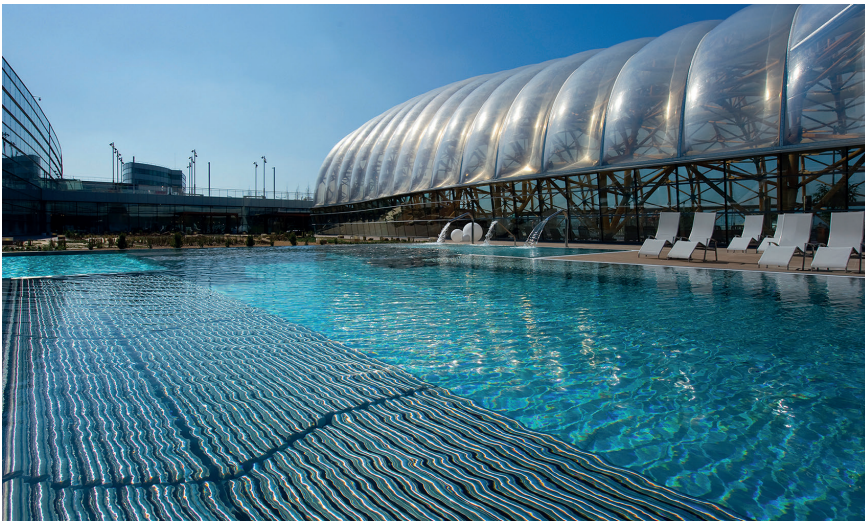


# Kleiner Marktanteil, große Wirkung

## Fluorkunststoffe verbessern die Langlebigkeit und Chemikalienbeständigkeit von Produkten

Obwohl Fluorkunststoffe nur einen sehr kleinen Teil am Gesamtmarkt der Kunststoffe ausmachen, sind sie aus vielen Anwendungen nicht mehr wegzudenken. Vor allem für die aktuellen Megatrends Digitalisierung, saubere Energieerzeugung und moderne Mobilitätskonzepte spielen diese Werkstoffe eine wichtige Rolle.



Das Dach des Vitam-Freizeitzentrums im französischen Neydens besteht aus ETFE-Folien. Eine Holzkonstruktion trägt die 53 ETFE-Kissen mit einer Gesamtfläche von insgesamt 4300 m<sup>2</sup>

© AGC Chemicals

**B**ei Fluorkunststoffen sind die Wasserstoffatome der Kohlenstoffhauptketten ganz oder teilweise durch Fluoratome ersetzt. Da diese Fluorbindungen sehr stabil sind, besitzen Fluorkunststoffe eine besondere Kombination von Eigenschaften, z.B. nahezu universelle Chemikalienbeständigkeit, Eignung für sehr tiefe und sehr hohe Einsatztemperaturen, inhärente UV-, Witterungs- und Flammbeständigkeit sowie hohe Verschleißfestigkeit. Dazu kommen ein niedriger Brechungsindex sowie sehr gute dielektrische Eigenschaften wie hohe Isolierwirkung und geringer dielektrischer Verlustfaktor. Zudem verfügen Fluorkunststoffe über eine niedrige Oberflächenenergie und damit eine sehr geringe Benetzbarkeit und Adhäsion, einen niedrigen Reibungskoeffizient sowie sehr gute tribologische Eigenschaften.

Schätzungen zufolge werden in diesem Jahr weltweit rund 380000 t Fluorkunststoffe verbraucht [1]. Obwohl sie damit nur einen sehr geringen Anteil von et-

wa 0,1 % an der Gesamtmenge der Kunststoffe ausmachen, sind sie aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften aus vielen Anwendungen nicht mehr wegzudenken. Die Einsatzgebiete reichen von Konsumprodukten wie Kochgeschirr, Küchen- oder Gartengeräten (Antihafbeschichtungen) über den Maschinen-, Fahrzeug- und Flugzeugbau (Dichtungen, Gleitelemente, Sensoren, Hydraulik- und Kraftstoffleitungen), die chemische und pharmazeutische Industrie sowie die Verfahrenstechnik (Auskleidungen, Schläuche, Beschichtungen) bis hin zur Elektrotechnik und Elektronik (Kabelummantelungen, Dielektrika, Substrate für gedruckte Schaltungen). Darüber hinaus kommen Fluorkunststoffe als atmungsaktive Membranen in der Textilindustrie und im Bauwesen als Beschichtungen und Membranen für Dachkonstruktionen und Verkleidungen zum Einsatz.

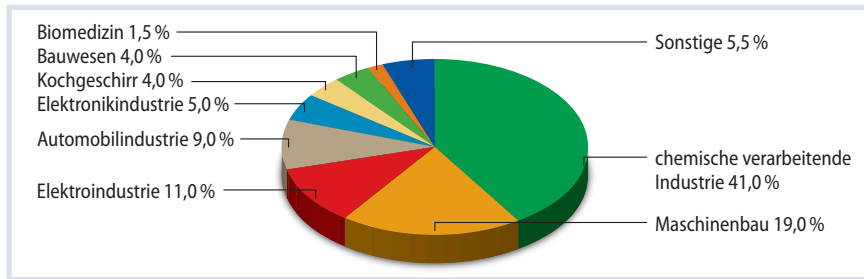
In Westeuropa wurden im Jahr 2018 33800 t Polytetrafluorethylen (PTFE) verbraucht. Damit lag dieser Fluorkunststoff

an erster Stelle vor Polyvinylidenfluorid (PVDF) mit 10800 t, Fluorethylenpropylen (FEP) mit 2600 t, Perfluoralkoxy (PFA) mit 1500 t und Ethylen-Tetrafluorethylen (ETFE) mit 1200 t. Größter Abnehmer für PTFE war die chemische verarbeitende Industrie mit 41 %, gefolgt vom Maschinenbau und der Elektro- und Elektronikindustrie (**Bild 1**) [2]. Zu den Hauptanwendungen von PTFE in der chemischen Prozessindustrie gehören korrosionsbeständige Auskleidungen für Rohre und Behälter (**Bild 2**). Wegen seiner hohen Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit sowie den sehr guten Antihafteigenschaften eignet sich der Werkstoff dafür besonders.

Moderne Rauchgasentschwefelungsanlagen in fossil betriebenen Kraftwerken sowie Müllverbrennungsanlagen besitzen Wärmetauschersysteme um ihre Effizienz zu erhöhen. Auf PTFE basierende Wärmetauscherrohre widerstehen dem Angriff von sehr korrosiven Medien, die bei der Abkühlung von Rauchgasen bis weit unter den Säuretaupunkt freigesetzt werden. Die AlWaFlon-Rohre der Wallstein Ingenieur GmbH, Recklinghausen, sind ein Beispiel dafür. Sie besitzen eine sehr hohe Gebrauchstemperatur von bis zu 260 °C bei einer ebenfalls hohen Vicat-Erweichungstemperatur von 130 bis 140 °C, verbunden mit hoher Biege- und Spannungsrissbeständigkeit.

### Hochleistungsanwendungen

Expandiertes PTFE (ePTFE) ist eine speziell verarbeitete Form dieses Fluorkunststoffs und wurde 1969 von Robert und Bill Gore entdeckt. Beim Expandieren werden die PTFE-Molekülfasern orientiert und gestreckt. Daher besitzt dieses Material eine sehr hohe Festigkeit und Kriechbeständigkeit. Auf Grund dieser besonderen Merkmale kommt ePTFE in zahlreichen Hoch-



**Bild 1.** Verbrauch von PTFE in Westeuropa 2019, aufgeteilt nach Branchen Quelle: [2]; Grafik: © Hanser

gebot in diesem Bereich in den letzten Jahren stetig weiterentwickelt. Elektrodenbinder ermöglichen eine sehr gute Dispergierung der Aktivmaterialien und leitfähigen Additive einer Elektrode und sorgen für die Haftung auf dem Stromkollektor. Neuartige Varianten besitzen eine weiter verbesserte Adhäsion und mechanische Stabilität. Weil sie sich auch einfacher und schneller verarbeiten lassen, ermöglichen sie die Fertigung leistungsfähiger

leistungsanwendungen zum Einsatz. Typische Beispiele sind atmungsaktive Membranen in Freizeit- und Berufsbekleidung, Dichtungen für chemische Anlagen, Belüftungsmembranen für elektronische Bauteile und Batterien, Draht- und Kabelummantelungen sowie Filtermembranen. Darüber hinaus eignet es sich als Trägermaterial für Ionenaustauschmembranen.

Größter Abnehmer für PVDF war 2018 die chemische Industrie mit 60 %. Aufgrund seiner sehr guten Beständigkeit gegenüber hohen Temperaturen und Drücken, aggressiven Chemikalien und mechanischer Beanspruchung kommt es vor

allein für Rohr- und Behälterauskleidungen, Armaturen, Ventile, Filter sowie Wärmetauscher zum Einsatz. Als vielversprechender Wachstumsmarkt für PVDF gelten Lithium-Ionen-Akkus, die in Mobiltelefonen, Tablets und Elektrowerkzeugen zum Einsatz kommen. Auch im Bereich Elektromobilität nimmt die Nachfrage nach leistungsfähigen, leichten und kosteneffizienten Batterien für Hybrid- und Elektrofahrzeuge stark zu. In diesen Batterien wird PVDF als Elektrodenbinder und Separatorbeschichtung verwendet. Hersteller wie Solvay, Brüssel/Belgien, oder Arkema, Colombes/Frankreich, haben ihr Produk-

## Der Autor

**Claus-Peter Keller** ist Sales & New Business Manager for Fluoropolymers bei AGC Chemicals Europe;  
claus-peter.keller@agcce.com

## Service

### Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/2020-10](http://www.kunststoffe.de/2020-10)

# COLOR IN MOTION!

Wir bringen Bewegung  
in hochwertige Farbsysteme.



**Bild 2.** Fluorkunststoffe kommen häufig bei chemikalien- und temperaturbeständigen Behälterauskleidungen für die Chemie-, Pharma- und Halbleiterindustrie zum Einsatz © Rudolf Gutbrod GmbH



**Bild 3.** Gewächshausfolien aus ETFE sind langlebig und können das Pflanzenwachstum fördern. Das Gewächshaus im Bild wurde mit einer einschichtigen F-Clean-Folie überspannt © AGC Chemicals

gerer und langlebigerer Lithium-Ionen-Batterien mit einer höheren Energiedichte und eine Senkung der Produktionskosten.

### *Lichtdurchlässiger als Glas, PE und PC*

Aufgrund seiner hohen Beständigkeit gegenüber zahlreichen aggressiven Chemikalien eignet sich ETFE für Behälterauskleidungen sowie als Werkstoff für Ventile, Armaturen und Schläuche in der chemischen und pharmazeutischen Industrie. Folien aus ETFE kommen wegen ihres geringen Eigengewichts und hohen Lichtdurchlässigkeit für Dachkonstruktionen und Gebäudehüllen in der Architektur zum Einsatz. Die zur japanischen AGC Group, Tokio, gehörende AGC Chemicals, Thornton-Cleveleys/Großbritannien, ist der weltweit größte Hersteller dieses Werkstoffs. Zu dem unter dem Namen Fluon vertriebenen Produktangebot gehören in der Schmelze verarbeitbare Typen, Pulver sowie Folien. Fluon-ETFE-Folien kommen in vielen modernen Architekturanwendungen zum Einsatz. Sie sind inhärent flammwidrig, langfristig beständig gegen Witterungs- und Umwelteinflüsse, besitzen eine sehr gute thermische Isolierwirkung und sie sind leichter als Glas.

Unter dem Namen F-Clean vertreibt AGC Chemicals spezielle ETFE-Folien für Gewächshäuser (**Bild 3**). Im Vergleich zu Glas, Polyethylen (PE) oder Polycarbonat (PC) besitzen sie eine höhere Licht- und UV-Durchlässigkeit, wodurch das gesamte Sonnenspektrum ins Gewächshausinnere dringen kann. Das ermöglicht ein besseres Pflanzenwachstum bei verringertem Einsatz von Düngemitteln, höhere Erträge und eine bessere Qualität der Erzeug-

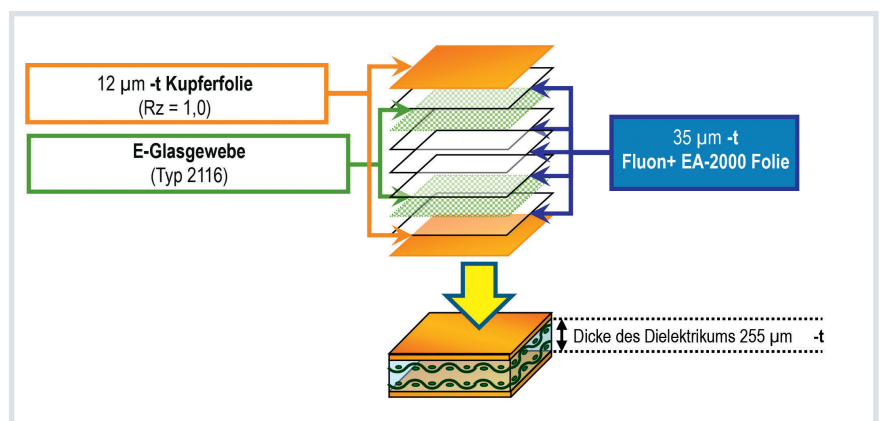
nisse. Da die Folien frei von Weichmachern sind, die im Laufe der Zeit ausdiffundieren und zur Versprödung führen können, besitzen sie eine sehr lange Einsatzdauer.

Die zunehmende Digitalisierung und die 5G-Technik stellen hohe Anforderungen an die verwendeten Materialien. PTFE und FEP gehören zu häufig verwendeten Werkstoffen bei Anwendungen zur Übertragung von Hochfrequenzsignalen über lange Strecken ohne Zwischenverstärkung. Beide Typen sind vollständig fluoriert und besitzen daher eine sehr niedrige Dielektrizitätskonstante von 2,1 sowie eine sehr geringe Dämpfung. In der Antennentechnik von 5G-Sende- und Empfangsanlagen sowie in der Leitungstechnik werden häufig kupferbeschichtete Lamine (Copper Clad Laminates, CCL) eingesetzt. Diese Mehrschichtverbundsysteme bestehen aus einem PTFE-beschichteten Glasgewebe, auf das eine Fluorpolymerfolie aus PTFE, modifiziertem PTFE oder

FEP aufgebracht wird. Eine leitfähige Kupferfolie schließt die Konstruktion ab. Die unterschiedlichen Lagen werden durch Heißlamieren in speziellen Mehretagenpressen miteinander verbunden.

### *CCL verbessern die Signalübertragung*

Die Rauigkeit der Kupferfolie hat direkten Einfluss auf die Dämpfungseigenschaften und damit die Qualität der Signalübertragung. Neu auf dem Markt sind funktionalisierte Fluorpolymere, die durch Einbringen reaktiver Gruppen entlang der Polymerkette modifiziert werden, um bestimmte Eigenschaften, z.B. Reaktivität und Kompatibilität mit anderen Werkstoffen zu erhalten. Unter dem Namen Fluon+ Adhesive bietet AGC Chemicals eine Reihe von ETFE- und PFA-Typen, die mit adhäsiven Gruppen modifiziert wurden. Das PFA Fluon+ EA-2000 kombiniert z.B. eine sehr niedrige Dielektrizitätskonstante, einen



**Bild 4.** Schematischer Aufbau eines mehrschichtigen CCL für die 5G-Technik: Das Mehrschichtverbundsystem besteht aus einem PTFE-beschichteten Glasgewebe, einer Fluorpolymerfolie aus PTFE, modifiziertem PTFE oder FEP und einer leitfähigen Kupferfolie © AGC Chemicals

geringen dielektrischen Verlustfaktor sowie hohe Temperatur- und Chemikalienbeständigkeit mit adhäsiven Eigenschaften. Dadurch lässt es sich in einem einstufigen Verfahren mit anderen Materialien verbinden, ohne dass eine Oberflächenbehandlung oder das Aufbringen einer zusätzlichen Haftschrift erforderlich ist. Deshalb können für die Herstellung von CCL auch Kupferfolien mit einer sehr geringen Rauigkeit und damit guten Signalübertragungseigenschaften eingesetzt werden. **Bild 4** zeigt den schematischen Aufbau eines mehrschichtigen CCL.

### Composites mit Fluorpolymeren

Im Bereich der Composites bieten funktionalisierte Fluorpolymere chemische Reaktivität und verbesserte Kompatibilität mit anderen Werkstoffen. Die reaktiven Fluorpolymere der Fluon+-ETFE-Familie von AGC Chemicals eignen sich etwa sehr gut für Materialkombinationen, Polymerblends oder in Verbund- und Sandwichkonstruktionen. Dadurch können etwa thermoplastische Composites mit spezifischen Fluorpolymereigenschaften hergestellt werden, die eine sehr gute Faser-Matrix-Haftung und deshalb gute mechanische Eigenschaften besitzen.

Fluorchemikalien und teils auch Fluorpolymere sind aufgrund ihrer Langlebigkeit in der Umwelt in die Kritik geraten. Die Hersteller von Fluorkunststoffen arbeiten deshalb daran, die Nachhaltigkeit ihrer Produkte zu verbessern. AGC Chemicals, das US-amerikanische Chemieunternehmen Chemours und der bayerische Kunststoffhersteller Dyneon setzen etwa im Zuge einer freiwilligen Selbstverpflichtung seit Jahren keine Perfluoroktansäure (PFOA) mehr als Netzmittel in der Emulsionspolymerisation von Fluorpolymeren ein. PFOA ist sehr langlebig und bioakkumulativ, kann sich also im Körper von Tieren und Menschen anreichern. Sie ist deshalb und aufgrund von möglichen gesundheitsschädlichen Folgen für Menschen in die Kritik geraten.

PFOA entsteht allerdings noch an anderer Stelle. PTFE kommt aufgrund seiner vorteilhaften Eigenschaften häufig als Additiv in Form eines Mikropulvers in Farben und Lacken, thermoplastischen und duroplastischen Kunststoffen, Elastomeren sowie Schmierstoffen zum Einsatz. Es trägt dazu bei, die Langlebigkeit von Produkten zu verbessern sowie Rei-

bung und Verschleiß und damit den Energieverbrauch zu reduzieren. Bei dem typischen Verfahren zur Herstellung dieser Mikropulver werden Makromoleküle mit einem hohen Molekulargewicht mittels Bestrahlung in kurzkettigere Moleküle, also in niedermolekulares PTFE umgewandelt. Dabei können geringe Mengen an PFOA entstehen, die auch in Endprodukten nachweisbar sind.

Bereits im 2017 hat die Europäische Union die Verordnung EU 2017/1000 zur Änderung von Anhang XVII der REACH-Verordnung verabschiedet. Demnach gilt seit 4. Juli 2020 eine Begrenzung des Anteils an

PFOA in vielen Produkten auf maximal 0,025 mg/kg. Für PTFE-Mikropulver und daraus hergestellte Produkte wurde jedoch gemäß Verordnung EU 2019/1021 unter bestimmten Bedingungen eine Übergangsfrist von maximal zwei Jahren eingeräumt, sofern der Grenzwert von 1 mg/kg PFOA und dessen Salze nicht überschritten wird. Daher haben vor allem die in Europa vertretenen Hersteller von solchen PTFE-Additiven in den letzten Jahren große Anstrengungen unternommen, um ihre Produktionsverfahren entsprechend umzustellen und die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen. ■



**gwkk future**

**Jetzt handeln und auf „low carbon footprint“ setzen!**

**Kühl- und Temperiertechnologien mit geringen CO<sub>2</sub>-Emissionen und kurzen Amortisationszeiten!**

**[www.temperiergeraete.com](http://www.temperiergeraete.com)**