



Richtig rosten

Durch kontrollierte Korrosion geben Chemiker Metallen neue Superkräfte

TEXT: TIM SCHRÖDER

Korrosion hat keinen guten Ruf. Sie zerstört Wasserleitungen, zerfrisst Autokarosserien und sorgt zuweilen dafür, dass man den Sommerurlaub mit einem Werkstattbesuch beginnt. Doch für die Chemiker Sviatlana Lamaka und Christian Feiler ist Rost kein Übel, sondern ein Versprechen. Denn was für den Hausmeister ein Albtraum ist, ist für die Werkstoffforschung ein Zaubermittel: Korrosion kann man steuern, umlenken – und sogar für neue Superkräfte von Materialien nutzen.

Dabei haben die beiden weniger die Korrosion von Eisen im Blick – nur dort spricht man von »Rost« –, sondern die Leichtmetalle Aluminium und Magnesium. Hinzu kommt das Metall Zink. Klar, bei einem Bauteil aus Aluminium und Magnesium für Häuser, Autos, Hubschrauber oder Flugzeuge sollte man tunlichst darauf achten, dass nichts korrodiert. Doch bei anderen Produkten sieht es anders aus. Da ist Korrosion erwünscht – bei Batterien zum Beispiel.

Batterien erzeugen Strom, indem sich die Elektrode am Pluspol langsam auflöst – also korrodiert – und dabei Elektronen freisetzt, die zum anderen Pol wandern und so Strom erzeugen. Batterieexperten sagen Magnesium und Zink eine große Zukunft als Batteriematerialien voraus, weil diese deutlich preiswerter sind als das begehrte Lithium. Besonders als Speicher für Strom aus Sonne und Wind werden Alternativen dringend gesucht.

In welchen Formen Aluminium, Magnesium und Zink künftig noch genutzt werden, hängt davon ab, ob oder wie stark sie korrodieren. »Letztlich dreht es sich um einen maßgeschneiderten Abbau

P.M. & HEREON
Das Helmholtz-Zentrum »Hereon« in Geesthacht betreibt Spitzenforschung auf Weltniveau. Jeden Monat berichtet P.M. exklusiv über die neuesten Projekte. Zum Nachhören auch in unserem Podcast »Hereon Academy«



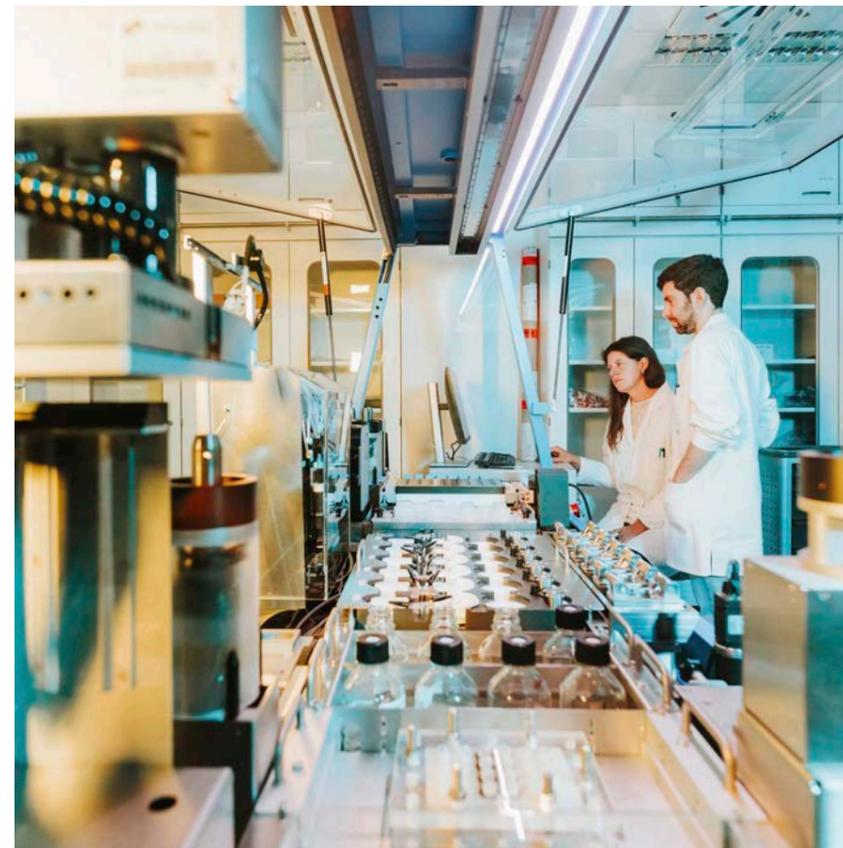
Tim Schröder, hat zum Glück kein Implantat im Körper, das korrodieren müsste. Dafür rostet leider sein geliebtes Lastenrad unaufhaltsam vor sich hin.

der Metalle«, erklärt Sviatlana Lamaka. »Wir arbeiten daran, die Korrosion zu kontrollieren, um sie auf die jeweilige Anwendung anzupassen.« Die Herausforderung bestehe darin, das Korrosionsverhalten der Metalle chemisch exakt einzustellen.

Die Nutzungsmöglichkeiten sind vielseitig. Neben der Energiespeicherung profitiert auch die Medizin. Etwa bei Implantaten aus Magnesium (P.M. 8/2024). Dort ist Korrosion wichtig, damit sich das Implantat langsam und kontrolliert abbaut; Schrauben etwa, mit denen ein Bruch fixiert wird. Sie halten so lange, bis der Bruch verheilt ist, und verschwinden dann von allein. Das erspart den Patienten die übliche zweite Operation, bei der das Implantat wieder entfernt wird.

Wie aber steuert man nun die Korrosion? Dazu beschichten die Chemiker Metalle mit kleinen organischen Molekülen, die die Korrosion entweder ganz verhindern oder gezielt verzögern. »Die Schwierigkeit besteht darin, dass es eine unüberschaubare Vielfalt an organischen Molekülen gibt«, sagt Christian Feiler. »Deshalb ist es schwierig, für die gewünschten Korrosionseigenschaften des Metalls das jeweils perfekte organische Molekül zu finden.«

Was Feiler meint, zeigt ein Blick in die Kataloge seiner Chemikalienlieferanten – die enthalten mehrere 100 000 verschiedene Substanzen. Darüber hinaus gibt es beinahe unendliche Möglichkeiten, aus Atomen neue organische Moleküle herzustellen. Feiler: »Die Zahl der Sterne, die von der Erde aus zu sehen sind, wird auf 10 hoch 21 geschätzt«, eine 1 mit 21 Nullen. Das sei nichts gegen die Zahl der denkbaren organischen Moleküle von 10 hoch 63, eine 1 mit 63 Nullen.



1 Das Korrosionslabor von Hereon. Die Chemiker untersuchen, wie gut verschiedene Molekültypen Korrosion verhindern oder verzögern. Ein Laborroboter hilft, die Prozedur automatisch ablaufen zu lassen. Pro Woche werden so rund 50 neue Substanzen durchgetestet **2** Metalle in drei verschiedenen Korrosionsstufen. Links: kaum korrodiert. Rechts: sehr stark korrodiert

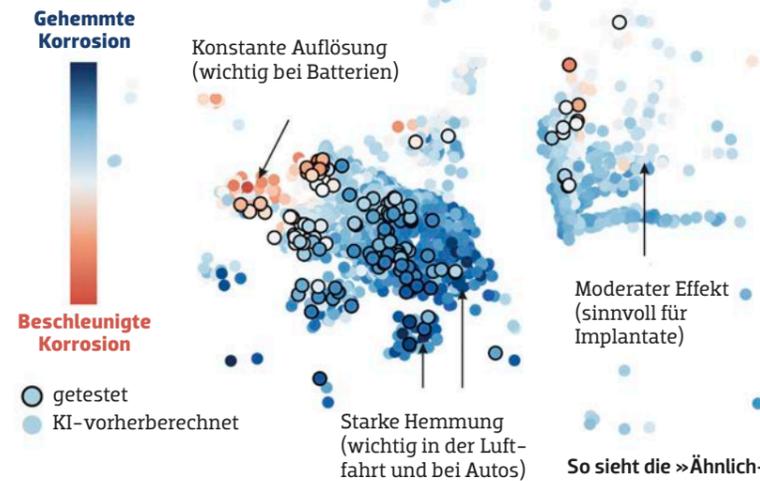
Korrosionseigenschaften wurden zuvor von Sviatlana Lamaka im Labor untersucht. Durch diese Daten hat der Computer gelernt, wie gut verschiedene Molekültypen Korrosion verhindern oder verzögern.

Jetzt folgt Schritt zwei: Feiler gibt die chemischen Informationen von organischen Molekülen aus der Datenbank seines Chemikalienherstellers ein, deren Korrosionsverhalten noch unbekannt sind. Dank der schon vorhandenen Daten ist der Computer nun in der Lage, die unbekanntesten Moleküle jenen mit bereits bekannten Korrosionseigenschaften zuzuordnen.

Das Ergebnis, so erklärt Feiler, sei eine Art Ähnlichkeitslandkarte, auf der die unbekanntesten und bekannten chemischen Verbindungen nebeneinander dargestellt sind. Je ähnlicher sie sich chemisch sind, desto näher liegen auch die Korrosionseigenschaften beieinander.

»Mit dieser Methode können wir gezielt neue organische Substanzen herauspicken und deren Korrosionsverhalten dann im Labor bewerten«, sagt Sviatlana Lamaka. Das spare enorm viel Zeit. Zudem hilft seit wenigen Monaten ein Laborroboter dabei, die Testprozedur vollautomatisch ablaufen zu lassen. »Pro Woche können wir damit rund 50 neue Substanzen durchtesten. Das ist schneller und zuverlässiger, als wenn wir alles von Hand machen müssten.«

Vielleicht ist in nächster Zeit auch ein Volltreffer für die Luftfahrtindustrie dabei. Dort werden viele Alu- und Magnesiumbauteile bislang mit dem Korrosionsschutzmittel Chrom VI beschichtet, das hochgiftig ist. Was bislang dringend fehlt, ist eine zuverlässige, umweltfreundliche Alternative. Gut möglich, dass diese mithilfe der künstlichen Intelligenz und des Laborroboters bei Hereon in Geesthacht bald gefunden wird. ■



So sieht die »Ähnlichkeitslandkarte« von getesteten und KI-berechneten Verbindungen aus. Je ähnlicher sie sich chemisch sind, desto näher liegen auch ihre Korrosionseigenschaften beieinander

Bei der Suche nach dem jeweils perfekten organischen Molekül für die gewünschten Korrosionseigenschaften von Aluminium, Magnesium oder Zink setzen die Forscher neben chemischer Expertise auf künstliche Intelligenz (KI) und maschinelle Lernverfahren. Das hilft ihnen, neue vielversprechende organische Moleküle für den jeweiligen Einsatz sehr viel schneller zu finden.

In der Praxis funktioniert das in zwei Schritten. Zunächst hat Christian Feiler die chemischen Charaktereigenschaften von rund 200 organischen Molekülen in den Computer eingespeist. Deren

FOTOS: JEWGENI ROPPEL/HEREON, INFOGRAFIK: HEREON