermedien . . . . .	26	4.4 Testing high-temperature gas filter media . . . . .	26
<b>5 Bauformen . . . . .</b>	<b>30</b>	<b>5 Design types . . . . .</b>	<b>30</b>
5.1 Anforderungen . . . . .	30	5.1 Requirements . . . . .	30
5.2 Gehäuse einschließlich Staubsammelraum und Staubaustrag . . . . .	32	5.2 Filter housing including dust collection chamber and dust outlet . . . . .	32
5.3 Staubabscheidung und Regenerierung . . . . .	34	5.3 Dust separation and regeneration . . . . .	34
<b>6 Auslegung . . . . .</b>	<b>38</b>	<b>6 Design . . . . .</b>	<b>38</b>
<b>7 Anwendungsbeispiele . . . . .</b>	<b>39</b>	<b>7 Applications . . . . .</b>	<b>39</b>
7.1 Anwendungsbeispiele . . . . .	39	7.1 Applications . . . . .	39
7.2 Perspektiven . . . . .	40	7.2 Outlook . . . . .	40
Schrifttum . . . . .	43	Bibliography . . . . .	43

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL

Fachbereich Umweltschutztechnik

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi-richtlinien.de](http://www.vdi-richtlinien.de)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3677](http://www.vdi.de/3677).

## Einleitung

Die Heißgasfiltration/Hochtemperaturentstaubung ist ein besonderes Anwendungsgebiet der Entstaubungstechnik. Gegenüber anderen Anwendungsgebieten zeichnet sich die Heißgasfiltration durch Betriebstemperaturen oberhalb von 260 °C aus, bei denen der Einsatz konventioneller Filtermedien aus synthetischen Fasern aufgrund der nicht ausreichenden Temperaturbeständigkeit oder der Brennbarkeit nicht mehr möglich ist.

Heißgasfilter werden unter anderem aus metallischen Werkstoffen, aus Hochtemperaturwolle und aus keramischen Feingranulaten hergestellt. Die selbsttragenden Elemente sind in Abhängigkeit vom Werkstoff temperaturbeständig im Bereich von > 260 °C bis 1100 °C (siehe Tabelle 1, Abschnitt 4), unempfindlich gegenüber Funkenflug, nicht brennbar und weisen eine hervorragende Temperaturwechselbeständigkeit auf. Dennoch gibt es im Bereich oberhalb von 500 °C bisher nur wenige Anwendungsbeispiele, weil der konstruktive Aufwand nicht verhältnismäßig ist.

Auch Elektrofilter und Zyklone können bei Temperaturen oberhalb von 260 °C eingesetzt werden. Sie werden jedoch durch die vorliegende Richtlinie nicht erfasst (siehe stattdessen VDI 3678 Blatt 1 und Blatt 2 sowie VDI 3676).

Heißgasfilterelemente werden u.a. bereits in der Farbpigment-Produktion, der Calciumcarbid-Produktion und in Anlagen zur Vergasung von Biomasse erfolgreich als rückreinigbare Oberflächenfilter zur Partikelabscheidung aus heißen Gasen eingesetzt.

Die Entstaubung bei hohen Temperaturen bietet gegenüber der Entstaubung bei Temperaturen < 260 °C unter anderem folgenden Vorteile:

## Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices ([www.vdi-richtlinien.de](http://www.vdi-richtlinien.de)).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the internet at [www.vdi.de/3677](http://www.vdi.de/3677).

## Introduction

High-temperature gas filtration/high-temperature dust removal is a special field of application of dust control technology. Unlike other applications, high-temperature gas filtration operates at temperatures in excess of 260 °C. Conventional filter media made from synthetic materials are unsuitable for this application due to their inability to withstand such high temperatures, or their combustibility.

High-temperature gas filters are manufactured e.g. from metallic materials, high-temperature insulation wool (HTIW) and fine ceramic granules. Depending on the material used, these self-supporting elements are temperature-resistant in the range of > 260 °C to 1100 °C (see Table 1, Section 4), resistant to flying sparks, non-combustible and highly resistant to thermal shock. However, as yet only a few applications operate at temperatures above 500 °C due to the disproportionate design effort involved.

Electrostatic precipitators and cyclones can also be used at temperatures above 260 °C, but these are not covered by this guideline (see VDI 3678 Part 1 and Part 2 and VDI 3676).

High-temperature gas filtration elements are already successfully used as washable surface filters to remove particles from hot gases during pigment manufacturing, calcium carbide production and in biomass gasification plants.

High-temperature dust removal offers the following advantages compared with dust removal at temperatures < 260 °C:

- Rückgewinnung der thermischen Energie des Abgases nach der Entstaubung möglich
  - Erhöhung des Gesamtwirkungsgrads
  - Vermeidung von Wiederaufheizung des Abgases
  - Schutz nachgeschalteter Anlagenteile (z.B. Wärmetauscher, Katalysatoren, Gaswäscher)
- Vermeidung von Kondensation, Desublimation und daraus resultierenden Anbackungen (insbesondere dann relevant, wenn die Heißgasfiltration zur Reinigung von Prozessgasen, z.B. Pyrolyse- und Synthesegasen, eingesetzt wird, die einer weiteren Verwendung zugeführt werden)
- Abscheidung von Funken bzw. glimmenden Partikel und brennbaren Stoffen

Heißgasfilter ermöglichen somit eine effiziente Energienutzung und können so zur Entlastung der Umwelt und zur Schonung der Ressourcen beitragen.

Eine wirtschaftliche Gesamtbetrachtung unter Berücksichtigung der Investitions- und Wartungskosten ist jedoch für den Einzelfall unerlässlich.

Bei der Planung von Heißgasfiltern sind im Vergleich zur Niedertemperaturfiltration folgende Punkte besonders zu berücksichtigen:

- höherer Druckverlust und dadurch höherer Energieverbrauch der Ventilatoren aufgrund höherer Gasviskosität
- Regenerierbarkeit starrer Filterelemente nur durch Strömungskräfte – siehe Abschnitt 3.2
- mechanische Beständigkeit der Filtermedien, z.B. Bruchempfindlichkeit keramischer Filtermedien
- Korrosionsbeständigkeit der Filtermedien
- Abscheidung tiefsiedender Schadstoffe wie einzelner PAK, Schwermetalle (Bei relevanten Gehalten an kondensierbaren (z.B. organischen) Stoffen, die erst bei niedrigeren Temperaturen partikelförmig vorliegen, ist die Heißgasfiltration zur Entstaubung von Abgasen nicht ausreichend, und weitere Maßnahmen sind erforderlich.)

Darüber hinaus können die sich mit steigender Temperatur verändernden Staubeigenschaften (Erweichung des Staubs, anderes Strömungsverhalten, Verkleben der Partikel, Versinterung des Staubs) problematisch sein. So können bei hohen Temperaturen klebrige Alkalien bei der Abscheidung von Asche aus Verbrennungsprozessen eine Abreinigung des Filters erschweren und einen Belag auf der Filteroberfläche bilden, der zum Verstopfen des Filters führt. Daher ist eine Einschätzung zur grundsätzlichen Anwendbarkeit der Heißgasfiltration und zur Ausgestaltung des Filters von den Randbedingungen im Einzelfall abhängig.

- potential for waste heat recovery from flue gas after dust removal
  - increases overall efficiency
  - avoids reheating the flue gas
  - protects downstream plant parts (e.g. heat exchangers, catalysts, gas scrubbers)
- prevents condensation, desublimation and subsequent caking (particularly relevant if high-temperature gas filtration is used to purify process gases, e.g. pyrolysis and synthesis gases, which are then used elsewhere)
- removes sparks, smouldering particles and combustible materials

High-temperature gas filters can increase energy efficiency, thereby helping to reduce their environmental impact and conserve resources.

However, the importance of assessing the overall financial viability of each individual project must be stressed, taking into account investment and maintenance costs.

Particular attention must be paid to the following points when designing high-temperature gas filtration systems compared with low-temperature systems:

- higher pressure drop resulting in higher fan energy consumption due to higher gas viscosity
- rigid filter elements can only regenerate as a result of hydrodynamic forces – see Section 3.2
- mechanical strength of filter media, e.g. fracture sensitivity of ceramic filter media
- corrosion resistance of filter media
- separation of low-boiling contaminants such as individual PAHs and heavy metals (High-temperature gas filtration is not sufficient to extract relevant concentrations of condensable (e.g. organic) substances which occur as particulate matter only at lower temperatures, and further measures are required.)

Furthermore, as the temperature increases, changes in dust characteristics (softening of the dust, modified flow properties, particle adherence, dust sintering) may be problematic. For example, when separating ash produced during combustion processes, sticky alkalis which form at high temperatures may make it difficult to clean the filter. These alkaline deposits may build up on the filter surface and ultimately block the filter. For this reason it is important to assess the suitability of high-temperature gas filtration for the application in question, including the filter design, on a case-by-case basis.

## 1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Richtlinie enthält Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von Heißgasfiltern für Betriebstemperaturen bis zu 1000 °C. Die in Bildern und Tabellen dargestellten Ergebnisse sind Beispiele und gelten wegen der zahlreichen, sich gegenseitig beeinflussenden anlagen- und abgasspezifischen Faktoren jeweils nur für den zugehörigen konkreten Anwendungsfall.

Anwendungen für Heißgasfilter sind überall dort, wo die Prozessführung eine Abkühlung vor oder während der Filtration – das heißt vor dem nächsten Prozessschritt – verbietet oder wo eine Abkühlung der Gase vor dem Filter unwirtschaftlich ist.

Beispiele für solche Anwendungsfälle sind:

- Kraftwerksprozesse: Verbrennung von Spanplatten und Holzschnitzeln
- Vergasung von Abfall und Biomasse, z.B. Holz
- Verbrennung von Haus- und Industrieabfall, Krankenhaus- und Klinikabfall sowie leicht radioaktivem Abfall, z.B. Schutzkleidung, Geräte
- Rückgewinnung von Edelmetallen und sonstigen Wertstoffen aus Katalysatoren
- Herstellung von Katalysatoren
- Abscheidung von Kalziumkarbid in der Kalziumkarbidproduktion
- Kalzinierverfahren, z.B. Herstellung von Nanopulvern (z.B. Farbpigmente) oder Aluminiumoxid
- Herstellung von Metallen, z.B. Magnesium
- Entstauben von Schmelzöfen und Wirbelbettprozessen, z.B. in der Glasindustrie
- Herstellung von Aluminiumsulfat
- Gießereisandaufbereitung

## 1 Scope

This guideline provides information regarding the design, construction and operation of high-temperature gas filters operating at temperatures of up to 1000 °C. Information contained in the diagrams and tables is provided by way of example and, in view of the numerous interactions between individual systems and exhaust gases, can be applied only to the cited applications.

High-temperature gas filters can be employed wherever process control prevents cooling before or during filtration – i.e. before the next process step – or where cooling the gases before filtering would be uneconomical.

This applies to:

- power plant processes: woodchip combustion
- gasification of waste and biomass, e.g. wood
- incineration of household and industrial waste, clinical waste and low-level radioactive waste, e.g. protective clothing, equipment
- recovery of precious metals and other valuable resources from catalysts
- production of catalysts
- separation of calcium carbide in calcium carbide production
- calcining processes, e.g. nanopowder production (e.g. pigments) or aluminium oxide
- metal production, e.g. magnesium
- dust extraction from furnaces and fluid-bed processes, e.g. in the glass industry
- aluminium sulphate production
- foundry sand preparation