



G. Férey

Der auf diesen Seiten vorgestellte Autor veröffentlicht kürzlich seinen **25. Beitrag** seit 2000 in der *Angewandten Chemie*:

„[Al₄(OH)₂(OCH₃)₄(H₂N-bdc)₃]-xH₂O: A 12-Connected Porous Metal-Organic Framework with an Unprecedented Aluminum-Containing Brick“: T. Ahnfeldt, N. Guillou, D. Gunzelmann, I. Margiolaki, T. Loiseau, G. Férey, J. Senker, N. Stock, *Angew. Chem.* **2009**, 121, 5265–5268; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2009**, 48, 5163–5166.

Gérard Férey

Geburststag:	14. Juli 1941
Stellung:	Professor am Institut Lavoisier (Universität von Versailles) und am Institut Universitaire de France
Werdegang:	1959 Baccalauréat, Saint-Lô (Frankreich) 1962–1965 MS-Grad, Universität Cannes (Frankreich) 1965–1968: Promotion bei L. Walter-Lévy, „Beiträge zur Untersuchung von basischen Titan(IV)-halogeniden“, Universität Cannes 1968–1977 Doctorat d'Etat bei R. de Pape, „Strukturelle und magnetische Untersuchungen an 3d-Übergangsmetallfluoriden“, Le Mans, Paris
Preise jüngeren Datums:	2009 Eni Award (Italien); 2009 Foreign Member der spanischen Royal Academy of Sciences; 2008 Catalan-Sabatier-Preis (Spanien); 2009 Muetterties Award (USA); 2008 Award Lecture der Chemical Society of Japan; 2007 Clearfield Award Lecture (USA); 2008 L. Eyring Award Lecture (USA); 2005 C. N. R. Rao Award (Indien); 2004 Gay-Lussac-Humboldt-Preis der Alexander von Humboldt-Stiftung; 2003 Member der French Academy of Sciences; 2000 Grand Prix IFP der French Academy of Sciences; 2000 Foreign Member der indischen National Academy of Sciences
Aktuelle Forschung:	Multifunktionelle poröse Festkörper mit entweder rein anorganischen oder hybriden Gittern, die flexibel oder starr sein können; Schwerpunkte sind mechanistische Studien der Hydrothermalsynthese solcher Festkörper mit In-situ-Techniken, Computersimulationen zur Vorhersage ihrer Strukturen und ihres dynamischen Verhaltens sowie die Suche nach Anwendungen (Energiespeicherung, Gastrennung, nachhaltige Systeme, Medizin). Zur Synthese solcher Festkörper können zahlreiche Metalle in verschiedensten Oxidationsstufen eingesetzt werden.
Hobbys:	Reisen, Malen, klassische Musik

Wenn ich für einen Tag jemand anderes sein könnte, wäre ich ...

Dirigent eines Symphonieorchesters.

Mit achtzehn wollte ich ... Lehrer werden.

Der wichtigste wissenschaftliche Fortschritt der letzten 100 Jahre war ... wohl die Aufklärung der DNA-Struktur.

Das größte Problem von Wissenschaftlern ist ... , die Öffentlichkeit davon zu überzeugen, dass es ohne Wissenschaft keine Zukunft gibt.

Drei berühmte Personen der Wissenschaftsgeschichte, mit denen ich gerne einen geselligen Abend verbringen würde, sind ... Marie Curie, Pierre-Gilles de Gennes und Linus Pauling.

Ich bin Chemiker geworden, weil ... die Chemie die einzige Disziplin ist, in der wir als Architekten von Materie wirken können.

Die wichtigste zukünftige Anwendung meiner Forschung ... liegt in den Bereichen Energie, Umweltschutz und Gesundheit.

Meine größte Inspiration ist ... die Natur.

Was mich am meisten antreibt, ist, ... meine Wissensgebiete innerhalb der Chemie und Physik zu verstehen und zu erklären.

Der schlechteste Rat, den ich je erhalten habe, ist ... mit der Mode zu gehen!

Mein größtes Ziel ist es, ... dass meine besten Materialien im industriellen Maßstab produziert werden.

Ein guter Arbeitstag beginnt mit ... Kaffee!

Meine Lieblingskomponisten sind ... Bach, Beethoven und Mozart.

Mein liebstes Musikstück ist ... das Klavierkonzert Nr. 23 in A (Mozart).

Wie unterscheidet sich die chemische Forschung heute von der zu Beginn Ihrer Laufbahn?

Zu Beginn meiner Laufbahn als Festkörperchemiker war unser Hauptziel das *Erschaffen* neuer Festkörper. Wir widmeten uns hauptsächlich der Synthese und Erforschung von chemischen Systemen. Anfang der 70er Jahre trat zunehmend die physikalische Charakterisierung hinzu (z. B. Leitfähigkeit, Magnetismus), was eine Folge unserer recht engen Zusammenarbeit mit Physikern war. Unser Wissensgebiet wurde immer multidisziplinärer und entwickelte sich zu dem, was wir heute als Materialwissenschaften kennen. Als Chemiker mussten wir bereit sein, neue Wege zu gehen, dabei aber unsere ureigenen, kreativen Denkweisen beibehalten. Die Mitte der 80er Jahre einsetzenden Fortschritte im Bereich der Diffraktion und Spektroskopie, verbunden mit der Entstehung apparativer Großeinrichtungen und der Einführung zeitaufgelöster Techniken geben uns heute fantastische Möglichkeiten an die Hand, um unsere Produkte zu charakterisieren und, darüber hinaus, gezielt zu verbessern. Schließlich eröffnete die Entwicklung der Computerchemie eine völlig neue Dimension für die chemische Forschung, die in der Zukunft von überragender Bedeutung für die Vorhersage von Strukturen und Eigenschaften sein wird.

Hat sich Ihre Herangehensweise an die chemische Forschung seit Beginn Ihrer Karriere geändert?

Ja. Zu Beginn meiner Karriere widmeten wir uns der *Entdeckung* neuer Phasen, die wir dann durch chemische Analysen und Röntgenpulverbeugung identifizierten. Basierend auf diesem kristallographischen Wissen verwandelte sich unsere Disziplin allmählich in eine Strukturchemie. Die Einführung von Synthesetechniken, die bei niedrigen Temperaturen angewendet werden konnten (Solvothermalsynthese), bot neue Wege für die Entdeckung von Feststoffen. In diesen Studien zeigte sich, welche große Bedeutung die Art der Ausgangsmoleküle für die Bildung des entstehenden Festkörpers hat. Verbunden mit der Einführung physikalischer Konzepte führte uns dieses „magische Dreieck“ aus Synthese, Struktur und Eigenschaften von der Festkörperchemie zu den Materialwissenschaften. Mit dieser Herangehensweise waren wir in der Lage, viele Arten von Festkörpern zu entdecken, darunter Supraleiter und starke Magnete. Meine Meinung ist aber, dass wir trotz all dieser spektakulären Ergebnisse und der riesigen Zahl von Festkörperphasen, die wir dokumentiert haben, immer dem Resultat von Synthesen unterworfen waren, deren Verlauf wir nicht verstanden und die wir nicht beherrschen konnten. Bei bestimmten Substanzklassen (z. B. porösen Festkörpern, hergestellt durch Hydrothermalsynthese bei niedrigen Temperaturen) konnte dies nur erreicht werden, indem wir uns die Zeit nahmen, die Mechanismen

der Reaktion zu untersuchen, die reaktiven Spezies zu identifizieren und diese mit den Strukturen der entstandenen Festkörper zu korrelieren. Dies veränderte meine Herangehensweise an die Chemie drastisch; aus einem deduktiven wurde ein induktives Heransgehen. Ganz besonders galt dies für hybride poröse Festkörper. Mit dem Aufkommen von In-situ-Echtzeitmethoden konnten wir nachweisen, dass anorganische Spezies, die im Endprodukt vorlagen, bereits als reaktive Spezies während der Solvothermalsynthese existierten. Auf dieser Grundlage ist es nun möglich, kristalline poröse Festkörper gezielt aus ihren Komponenten aufzubauen.

Hat sich Ihre Einstellung zur Veröffentlichung von Ergebnissen seit Beginn Ihrer Karriere geändert?

Ja, wobei ich aber stets sehr darauf geachtet habe, meine eigenen Qualitätsstandards beizubehalten. Durch die Verlagerung meiner Forschungsinteressen hat es sich ergeben, dass natürlich auch meine Journals im Laufe der Zeit wechselten. Zu Beginn meiner Karriere publizierten wir gewöhnlich in Journals, die sich auf die Chemie und Physik von Festkörpern spezialisiert hatten. Als ich dann begann, mich mit porösen Festkörpern zu beschäftigen, kamen andere Zeitschriften in Betracht, und zwar solche, in denen auch über Zeolithe, Koordinationschemie und supramolekulare Chemie berichtet wurde. Später habe ich auch einige Ergebnisse, die ich für sehr wichtig hielt, in Top-Journals wie der *Angewandten Chemie* und *Science* publiziert.

Was glauben Sie hält die Zukunft für Ihr Forschungsgebiet bereit?

Der Bereich der porösen Festkörpern ist nur durch unsere Vorstellungskraft begrenzt. Ich glaube, dass solche Systeme ein neues Gebiet innerhalb der Chemie bilden, und es ergeben sich hier unendliche Möglichkeiten, sowohl was die Synthese als auch Anwendungen betrifft. Hierfür sehe ich mehrere Gründe: 1) Durch das gemeinsame Vorliegen von anorganischen und organischen Gruppierungen mit ihren additiven Eigenschaften ergeben sich außerordentliche Möglichkeiten. 2) Die anorganische Komponente, die aus fast allen Arten von Kationen bestehen kann, verstärkt die mechanische und thermische Stabilität und kann auf nachvollziehbare Weise die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Festkörpers bestimmen. 3) Die breite Auswahl der organischen Linker mit einstellbarer Länge, Struktur und Funktionalisierung führt zu einer Vielzahl von porösen Strukturen mit biochemischen Anwendungen. 4) Die Tatsache, dass die Eigenschaften beider Komponenten additiv sind, macht poröse Festkörper zu interessanten Multimaterialien für viele Anwendungsfelder. 5) Durch die besondere Struktur ergibt sich, dass einzelne Regionen und Bestandteile des Gesamtkörpers separat genutzt werden können (Ka-



G. Férey war auch auf dem Titelbild der *Angewandten Chemie* vertreten: „Amine Grafting on Coordinatively Unsaturated Metal Centers of MOFs: Consequences for Catalysis and Metal Encapsulation“: Y. K. Hwang, D.-Y. Hong, J.-S. Chang, S. H. Jhung, Y.-K. Seo, J. Kim, A. Vimont, M. Daturi, C. Serre, G. Férey, *Angew. Chem.* **2008**, 120, 4212–4216; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2008**, 47, 4144–4148.

talyse, Adsorption und Trennung an der inneren Oberfläche, Speicherung und Transport von organischen, anorganischen und metallischen Spezies in den Poren). 6) Poröse Festkörper können leicht in großen Mengen bei niedrigen Temperaturen und in beliebigen makroskopischen Formen (Filmen, Monolithen) hergestellt werden, was sie auch für industrielle Anwendungen interessant macht.

Haben Sie den Schwerpunkt Ihrer Forschung während Ihres Werdegangs verlagert, und wenn ja warum?

Ja, genau genommen viermal: von der Chemie in Lösung zur Chemie und Physik der Übergangsmetallfluoride, dann zu synthetischen Homologen von Oxidmineralien und schließlich, seit 1992, zu anorganischen und hydriden porösen Festkörpern. Die Gründe? Man sammelt im Laufe der Zeit immer mehr Wissen an, das einen fast von alleine auch auf andere Gebiete neugierig macht. So sehr ich Kollegen respektiere, die ihr Leben lang am gleichen Thema arbeiten, hasse ich Routine, und sobald ich etwas verstanden habe, zieht es mich einfach anderswo hin.

Meine 5 Top-Paper:

1. „Ordered Magnetic Frustration: VIII. Crystal and Magnetic Structures of the Pyrochlore Form of FeF_3 between 2.5 and 25 K from Powder Neutron Diffraction. Comparison With the Other Forms of FeF_3 “: G. Férey, R. de Pape, M. Leblanc, J. Pannetier, *Rev. Chim. Miner.* **1986**, 23, 474–484.
Dieser Beitrag zeigte auf, welche Bedeutung die Art der Ausgangsmoleküle auf die endgültige Topologie der verschiedenen Polytypen eines Festkörpers hat. In den unterschiedlichen Formen von FeF_3 , die wir isolierten, veränderte sich die Néel-Temperatur um mehr als zwei Größenordnungen einfach durch den Wechsel der Topologie.
2. „A Breathing Hybrid Organic-Inorganic Solid with Very Large Pores and High Magnetic Characteristics“: K. Barthelet, J. Marrot, D. Riou, G. Férey, *Angew. Chem.* **2002**, 114, 291–294; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2002**, 41, 281–284.
Dies war unser erstes Paper über hochflexible hybride poröse Festkörper mit starker Quellung, die nun mehr als 300 % der Ausdehnung des Zellvolumens erreichen kann und mit Hysteresephänomenen bei der Desorption gekoppelt ist. Diese Eigenschaft erhöht enorm die Speicherkapazität für Gastmoleküle (z.B. giftige Gase).
3. „A Chromium Terephthalate-Based Solid with Unusually Large Pore Volumes and Surface Area“: G. Férey, C. Mellot-Draznieks, C. Serre, F. Millange, J. Dutour, S. Surblé, I. Margiolaki, *Science* **2005**, 309, 2040–2044.
Dieser Festkörper, MIL-101, wurde mithilfe eines kombinierten Ansatzes aus chemischer Synthese und Simulation erhalten und charakterisiert. Es ist der größte kristalline mesoporöse Festkörper (Zellvolumen $> 700\,000\text{ Å}^3$) mit einer bis dahin nie dagewesenen

Was hat Sie am stärksten beeinflusst/motiviert?

Erwin Bertaut (Grenoble), der ursprünglich Rechtsanwalt war und später – durch seine Leidenschaft für die Wissenschaft und auch durch dramatische Ereignisse in seinem Leben – zu einem Pionier der Festkörperchemie, Kristallographie und Festkörperphysik wurde. Er weckte unter anderem meine Faszination am Magnetismus. Seine Standardfrage, wenn ich ihm meine Ergebnisse präsentierte, war „Ja gut, aber warum?“. Dies hat mich nachhaltig beeinflusst und mich stets dazu gebracht, die Chemie, die zu meinen Produkten führt, auch verstehen und erklären zu wollen.

Welchen Rat geben Sie dem wissenschaftlichen Nachwuchs?

Ein Zitat von Mark Twain: „Heute in zwanzig Jahren wirst du mehr enttäuscht sein über die Dinge, die du versäumt hast, als über die, die du getan hast. Also mach die Leinen los, verlass den sicheren Hafen, fang den Fahrtwind in deinen Segeln! Forche, träume, entdecke!“

Oberfläche (ca. $6000\text{ m}^2\text{g}^{-1}$) und enormen Aufnahmekapazität für Gase (einschließlich Wasserstoff und Treibhausgasen), anorganische, organische und metallische Spezies.

4. „Metal-Organic Frameworks as Efficient Materials for Drug Delivery“: P. Horcajada, C. Serre, M. Vallet-Regi, M. Seban, F. Taulelle, G. Férey, *Angew. Chem.* **2006**, 118, 6120–6124; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2006**, 45, 5974–5978.

In dieser Arbeit wurde nachgewiesen, dass MIL-101 große Mengen von Wirkstoffen speichern und transportieren kann. Darüber hinaus zeigte sich klar, dass Hybridmaterialien für solche Zwecke besonders geeignet sind, indem sie die Vorteile der früheren Methoden behalten, deren Schwächen aber vermeiden. Mit MIL-101 gelang die lineare Wirkstoffabgabe von Ibuprofen über drei Wochen. Unsere Methode wird heute für In-vivo-Tests für die Speicherung und den Transport antiviraler und tumortherapeutischer Wirkstoffe angewendet. Bei Verwendung Eisen-basierter Varianten, die sich als untoxisch erwiesen haben, kann der Transport und die Verteilung des Wirkstoffs im Körper sichtbar gemacht werden.

5. „Experimental Evidence Supported by Simulations of a Very High H_2 Diffusion in Metal Organic Framework Materials“: F. Salles, H. Jobic, G. Maurin, M. M. Koza, T. Devic, C. Serre, G. Férey, *Phys. Rev. Lett.* **2008**, 100, 245901–245906.

In dieser Arbeit wurden die dynamischen Aspekte der Gasadsorption in hybriden porösen Festkörpern durch eine Kombination von experimentellen (quasielastische Neutronenstreuung) und Simulationsmethoden untersucht, um die Beweglichkeit und die Verweilzeit der Gastmoleküle an Adsorptionszentren in Abhängigkeit von der Struktur zu verstehen.

DOI: 10.1002/ange.200904041