

Ein energiesparender Katalysator

Forschung Katalysatoren sind vielseitig. Sie entgiften Autoabgase oder sind bei der Herstellung von Medikamenten im Einsatz. Ihre wirtschaftliche Bedeutung wächst. Die Forschung sucht neue Wege, sie recyceln zu können.

Andreas Lorenz-Meyer

Katalysatoren nennt man Stoffe, die eine chemische Reaktion einleiten oder diese beschleunigen, indem sie die für die Reaktion benötigte Aktivierungsenergie senken. Ohne sie würde der Prozess gar nicht oder nur sehr viel langsamer ablaufen. Der Katalysator selbst wird bei dem Prozess, der Katalyse, nicht verändert. In der Natur kommen Katalysen zum Beispiel beim aufgeschnittenen Apfel vor. Das Fruchtfleisch färbt sich an der Luft in kurzer Zeit braun. Das liegt an den Enzymen im Obst, die in Verbindung mit Sauerstoff zu arbeiten beginnen. Sie sorgen dafür, dass der Apfel braun wird.

Der Mensch nutzt das Prinzip der Katalyse, um industrielle Produkte herzustellen. Hier wird die chemische Reaktion gezielt herbeigeführt – und dafür braucht es Metalle als Katalysatoren. Zu denen gehören Platin, Palladium, Rhenium, Rhodium. Gute Katalysatoren sind gefragter denn je. Vier von fünf chemischen Produkten durchlaufen bei ihrer Herstellung mittlerweile einen Katalysezyklus, schätzt das Leibniz-Institut für Katalyse in Rostock. Katalytische Anwendungen fänden sich zunehmend auch bei der Energieversorgung und beim Klima- und Umweltschutz. Die globale Forderung nach einer effizienten Nutzung aller Ressourcen sei nur mit einer effizienten Katalyseforschung möglich.

Das gilt auch für die Feinchemikalienindustrie. Diese setzt Katalysatoren zum Beispiel für die Produktion von Medikamenten ein. Oft verwendet man dort homogene Katalysatoren. Homogen bedeutet, der katalytische Stoff liegt in gelöster Form vor. Solche Katalysatoren haben einen grossen Nachteil: Sie können nicht durch physikalische Methoden wie Zentrifugation oder Filtration abgetrennt werden. «Grundsätzlich besteht dieses Problem bei allen homogenen Katalysatoren», erklärt Javier Pérez-Ramírez vom Institut für Chemie- und Bioingenieurwis-



Komplexe Angelegenheit: Professor Javier Pérez-Ramírez befasst sich an der ETH Zürich mit Katalysatoren.

Bild: ETH Zürich

senschaften der ETH Zürich. Palladium zum Beispiel ist sehr wertvoll. Das seltene Metall wird vor allem in Russland abgebaut, global liegen die Jahresfördermengen bei etwas über 200 Tonnen. Aus der begrenzten Verfügbarkeit ergibt sich die Notwendigkeit, solche Metalle zu recyceln. «Das geht aber nur durch Destillation, da sich die gelösten Stoffe nicht einfach abfiltrieren lassen», so Pérez-Ramírez.

Destillation bedeutet Energieaufwand

Der Forscher vergleicht es mit einem Topf voller Pasta. Die Nudeln darin, also die Feststoffe, lassen sich sehr einfach recyceln. Das Salz, das aus Geschmacksgründen ins Nudelwasser gehört, dagegen nicht. Es steht für den homogenen Katalysator. Um es wieder zurückzugewinnen, müsste man alles Wasser aus

dem Topf abkochen. Der Energieaufwand ist hoch. Destillation bedeutet also einen erheblichen Aufwand an Energie.

Pérez-Ramírez und seine Kollegen lösten das Problem, indem sie einen heterogenen Festkörperkatalysator entwickelten, der Ende Juni im Fachblatt «Nature Nanotechnology» beschrieben wurde. Das katalytische Metall lässt sich hier am Ende gut abtrennen. Die Forscher nahmen grafitisches Kohlenstoffnitrid, eine chemische Verbindung aus Stickstoff- und Kohlenstoffatomen, und setzten in die Lücken einzelne Palladiumatome: die Katalysatoren.

Ein anderer Aufbau als bei klassischen Katalysatoren, die aus Palladiummetallkomplexen bestehen. Hier ist das Palladiumatom komplett von Liganden umgeben, also von Molekülen, die sich mit dem Zentralatom verbin-

den. Pérez-Ramírez: «Bevor die chemische Reaktion überhaupt beginnen kann, muss einer dieser Liganden das Metallatom freigeben. Und nach der Reaktion muss der Ligand wieder zurück.» Dem Katalysator wird also eine hohe Dynamik abverlangt. Er muss ständig seine Struktur ändern, um aktiv arbeiten zu können. Da der Metallkomplex gelöst ist, kommt es vor, dass während des Vorgangs zwei oder mehrere Palladiumatome eine Bindung eingehen. Ab diesem Zeitpunkt kann der Katalysator nicht mehr arbeiten und muss ersetzt werden.

Beim neuen Zürcher Katalysator passiert so etwas nicht. Das Palladiumatom ist direkt an der Oberfläche des Festkörpers, also des Kohlenstoffnitrids, verankert. «Dadurch können wir die Distanz zwischen zwei Palladiumatomen exakt kontrollieren, aber das Metall hat nach wie vor

die nötige Mobilität, um in der Reaktion aktiv zu arbeiten», sagt Pérez-Ramírez. Man könnte das Ganze als flexible Fixierung bezeichnen. Die Gefahr, dass die Palladiumkerne zusammengehen und dadurch ihre Aktivität verlieren, besteht nicht mehr. Das Metallzentrum muss nicht mehr durch Liganden geschützt werden und kann dadurch viel effizienter arbeiten. 20-mal effizienter als herkömmliche Katalysatoren, schätzt Pérez-Ramírez.

«Solche chemischen Reaktionen von einem homogenen in einen heterogenen Prozess zu überführen, bedeutet eine radikale Steigerung der Nachhaltigkeit in der Chemieindustrie. Der Energieaufwand für viele Prozesse sinkt. Wir müssen weniger kostbare und schwer förderbare Edelmetalle einsetzen.» Die Forscher wollen das System nun patentieren lassen.

Buhrufe und Beifall in Venedig

Filmfestival Tilda Swinton und «Fifty Shades of Grey»-Star Dakota Johnson lassen sich in Venedig für einen verstörenden Thriller feiern. Das Hauptinteresse galt aber einem ominösen Schauspieler, der abwesend war.

Der Himmel über Venedig hätte nicht besser zur Stimmung vieler Filme beim Festival passen können. Dunkel, wolkenverhangen und düster war er, fast das gesamte Wochenende über – genauso wie die Werke, die in diesen Tagen ihre Premiere feierten: Es ging um RAF-Terror in Westdeutschland, gefährliche Rituale von Hexen. So anstrengend diese Werke teilweise waren, es könnte auch ein Anwarter auf den Goldenen Löwen darunter sein.

Empörte Buhrufe und frenetischer Beifall – für «Suspiria» gab es in Venedig beides. Tatsächlich polarisierte der Wettbewerbsbeitrag von Luca Guadagnino enorm. Der Italiener, der zuletzt für sein oscarnominiertes Drama «Call Me By Your Name» gefeiert wurde, legte ein Remake

von Dario Argentos Horrorfilm «In den Krallen des Bösen» vor. Mit Dakota Johnson und Tilda Swinton geht er ins Westberlin der 70er-Jahre, wo eine junge Amerikanerin an einer Tanzschule angenommen wird.

Die Tage der Landshut-Flugzeug-Entführung und Anschläge durch die RAF bilden nur den Hintergrund für eine Geschichte voller Wahn und Magie, Hexen und Heldinnen, Realität und Imagination. Es wurde eine nervenaufreibende und herausfordernde Erfahrung für das Kinopublikum, das zugleich auch einige der eindringlichen Szenen des Kinoexperiments so schnell wohl nicht vergessen wird – beste Voraussetzungen für den Hauptpreis des Festivals. Nicht nur der Film Inhalt irritierte, auch die Beset-

zung löste Rätselraten aus. Denn in dem Werk taucht nur ein einziger Mann auf: Der Psychoanalytiker Dr. Klemperer wurde laut Produktionsangaben von Lutz

Ebersdorf gespielt. Für den 82-jährigen wäre es die erste Rolle gewesen. Aber gibt es Ebersdorf wirklich? Dass er eine gewisse Ähnlichkeit mit Tilda Swinton



Tilda Swinton und Dakota Johnson in Venedig.

Bild: AP

hat, die im Film eine der Tanzlehrerinnen verkörpert, fiel jedenfalls vielen Festivalbesuchern auf. Nach Venedig kam er auch nicht, er wolle lieber eine private Person bleiben, hiess es. Und Swinton verwies auf Nachfrage lediglich auf die offizielle Besetzungsliste. Möglicherweise gelang Guadagnino mit dieser Rolle also ein cleveres Verwirrspiel, das die Themen seines Films auf originelle Weise aufgreift.

Beim Filmfestival gab es am Sonntag auch wieder etwas zu lachen: Joaquin Phoenix («Walk the Line») und John C. Reilly verkörpern «The Sisters Brothers». Zwei Brüder, die als Auftragskiller durch das Oregon der 1850er-Jahre jagen.

Aliki Nassoufis, SDA

Lesbar



Kate McMillan Samstagabend, Callwey-Verlag, 104 S., Fr. 30.–

Snacks für den Abend vor dem Fernseher

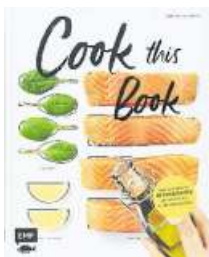
Die Fussball-WM ist schon längst wieder vorbei, dafür stehen bald die Gruppenspiele der Champions League an. Solche Spieltage verlangen nach zwanglosem Beisammensein und unkompliziertem Essen. Bestens eignet sich dafür Fingerfood. Pommes frites aus Süsskartoffeln, feine Dips aus Avocado oder Sauerrahm und Minipizzas schmecken jedem und sind schnell zubereitet. Besonders wer Snacks nach amerikanischer Art liebt, kommt mit Chicken Wings in mehreren Varianten, Texas-Chili und Maccaroni and Cheese auf seine Kosten.



Judith Bedenik Schicke Schichten: Fabelhafte Torten backen und verzieren, Verlag Edition Michael Fischer, 96 S., Fr. 27.–

Mit Blumen dekoriert, aber aufwendig

Genug vom guten, aber langweiligen Schokoladekuchen? Dann ist dieses Kochbuch das richtige. Man wagt sich an Schichttorten mit Cremeüberzug oder Karameelguss, reichhaltige Füllungen zwischen den Tortenböden treffen auf opulente Dekorationen. Besonders schön sind die Verzierungen mit zarten Fliederblüten oder frischen Dalien. Das Buch eignet sich für Bäcker mit etwas Geschick oder viel Geduld.



Stefanie Hiekmann Cook this Book, Verlag Edition Michael Fischer, 160 S., Fr. 35.–

Alles auf einem Blech gemischt

Wer abends nach einem langen Tag nach Hause kommt, hat wenig Lust, noch lange vor dem Herd zu stehen. Statt Pizza zu bestellen, sollen Kochfaule einfach dieses Buch zur Hand nehmen. Das Prinzip: Buch querlegen und einen Bogen Backpapier auf der Schablonenseite platzieren. Dann die Zutaten auf die Umriss legen und ab in den Ofen mit dem Gericht. So gelangt man in wenigen Schritten zu einem einfachen Abendessen wie Lachs-Spinat-Päckchen oder Antipastigemüse. Eher eine Spielerei als praktisch anwendbar.

Laura Widmer