

Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin
Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung
Band: - (2000)
Heft: 44

Artikel: Magie der Farben
Autor: Fischer, Stephane
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-967654>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Magie der Farben

VON STEPHANE FISCHER

FOTOS: UNIVERSITÄT GENF

Ein Gruppe chemischer Elemente ist unscheinbar, bis sie mit Wärme oder Licht bestrahlt werden. Dann senden sie rotes, grünes oder gelbes Licht aus. Diese Eigenart könnte sich für smarte Bankkarten oder neuartige Bildschirme nutzen lassen.

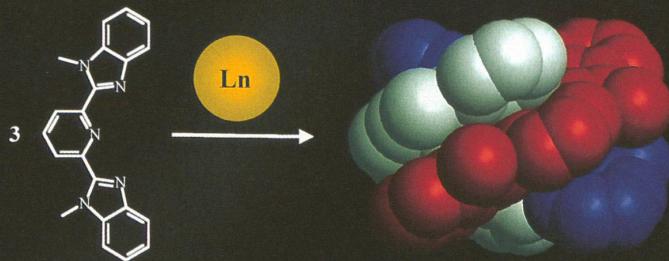
Mit zunehmender Verbreitung der Bankkarten ist es unmöglich geworden, den Kontostand ohne Hilfe eines Bankautomaten abzufragen. Dennoch befindet sich in Frankreich derzeit eine Lösung in Entwicklung: ein violettes Band, auf dem permanent der Kontostand angezeigt wird. Zum Ablesen genügt es, die Karte in ein Thermo-Lesegerät einzuschieben. Ab einer bestimmten Temperatur erscheint der noch verfügbare Betrag automatisch in weisser Schrift auf dem violetten Teil der Karte und bleibt bis zum nächsten Besuch eines Geldautomaten sichtbar. Die Betriebstemperatur dieser Thermokarte kann mit Hilfe eines Lanthaniden eingestellt werden.

Dies ist eine der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten dieser Gruppe von 15 chemischen Basiselementen, die heute im Mittelpunkt der Forschungen stehen, die von Professor Claude Piguet in der Abteilung für Mineralchemie der Universität Genf durchgeführt werden. Anwendbar sein könnten Lanthaniden aber unter anderem auch als Lichtverstärker in flachen Flüssigkristallbildschirmen, als Brandmelder, biologische Sonden oder in Zusammenhang mit Laserstrahlen. Wenn man den enthusiastischen Äusserungen des 39-jährigen Forschers zuhört, eines Gewinners des Werner-Preises für Chemie, dann werden die Lanthaniden schon in kurzer Zeit wesentlicher Bestandteil zukünftiger Technologien sein. Bereits heute kann man einige in Fahrzeugkatalysatoren, in Lasern sowie in Bildgebungsverfahren mit Magnetresonanz (IRM) finden, wo sie derzeit als Kontrastmittel verwendet werden.

Interessante kleine Abweichung

Die Lanthaniden bilden eine Gruppe von sehr homogenen Elementen, die sich in allen chemisch relevanten Punkten ähnlich sind. Es sind alles Kationen, d.h. Atome, die aufgrund von drei fehlenden Elektronen in ihrer äusseren Schale positiv geladen





3

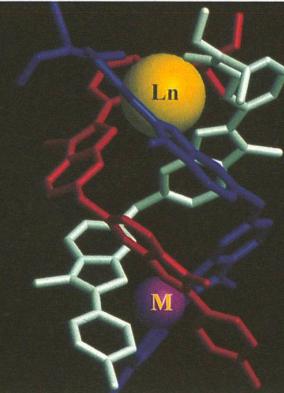
Verbindung eines supramolekularen Komplexes mit einem Lanthaniden (Ln).

sind und die sich alle auf die gleiche Weise mit anderen Atomen verbinden. Dies ist zunächst nicht sehr aufregend. Aber das Interesse an diesen Elementen gründet auf der Tatsache, dass jedes von ihnen über eine bestimmte Anzahl an Elektronen (zwischen 0 und 14), in einer elektronisch geschützten und nicht zugänglichen Schale (von Chemikern mit dem Kürzel 4f bezeichnet), verfügt. Das erste Element der Gruppe hat keine solch geschützten Elektronen, das zweite hat zwei davon und Lutetium (Lu, das 15. Element) verfügt sogar über 14. Es ist genau diese kleine Abweichung bei den Elektronen, die die Chemiker interessiert, denn sie verleiht den Lanthaniden bemerkenswerte elektronische, optische und magnetische Eigenschaften.

Der Quantenmechanik zufolge behagt es Atomen, Molekülen und chemischen Komplexen in der Natur nur dann wirklich, wenn sie sich auf einem niedrigen Energieniveau befinden. Ein chemisches System, das einen Energieüberschuss in Form einer elektromagnetischen Strahlung erhält, befindet sich zunächst in einem Anregungszustand. Dieser äussert sich in der Regel durch eine Neuordnung der Elektronen, die um das Atom kreisen. Einige darunter profitieren davon, um in höhere Orbitale (bestimmte Aufenthaltsräume um das Atom) zu gelangen, die sie auf natürliche Weise niemals erreichen könnten. Diese Anregungszustände haben jedoch nicht lange Bestand: Die Elektronen fallen sehr schnell auf ihr ursprüngliches Energieniveau zurück und geben die überschüssige Energie in Form von Strahlung ab, entweder als sichtbares Licht oder als Wärme.

Leuchtende «Knetmasse»

Im Fall der Lanthaniden hängt die Art des bei der Rückkehr auf das Normalniveau ausgesandten Lichts von der Anzahl an Elektronen in dieser berühmten Unterschale 4f ab. Es ist bei Europium (Eu) rot, bei Terbium (Tb) grün und bei Samarium (Sm) gelb. Durch die Beobachtung, dass jedes Lanthanid ein spezielles Licht aussendet, hatten die Chemiker die Idee, diese als Lichtquellen zu nutzen, die auf Befehl je nach Bedarf und Umständen leuchten. Man musste sie nur noch einfacher zur Hand haben. «Um von den faszinierenden optischen Eigenschaften dieser Elemente profitieren zu können, muss ihre chemische Umgebung perfekt definiert und organisiert sein, damit sie vor Wechselwirkungen mit anderen Molekülen geschützt ist,



Dreifache Helix mit zwei verschiedenen Kationen.
(Ln = Lanthanid, M = Übergangsmetall)

die Energieverluste verursachen könnten. Auf diese Weise wird ihr Übergang auf höhere Energieniveaus begünstigt und anschliessend das Ausstrahlen von deutlich sichtbarem Licht ermöglicht», erläutert Claude Piguet, dem es gelungen ist, für die Lanthaniden chemische Rezeptoren zu synthetisieren, die all diese Erfordernisse berücksichtigen. Diese Rezeptoren, in der Realität sehr komplexe Molekülsysteme, sind in der Lage, die Lanthaniden in Abhängigkeit von ihrer Grösse zu erkennen und zu fixieren. Dies ist schon ein beachtlicher Erfolg, wenn man bedenkt, dass das erste Lanthanid nur 15% grösser ist als das 15te. Auf der Grundlage des chemischen Prinzips der «induzierten Ausrichtung» sind diese Superrezeptoren flexibel und verformbar, «ein bisschen wie Knetmasse», bemerkt Claude Piguet. Aufgrund dieser Tatsache passen sie sich mit Hilfe ihrer drei Molekülstränge perfekt der Grösse der Lanthaniden an, die sie umgeben. Aus optischer Sicht besonders interessant ist allerdings die Tatsache, dass dieser Lanthanid-Rezeptorkomplex wie ein mikroskopisch kleiner Konverter funktioniert. Der Rezeptor, der die Funktion einer Antenne übernimmt, fängt die Anregungsenergie (ultraviolette Strahlung) ein, überträgt sie an das Lanthanid, das diese in Form von rotem, grünem oder gelbem Licht wieder ausstrahlt.

Indem sie grösseren Rezeptoren noch ein metallisches Element (Eisen, Zink etc.) hinzugefügt haben, ist es den Genfer Chemikern gelungen, «weniger symmetrische, aber 10 000-mal wirksamere Systeme für die Umwandlung von Licht in wässriger Lösung» zu erhalten, so Claude Piguet. Dies macht sie zu hervorragenden potenziellen Werkzeugen für die Biologie und die Medizin, beispielsweise für die Messung des Antigenspiegels im Blutplasma. Durch die Zugabe von Eisen konnten ebenfalls äusserst spektakuläre Komplexe hergestellt werden, die in Abhängigkeit von der Temperatur von Violett nach Orange übergehen, je nach Grösse der Lanthaniden. ■

AN DER BUCHMESSE

Entdecken Sie die Lanthaniden und die Magie ihrer Farben am Stand des Schweizerischen Nationalfonds am Salon du Livre et de la Presse (Buchmesse) vom 3. bis 7. Mai an der Palexpo in Genf. Der Stand befindet sich an der Rue Balzac 20.