

Ersetzt Ausgabe Februar 2008

**Inhalt:**

1. Geltungsbereich
2. Einleitung
3. Nichtmetallische Grundwerkstoffe
4. Oberflächenvorbereitung
  - 4.1. Reinigen mit Waschmitteln in wässrigen Lösungen
  - 4.2. Reinigen mit organischen Lösemitteln
  - 4.3. Chemisch-physikalische Oberflächenvorbereitung
  - 4.4. Thermische Oberflächenvorbereitung
  - 4.5. Mechanische Oberflächenvorbereitung
    - 4.5.1. Spanende Verfahren
    - 4.5.2. Strahlen
    - 4.5.3. Haftvermittelnde Zwischenschichten
5. Abdeckmaßnahmen
6. Arbeits- und Umweltschutz
7. Schrifttum
  - 7.1. Regelwerk
  - 7.2. Literatur

**1. Geltungsbereich**

Das Merkblatt enthält Empfehlungen (Arbeitsanweisungen) für die fachgerechte Haftgrundvorbereitung von nichtmetallischen Grundwerkstoffen für thermisch gespritzte Schichten. Darüberhinaus gibt es allgemeine Hinweise zum Arbeits- und Umweltschutz.

**2. Einleitung**

Beim thermischen Spritzen von Metallen, Karbiden, Oxiden, Kunststoffen und deren Mischungen auf nichtmetallische Grundwerkstoffe beruht der Haftmechanismus auf unterschiedlichen Bindungsarten.

Aus diesem Grund kommt der Oberflächenvorbereitung eine erhöhte Bedeutung zu. Nur optimal vorbereitete Grundwerkstoffoberflächen ergeben eine zufriedenstellende Haftung zwischen Grundwerkstoff und Spritzschicht.

Nichtmetallische Werkstoffe, wie Kunststoff, Graphit, Keramik und Halbleiter, gewinnen in der Technik aus verschiedenen Gründen (geringes Gewicht, spezifische, elektrische Eigenschaften, chemische Beständigkeit und Kosten) zunehmend an Bedeutung. Funktionsteile aus Kunststoff, Graphit und Keramik ersetzen bereits heute teure, metallische Grundwerkstoffe sowohl bei Massenteilen als auch bei hochbeanspruchten Sonderteilen. Genügen die Oberflächen der nichtmetallischen Grundwerkstoffe den an sie gestellten Anforderungen nicht, so können thermisch gespritzte Schichten eine Oberflächenoptimierung bringen, zum Beispiel als

- Schutzschichten gegen
  - Verschleiß, mechanische Einwirkungen
  - Korrosion, chemische Einwirkungen
  - Wärme, thermische Einwirkungen
- Schichten mit spezifischen, elektrischen Eigenschaften
  - Elektrische Isolatoren, Dielektrika
  - Elektrische Leiter
  - Besondere Elektronenemission

– Schichten mit spezifischen Oberflächeneffekten

- Oberflächenvergrößerung
- Spezifische Oberflächenstruktur
- Dekorative Oberflächen

– Schichten mit speziellen Stoffeigenschaften

- Katalysatorwirkung
- Oberflächenaktivität
- Hochtemperaturbeständigkeit
- Lötbarkeit

**3. Nichtmetallische Grundwerkstoffe**

Nichtmetallische Grundwerkstoffe lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

**Tabelle 1: Einteilung nichtmetallischer Werkstoffe.**

Keramik	Kunststoffe	Naturstoffe	Sonstige
Silikatkeramik Tonputz, Glaskeramik, ...	Thermoplaste (Plastomere) PE, PVC, PU, ...	Holz und Holzprodukte (Pappe, Papier) Zellulose	Graphit
Oxidkeramik Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZrO <sub>2</sub> , ...	Elastomere EPDM, PP, ...	Stein	Halbleiter
Nichtoxidische Keramik AlN, SiC, Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , ...	Duroplaste (Duromere), gefüllt und ungefüllt Epoxidharz, -Melamin, ...		Glas

**4. Oberflächenvorbereitung**

Neben dem Reinigen/Entfetten des Grundwerkstoffs kann eine ordnungsgemäße Vorbereitung des Haftgrundes auch eine weitergehende chemisch-physikalische, thermische oder mechanische Oberflächenbehandlung erforderlich machen. Die Verweildauer zwischen Oberflächenvorbereitung und anschließendem thermischen Spritzen ist so kurz wie möglich zu halten. Diese Forderung gilt besonders bei chemisch-physikalischer und thermischer Vorbereitung.

**4.1. Reinigen mit Waschmitteln in wässrigen Lösungen**

Reinigungsverfahren sind:

- Tauch- oder Sprühverfahren mit oder ohne Anwendung von Ultraschall.

Bei Tauch- und Sprühverfahren sind meist mechanische Hilfsmittel zusätzlich erforderlich, um anhaftende Fremdstoffe ausreichend zu entfernen.

Die Reinigungswirkung wird mit Ultraschall verbessert. Ist die Anwendung von Ultraschall nicht möglich, muss auf mechanische Hilfsmittel (z. B. Bürsten) zurückgegriffen werden. Für die Anwendung sind mild alkalische (pH 9 bis 10,5) Phosphatreiniger mit hohem Tensidgehalt zu bevorzugen. Silikatreiniger und organische

Die Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Thermische Beschichtungsverfahren“

Neutralreiniger sind nur bedingt geeignet. Anschließendes Spülen mit VE-Wasser und Trocknen mit ölfreier, trockener Druckluft sind unerlässlich.

#### 4.2. Reinigen mit organischen Lösemitteln

Mögliche Reinigungsverfahren sind:

- Tauchverfahren mit oder ohne Anwendung von Ultraschall
- sowie Dampfentfettung.

Folgende Lösemittel sind möglich:

**Tabelle 2. Organische Lösemittel.**

Lösemittel	Siedepunkt °C
2-Propanon (Aceton)*	56,2
Dichlormethan (Methylenchlorid)#	39,6
Ethanol*	78,3
Methanol*	64,7
Tetrachlorethen (Perchlorethylen)#	120,8
1,1,2-Trichlorethen (Trichlorethylen)#	87,4
1,1,2-Trichlor-1,2,2-Trifluorethan (R 113)#	47,6
1,1,1-Trichlorethan (Methylchloroform)#	74,0
iso-Propanol (Isopropylalkohol)*	82,3

\* leicht entzündlich

# gesundheitsschädlich

Bei der Verwendung von organischen Lösemitteln sind die Grundsätze zur Verhütung von Gefährdungen gemäß GefStoffV zu berücksichtigen. Nach Möglichkeit sind entsprechende Verfahren und Stoffe gem. GefStoffV durch weniger gefährliche zu ersetzen. Weiterhin sind die Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) über brennbare Flüssigkeiten sowie die Vorschriften zum Explosionsschutz bei Reinigungsanlagen zu beachten. Vorsicht ist beim Versprühen geboten. Selbst bei schweren entflammaren Reinigern (mit sehr hohem Flammpunkt) muss damit gerechnet werden, dass ein Sprühnebel gezündet werden kann.

Die Verwendung von Chlorkohlenwasserstoffen (CKW) zu Reinigungszwecken ist aus Gründen des Umwelt- und Arbeitsschutzes sehr stark reglementiert worden. Entsprechend der BetrSichV dürfen CKW bis auf wenige Ausnahmen nur noch in geschlossenen Anlagen eingesetzt werden. Tauchreinigung und Dampfentfettung sind gängige Verfahren.

#### 4.3. Chemisch-physikalische Oberflächenvorbereitung

Üblich sind: Ätzen, Bekeimen, Ionenätzen. Über die zahlreichen chemischen Vorbereitungsverfahren an Kunststoffen können Anregungen den Fachbüchern, zum Beispiel [1], entnommen werden.

#### 4.4. Thermische Oberflächenvorbereitung

Die thermische Vorbereitung soll die Oberfläche trocknen, reinigen oder chemisch/physikalisch aktivieren. Dazu können je nach Grundwerkstoff offene Flammen, Strahlungswärme, Tiefemperaturen, Koronaentladung angewandt werden.

#### 4.5. Mechanische Oberflächenvorbereitung

##### 4.5.1. Spanende Verfahren

In bestimmten Fällen reicht Fräsen, Drehen, Schleifen oder Bürsten für die Vorbereitung aus. Es ist jedoch darauf zu achten, dass hierbei die Werkstoffeigenschaften nicht beeinträchtigt werden.

Beeinträchtigungen können entstehen durch:

Einbringen von Spannungen, Verdichten der Oberfläche, Oxidationsvorgänge. Bei Kunststoffen: Freilegen von Poren, Beschädigung von Fasereinlagen und anderes.

#### 4.5.2. Strahlen

Durch Strahlen soll die Oberfläche gereinigt und aufgeraut werden. Einflussgrößen auf das Strahlergebnis sind unter anderem Strahlmittelart und -sorte sowie die Betriebsparameter des Strahlvorganges, wie Strahleinwirkdauer, Strahlmitteldurchsatz, Strahlabstand, Strahlaufreffwinkel, Strahlmittelauffreffgeschwindigkeit und Strahlmittelbedeckungsgrad (siehe auch DIN 8200). Sie sind entsprechend dem zu strahlenden Bauteil und Grundwerkstoff auszuwählen bzw. einzustellen und, falls erforderlich, durch Strahlproben zu optimieren.

Die entstehende Rauheit (Rautiefe und Oberflächencharakter) kann durch Sicht- und Tastvergleich mit Hilfe von Rauheitsvergleichsmustern, zum Beispiel nach DIN EN ISO 8503 (Teile 1 und 2) bestimmt, die Rautiefenmessgrößen mit Hilfe von elektrischen Tastschnittgeräten ermittelt werden (siehe DIN EN ISO 4288).

##### 4.5.2.1. Strahlmittel

Einen Überblick über mögliche und gegebenenfalls geeignete Strahlmittel gibt Tabelle 3. Zur Auswahl geeigneter Strahlmittel siehe auch DIN 8200, DIN EN 111 Teile 4, 5 und 7, DIN EN ISO 11124 sowie DIN EN ISO 1126 (insbesondere hinsichtlich Kornform, Korngröße und Korngrößenverteilungen), sowie [2].

**Tabelle 3. Strahlmittel.**

Korund $Al_2O_3$	+ (A)	+	o (A)	o (A)
Zirkonkorund	+ (A)	+	o (A)	o (A)
Siliciumkarbid	+ (A)	+	o (A)	o (A)
Eisen und Stahl	o (A)	o	o (A)	–
NE-Metalle	o (A)	+	o (A)	–
Schlacken	o (A)	+	o (A)	o (A)
Glas	+ (A)	+	o (A)	o (A)
Kunststoff	–	–	o (A)	–
Nassschalen	–	+	o (A)	–
Quarzsand	Wegen Silikosegefahr nur noch für besondere Zwecke und mit Ausnahmegenehmigung gemäß DIN 8201 – Teil 5, [7]			
Tauglichkeit: + geeignet; o bedingt geeignet; – nicht geeignet, (A) je nach Härte und Oberflächenempfindlichkeit des Grundwerkstoffes.				

##### 4.5.2.2. Strahlsysteme

Das Strahlsystem wird nach der Methode oder dem Trägermittel bezeichnet, durch das die Strahlmittel auf die zum Strahlen notwendige Geschwindigkeit beschleunigt werden. Das zu verwendende Strahlsystem ist nach Grundwerkstoff, erforderlichem Strahlmittel und technischen Gegebenheiten auszuwählen.

Beim Strahlen kommt den zum Beschleunigen verwendeten Trägermitteln (z. B. Druckluft, Schlämmen oder Flüssigkeiten) oft eine besondere Bedeutung zu, da sie häufig auch für Reinigungszwecke oder zum Kühlen benutzt werden.

##### 4.5.3. Haftvermittelnde Zwischenschichten

Haftvermittelnde Zwischenschichten ermöglichen der thermisch gespritzten Deckschicht eine bessere Anbindung. Thermoplastische Pufferschichten erlauben das Eindringen heißer Spritzpartikel in die Oberfläche und somit eine formschlüssige Verbindung. Zahlreiche, vorrangig wenig duktile Polymere (keine Elastomere) auf Kunststoffen können über einen Raustahlprozess präpariert werden, um damit eine gewünschte Oberflächenvergrößerung und -aktivierung zu realisieren. Zusätzlich kann über die Art bzw. den Aufbau der Zwischenschicht, ein günstiger Eigenspannungszustand herbeigeführt werden (kontinuierlicher Übergang der Werkstoffeigenschaften).