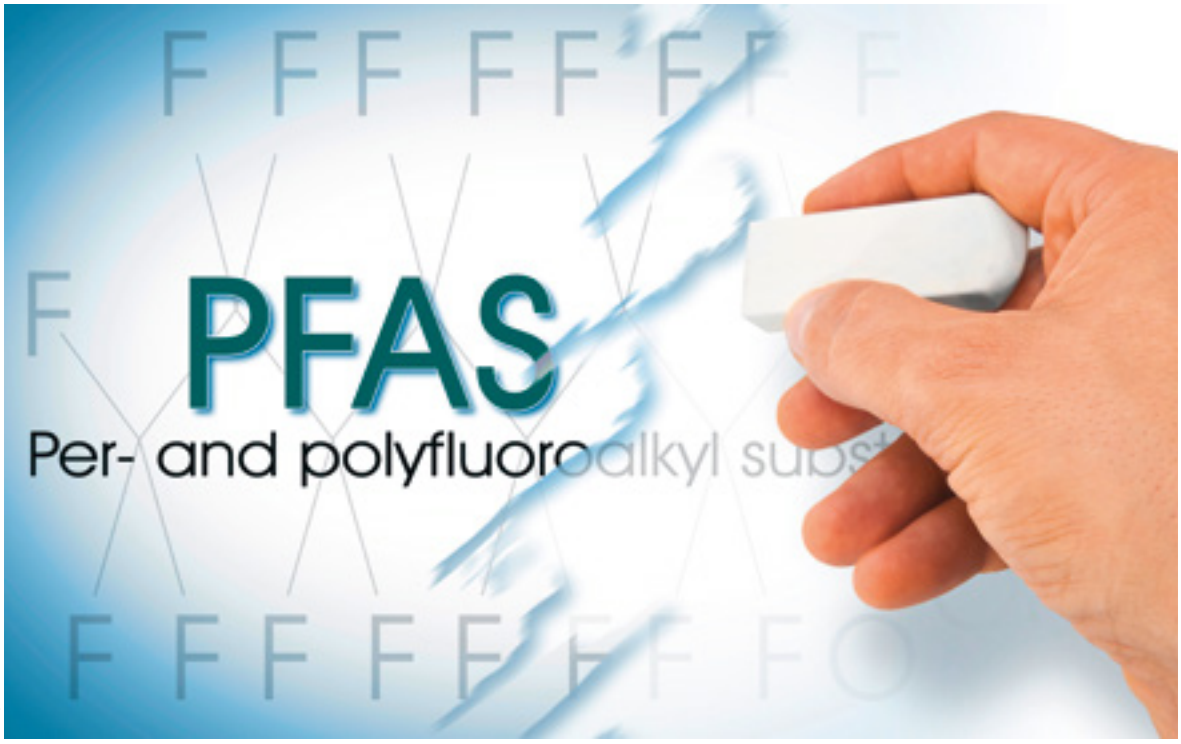
# Alternativen betrachten




Bildquelle: Francesco Scatena / stock.adobe.com

**In den kommenden Jahren wird es aller Voraussicht nach zu Einschränkungen beim Gebrauch von PFAS-haltigen Werkstoffen kommen. Offen ist bislang nur noch, wie weitgehend diese sein werden. Wie steht es um die Alternativen zu bisher üblichen Materialien, welche eignen sich für welche Anwendungen bei Dichtungen? Der Beitrag befasst sich mit dem Stand der Technik und den Zukunftsaussichten.**

Am 20. Dezember 2022 hat die US-amerikanische 3M-Corporation bekanntgegeben, bis Ende 2025 komplett aus der Produktion und Anwendung von Fluorpolymeren (PFAS) auszusteigen. Der angekündigte Ausstieg von 3M zeigt, wie ernst der US-Konzern die anhaltende Debatte um PFAS nimmt. So trug doch die Tochterfirma Dyneon über Jahrzehnte erheblich zu Umsatz und Gewinn bei. Sogar die Idee der Gründung einer Nachfolgestiftung unter Federführung der bayerischen Regierung bzw. des örtlichen Landratsamtes wurde vom Board letztes Jahr noch verworfen. Offenbar war die Sorge zu groß, dass das Thema mit den sogenannten „Ewigkeitschemikalien" weiter Schatten auf das weltweite Konzernimage werfen könnte. Hintergrund dieser Entscheidung waren offenbar die gewaltigen Verfahren, die in den USA seit langem schwelen bzw. nur mit Vergleichszahlungen in Milliardenhöhe eingestellt werden konnten.

### In der EU wird es eng für PFAS

Parallel wird nach dem Antrag von fünf europäischen Ländern (darunter auch Deutschland) von der ECHA das Verbot

aller (!), wohl mehrerer tausend PFAS geprüft. Es handelt sich dabei um ein langwieriges und technisch enorm komplexes Verfahren, das mittlerweile sehr viel Lobbyarbeit erfährt. So wurden über 4.000 Eingaben aus allen Bereichen der Industrie und der Verbände gezählt, die in den nächsten Jahren nach einer vorher festgelegten Priorität bearbeitet werden sollen. Dabei werden früher oder später auch die Fluorpolymere und -elastomere an die Reihe kommen.

**Öffentliche Wahrnehmung**

Die Beschäftigung mit dem Thema zeigt, dass sich Wissenschaft und internationale Politik längst positioniert haben. Die Medien haben auf die Probleme in vielen ernst zu nehmenden Recherchen aufmerksam gemacht. Einige Journalisten haben sich sogar darauf „spezialisiert". Es wird in allen Fällen dringend zum Ausstieg aus der Herstellung und Verwendung gedrängt; ist doch der Einfluss auf die Gesundheit von Menschen, Tieren und dem Ökosystem insgesamt erheblich und in seiner ganzen Dimension noch gar nicht absehbar. Selbst Börsenanalysten und Investoren raten Konzernen inzwischen davon ab, so weiterzumachen wie bisher, weil Regressschäden in unvorstellbarem Ausmaß befürchtet werden. Es geht also mittlerweile immerhin um wirtschaftliche Einbußen, wenn schon nicht um Nachhaltigkeit und den Schutz der Natur.

Als langjähriger Verfechter des Einsatzes von Fluorpolymeren, allen voran PTFE, muss ich mich als Inhaber eines Unternehmens für Sonderdichtungen mit dieser Faktenlage auseinandersetzen. Seit 2022 beschäftige ich mich nun mit dem Thema und möchte mit diesem Artikel einen Einblick in den Stand der Entwicklung von Alternativen geben.

**PTFE: In der Industrie kaum wegzudenken**

PTFE ist unter allen Fluorpolymeren der Werkstoff mit dem größten Einsatzbereich. Der Gebrauch von Polytetrafluorethylen (z.B. „Teflon" [1)]) ist in der Industrie insgesamt kaum wegzudenken. Sind doch die Eigenschaften dieses außergewöhnlichen Kunststoffs so attraktiv, dass bei anspruchsvolleren Anwendungen bisher kaum ein Weg vorbeiführte. Vor allem beim Einsatz als Dichtungs- oder Gleitlagerwerkstoff treten einige herausragenden Eigenschaften von PTFE zu Tage:

- Herausragende chemische Beständigkeit
- Breiter thermischer Einsatzbereich
- Niedrigster Reibungskoeffizient aller Kunststoffe
- (Verhältnismäßig) günstig
- (Galt bisher als) physiologisch unbedenklich
- Mechanisch leicht zu bearbeiten
- Altert nicht
- Leicht mit anderen Werkstoffen zu mischen

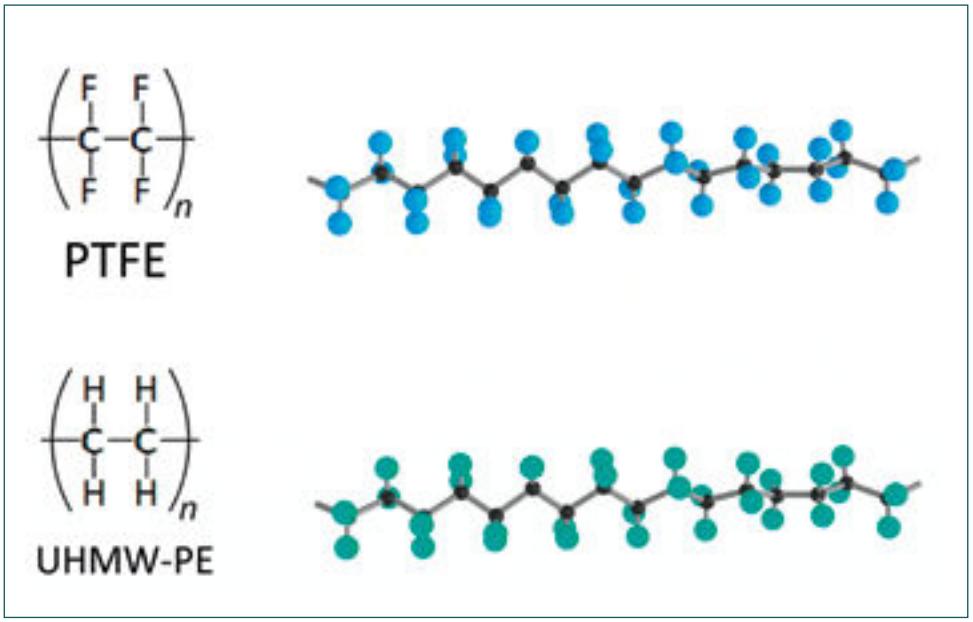
**Eine bittere Pille**

Soweit schon einmal vorab: Das außerordentliche Eigenschaftsprofil von PTFE wird es vermutlich in der Welt der Kunststoffe so nicht mehr geben. Wir werden uns damit abfinden müssen, dass es

- mehr Werkstoffe als bisher für die einzelnen Anwendungen geben wird,
- vermehrt Kunststoffmischungen entwickelt werden müssen, um die Eigenschaften von PTFE nachzustellen,
- die Werkstoff-Alternativen im Einzelfall teurer werden,
- es für einige Anwendungen keine Alternativen geben wird, so dass diese entweder
  - wegfallen,
  - exklusiver werden,
  - ihr Einsatz regulatorisch eingeschränkt wird,
  - oder durch neue technische Ansätze ersetzt werden müssen.

**UHMW-PE: Bei niedrigen Temperaturen eine Alternative**

Ultrahoch-molekulares Polyethylen (UHMW-PE) scheint als Alternative noch am ehesten geeignet zu sein, die Nachfol- »




**PTFE (o.) und UHMW-PE sind von einem eindimensionalen, langkettigen Molekülaufbau gekennzeichnet, wodurch deren Eigenschaften sehr ähnlich sind**

In den meisten Fällen können Dichtungen aus Elastomeren durch intelligente Lösungen aus Kunststoff ersetzt werden

ge von PTFE anzutreten. Ist doch der chemische Aufbau nahezu identisch; lediglich die Fluoratome sind durch das (unproblematische) Wasserstoffatom ersetzt. Insbesondere geringe Reibung, niedriger Verschleiß und eine erhebliche chemische Beständigkeit sind dadurch garantiert. Der moderate Preis macht diesen Kunststoff für fast alle Anwendungen bis ca. 90 °C attraktiv. Somit wird mit hoher Wahrscheinlichkeit UHMW-PE für die Zukunft die erste Wahl sein, wenn nach fluorfreien Dichtungslösungen gesucht wird.

Als Nachteil kann nur der niedrige physikalische Schmelzpunkt von ca. 132 °C genannt werden, der bereits ab ca. 100 °C zu einer deutlichen Reduktion der mechanischen Werte führt. Dies allein scheint der Grund zu sein, weshalb diesem Material bisher der Siegeszug verwehrt wurde; ist doch die etwas schwierige mechanische Bearbeitung mit Spezialwerkzeugen und -Knowhow in den Griff zu bekommen.

Interessanterweise gibt es bereits Möglichkeiten, das molekulare Gefüge so zu stabilisieren, dass der Einsatzbereich bis zu 130 °C erweitert werden kann. Die bock machining gmbh entwickelt derzeit mit Hochdruck Werkstoffe auf Basis von UHMW-PE, mit denen vor allem die Anforderungen an CIP-Reinigung und Dampfsterilisation abgedeckt werden können. Dies wird insbesondere in der Lebensmittelindustrie und der Medizintechnik gefordert.

Neben UHMW-PE existieren bereits weitere Kunststoffe, die bei höheren Temperaturen als Ersatz von „Teflon" in Frage kommen könnten.

**PET: Überaus interessante Eigenschaften**

Polyethylenterephthalat zählt wegen seiner Verwendung als Getränkeverpackung als Massenkunststoff, der sich leider auch durch die Verschmutzung der Umwelt einen Namen gemacht hat. Dabei sind seine überaus interessanten Eigenschaften dazu geeignet, ihn auch als Werkstoff für Dichtungen und weitere technische Bauteile in Betracht zu ziehen. Zunächst macht ihn der niedrige Reibungskoeffizient, die gute chemische Beständigkeit, die beachtlichen mechanischen Werte und der hohe Schmelzpunkt von 260 °C aus dem Stand zum interessantesten Kunststoff für Gleitlager überhaupt. Es ist davon auszugehen, dass nahezu sämtliche Standardgleitlager auf dieser Basis compoundiert und gespritzt werden. Darüber hinaus ist er mechanisch leicht und präzise zu bearbeiten, so dass auch Sonderlösungen einfach entwickelt werden können.

**PA: Führt ein Schattendasein**

Polyamid zählt zwar zu den meistverwendeten Kunststoffen, führt jedoch bei Dichtungen und Gleitlagern bisher ein Schattendasein. Zunächst ist die außergewöhnliche Zähigkeit, die hohe Festigkeit und Steifigkeit zu nennen, die sich mit guter Abrieb- und Verschleißfestigkeit ergänzt. Lediglich die etwas reduzierte chemische Beständigkeit, sowie die deutliche Neigung zur Wasseraufnahme führen zu Einschränkungen beim Einsatz in einigen Anwendungen. Jedoch gibt es auch hier bereits technische Lösungen durch die Verwendung von Füllstoffen (z.B. Glasfaser) und physikalischer Modifikation, die eine erhebliche Steigerung des Einsatzbereichs nach sich ziehen. So gibt es mittlerweile PA-Typen, die bis 350 °C verwendet werden können.

**PEEK: Teuer und hart**

Polyetheretherketon (PEEK) zählt für den technischen Entwickler als „der beste Kunststoff". Sind doch auf der einen Seite die mechanischen Eigenschaften teilweise mit

Bildquelle: bock machining

**PFAS-freie Bauteile**

## Auf dem Weg zum Vorreiter PFAS-freier Werkstoffe

Die bock machining gmbh ist angetreten, einer der Vorreiter bei der Entwicklung von PFAS-freien Werkstoffen zu werden. Hierzu wird derzeit am Standort Alzenau in Unterfranken eine Abteilung für die Entwicklung, Herstellung und Prüfung von Hochleistungskunststoffen aufgebaut. 80 Mitarbeiter beschäftigen sich mit der Entwicklung und Produktion von industriellen Sonderdichtungen- und Gleitlagern. Schwerpunkt sind dabei die Getränkeabfüllindustrie, die Lackiertechnik, sowie Pumpen, Ventile und Armaturen. Menschlichkeit und ökologische Nachhaltigkeit sind die bestimmenden Themen für das gegenwärtige und zukünftige Handeln.

Metallen vergleichbar. Auf der anderen Seite kann er mit PTFE hinsichtlich der chemischen Beständigkeit und des Temperatureinsatzbereichs durchaus konkurrieren. Nachteilig aufzuführen sind in erster Linie der Preis und die eher schlechteren Gleiteigenschaften (die bisher gerne mit PTFE als Füllstoff ausgeglichen wurden). Gegen einen breiten Einsatz als Dichtungswerkstoff sprechen neben den hohen Kosten auch die zu große Härte, die die Auslegung von elastischen Dichtlippen oder Membranen bzw. Faltenbälgen verhindert.

### PPS, PAI, PEI, PI: Spannend, aber noch teurer

Die Welt der Hochleistungskunststoffe ist mannigfaltig und exotisch. Polyphenylensulfid (PPS), Polyamidimid (PAI), Polyetherimid (PEI), Polyimide (PI) etc. (hier kein Anspruch auf Vollständigkeit) sind hochinteressante Werkstoffe mit teils unglaublichen Eigenschaften. Meist erschwert jedoch der exorbitante Preis einen größeren Ersatz von PTFE bei Dichtungen und Standardbauteilen. Die Anwendungen dürften deshalb auch in Zukunft überschaubar und exklusiv bleiben.

### Gummiwerkstoffe

Die Welt der Dichtungstechnik ist bei Katalogteilen vor allem durch Elastomere geprägt. Hier werden für anspruchsvollere Anwendungen FKM (z.B. „Viton“ [1]) oder FFKM (z.B. „Kalrez“ [2]), seltener FVMQ (Fluorsilikon) eingesetzt. Für einen „1:1-Upgrade“ innerhalb einer Anwendung z.B. bei Pumpen oder Ventilen, war dies bisher bequem. Konnte so doch, bei sonst gleicher Bauweise, beispielsweise lediglich durch den Austausch der O-Ringe geringerer Qualität die Anwendung nach oben hin erweitert werden. Die chemische Beständigkeit oder der thermische Einsatzbereich wurden dadurch ausgedehnt, ohne dass der technische Baukasten ausuferte. Diese Vorgehensweise stellte bisher eine einfache Angelegenheit für Techniker, Produktverantwortliche und Einkäufer dar. Das dürfte in Zukunft erheblich schwieriger werden, da die technische notwendige, chemische Anbindung von Fluor innerhalb der molekularen Gruppen sofort die Einstufung als PFAS zur Folge hat.

### Wie kann man „PFAS-Gummi“ ersetzen?

So enttäuschend es auch klingen mag: Es scheint bisher keine echten Alternativen für gummielastische Werkstoffe zu geben, die ohne Fluorverbindungen auskommen. Der Ansatz muss demnach differenzierter erfolgen.

Zugegebenermaßen mögen die folgenden Denkansätze teilweise unkonventionell erscheinen, doch könnten sie in Zukunft mehr und mehr notwendig werden:

- **Andere technische Dichtungslösung:** In den meisten Fällen können Dichtungen aus Elastomeren durch intelligente Lösungen aus Kunststoff ersetzt werden. Dies bedarf der Beschäftigung mit den technischen Details der Anwendung und die unkonventionelle Umsetzung mit einem Spezialisten.
- **Grundsätzlich andere technische Lösung:** Reicht die Kreativität aus, lassen sich oft Lösungsprinzipen komplett in Frage stellen. Ein Beispiel ist der Ersatz der „Teflon“-Beschichtung bei einer Bratpfanne durch Keramik.
- **Differenzierung der Anwendungsbereiche:** In den meisten Fällen muss eine Baureihe von Pumpen und Ventilen nicht immer durch die maximal möglichen Anforderungen (höchste Temperatur und aggressivste Medien) geprägt sein, sondern könnte durch die Festlegung einer weiteren Baureihe, die mit Standardwerkstoffen auskommt, die meisten Einsatzbereiche abdecken. Somit bliebe die High-End-Anwendung erhalten und die Verwendung von PFAS-Materialien könnte reduziert werden.
- **Verzicht auf politisch, ökologisch oder gesellschaftlich bedenkliche Anwendungen:** Auch wenn dies unbequem erscheint, muss sich die Gesellschaft und damit auch jeder Geschäftsmann die Frage stellen, ob jede Anwendung, die Profit verspricht, auf lange Sicht nicht allen schadet. So sind die anspruchsvollsten Anforderungen oft in problematischen Bereichen zu finden, die sich beispielsweise mit Pestiziden, Wehrtechnik oder hoch wirksamen (aggressiven) Medikamenten beschäftigen. ■

**Autor**
**Stefan Bock ist Geschäftsführer der bock machining gmbh, Alzenau,**
**info@bock-machining.de,**
**T +49 6023 94701-0,**
**www.bock-machining.de**

**[1] „Viton“ und „Teflon“ sind eingetragene Warenzeichen von The Chemours Company FC LLC**
**[2] „Kalrez“ ist ein eingetragenes Warenzeichen von E.I. du Pont de Nemours und Co. oder seiner Beteiligungsgesellschaften**