

POWERSTOFF AUS SAUERSTOFF

TEXT BERND KALTWASSER

Kosmetik, Reinigung, Mikroelektronik – Wasserstoffperoxid befeuert seit zwei Jahrhunderten innovative Anwendungen in der Chemie. Als Zusatztreibstoff für Raketen liefert die Verbindung aus Wasserstoff und Sauerstoff nun auch einen wichtigen Beitrag für eine umweltfreundlichere Weltraumfahrt.



Aufbruch ins All: Eine Sojus-Rakete wird startklar gemacht. Mit an Bord: H₂O₂.

unternehmens Arianespace lässt sich das Spektakel miterleben. 20 Sekunden vor dem Start: Mit einem Lichtblitz zünden die mächtigen Triebwerke, die das mehr als 300 Tonnen schwere Ungetüm in den Himmel heben sollen. Brausen und Zischen, das anschwillt. Schrittweise wird die Leistung gesteigert, zum Schluss verbrennen Booster und Haupttriebwerk in jeder Sekunde mehr als 450 Kilogramm Kerosin und 1.100 Kilogramm flüssigen Sauerstoff. Das Kontrollzentrum meldet sich erneut: „Attention pour le décompte final.“ Die letzten Sekunden laufen. „... trois, deux, unité.“ Die ganze Startplattform ist in orangefarbenes Glühen gehüllt. „Top, décollage...“ Majestätisch schiebt sich die Rakete in den Himmel. Sie fliegt einen Bogen, steigt immer höher. Rund eine Stunde nach dem Start verkündet eine Sprecherin der Europäischen Wettersatelliten-Organisation Eumetsat, dass erste Signale von „Metop-C“ aufgefangen worden seien: Die Mission ist ein Erfolg.

Evonik hat daran einen maßgeblichen Anteil: „Schon heute hat jede Sojus-Rakete etwa zehn Tonnen hochreines, hochkonzentriertes H₂O₂ an Bord. Damit werden Turbopumpen angetrieben, die die eigentlichen Treibstoffe mit hohem Druck in die Brennkammer pressen“, berichtet Dr. Stefan Leininger, der bei Evonik im Segment Resource Efficiency das Geschäft mit H₂O₂ für Spezialanwendungen betreut. Zehn Tonnen, das ist noch eine überschaubare Menge. Als einer der weltweit führenden Hersteller kann Evonik an 13 Standorten auf sechs Kontinenten jedes Jahr mehr als 950.000 Tonnen Wasserstoffperoxid herstellen.

Die Flüssigverbindung aus Wasserstoff und Sauerstoff ist zwar schon seit zwei Jahrhunderten bekannt (siehe Chronik Seite 14), doch bis heute erobert sie immer neue Märkte. H₂O₂ und andere Peroxide kommen mittlerweile in so unterschiedlichen Bereichen zum Einsatz wie der Halbleiterbranche, der Papierherstellung oder der Lebensmitteltechnik. „Das liegt nicht zuletzt an der guten Umweltverträglichkeit des Stoffs und seiner Effizienz“, sagt Leininger. →

Vor drei Stunden war Sonnenuntergang, jetzt ist der Dschungel in tiefe Dunkelheit getaucht. Die Nacht endet an einem Stacheldrahtzaun, der sich quer durch die tropische Landschaft zieht. Dahinter: eine mehr als 46 Meter hohe Weltraumrakete, von Scheinwerfern in gleißendes Licht gehüllt. Über Lautsprecher ist die Stimme des Directeur des Opérations zu hören, die auf Französisch den bevorstehenden Start ankündigt: „À tous de DDO: Attention pour moins d'une minute.“

Weltraumbahnhof Kourou, Französisch-Guayana, 6. November 2018, 21.46 Uhr Ortszeit. Es läuft die letzte Minute vor dem Start einer Sojus-Rakete, mit der der Wettersatellit „Metop-C“ auf seine Reise ins All geschickt werden soll. Mit an Bord: Wasserstoffperoxid (H₂O₂) von Evonik. Auf einem Video des Raumfahrt-

Papierproduktion in Eilenburg (Sachsen): Wasserstoffperoxid ersetzt bei der Bleiche umweltschädliche Mittel auf Chlorbasis.



»Dass H₂O₂ immer neue Märkte erobert, liegt an seiner guten Umweltverträglichkeit und seiner Effizienz.«

STEFAN LEININGER,
BUSINESS DIRECTOR SPECIALTIES

Diese Aspekte werden auch in der Raumfahrt immer wichtiger. Der Markt ist im Umbruch: Private Anbieter wie das von Tesla-Erfinder Elon Musk geführte Unternehmen SpaceX, der von Amazon-Chef Jeff Bezos gegründete Wettbewerber Blue Origin, OneWeb oder Rocketlab drängen nach vorn. 2018 hoben 114 Raketen ab – so viele wie nie zuvor in einem Jahr. Zugleich schrumpft die durchschnittliche Größe der Satelliten, die von den Raketen ins All getragen werden. Sogenannte Nanosatelliten (bis zehn Kilogramm Masse) und Mikrosatelliten (bis 100 Kilogramm Masse) werden immer häufiger eingesetzt. Bis zu 2.600 der kleinen künstlichen Trabanten könnten in den kommenden fünf Jahren gestartet werden, so die Prognose des Beratungsunternehmens Spaceworks Inc. Zugleich geht der Trend zu kleineren Raketen.

„Der gesamte Markt ist gerade dabei, den nächsten Evolutionsschritt zu durchlaufen“, sagt Leininger. „H₂O₂ kommt dabei aufgrund seiner guten Handhabbarkeit eine gewichtige Rolle als Treibstoff zu.“ Bisher übernehmen zum Beispiel Hydrazin oder dessen Derivate diese Aufgabe. Hydrazin steht jedoch im Verdacht, Krebs zu erregen, weshalb sein Einsatz in der EU künftig möglicherweise verboten wird. H₂O₂ wäre eine saubere Alternative: Der Raketentreibstoff zersetzt sich bei Kontakt mit einem geeigneten Katalysator unter großer Hitzeentwicklung zu Wasserdampf und Sauerstoff.

GREEN ROCKETRY

H₂O₂ befeuert somit einen globalen Trend: Unter dem Schlagwort „Green Rocketry“ versuchen zahlreiche Akteure, die Raumfahrt nachhaltiger und umweltfreundlicher zu machen. Das ist – neben ökonomischen Aspekten – auch ein Ziel des Future Launchers Preparatory Programme (FLPP), in dem die Europäische Weltraumagentur ESA an Technologien für die übernächste Raketengeneration forscht. „Umweltfreundliche Treibstoffe sind uns wichtig“, sagt Jan Wörner, Generaldirektor der European Space Agency (siehe Interview ab Seite 20). Die Weltraumagentur fördere seit vielen Jahren die nachhaltige Entwicklung auf der Erde und werde dies auch künftig tun.

Einen Schritt in diese Richtung ermöglicht das Projekt „Hyprogeo“, das von der Europäischen Kommission als Teil des Forschungsrahmenprogramms „Horizon 2020“ gefördert wurde (Förderkennzeichen: 634534 HYPROGEO). Es hatte zum Ziel, einen Hybrid-Raketen-

motor zu konstruieren, der den Festtreibstoff Polyethylen verbrennt und Wasserstoffperoxid als Oxidationsmittel nutzt. „Unsere Aufgabe als Projektpartner war es, möglichst hochkonzentriertes H₂O₂ zu produzieren“, erläutert Leininger. Evonik entwickelte eigens hierfür ein Verfahren, das den Stoff in einer Konzentration von bis zu 98 Prozent bereitstellt – ein Spitzenwert für die industrielle Produktion. „Während der eigentliche Herstellprozess von H₂O₂ eine 40- bis 50-prozentige Lösung liefert, wird durch anschließende Destillation und Kristallisation die gewünschte Endkonzentration erreicht“, erläutert Leininger.

DER SAUBERMACHER

Seine Innovationskraft entfaltet Wasserstoffperoxid auch in Umwelthanwendungen wie der Bodensanierung oder der Abwasserbehandlung. In den USA chlorieren Klärwerke häufig behandelte Abwässer, bevor sie diese

wieder in Flüsse oder Seen einleiten. Seit einigen Jahren fördert die Umweltschutzbehörde EPA (Environmental Protection Agency) den Einsatz alternativer Methoden. Dazu gehört unter anderem die Behandlung von Klärwasser mit H₂O₂ oder Peressigsäure (PAA). Eine umweltfreundliche Lösung, denn beim Einsatz der beiden Peroxide entstehen als Nebenprodukte lediglich Wasser und biologisch gut abbaubare Essigsäure.

Als starke Oxidationsmittel bekämpfen die Peroxide die in den Abwässern vorhandenen Keime. Viren, Bakterien und andere Mikroben werden durch unspezifische Wirkmechanismen abgetötet. „Die Peroxide durchdringen die Zellhülle von Mikroorganismen und verändern sie, sodass sie ihre Barrierefunktion verliert“, sagt Evonik-Experte Leininger. Außerdem werden die Enzyme im Zellinnern oxidiert und so irreversibel geschädigt. Beides lässt den Zellstoffwechsel zusammenbrechen. Vor allem PAA hat sich als potentes Desinfektionsmittel bewährt. Bereits ein Hundertstel der entsprechenden H₂O₂-Dosis bringt eine vergleichbare Wirkung. „Durch die lipophilen Eigenschaften des Acetyl-Teils des Moleküls kann PAA besonders leicht →

Es grünt so grün dank H₂O₂

Wasserstoffperoxid und elektrischer Strom pflegen von jeher eine enge Beziehung: Das Weißensteiner Verfahren, mit dem H₂O₂ vor über 100 Jahren erstmals großtechnisch hergestellt werden konnte, beruht auf einer Elektrolyse. Heutzutage nutzt die Industrie fast ausschließlich das Anthrachinon-Verfahren (siehe Kasten Seite 16), bei dem Wasserstoffperoxid mithilfe eines Reaktionsträgers gewonnen wird. Das dänische Unternehmen HPNow treibt nun ein Verfahren voran, das an die

Ursprünge der H₂O₂-Produktion anknüpft: Das Start-up aus Kopenhagen hat eine Technologie entwickelt, bei der in einem vollautomatischen System unter Verwendung von Wasser, Luft und elektrischem Strom Wasserstoffperoxid entsteht. Die Technologie erscheint so vielversprechend, dass sich der Venture-Capital-Arm von Evonik im Rahmen einer Serie-A-Finanzierungsrunde Ende 2017 einen Minderheitsanteil an dem jungen Unternehmen gesichert hat. „HPNow kann der elektrochemischen Produktion von Wasserstoffperoxid zum Durchbruch verhelfen“, sagt Bernhard Mohr, Leiter Venture Capital bei Evonik.

Herzstück des Systems ist ein modularer Generator, mit dem Wasserstoffperoxid hergestellt werden kann. In einer katalytischen Zelle werden Wasser und Sauerstoff elektrochemisch in einem Schritt zu H₂O₂ umgesetzt. Mit diesem dezentralen Ansatz könnte das Peroxid künftig auch dort zum Einsatz kommen, wo Kosten für Transport und Lagerung seinen Gebrauch bislang einschränken – zum Beispiel in Gewächshäusern für die Gemüse- oder Blumenzucht. Damit die Schläuche für die Tröpfchenbewässerung nicht verstopfen, müssen sie regelmäßig gespült werden. Bisher nutzten viele Züchter dafür eher aggressive Reinigungsmittel oder chlorhaltige Produkte statt umweltfreundlichen Wasserstoffperoxids. Der Einsatz von H₂O₂, bei dem als einziges Nebenprodukt Wasser entsteht, war für die Landwirte bisher zu aufwendig. „Die Technologie von HPNow macht es erstmals möglich, Wasserstoffperoxid bedarfsgerecht zu erzeugen und unmittelbar vor Ort weiterzuverwenden“, so Mohr. Die ersten Praxistests hat das neue System bereits gemeistert.



Fernab der Fabrik: dezentrale H₂O₂-Produktion in einem Gewächshaus in Dänemark

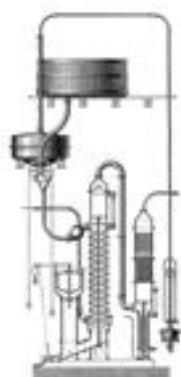
**WASSERSTOFFPEROXID:
201 JAHRE VOLLER INNOVATIONEN**



1818

Wasserstoffperoxid wird zum ersten Mal von dem französischen Chemiker **Louis Jacques Thénard** durch Reaktion von Bariumperoxid mit Salpetersäure hergestellt.

1894



Das erste reine Wasserstoffperoxid wird vom deutschen Chemiker Richard Wolffenstein per **Vakuumdestillation** gewonnen.



Die Degussa beteiligt sich an der ÖCW. Das Werk Weißenstein geht im Januar in Betrieb. Erstmals ist die Erzeugung von **hochkonzentriertem Wasserstoffperoxid** (30 Prozent) möglich.

1910

1935

Hellmuth Walter ist der erste deutsche Erfinder, der Wasserstoffperoxid als **Treibstoff für Motoren** nutzt. Später findet Wasserstoffperoxid auch Verwendung als Treibgas in der Raketentechnik.



1995

Die Degussa transportiert erstmals Wasserstoffperoxid **per Schiff**, und zwar von Alabama bis LeMont nahe Chicago.



1857

Der englische Hygieniker Benjamin Ward Richardson stellt fest, dass Wasserstoffperoxid zur **Wundbehandlung** genutzt werden kann. Heute wird es noch zur Desinfektion medizinischer Geräte verwendet.

1873

Die erste Anlage zur **fabrikmäßigen Herstellung** von dreiprozentigem Wasserstoffperoxid aus Bariumperoxid entsteht bei Schering in Berlin. Die Lösung findet mit der Zeit als Haarbleichmittel und zur antibakteriellen Reinigung Einzug in deutsche Haushalte.

1906

Der Gründer der Österreichischen Chemischen Werke (ÖCW), Otto Margulies, erwirbt ein Patent zur Herstellung von Wasserstoffperoxid auf elektrochemischem Weg. Die dazu nötige Fabrik wird in **Weißenstein** (Kärnten) errichtet.

1907

Die Degussa liefert erstmals Natriumperborat an Henkel zur Produktion des Waschmittels **Persil**. Mittlerweile wird dieser Wirkstoff aus Wasserstoffperoxid gewonnen.



1953

Die erste großtechnische Anlage, die den **Anthrachinon-Autoxidations-Prozess** verwendet, wird in Memphis (Tennessee) von DuPont eröffnet.

1989



Das erste Patent für ein **Zahnaufhellungsgel** auf Wasserstoffperoxid-Basis wird angemeldet.

2018

Evonik Industries unterzeichnet mit One Equity Partners einen Vertrag zur Übernahme von **PeroxyChem**, einem US-amerikanischen Hersteller von Wasserstoffperoxid und Peressigsäure.

in die Zellmembran eindringen“, erläutert Leininger. Zudem kann PAA – anders als H₂O₂ – nicht durch ein besonderes Enzym, die mikrobielle Katalase, abgebaut werden. Resistenzmechanismen gegen PAA sind deshalb bisher unbekannt.

Diese Vorteile wissen immer mehr Kommunen in den USA zu schätzen. So fiel vor wenigen Jahren in der 650.000-Einwohner-Stadt Memphis die Grundsatzentscheidung, für die Abwasserbehandlung fortan PAA einzusetzen. Die Verantwortlichen einigten sich mit dem US-Unternehmen PeroxyChem auf einen langfristigen Liefervertrag mit unbedingter Zahlungsverpflichtung. Daraufhin begann der Peroxid-Hersteller vor zwei Jahren mit den Planungen für eine neue PAA-Fabrik in der Region. Anfang November 2018 hat Evonik angekündigt, PeroxyChem übernehmen zu wollen.

Peroxide wie H₂O₂ und PAA reduzieren nicht nur die Keimbelastung. Sie eliminieren auch schwer abbaubare organische Spurenstoffe, die bei der Einleitung von Klärwasser in Oberflächengewässer ein Problem darstellen könnten. Zudem wird Wasserstoffperoxid zum Entgiften cyanidhaltiger Abwässer genutzt, wie sie in Galvanobetrieben, Härtereien, im Gichtgas von Hochöfen oder in Minen anfallen. H₂O₂ oxidiert dort Cyanid

zu Cyanat, das zu Ammoniak und Kohlensäure hydrolysiert wird. In Galvanobetrieben nutzt man Wasserstoffperoxid zudem, um die im Ätzprozess aus Salpetersäure entstehenden Stickoxide wieder zu Salpetersäure zu oxidieren.

Bei manchen Schadstoffen kann H₂O₂ allein nichts ausrichten. Geht es beispielsweise um die Entfernung von Benzolen oder Phenolen aus Abwasser, greifen Chemiker zu einem Trick: Wasserstoffperoxid wird entweder durch zweiwertige Eisenionen (Fe²⁺), UV-Strahlung oder Ozon zu Hydroxylradikalen (•OH) gespalten. Dieses Radikal ist eines der stärksten Oxidationsmittel überhaupt und reagiert mit fast allen organischen Verbindungen.

UMWELTFREUNDLICHE ALTERNATIVE

Aus der Elektronikindustrie ist H₂O₂ bereits nicht mehr wegzudenken. Vor allem in Asien wächst die Nachfrage rasant. Halbleiterhersteller dort nutzen beispielsweise besonders reines Wasserstoffperoxid allein oder in

Kombination mit Schwefelsäure, um Siliziumscheiben von Photolacken zu reinigen und mit einer wenige Nanometer dünnen Oxidationsschicht zu versehen. Zudem wird das Gemisch bei der Herstellung von Leiterplatten als Ätzmittel genutzt. „Wasserstoffperoxid/Schwefelsäure-Ätzmittel werden wegen ihrer geringen Kosten, der guten Wirksamkeit und der reduzierten Entsorgungsprobleme gern gewählt“, berichtet Dr. Jürgen Gleneberg, Leiter Process Engineering im Geschäftsgebiet Active Oxygens. H₂O₂ wird zunehmend auch bei der Herstellung von Flüssigkristalldisplays (LCD) eingesetzt, wo wasserstoffperoxidhaltige Lösungen die Kupferleiterbahnen zur Stromversorgung der LCDs herausätzen.

In einer Reihe großtechnischer Synthesen findet H₂O₂ ebenfalls Verwendung – zum Beispiel bei der Produktion von epoxidiertem Sojabohnenöl, einem wichtigen Weichmacher für PVC-Plastisole, der zunehmend auch in anderen Kunststoffen eingesetzt wird. Ein Gemisch aus Wasserstoffperoxid und Ameisensäure oxidiert dabei die Kohlenstoffdoppelbindungen in den Fettsäureketten unter Bildung der entsprechenden Epoxide. Bei der Synthese von Caprolactam, das unter anderem zur Herstellung von Nylonfasern verwendet wird, hat sich in jüngster Zeit ein auf Wasserstoffperoxid basiertes Verfahren durchgesetzt. Hierbei wird Ammoniak selektiv mit H₂O₂ zu Hydroxylamin oxidiert, das in situ mit Cyclohexanon zu Caprolactam reagiert. Im Gegensatz zu klassischen Verfahren können über diesen Weg Tausende Tonnen an sulfathaltigen Abfallprodukten eingespart werden. →



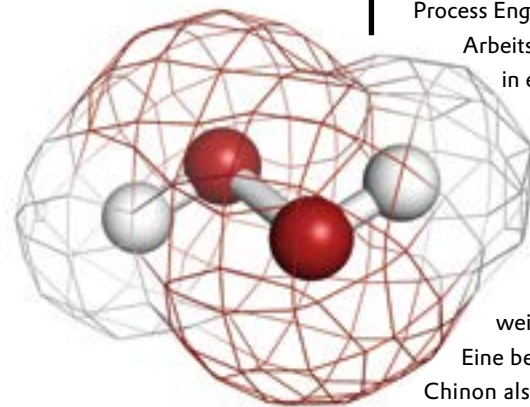
Keimfrei: Peroxide bekämpfen Mikroorganismen im Abwasser.

Wie H₂O₂ produziert wird: das Anthrachinon-Verfahren

Die Wiege der industriellen Herstellung von Wasserstoffperoxid steht in Weißenstein in Kärnten. Dort betrieben die Österreichischen Chemischen Werke die erste elektrolytische Wasserstoffperoxid-Fabrik der Welt, heute gehört sie zu Evonik. Das sogenannte Weißensteiner Verfahren ermöglichte erstmals die großtechnische Produktion von Wasserstoffperoxid. Inzwischen wird in dem Werk – wie fast überall in der Welt – das Autoxidationsverfahren eingesetzt. Es wurde zwischen 1935 und 1945 von Georg Pfeleiderer und Hans-Joachim Riedl bei der IG Farben in Ludwigshafen entwickelt und seitdem immer weiter verfeinert. Das Verfahren beruht auf der zyklischen Reduktion und Oxidation eines alkylierten Anthrachinons.

Der erste Schritt, die Hydrierung, findet in einem mit einer Lösung des Alkylanthrachinons (der „Arbeitslösung“) gefüllten Reaktor statt. „Dort verbindet sich Wasserstoff in Gegenwart eines Palladiumkatalysators mit dem Reaktionsträger, einem Chinon-Derivat, zum Hydrochinon“, erläutert Jürgen Glenneberg, Leiter Process Engineering im Geschäftsgebiet Active Oxygens. Der Katalysator wird anschließend vollständig aus der Arbeitslösung herausfiltriert. Im zweiten Schritt, der Oxidationsstufe, wird Luft mit großen Kompressoren in einen mit der Arbeitslösung gefüllten Blasenreaktor gepumpt. Das Hydrochinon in der organischen Phase oxidiert bei Kontakt mit Luftsauerstoff unter Bildung von Wasserstoffperoxid spontan zurück zu Chinon. Die Tatsache, dass diese Reaktion ohne Zugabe eines Katalysators abläuft, gab dem Autoxidationsverfahren seinen Namen. Im dritten Schritt, der Extraktion, gelangt die Arbeitslösung in eine sogenannte Trennkolonnen. Das darin enthaltene H₂O₂ wird extrahiert, indem Wasser im Gegenstromprinzip zugegeben wird. Das Ergebnis ist eine 35- bis 50-prozentige wässrige Lösung, die beispielsweise durch Vakuumdestillation oder zusätzliche Reinigungsschritte weiter aufbereitet werden kann.

Eine besondere technische Herausforderung des Verfahrens verbirgt sich in der Arbeitslösung: Sowohl Chinon als auch Hydrochinon müssen gelöst bleiben und dürfen nicht ausflocken. Die Löslichkeit lässt sich durch die Wahl eines geeigneten Alkylsubstituenten und die Zusammensetzung des Lösemittelgemischs beeinflussen. „Zum Einsatz kommen typische alkylierte Anthrachinon-Derivate wie 2-Ethyl-, 2-tert.-Butyl- oder 2-Amylanthrachinon“, so Glenneberg. Um das Chinon in Lösung zu halten, sind häufig unpolare Stoffe wie C₇-/C₁₀-Alkylbenzole Teil der Arbeitslösung. Polare Stoffe wie Tris-(2-ethylhexyl)-phosphat, Diisobutylcarbinol oder Methylcyclohexylacetat übernehmen diese Aufgabe für das Hydrochinon. Wichtig für den Prozess ist, dass die Arbeitslösung in der Anlage regelmäßig aufgereinigt wird. Zwar kann sie theoretisch unbegrenzt genutzt werden – würden jedoch in jedem Durchlauf nur 0,1 Prozent des Chinons in Nebenreaktionen irreversibel geschädigt, brähe der Prozess innerhalb von zwei Monaten zusammen. Die älteste Arbeitslösung von Evonik nutzt das Werk in Antwerpen (Belgien). Sie stammt von 1969.



Sauerstoff (rot) und Wasserstoff (weiß) gehen im Wasserstoffperoxid-Molekül eine energiereiche Verbindung ein.

Neben Wasserstoffperoxid selbst kommen auch einige Folgeprodukte zum Einsatz. Reagiert H₂O₂ mit Natriumcarbonat (Soda), so bildet sich das feste Addukt Natriumpercarbonat. Dies wird aufgrund seiner hervorragenden Eigenschaften in Vollwaschmitteln als Bleichmittel oder in Geschirrrreinigern als Bleich- und Desinfektionsmittel eingesetzt. Als weiteres „festes Wasserstoffperoxid“ wird Percarbamid, eine Verbindung aus H₂O₂ und Harnstoff, zum Bleichen von Haaren und Zähnen genutzt. Ein besonders wichtiges H₂O₂-Folgeprodukt ist Peressigsäure, eigentlich eine Gleichgewichtsmischung aus Essigsäure, Wasserstoffperoxid und Peressigsäure. Aufgrund der stark keimtötenden Wirkung werden die unterschiedlichen Formulierungen überwiegend in Desinfektionsanwendungen in der Lebensmittelindustrie, der Tierhygiene, der Wäsche-desinfektion und im Umweltbereich eingesetzt.

Die größte Einzelanwendung für Wasserstoffperoxid stellt im Augenblick die Synthese von Propylenoxid dar, einem wichtigen Ausgangsstoff für die Herstellung von Kunststoffen auf Basis von Polyurethanen, die zum Beispiel in Polstern von Autositzen und Möbeln oder als Isoliermaterial für Kühlgeräte Verwendung finden. Im sogenannten HPPO-Verfahren wird H₂O₂ als Oxidationsmittel verwendet, um Propylen zu Propylenoxid zu epoxidieren, wobei als einziges Koppelprodukt Wasser anfällt.

Dank des eigens für das HPPO-Verfahren entwickelten Katalysators Titansilikat-1 (TS-1) läuft die Reaktion schon bei relativ milden Umgebungsbedingungen ab.



Gesund und haltbar: In der Lebensmittelindustrie werden PET-Flaschen vor der Abfüllung mit Wasserstoffperoxid sterilisiert.

»Wasserstoffperoxid ermöglicht eine vielseitige Chemie – und zerfällt am Ende zu Wasser und Sauerstoff.«

FLORIAN LODE, LEITER STRATEGIC PROJECTS, PERFORMANCE OXIDANTS

„Weil die Rohmaterialien im Prozess besonders effizient verwertet werden, der Katalysator besonders leistungsfähig ist und die Investitionskosten vergleichsweise niedrig sind, ist der Prozess so kosteneffektiv“, erläutert Dr. Florian Lode, der im Geschäftsgebiet Active Oxygens strategische Projekte leitet.

KUNSTSTOFF-KOOPERATION

Entwickelt wurde das Verfahren von Evonik und thyssenkrupp Industrial Solutions, die nun auch gemeinsame Lizenzen dafür vergeben. Während thyssenkrupp Industrial Solutions vor allem für den Anlagenbau verantwortlich zeichnet, übernimmt Evonik die Versorgung der Lizenznehmer mit Wasserstoffperoxid und dem Katalysator TS-1. „Mit dem HPPO-Verfahren gelingt es unseren Kunden, die Umwelt zu entlasten und gleichzeitig nachhaltig sowie wirtschaftlich zu produzieren“, so Lode. „Ein perfektes Beispiel für Ressourceneffizienz in der chemischen Industrie.“

In der Praxis kann man das zum Beispiel im Norden Ungarns erleben: In dem 17.000-Einwohner-Städtchen Tiszaújváros baut die ungarische MOL-Gruppe gerade eine riesige HPPO-Anlage, die im ersten Halbjahr 2021 in Betrieb gehen soll. Die Anlage ist Teil eines insgesamt knapp zwei Milliarden US-\$ schweren Investitionsprogramms, mit dem MOL zum führenden Chemieunternehmen in Mitteleuropa und zum einzigen

integrierten Polyole-Produzenten der Region aufsteigen will. In Asien wird das HPPO-Verfahren bereits seit einigen Jahren erfolgreich eingesetzt. So wurden die beiden ersten kommerziellen Anlagen in Ulsan (Südkorea) und Jilin (China) errichtet.

Raumfahrt, Mikrotechnik, Umwelthanwendungen, chemische Synthesen – aus der heutigen Welt ist der Powerstoff aus Sauerstoff nicht mehr wegzudenken. Fragt man den Evonik-Experten Lode, so ist die Kraft des Wasserstoffperoxids aber noch keinesfalls ausgereizt: „Wasserstoffperoxid ermöglicht eine vielseitige Chemie – bei der am Ende nur Wasser übrig bleibt. Das macht es im Zeitalter eines gestiegenen Umweltbewusstseins spannend, nach neuen Anwendungen für dieses Produkt zu suchen.“