



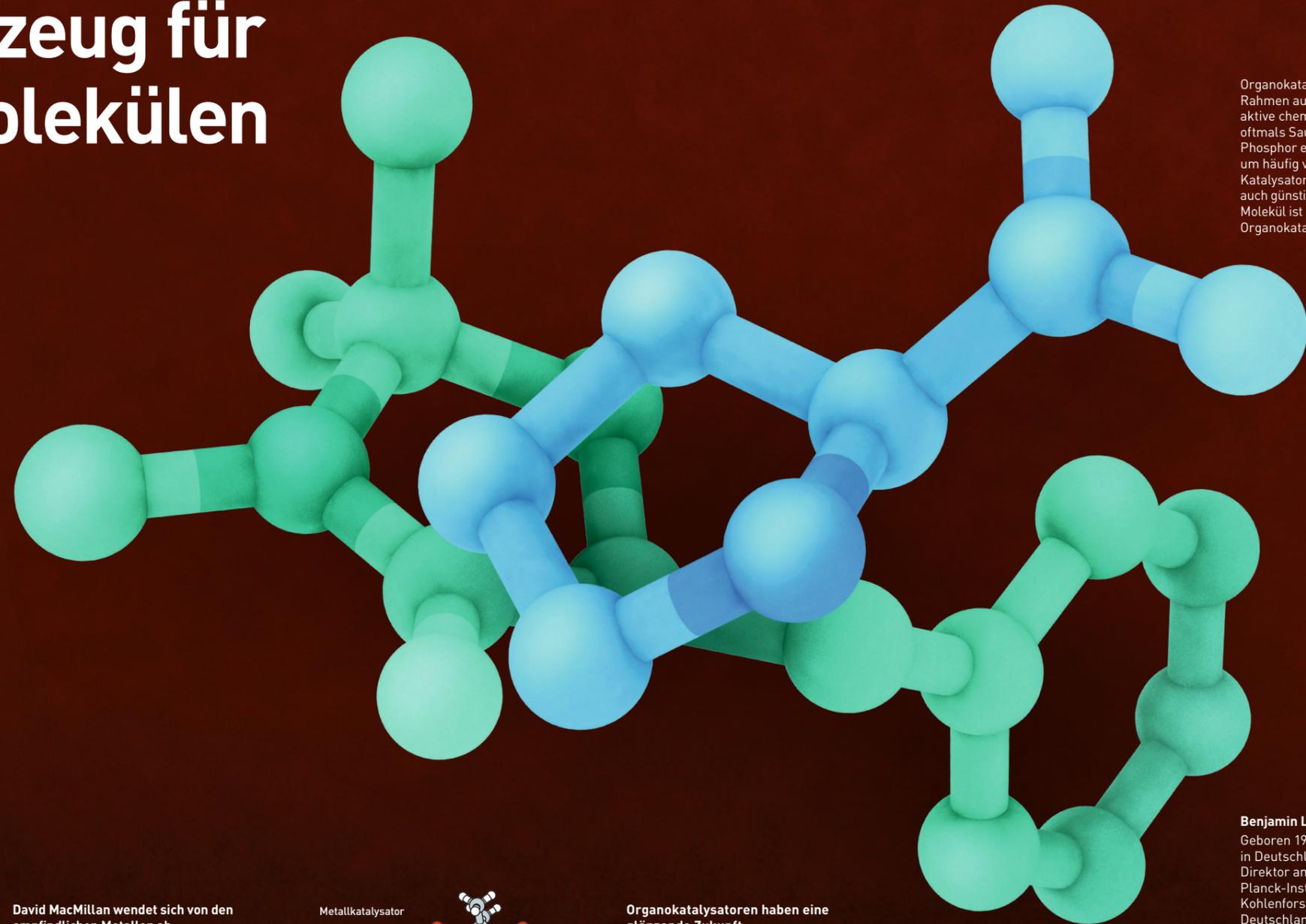
## Ein geniales Werkzeug für den Aufbau von Molekülen

Moleküle zu konstruieren ist eine hohe Kunst. Benjamin List und David MacMillan erhielten 2021 den Nobelpreis für Chemie für die Entwicklung eines präzisen neuen Werkzeugs für das Moleküldesign: die Organokatalyse. Dies hatte große Auswirkungen auf die Pharmaforschung und führte zu nachhaltigerer Chemie.

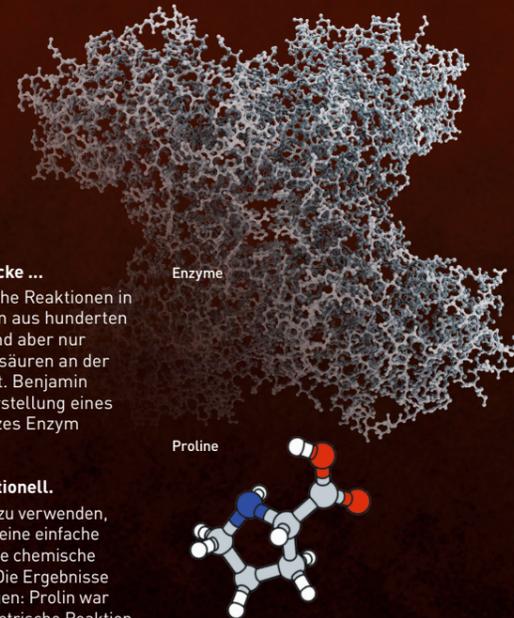
Viele Forschungsbereiche und Wirtschaftszweige hängen davon ab, ob es Chemiker\*innen gelingt, neue, funktionelle Moleküle zu konstruieren. Sie kommen zum Beispiel in Solarzellen, bei der Energiespeicherung in Batterien, aber auch der Herstellung leichter Laufschuhe oder der Verlangsamung des Fortschreitens von Krankheiten zum Einsatz.

Für das Moleküldesign benötigt man in der Chemie Katalysatoren. Dabei handelt es sich um Substanzen, die chemische Reaktionen steuern und antreiben, ohne selbst Teil des Endprodukts zu werden. Katalysatoren werden beispielsweise in Kraftfahrzeugen zur Umwandlung giftiger Abgase in harmlose Moleküle eingesetzt. Unser Körper enthält tausende von Katalysatoren in Form von Enzymen, die lebenswichtige Moleküle herstellen. Katalysatoren sind in der Chemie also ein wichtiges Werkzeug. Trotzdem dachte man in der Forschung lange Zeit, dass es grundsätzlich nur zwei Arten von Katalysatoren gibt, nämlich Metalle und Enzyme.

Dann entwickelten Benjamin List und David MacMillan im Jahr 2000 unabhängig voneinander eine dritte Katalyseform, die als asymmetrische Organokatalyse bezeichnet wird und auf kleinen organischen Molekülen basiert. Die Idee ist so einfach wie genial, und die Anwendung von Organokatalysatoren ist seitdem sprunghaft angestiegen, vor allem, weil diese Katalysatoren eine asymmetrische Katalyse ermöglichen. Bei der Konstruktion von Molekülen passiert es häufig, dass zwei Moleküle entstehen, die – genau wie unsere Hände – seitenverkehrt zueinander sind. Häufig ist in der Chemie aber nur eine dieser Formen von Interesse, vor allem bei der Arzneimittelherstellung. Da sich chemische Reaktionen mit Hilfe der Organokatalyse relativ leicht steuern lassen, entsteht de facto nur eine dieser spiegel-verkehrten Formen. Aus diesem Grund ist die Organokatalyse für die Pharmaforschung von großem Nutzen.



Organokatalysatoren besitzen einen stabilen Rahmen aus Kohlenstoffatomen, an denen aktive chemische Gruppen hängen, die oftmals Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel oder Phosphor enthalten. Hierbei handelt es sich um häufig vorkommende Elemente, sodass die Katalysatoren sowohl umweltfreundlich als auch günstig in der Produktion sind. Das blaue Molekül ist Prolin; das grüne MacMillans erster Organokatalysator.



### Benjamin List denkt um die Ecke ...

Enzyme katalysieren chemische Reaktionen in unserem Körper und bestehen aus hunderten von Aminosäuren. Oftmals sind aber nur ein paar wenige dieser Aminosäuren an der chemischen Reaktion beteiligt. Benjamin List fragte sich, ob für die Herstellung eines Katalysators wirklich ein ganzes Enzym notwendig ist.

### ... und das Ergebnis ist sensationell.

Anstatt ein komplettes Enzym zu verwenden, testete Benjamin List, ob nicht eine einfache Aminosäure namens Prolin eine chemische Reaktion katalysieren könnte. Die Ergebnisse übertrafen all seine Erwartungen: Prolin war sogar in der Lage, eine asymmetrische Reaktion zu katalysieren – eine Sensation.

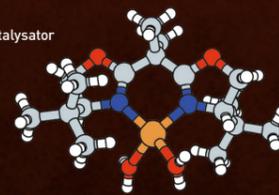
### David MacMillan wendet sich von den empfindlichen Metallen ab ...

David MacMillan arbeitete mit Metallkatalysatoren, die jedoch durch Feuchtigkeit und Sauerstoff stark angegriffen werden, weswegen sie in der Industrie nur selten zum Einsatz kommen. MacMillan wollte weniger empfindliche Katalysatoren entwickeln.

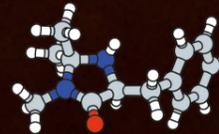
### ... und entwickelt einen bahnbrechenden Katalysator.

Er konstruierte zahlreiche einfache organische Moleküle mit ähnlichen Eigenschaften wie Metallkatalysatoren. Es zeigte sich, dass die Moleküle eine chemische Reaktion hervorragend katalysieren konnten. Eines der Moleküle erwies sich sogar als Katalysator für asymmetrische Reaktionen.

Metallkatalysator



MacMillans erster Organokatalysator



### Organokatalysatoren haben eine glänzende Zukunft.

Seit ihrer Entdeckung im Jahr 2000 hat sich die Organokatalyse rasant weiterentwickelt, mit Benjamin List und David MacMillan an der Spitze des Forschungsgebiets. Sie zeigten, dass diese Katalysatoren zahlreiche chemische Reaktionen vorantreiben können, bei denen eine breite Palette an Molekülen entsteht, die von Substanzen in Solarzellen bis hin zu möglichen Arzneimitteln reichen. Damit sind Organokatalysatoren für die Menschheit von allergrößtem Nutzen.

### Benjamin List

Geboren 1968 in Deutschland. Direktor am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Deutschland

### David W.C. MacMillan

Geboren 1968 im Vereinigten Königreich. Professor an der Universität Princeton, USA



Foto: Portrait von Benjamin List: Peter Oswalds; Portrait von David MacMillan: Corinna Sparius.