

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH
Modernste Oberflächenbehandlung von Kunststoffen durch Fluorierung

DEHOUST
ENERGIE. WÄRME. WASSER.

Agenda



1. Chemische Grundlagen Fluorierungstechnologie



2. Aufbau einer Offline-Fluorierungsanlage



3. Benefits der Fluorierungstechnologie



4. Anwendungsbeispiele

November 2021

1

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH
1. Chemische Grundlagen der Fluorierungstechnologie

DEHOUST
ENERGIE. WÄRME. WASSER.

Eigenschaft des chemischen Elements Fluor

- Fluor ist Teil der siebten Hauptgruppe des Periodensystems, der Elementargruppe der Halogene und besitzt die Strukturformel F_2 .
- Fluor ist bei Raumtemperaturen gasförmig und hat eine grün-gelbe Färbung.
- Fluor ist ein hochgradig giftiges und ätzendes Gas. Die Handhabung erfordert Sicherheitstechnisch höchste Ansprüche.
- Fluor ist das reaktivste Element und kommt deshalb in der Natur nicht in der elementaren Reinform vor. Fluor wurde erstmals in Fluorapatit entdeckt.
- Fluor wird durch die elektrochemische Reaktion der Elektrolyse von Fluoriden gewonnen.



Flussspat

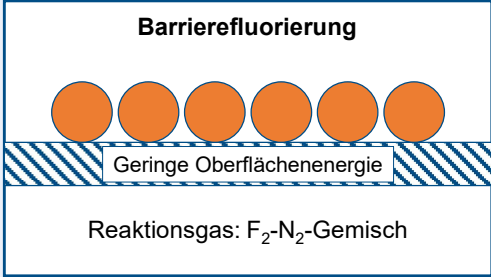
2

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH
1. Chemische Grundlagen der Fluorierungstechnologie

DEHOUST
ENERGIE. WÄRME. WASSER.

Fluorierung – eine Technologie zwei technische Anwendungsbereiche

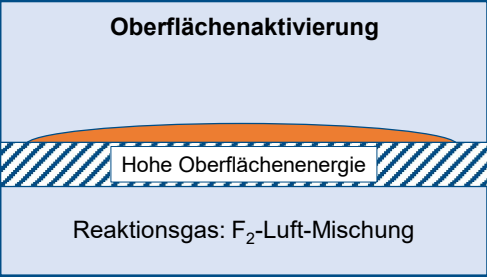
Barrierefluorierung



Geringe Oberflächenenergie

Reaktionsgas: F₂-N₂-Gemisch

Oberflächenaktivierung



Hohe Oberflächenenergie

Reaktionsgas: F₂-Luft-Mischung

➤ In Abhängigkeit der Zusammensetzung des Reaktionsgases lassen sich durch die Fluorierung die Eigenschaften der Kunststoffoberfläche unterschiedlich optimieren.

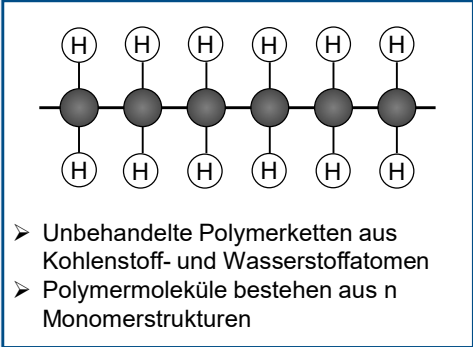
➤ Bei der Fa. Dehoust wird primär die Barrierefluorierung angewandt unter Einsatz eines Reaktionsgases bestehend aus einer F₂-N₂-Mischung.

3

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH
1. Chemische Grundlagen der Fluorierungstechnologie

DEHOUST
ENERGIE. WÄRME. WASSER.

Betrachtung der Polymerstrukturen

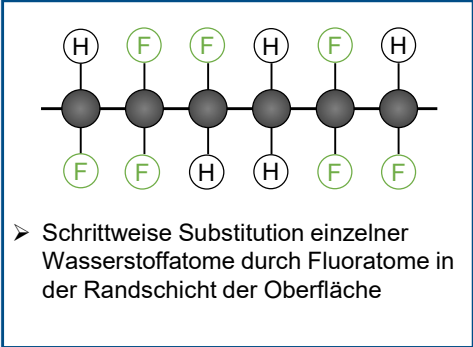


➤ Unbehandelte Polymerketten aus Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen

➤ Polymermoleküle bestehen aus n Monomerstrukturen



Zuführung
Von F₂-N₂



➤ Schrittweise Substitution einzelner Wasserstoffatome durch Fluoratome in der Randschicht der Oberfläche

➤ Die Fluorierung ist eine chemische Reaktion und keine Oberflächenbeschichtungstechnologie.

➤ Die Reaktion findet lediglich in den molekularen Oberflächenrandschichten (ca. 1µm) statt und hat somit haben Fluoratome eine geringe Eindringtiefe.

4

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH

1. Chemische Grundlagen der Fluorierungstechnologie

DEHOUST

ENERGIE. WÄRME. WASSER.

Betrachtung der Reaktionsbedingungen

➤ Der Fluorierungsprozess ist eine Form der Halogenierung.

➤ Das Reaktionsgas besteht aus einem Gasgemisch aus 10% Fluorgas (F₂) in einem Stickstoffmedium (N₂).

➤ In einer zuvor vakuumierten Kammer werden die zu fluorierenden Teile einer Fluoratmosphäre ausgesetzt. Die Einwirkdauer des Fluorgases beträgt lediglich wenige Minuten.

➤ Als Restprodukt der Fluorierung entsteht das giftige Gas Fluorwasserstoff (HF), welches durch Absorberanlagen neutralisiert wird.

➤ Der Fluorierungsprozess wird durch folgende Prozessparameter definiert:

➤ Fluorpartialdruck (Fluorgaskonzentration im Reaktionsgas)

➤ Prozesstemperatur

➤ Dauer der Fluorgaseinwirkung

➤ Durch die Variation der Prozessparameter können unterschiedliche Fluorierungsgüten erreicht werden.

5

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH

1. Chemische Grundlagen der Fluorierungstechnologie

DEHOUST

ENERGIE. WÄRME. WASSER.

Offline vs. Inline Fluorierung

Prozessparameter	Offline Fluorierung	Inline Fluorierung
Fluorierungstemperatur	50°C – 75°C	100°C – 120°C
Fluorierungsdruck	200mbar – 400mbar	6bar – 8bar
Fluorierungszeit	60min – 120min	Während Blasformzyklus
Fluoranteil	10% - 20%	1% - 2%
Verfahrensablauf	diskontinuierlich	dynamisch
Teilegeometrie	dreidimensionale Formteile	Bahnenware
Prozessdurchführung	Externe Vakuumkammer	Innerhalb Blasformzyklus

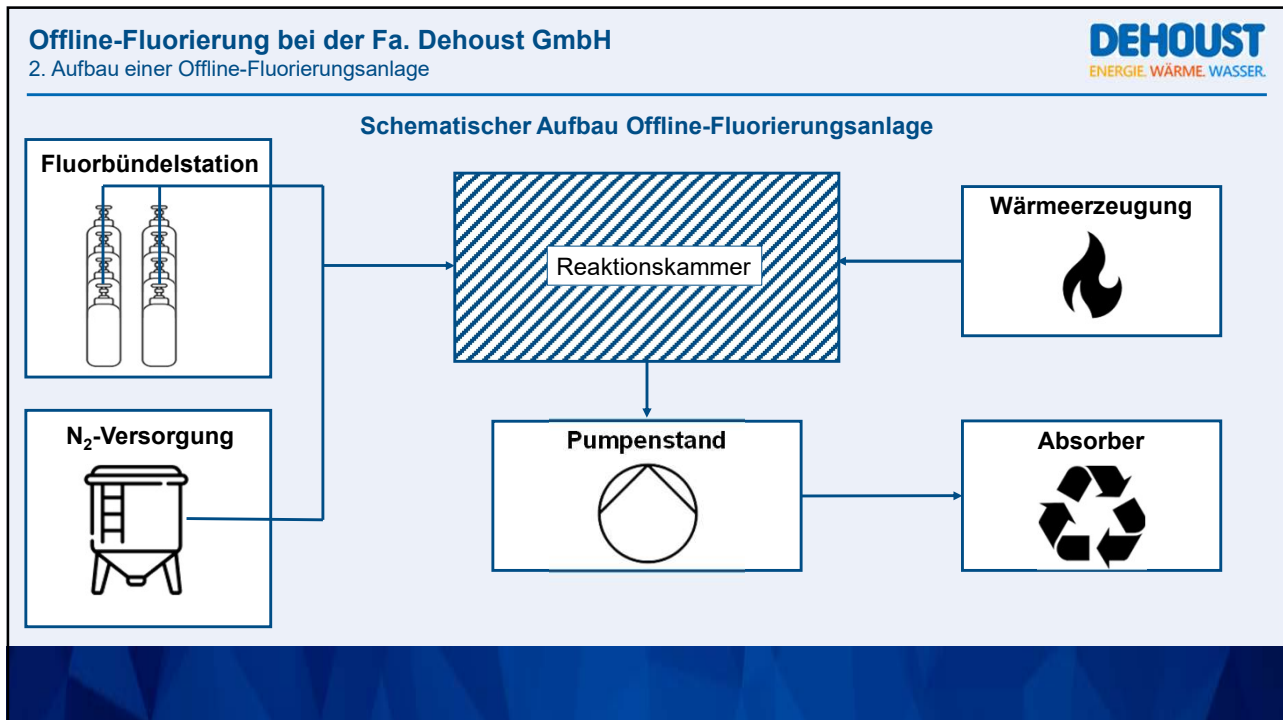
Vorteile Offline-Fluorierung:

➤ Hohe Flexibilität bzgl. der Formgestalt der zu fluorierenden Kunststoffteilen

➤ Hochgradige Optimierung der Produkteigenschaften

➤ Gute Reproduzierbarkeit und Beherrschbarkeit des Fluorierungsprozess

6



7

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH
2. Aufbau einer Offline-Fluorierungsanlage

DEHOUST
ENERGIE. WÄRME. WASSER.

Technische Anlagenbestandteile

Fluorbündelstation

- Die Fluorbündelstation versorgt die Reaktions-kammer mit dem Reaktionsgas (10% F₂).
- Die Gaszufuhr wird über ferngesteuerte Ventile automatisiert geregelt.
- Die Fluorbündelstation dient als Gasübergabe-station und stellt somit die Systemschnittstelle dar.
- Die Fluorbündelstation ist über redundante Sicherheitssysteme gegen Gasaustritt abgesichert und wird über mehrere Messeinrichtungen kontinuierlich überwacht.
- Die Fluorbündelstation darf nur von unterwiesenem und extra geschulten Personal betreten und bestückt werden.

8

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH

2. Aufbau einer Offline-Fluorierungsanlage



Technische Anlagenbestandteile

Reaktionskammer

- Die Reaktionskammer wird oftmals auch als Vakuum- oder Fluorierungskammer bezeichnet.
- Die Reaktionskammer der Anlagen der Fa. Dehoust haben ein Volumen von 20m³ und sind hydraulisch verschlossen.
- Innerhalb der Reaktionskammer findet die chem. Reaktion der Fluorierung statt. Hierzu wird die Kammer zunächst vakuumiert und daraufhin mit dem Reaktionsgas gefüllt.
- Das Reaktionsgas zirkuliert kontinuierlich innerhalb der Kammer um ein gleichmäßiges Fluorierungs-ergebnis zu erhalten.
- Die Reaktionskammer wird durch ein automatisiertes Waagensystem mannos Be- und Entladen.



Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH

2. Aufbau einer Offline-Fluorierungsanlage



Technische Anlagenbestandteile

Pumpenstand

- Der Pumpenstand stellt die Schnittstelle zw. Reaktionskammer, Fluorbündelstation und Absorberanlagen dar.
- Das Pumpensystem besteht aus einer zweistufigen Kombination aus einer Vakuum- und einer Umwälzpumpe.
- Das Pumpensystem vakuumiert die Kammer in unter 10 Minuten.
- Zur Reduktion der Störanfälligkeit des Pumpensystems werden Pumpen mit wenigen rotierenden mechanischen Teilen eingesetzt.



Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH

2. Aufbau einer Offline-Fluorierungsanlage



Technische Anlagenbestandteile

Absorber

- Die Absorberanlagen binden und neutralisieren den giftige Fluorwasserstoff und das überschüssige Reaktionsgas aus der Reaktionskammer über ein zweistufiges System.
- Eingesetzte Absorbentechnologien:
 - Kalziumcarbonat-Absorber (CaCO_3)
 - Aluminiumoxid-Absorber (Al_2O_3)
- Restprodukte des Absorptionsprozesses sind ungiftig und können in der Zementfertigung recycelt werden.
- Die Abluft aus dem Absorbersystem wird kontinuierlich auf Schadstoffe überprüft.



Absorberanlage

Restprodukt Absorber



Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH

2. Aufbau einer Offline-Fluorierungsanlage



Fluorierungsanlagen bei der Fa. Dehoust GmbH



Fluorierungsanlage 1



Fluorierungsanlage 2

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH

3. Benefits der Fluorierungstechnologie

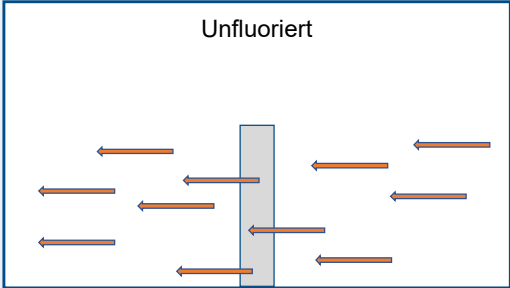
DEHOUST

ENERGIE. WÄRME. WASSER.

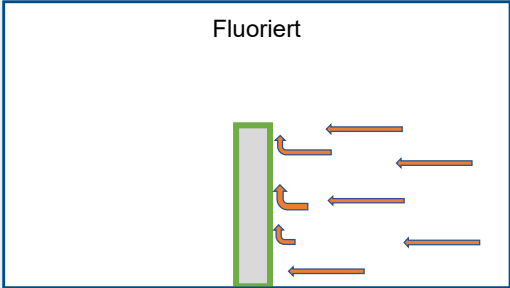
Oberflächenaktivierung durch Offline-Fluorierung

Permeation

Unfluoriert



Fluoriert



➤ Unpolare Medien (bsp. Heizöl, Aromate, AdBlue®) permeieren im Zeitablauf durch unbehandelte Kunststoffbehälter.

➤ Die Fluorkunststoffschicht stellt eine Niedrigenergieoberfläche dar, welche die Eindringung und somit Permeation verhindert bzw. deutlich verlangsamt.

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH

3. Benefits der Fluorierungstechnologie

DEHOUST

ENERGIE. WÄRME. WASSER.

Oberflächenaktivierung durch Offline-Fluorierung

Langzeitstabile Optimierung der Oberflächeneigenschaften

Reproduzierbarer Reaktionsprozess durch Standardisierung der Reaktionsparameter

Keine Schädigung (mechanisch und thermisch) der Kunststoffoberflächen und -strukturen

Bei nahezu allen Kunststoffarten sowie Teilegrößen und Teilegeometrien anwendbar

Gleichmäßige Behandlungsgüten über das ganze Produkt hinweg

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH
4. Anwendungsbeispiele Fa. Dehoust



Doppelwandige Triosafe-Kunststofftanks



Triosafe 750l



Triosafe 1000l



Triosafe 1100l



Triosafe 1500l

Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH
4. Anwendungsbeispiele Fa. Dehoust



Kombitank Innenhüllen 720l und 1000l



