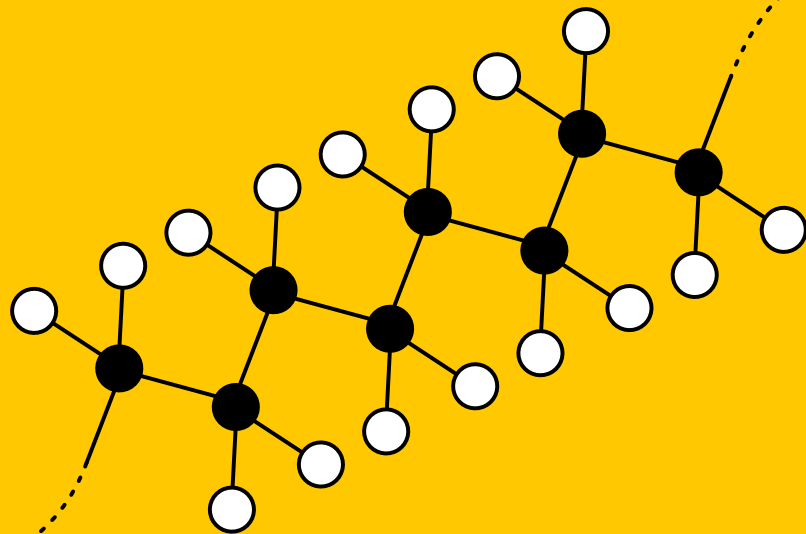


# Der Fluor- Schaden



Ewigkeitschemikalien gefährden zunehmend Umwelt und Gesundheit. Wie groß das Problem ist und wie die Industrie gegen eine geplante Regulierung der EU lobbyiert, haben wir in einem internationalen Rechercheteam unter der Leitung von *Le Monde* untersucht. – Andrea Hoferichter

An einem Herbsttag im erzkatholischen Altötting geht es beschaulich zu. Menschen schlendern über den Kapellplatz, Läden preisen kindshohe Kerzen und andere Devotionalien an. Nichts deutet darauf hin, dass der Ort zu den am stärksten mit PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen) verschmutzten Regionen Deutschlands zählt. „Man spürt es nicht gleich, es gibt keine akuten Vergiftungserscheinungen“, sagt Petra Haunreiter, die dort in einer Sparkasse arbeitet und sich in Bürgerinitiativen engagiert. „Es ist fast eine persönliche Entscheidung: Möchte ich mich betroffen fühlen oder nicht?“

Seit Jahrzehnten emittiert der benachbarte Chemiepark Gendorf ganz legal verschiedenste PFAS in die Luft und in den Fluss Alz ([heise.de/s/Mej2g](https://www.heise.de/s/Mej2g)), darunter lange auch große Mengen der giftigen und krebserregenden PFAS-Variante PFOA. Die Chemikalie verseuchte den Boden, sickerte bis ins Grundwasser und kontaminierte das Trinkwasser. Als Haunreiter 2006 durch eine Greenpeace-Aktion davon erfuhr, hakte sie bei den Behörden nach. „Aber immer wieder diese beruhigenden Floskeln: Es sei wissenschaftlich nichts erwiesen und man solle sich keine Sorgen machen“, erzählt sie. Doch die Altöttingerin las Studien aus kontaminierten Gebieten in den USA (siehe S. 76) und Deutschland. Mithilfe ihres Hausarztes ließ sie ihr Blut auf PFOA untersuchen. Das Ergebnis: 48,1 Mikrogramm pro Liter Blutserum – fast zehnmals höher als jener Schwellenwert, ab dem laut Umweltbundesamt für gebärfähige Frauen eine „als relevant anzusehende gesundheitliche Beeinträchtigung“ möglich ist. „Also war ich der Meinung: Ich bin kontaminiert, als Mensch“, sagt Haunreiter.

Altötting ist nicht der einzige Ort mit einem PFAS-Problem. Allein in Deutschland sind mehr als 1500 PFAS-Fundstellen bekannt, darunter über 300 Hotspots. Mal sind Fabriken schuld, mal Löschschäume oder Klärschlämme. Auch aus etlichen Produkten können problematische PFAS in die Umwelt gelangen, etwa aus Wetterjacken, beschichteten Papieren, Skiwachs und Hydraulikölen. Mit Wind und Regen haben sie sich auf der ganzen Welt verteilt ([heise.de/s/Z7ZB5](https://www.heise.de/s/Z7ZB5)). Sie wurden in Gewässern gefunden, im Trinkwasser, in Fischen, Eiern und in Muttermilch. Fast alle Menschen haben sie im Blut, viele in bedenklich hohen Dosen. Und die PFAS-Mengen steigen weiter, denn die Stoffe sind äußerst stabil. Sie bleiben mindestens für Jahrzehnte in der Umwelt. Nicht umsonst werden sie auch Ewigkeitschemikalien genannt.

Im Februar 2023 präsentierte die EU den Vorschlag, alle rund 10 000 PFAS als Stoffgruppe im Rahmen der Chemikalienverordnung REACH zu beschränken. Nur für Anwendungen ohne bekannte Alternativen soll es längere Übergangsfristen oder Ausnahmen geben. Wie die Industrie gegen den Vorschlag lobbyiert und wie teuer die Verschmutzung werden könnte, hat die internationale Rechercheinitiative „The Forever Pollution Project“, an der auch

die deutsche MIT Technology Review beteiligt war, untersucht ([heise.de/s/jDJlg](https://www.heise.de/s/jDJlg)).

### VON DER BRATPFANNE BIS ZUR BRENNSTOFFZELLE

PFAS werden schon seit Mitte des letzten Jahrhunderts produziert und auch genutzt. Die Fluorchemikalien haben ein einzigartiges Eigenschaftsprofil. Sie sorgen zugleich für wasser-, fett- und schmutzabweisende Oberflächen und sind äußerst stabil. Mittlerweile stecken sie in unzähligen Produkten, von der Bratpfanne bis zur Brennstoffzelle. Und sie dienen als Hilfsmittel in industriellen Prozessen, etwa in der Halbleiterindustrie. Dass die potenten Chemikalien zum Problem werden könnten, blieb lange unbeachtet. Ähnlich wie beim Klima kommt die Krise eher schleichend.

Besuch bei Marike Kolossa am Umweltbundesamt (UBA) Berlin, in einem geräumigen Altbaubüro mit gluckernenden Heizkörpern und ein paar Grünpflanzen. „Wir benutzen die Stoffe in unserem Alltag. Dann stellen wir eine hohe Belastung im Körper fest, wir forschen weiter und irgendwann sagen wir: Das war jetzt aber nicht so gut. Nur rückgängig machen kann man es dann eben nicht mehr“, sagt die Toxikologin im TR-Interview (siehe S. 84). Schon vor 15 Jahren habe ihr Team PFAS in bedenklich hohen Dosen in vielen Menschen in Deutschland gefunden. Dem EU-Projekt Human Biomonitoring (HBM4EU) zufolge ist heute jeder fünfte Mensch in Europa so stark mit diesen Chemikalien belastet, dass Wirkungen nicht mehr auszuschließen sind. Nicht alle PFAS sind gleich giftig, aber viele werden mit Krebserkrankungen sowie Störungen der Fruchtbarkeit und des Stoffwechsels, des Immun- und Hormonsystems in Verbindung gebracht.

Ein weiteres Problem ist die Vielfalt der Stoffe. Zwar sind PFOA und wenige weitere PFAS mitt-

„Also war ich der Meinung: Ich bin kontaminiert, als Mensch.“

### FOREVER POLLUTION PROJECT

Die internationale Recherche „Forever Lobbying Project“ wurde von *Le Monde* koordiniert. Beteiligt waren mehr als zwei Dutzend Medienpartner aus 16 Ländern. Aus Deutschland waren MIT Technology Review, NDR, WDR und Süddeutsche Zeitung beteiligt. Publikationspartner ist Arena for Journalism in Europe, im Austausch mit der NGO Corporate Europe Observatory. Die Projektpartner erhielten finanzielle Unterstützung vom Pulitzer Center, von der Broadreach Foundation, vom Journalismfund Europe und vom IJ4EU.

lerweile über die Stockholm-Konvention praktisch weltweit verboten. Doch viele Hersteller und Anwender steigen auf ähnliche PFAS um, die noch nicht reguliert sind, jedoch ebenfalls schädlich sein könnten. Das Hase-Igel-Spiel sei in dieser großen Stoffgruppe extrem einfach, sagt Kolossa, „weil man eben mit kleinen chemischen Unterschieden die gleiche Funktionalität im Produkt erreichen kann, aber eben auch ziemlich sicher die gleiche biologische Wirkung“.

### INDUSTRIELOBBY GEGEN EU

Für Fachbehörden aus fünf EU-Ländern, darunter Deutschland, war die Lage daher klar: Die ganze Stoffgruppe muss reguliert werden, ähnlich wie damals die FCKWs, die Fluorchlorkohlenwasserstoffe, die die schützende Ozonschicht zerstören können. Sie initiierten einen Beschränkungsvorschlag – und lösten damit mächtig Gegenwind aus. „Sie können sich schon mal von Ihrem Mobiltelefon verabschieden“, sagte Michael Schlipf, Vorsitzender der Fluorpolymergruppe des deutschen Kunststoff-Branchenverbands pro-K. Es drohe ein Rückfall in die Steinzeit. Die Wirtschaftskraft Deutschlands und die Energiepreise seien in Gefahr. Mit dieser Meinung war der Fluorpolymerchemiker nicht allein. Bei der ECHA, der Chemikalienbehörde der EU, gingen mehr als 5600 Kommentierungen ein, die allermeisten von Unternehmen und Verbänden. Lobbyistinnen und Lobbyisten organisierten zudem Workshops und

„Das Hase-Igel-Spiel ist in dieser großen Stoffgruppe extrem einfach.“

Treffen mit Politikerinnen und Politikern. Sie schrieben Positionspapiere, Briefe und initiierten wissenschaftliche Studien. Zu undifferenziert sei der Gruppenansatz, heißt es in etlichen Dokumenten, die die internationale Rechercheinitiative durchforstet hat.

Die PFAS-Befürwortenden fordern vor allem, die Untergruppe der Fluorpolymere von der Beschränkung auszunehmen. Diese Fluorkunststoffe – der bekannteste ist Polytetrafluorethylen (PTFE), Handelsname Teflon – seien unter anderem für die Medizintechnik, die Chemieindustrie, die Elektromobilität und die Produktion von grünem Wasserstoff unverzichtbar. Zudem seien sie nach Kriterien der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) „Polymers of low Concern“, also kaum bedenkliche Polymere. Das Argument kann allerdings in die Irre führen. Zwar hat die OECD tatsächlich an Bedenklichkeitskriterien für Polymere – für alle, nicht nur jene mit Fluor – gearbeitet, diese Arbeit aber seit 2009 aus unbekanntem Gründen nicht weiterverfolgt. Eine Bewertung der Fluorpolymere hat die renommierte Organisation nie vorgenommen. Das Prädikat „wenig bedenklich“ wurde ihnen 2018 von einem Team um Barbara Henry verliehen, die für das Fluorpolymer-Unternehmen Gore arbeitet ([heise.de/s/Xe3oN](https://www.heise.de/s/Xe3oN)). Auch zwei weitere oft zitierte Studien zur Unbedenklichkeit der Fluorpolymere wurden von der Industrie finanziert, direkt oder indirekt über von ihr bezahlte Berater:innen.

Grundsätzlich ist zwar richtig, dass Fluorpolymere im Gebrauch kaum Schaden anrichten

### UNVERWÜSTLICH, MIT ABPERL-EFFEKT

PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen) bestehen im Wesentlichen aus Kohlenstoff (chemisches Symbol C) und Fluor (chemisches Symbol F). Laut Definition enthalten sie mindestens eine sogenannte  $CF_2$ - oder  $CF_3$ -Gruppe. Die Stoffgruppe umfasst laut der Europäischen Chemikalienagentur ECHA mehr als 10 000 Verbindungen.

PFAS-Moleküle können klein und kompakt sein oder aus langen Kohlenstoffketten bestehen, an denen die Fluoratome hängen und mitunter auch chemisch aktive Molekülbausteine. Je nach chemischer Struktur sind PFAS gasförmig, flüssig oder fest. Von ihr hängt zudem ab, wie gut sich die Chemikalien in Wasser oder Fetten lösen, wie lange sie im Körper oder in Böden bleiben und was sie dort bewirken. Manche PFAS sind chemisch sehr aktiv, andere ausgesprochen reaktionsträge.

Die Chemikalien haben aber auch Gemeinsamkeiten: Alle PFAS sind im Kern ausgesprochen robust. Die Kohlenstoff-Fluor-Bindung ist eine der stabilsten chemischen Bindungen überhaupt. Die Moleküle trotzen hohen Temperaturen, aggressiven Chemikalien, Mikroorganismen und Sonnenlicht. An PFAS-Oberflächen perlen sowohl Wasser als auch Öle ab. PFAS-Schichten haften in der Regel auch nicht aneinander, was ihnen gute Gleit- und Schmiereigenschaften verleiht.

Der Abperleffekt liegt vor allem am Fluor. Fluor ist das Element mit der höchsten Elektronegativität im chemischen Periodensystem und zieht Elektronen aus dem angebundenen Kohlenstoff stark zu sich hin. Daher ist die Kohlenstoff-Fluor-Bindung elektrisch polar. Diese Polarität sorgt dafür, dass unpolare Substanzen wie Öle nicht haften können. Zugleich schirmen die vielen Fluoratome um die Kohlenstoffkette diese polaren Bindungen nach außen so gut ab, dass polare Wassermoleküle ebenfalls keine Anziehung erfahren.

Laut Greenpeace ist der Meeresschaum an vielen Stränden mit PFAS kontaminiert. Gefunden wurden Konzentrationen bis zu 160 000 Nanogramm pro Liter – der künftige EU-Grenzwert für 20 bestimmte PFAS liegt bei 100 Nanogramm pro Liter. Schon im vergangenen Jahr warnten niederländische Behörden vor vergifteter Gischt wie hier in Scheveningen.



Im Industriepark Gendorf arbeiten unter anderem die Unternehmen Gore und Archroma mit PFAS. Der Fluorpolymerhersteller Dyneon wird seine Anlagen abbauen. Die Konzernmutter 3M hat den weltweiten PFAS-Ausstieg für 2025 angekündigt.

können. Von beschichteten Bratpfannen etwa geht keine direkte Gefahr aus, zumindest wenn man sie nicht zu hoch erhitzt und die Beschichtung keine Produktionsreste enthält. Wie andere Kunststoffe sind auch Fluorpolymere chemisch eher inaktiv. Ihre Produktion allerdings ist ein großes Problem. Denn für sie werden in der Regel PFAS-Varianten genutzt und freigesetzt, die gesundheitsschädlich sein können. Auch PFOA – jene Chemikalie, die unter anderem die Region Altötting kontaminierte – diente der Fluorpolymerproduktion.

Michael Schlipf, der wie Petra Haunreiter in der Region zu Hause ist, sieht das Problem. Doch er ist überzeugt, dass

sich die problematischen Emissionen über eine geschlossene Kreislaufführung in den Fabriken halten ließen „wie in einer Raumstation“. Ein Konzept dafür werde gerade im Industriepark Gendorf entwickelt, berichtet er. In ein paar Jahren könne es einsatzbereit sein und – mit entsprechenden regulatorischen Auflagen – überall zum Standard werden. „Bisher laufen diese Fabriken aber nicht so“, sagt Martin Scheringer von der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich, der sich seit fast 20 Jahren mit dem Thema beschäftigt. Es sei auch bisher kein Beweis erbracht worden, dass eine perfekt saubere Abwicklung überhaupt möglich sei. „Im Gegenteil: Überall dort,

wo diese PFAS bis dato produziert worden sind, gibt es gravierende Verschmutzungen der Böden, der Flüsse, des Grundwassers und des Trinkwassers.“

Ein anderes Streitthema ist, ob sich Fluorpolymere, etwa aus Alltagsprodukten, in Müllverbrennungsanlagen zu harmlosen Fluorsalzen zersetzen oder ob schädliche Zwischenprodukte emittiert werden. Lobbyistinnen und Lobbyisten führen dazu eine Studie ins Feld, an der das Karlsruher Institut für Technologie beteiligt ist und die vom Fluorpolymerhersteller Gujarat Fluorochemicals finanziert wurde. Danach reichen die üblichen 850 Grad Celsius aus. Doch manche Forschende zweifeln an der Aussagekraft, da die Ergebnisse aus einer Pilotanlage stammten und nicht auf die realen Verhältnisse in großen Anlagen mit Hausmüll übertragbar seien. Dorte Herzke vom Norwegischen Institut für Luftforschung etwa geht davon aus, dass Temperaturen von 1050 bis 1100 Grad nötig sind.

Als weiteres Argument gegen die geplante Regulierung führt die Industrie mangelnde Alternativen ins Feld. Dabei sind die Chemikalien in vielen Produkten schon heute verzichtbar, zum Beispiel in Pfannen, Wetterjacken oder Wärmepumpen. Für Batterien und Elektrolysezellen zur Wasserstoffproduktion sind PFAS-freie Konzepte in der Entwicklung (siehe S. 80). Unklar ist die Lage vor allem in der Halbleitertechnik oder bei Medizinprodukten. Drohscenarien, die Energiewende würde ausgebremst, Patient:innen könnten nicht mehr optimal behandelt werden oder es gäbe bald keine Smartphones mehr, hält Schering für unredlich. „Das ist sicherlich nicht,

worauf der Vorschlag abzielt. Für solche Fälle gibt es eben Übergangsfristen und Ausnahmen“, sagt er.

### BEDINGUNGEN STATT VERBOT

Bei etlichen Politikerinnen und Politikern in Europa zünden die Argumente der Industrielobby dennoch. Zum Teil wurden sie wortgleich aus Positionspapieren übernommen – auch in Deutschland. Bei einem Treffen von Regierungsvertreterinnen und -vertretern mit Wirtschaftsunternehmen Anfang des Jahres in der bayerischen Landesvertretung in Berlin zum Beispiel gab es laut einer internen Gesprächsvorlage erst „Butterbrezn“ und dann die aus Industriesicht gute Nachricht, dass es für die beworbenen Fluorpolymere Ausnahmen geben sollte. Als Begründung diente unter anderem das OECD-Argument.

Im November gab die ECHA bekannt, dass für die Sektoren Batterien, Brennstoffzellen und Elektrolyseure statt eines Verbots auch das Festlegen von Bedingungen für die „Herstellung, das Inverkehrbringen oder die Verwendung von PFAS“ denkbar wäre. Schließlich handele es sich um Sektoren, in denen ein Verbot zu „unverhältnismäßigen sozioökonomischen Auswirkungen führen könnte“. In diesen Sektor fielen auch die Fluorpolymere, freut sich Michael Schlipf. Das Ziel sei gewesen, eine differenziertere Herangehensweise an die große PFAS-Stoffgruppe zu erreichen. „Und dieses Hauptziel von uns ist jetzt im Prinzip so übernommen worden.“ Das letzte Wort ist allerdings noch nicht gesprochen. In Helsinki befassen sich derzeit EU-Gremien sukzes-

„Sie können sich schon mal von Ihrem Mobiltelefon verabschieden.“



PFAS-haltige Löschschäume haben viele Orte weltweit kontaminiert. Als Folge mussten etliche Trinkwasserbrunnen und Gewässer gesperrt werden.

### WICHTIGE PFAS-UNTERGRUPPEN

**PFAS-Emulgatoren:** Sie werden vor allem benötigt, um die langen Ketten der Fluorpolymere aufzubauen. Zu ihnen zählen etwa die Säuren PFOA und PFOS und auch Ersatzstoffe wie GenX. PFOA und PFOS sind über die Stockholm-Konvention mittlerweile verboten. GenX und andere stehen auf der Liste der besonders besorgniserregenden Stoffe der EU-Chemikalienverordnung REACH.

**Fluorpolymere (Fluorkunststoffe):** Der berühmteste Vertreter ist Polytetrafluorethylen, Handelsname Teflon (DuPont). Fluorpolymere sind chemisch eher inaktiv, ähnlich wie andere Kunststoffe – sofern sie keine Emulgatorenreste enthalten und nicht überhitzt werden. Sie stecken unter anderem in Beschichtungen von Pfannen und Backformen, in Dichtungen, Kabelisolierungen und Wetterjacken. Auch in Membranen für Batterien, Filtern und Elektrolysezellen sind sie enthalten, in medizinischen Schläuchen und Implantaten.

**Polymere mit fluorierten Seitenketten:** Diese Polymere tragen an ihrer Kohlenstoff-Wirbelsäule etliche weitere Kohlenstoffketten, an die dann die Fluoratome gebunden sind. Diese Ketten wirken wie chemische Spikes, die den Abperleffekt noch strukturell verstärken. Polymere mit fluorierten Seitenketten werden als Imprägniermittel genutzt, etwa für Teppiche, Sofastoffe oder Schuhe. Auch Bürgerpapiere oder Pizzakartons können damit beschichtet sein. Außerdem stecken sie in manchem Skiwachs und Fahrradkettenfett und anderen Schmierstoffen. Sie gelten als problematischer als die Fluorpolymere, da sie ihre Seitenketten verlieren können. Denn diese sind mit den gesundheitlich bedenklichen PFAS-Emulgatoren verwandt.

**F-Gase:** Diese PFAS stecken als Kältemittel zum Beispiel in den Kühltheken der Supermärkte, in Wärmepumpen und Autoklimaanlagen.

**Sonderfall TFA:** Die Trifluoressigsäure (TFA) ist die kleinste und mobilste PFAS-Variante und ein Abbauprodukt vieler anderer. TFA ist sehr mobil und lässt sich nur schwer aus Trinkwasser herausfiltern.

sive mit unterschiedlichen Produktgruppen und Ausnahmen. Im Dezember etwa standen Lebensmittelkontaktmaterialien und Textilien, auch Sofastoffe, Leder und Teppiche, auf dem Programm. Im März werden Fluorgase, die Transport- und die Energiebranche diskutiert, danach Schmiermittel, Medizingeräte und Halbleiter. Bis aus dem Vorschlag eine verbindliche Verordnung wird, wird es noch Jahre dauern.

### KOSTEN IN MILLIARDENHÖHE

Vom Ergebnis hängt nicht nur die Gesundheit vieler Menschen ab, sondern auch, wie stark die Folgekosten der Verschmutzung noch steigen werden. 2019 bezifferte der Nordische Rat, ein Zusammenschluss vor allem skandinavischer Staaten, die gesundheitsbezogenen Folgekosten der Umweltverschmutzung mit PFAS im Europäischen Wirtschaftsraum auf 52 bis 84 Milliarden Euro im Jahr für Therapien, Medikamente und Arbeitsausfälle. Hinzu kommen Maßnahmen, um die PFAS-Konzentrationen in besonders belasteten Gebieten zu reduzieren. Unter anderem müssten Böden deponiert sowie das Trink- und Grundwasser behandelt werden. Allein in Deutschland könnte das unter aktuellen Bedingungen etwa 800 Millionen Euro pro Jahr kosten – konservativ geschätzt. Hans Peter Arp von der Norwegischen University of Science and Technology und Ali Ling von der St. Thomas University in Minnesota haben das mithilfe von Daten aus dem Forever Lobbying Project hochgerechnet. Sollte die Verschmutzung mit PFAS weitergehen wie bis-

her, könnten sich die Reinigungskosten in den 31 untersuchten europäischen Ländern in den kommenden 20 Jahren auf mindestens zwei Billionen Euro summieren, so ihre Schätzung.

Auch in der Region Altötting hat die Schadensbegrenzung schon Millionen Euro verschlungen, unter anderem für haushohe Trinkwasser-Filteranlagen. Doch wohin mit verseuchtem Boden? Erst in ein paar Jahren kann er in einer eigens dafür gebauten Monodeponie gelagert werden. „Überall liegen kontaminierte Erdhaufen“, berichtet Petra Haunreiter. Zum Beispiel dort, wo Kabel für schnelles Internet verlegt werden oder Familien ihr Eigenheim bauen. Windkraftgegner:innen nutzten die Verschmutzung zudem als Argument gegen den Bau eines Windparks. PFOA und andere Schadstoffe im Boden könnten mobilisiert werden, fürchten sie.

Die Gifte sickern allerdings auch ganz ohne Bauaktivitäten weiter ins Grundwasser. Die Belastung wird einem Gutachten zufolge noch Jahrzehnte auf hohem Niveau bleiben. Haunreiter wünscht sich einen Aufschrei, ein breites Statement der Region gegen die PFAS-Wirtschaft. Doch die meisten Menschen interessieren das Thema nicht. „Die Abhängigkeit von der Industrie ist hier einfach zu groß. Viele fürchten um ihren Wohlstand“, vermutet sie. „Und nichts über die Gefahren zu wissen, macht eben auch keine schlechten Gedanken.“ Derweil sind die PFAS-Altlasten von morgen schon unterwegs. Die Erlaubnis für den Industriepark Gendorf, PFAS in die Alz zu leiten, auch laut REACH „besonders besorgniserregende“, wurde kürzlich erst erneuert. ●