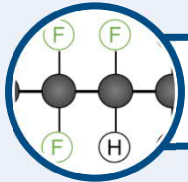


Agenda



1. Chemische Grundlagen Fluorierungstechnologie



2. Aufbau einer Offline-Fluorierungsanlage



3. Benefits der Fluorierungstechnologie



4. Anwendungsbeispiele

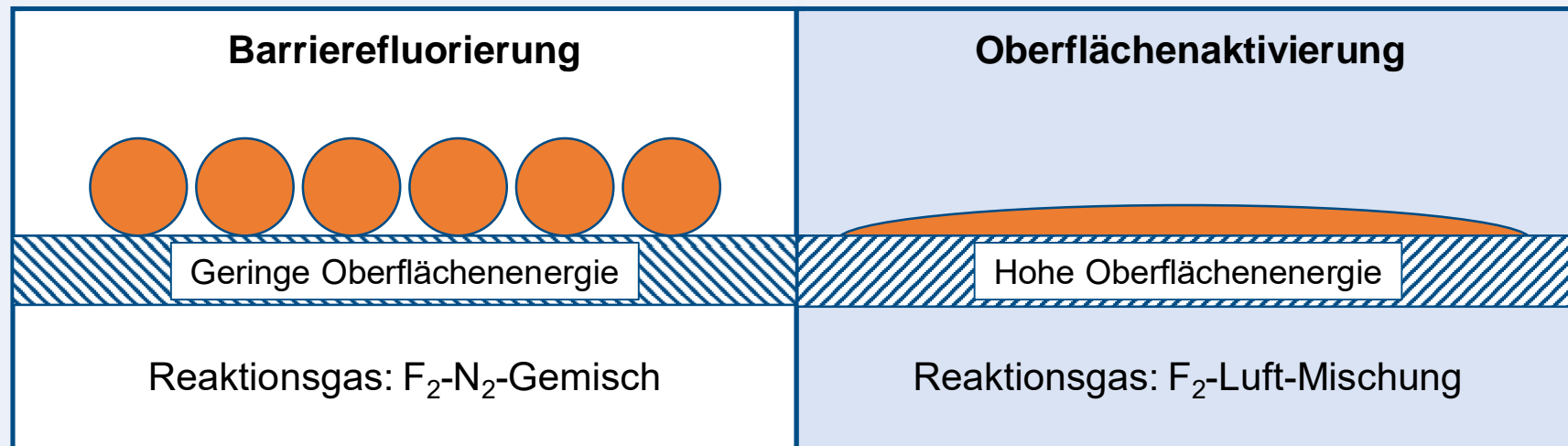
Eigenschaft des chemischen Elements Fluor

- 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 Flussspat entdeckt.
- Fluor wird durch die elektrochemische Reaktion der Elektrolyse von Fluoriden gewonnen.



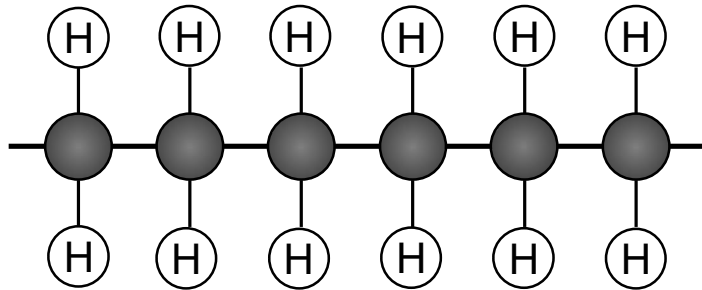
Flussspat

Fluorierung – eine Technologie zwei technische Anwendungsbereiche

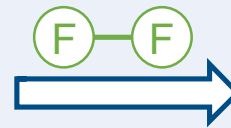


- In Abhängigkeit der Zusammensetzung des Reaktionsgases lassen sich durch die Fluorierung die Eigenschaften der Kunststoffoberfläche unterschiedlich optimieren.
- Bei der Fa. Dehoust wird primär die Barrierefluorierung angewandt unter Einsatz eines Reaktionsgases bestehend aus einer F_2-N_2 -Mischung.

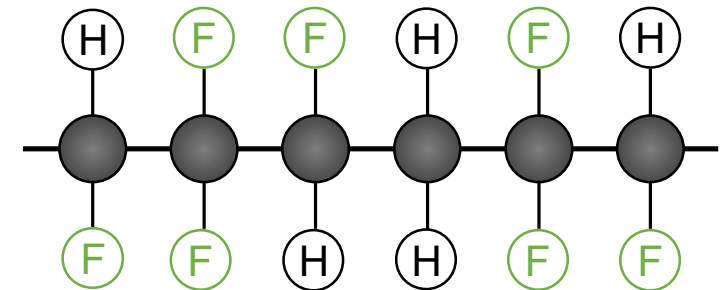
Betrachtung der Polymerstrukturen



- Unbehandelte Polymerketten aus Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen
- Polymermoleküle bestehen aus n Monomerstrukturen



Zuführung
Von F_2-N_2



- 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. $1\mu\text{m}$) statt und hat somit haben Fluoratome eine geringe Eindringtiefe.

Betrachtung der Reaktionsbedingungen

- Der Fluorierungsprozess ist eine Form der Halogenierung.
- Das Reaktionsgas besteht aus einem Gasgemisch aus 10% Fluorgas (F_2) in einem Stickstoffmedium (N_2).
- 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 mehrstufige 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.

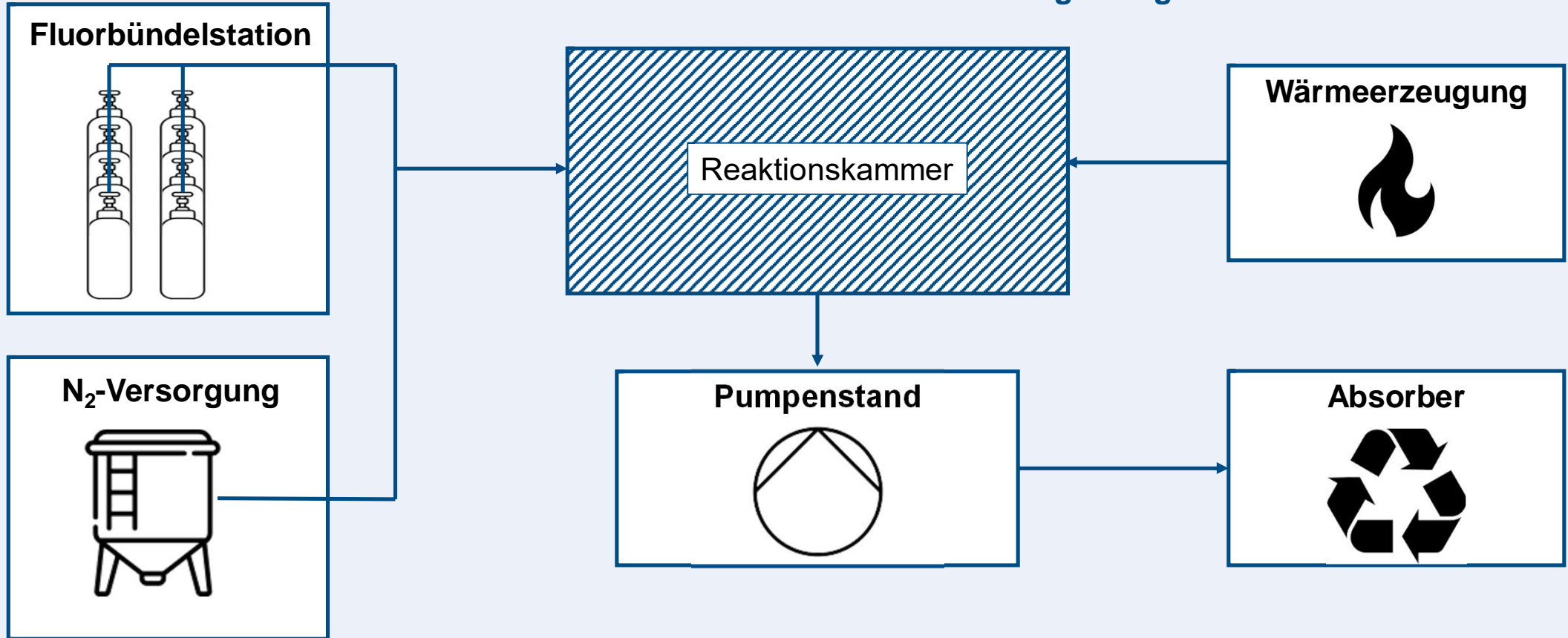
Offline vs. Inline Fluorierung

Prozessparameter	Offline Fluorierung	Inline Fluorierung
Fluorierungstemperatur	50°C – 75°C	100°C – 120°C
Fluorierungsdruck	200mbar – 650mbar	6bar – 8bar
Fluorierungszeit	10min – 240min	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

Schematischer Aufbau Offline-Fluorierungsanlage



Technische Anlagenbestandteile

Fluorbündelstation

- Die Fluorbündelstation versorgt die Reaktionskammer mit dem Reaktionsgas (10% F₂).
- Die Gaszufuhr wird über ferngesteuerte Ventile automatisiert geregelt.
- Die Fluorbündelstation dient als Gasübergabestation 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.



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 Fluorierungsergebnis zu erhalten.
- Die Reaktionskammer wird durch ein automatisiertes Waagensystem mannos Be- und Entladen.



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 von Atmosphärendruck auf 3 mbar.
- Zur Reduktion der Störanfälligkeit des Pumpensystems werden Pumpen mit wenigen rotierenden mechanischen Teilen eingesetzt.



Technische Anlagenbestandteile

Absorber

- Die Absorberanlagen binden und neutralisieren den giftigen 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

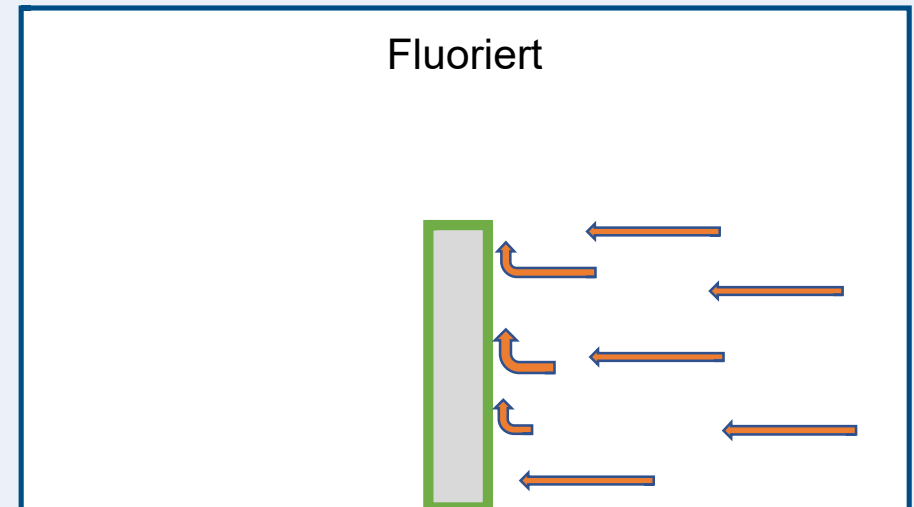
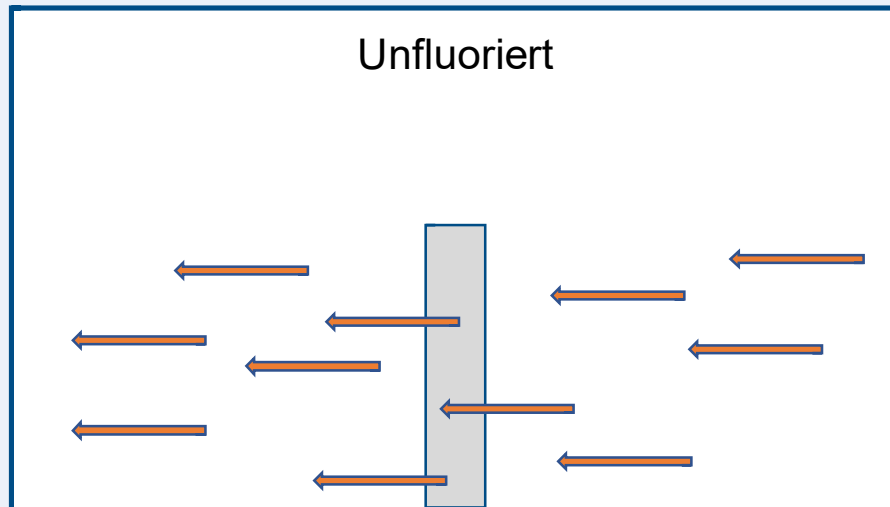


Fluorierungsanlage 1



Fluorierungsanlage 2

Oberflächenaktivierung durch Offline-Fluorierung Permeation



- Unpolare Medien (bsp. Heizöl, Aromate, Pflanzenschutz – und Lösemittel) permeieren im Zeitablauf durch unbehandelte Kunststoffbehälter.
- Die Fluorkunststoffschicht stellt eine Niedrigenergieoberfläche dar, welche die Eindringung in die Oberfläche und somit die Permeation verhindert bzw. deutlich verlangsamt/reduziert.

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

Doppelwandige Triosafe-Kunststofftanks



Triosafe 750l



Triosafe 1000l

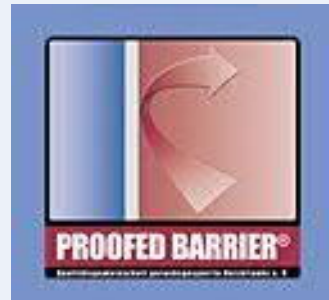


Triosafe 1100l



Triosafe 1500l

Kombitank Innenhüllen 720l und 1000l



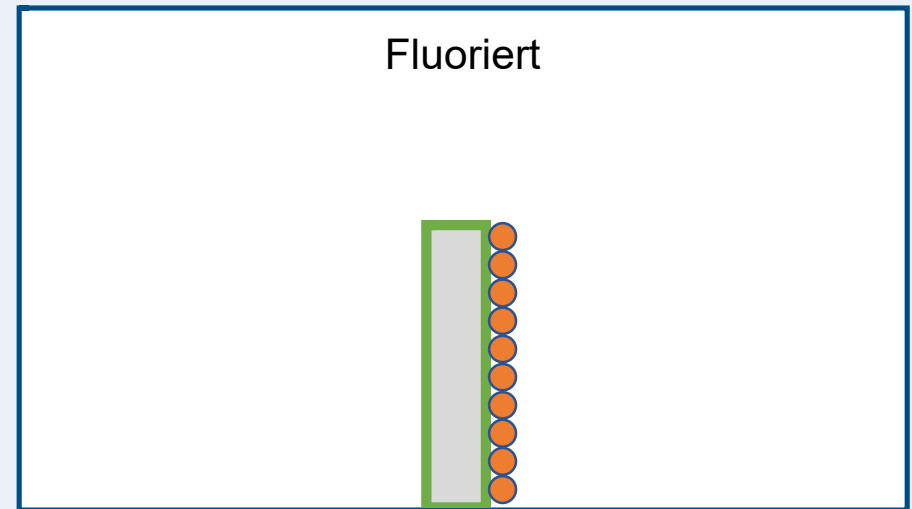
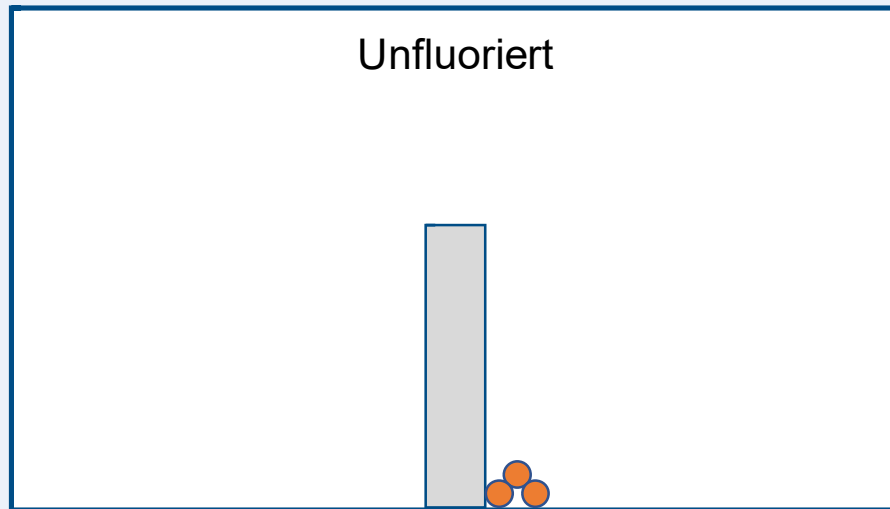
Offline-Fluorierung bei der Fa. Dehoust GmbH

4. Anwendungsbeispiele Lohnfluorierung bei der Fa. Dehoust

Dehoust fluoriert nicht nur eigene Produkte sondern fluoriert für einige namhafte Unternehmen aus unterschiedlichsten Branchen.



Oberflächenaktivierung durch Offline-Oxi-Fluorierung Benetzbarkeit



- Unfluorierte Kunststoffe besitzen geringe Polarität und können dadurch schlecht lackiert, beklebt oder bedruckt werden.
- Durch die Oxifluorierung wird die Oberflächenenergie der Kunststoffe erhöht und somit steigt die Benetzbarkeit signifikant.