

in der Realität zwischen Null und dem LOQ – wo genau, ist unbekannt. Für solche Fälle gibt es in der Literatur zwei Auswertemethoden: Entweder es wird angenommen, der Wert sei 0 (Lower-Bound-Methode) oder er sei 0,5 LOQ. Nach der Lower-Bound-Methode beträgt der Median für dieses Beispiel $0 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$. Wird für die Messwerte unterhalb des LOQ 0,5 LOQ angenommen, ergibt sich für die PFBA-Konzentration ein Median von $4,39 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$.

Nahezu restlos entsorgt

Die Wiederfindungsrate von Fluor betrug 80% bei der Temperatur von 860°C und 70% bei 1095°C . Bei Messungen ohne Fluorpolymerdosierung betrug der Massenstrom von Fluor weniger als $0,01 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ – es gab also keine Verschleppung von HF zwischen den Versuchsdurchläufen.

Die R2PIC nach beiden Auswerteverfahren – mit einer Konzentration von Null oder der Hälfte des LOQ, wenn die PFAS-Konzentration unter dem LOQ liegt – unterscheidet sich erst ab der zweiten Nachkommastelle. Sie beträgt > 99,99%, wenn eine Konzentration von Null angenommen wird, und > 99,93%, wenn die Konzentration mit 0,5 LOQ angenommen wird. Das ist auf die geringen PFAS-Konzentrationen nur knapp oberhalb des LOQ zurückzuführen (Abbildung links). Im austretenden Rauchgas am Kamin ließ sich im Versuch mit Fluorpolymerzugabe bei 1095°C nur Perfluoroctansäure (PFOA) mit einer Konzentration von $0,20 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$ detektieren. Allerdings war auch ohne Fluorpolymerzugabe $0,26 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$ PFOA am Kamin vorhanden. Bei 860°C war im Gegensatz dazu im Abgas am Kamin kein PFOA. Beim PFOA aus der Messung bei 1095°C handelt es sich vermutlich um eine externe Kontamination, denn höhere Temperaturen sollten mehr PFAS zerstören. Bei 860°C betrug in den

festen Rückständen die Perfluorbutansulfonsäure(PFBs)-Konzentration $0,53 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ und der Perfluor-octansulfonsäure(PFOS)-Anteil im Abwasser der Rauchgaswäsche $0,03 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. Im Jahr 2019 wurden dem statistischen Bundesamt (Destatis) zufolge deutschlandweit rund 25 Millionen Tonnen Müll in thermischen Abfallbehandlungsanlagen verbrannt.⁶⁾ Bezogen auf diese Menge würden in Deutschland entsprechend der Versuchsergebnisse jährlich 20 Gramm PFOA-Äquivalente emittiert werden.

Die Ergebnisse zeigen zudem: BRENDA zerstört die Fluorpolymere nahezu vollständig. Eine Temperaturerhöhung von 860°C auf 1095°C beim Verbrennen mit konstanter Verweilzeit kann die R2PIC und damit den Abbau der Fluorpolymere nicht signifikant steigern.

Um zu überprüfen, ob Abfallverbrennungsanlagen künftig auch Senken für nicht polymere PFAS unterschiedlicher Gruppen darstellen können, folgen im Jahr 2025 noch Messungen an einer Abfallverbrennungsanlage im industriellen Umfeld. ■

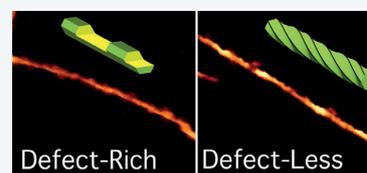
- 1) European Chemicals Agency ECHA, Assessment of Regulatory Needs List – Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS), 2020
- 2) S. H. Korzeniowski, R. C. Buck, R. M. Newkold et al., Integr. Environ. Assess. Manag. 2023, 19, 326
- 3) Conversio, Fluoropolymer waste in Europe 2020–6 End-of-life (EOL) analysis of fluoropolymer applications, products and associated waste streams, 2023: t1p.de/ua4ul, abgerufen am 28.3.2025
- 4) European Commission, Best Available Techniques (BAT) for Waste Incineration, 2006: t1p.de/8yhq4, abgerufen am 28.3.2025
- 5) H.-J. Gehrmann, P. Taylor, K. Aleksandrov, P. Bergdolt, A. Bologna et al., Chemosphere 2024, 365, 143403
- 6) Zu den Destatis-Zahlen zu Abfallentsorgungsanlagen: t1p.de/d0i6l, abgerufen am 28.3.2025

Blick nach Asien

Genetische Vielfalt von Reis | Die Genome von 145 Reissorten sequenziert und assembliert hat ein Team der Chinesischen Akademie der Wissenschaften in Shanghai. Das lieferte eine Karte mit knapp 70 000 Genen, die ermöglicht, die genetische Vielfalt zu analysieren und Gene zu klassifizieren. 20 Prozent der Gene kommen nur in wilden Sorten vor und beeinflussen, wie resistent der Reis gegen Krankheiten und Umweltveränderungen ist – hilfreich beim Züchten neuer Varianten.

Nature, doi: 10.1038/s41586-025-08883-6

Nanocellulose ohne Defekte | Forschende der Universitäten Tokio und Kyoto haben fehlerfrei verdillte Cellulose-Nanofasern (CNF) hergestellt. Dazu haben sie die Oberfläche von Nadelholz Zellstoff und Holocellulose regioselektiv unter schonenden Bedingungen oxidiert: mit 2,2,6,6-Tetramethylpiperidinyloxy (TEMPO) und 4-Acetamido-TEMPO bei pH-Werten von zehn beziehungsweise fünf. Als Verstärker könnten die Fasern Verbundwerkstoffe elastischer und haltbarer machen als defektreichere CNFs.



Nanocellulose-Morphologie. Über Rasterkraftmikroskopie erkannten die Forschenden, bei welchen Reaktionsbedingungen Dispersionen fehlerfreier Fasern entstehen, deren Struktur den natürlichen Cellulose-Kristalleinheiten ähnelt.

Nano Lett., doi: 10.1021/acs.nanolett.4c06483

Kohle aus Reis | Eine Pyrolyse-Demonstrationsanlage des japanischen Unternehmens Yanmar Energy Systems produziert pro Tag aus 2,4 Tonnen Reishülsenabfällen 720 Kilogramm Pflanzenkohle. Das Unternehmen strebt Herstellkosten von 185 Euro pro Tonne an – 40 Prozent weniger als bei ähnlichen Verfahren. Verglichen mit solchen entsteht in der neuen Anlage zudem wenig kanzerogene Kieselsäure, und die Anlage nutzt keine fossilen Brennstoffe. Die Pflanzenkohle dient als Träger für Düngemittel; in über 50 Regionen Japans sollen Feldversuche zeigen, ob sie Bodenqualität und Pflanzenwachstum verbessert.

Rolf Schmid, window-to-china.de,
window-to-japan.eu