



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



International
Union of
Crystallography



Partners for the International Year of Crystallography 2014

Kristallographie, na klar!



Internationales Jahr der Kristallographie 2014





Published by the United Nations Educational,
Scientific and Cultural Organization
7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France

© UNESCO 2013
All rights reserved

Original title: Crystallography matters!

Coordinator/Editor: Susan Schneegans

Front cover photos : Aeroplane © Shutterstock/IM_photo; Scientist in Africa @ FAO
Back cover photo: Young family watching TV @ Shutterstock/Andrey_Popov

Mitarbeit an der deutschsprachigen Übersetzung:

Rico Berthold, Prof. Dr. Thomas Doert, Prof. Dr. Udo Heinemann, Dr. Frank Hoffmann, Ulrike Krug,
Kevin Lamberts, Prof. Dr. Roy Lancaster, Dr. Hanna Lührs, Carola Müller, Prof. Dr. Susan Schorr,
Dr. Götz Schuck, Dr. Hartmut Stöcker, Prof. Dr. Ekkehart Tillmanns, Philipp Urban

Satz:

Dr. Götz Schuck

Was ist Kristallographie?

Kristalle findet man überall in der Natur. Besonders häufig sind sie in Gesteinsformationen als Minerale (Edelsteine, Graphit usw.) anzutreffen, aber auch andernorts, zum Beispiel in Schneeflocken, Eis und Salzkörnern. Seit der Antike waren die Gelehrten fasziniert von der Schönheit der Kristalle, ihrer symmetrischen Form und Farbvielfalt. Jene frühen Kristallographen wendeten die Geometrie auf das Studium der Kristalle in der natürlichen Welt an.

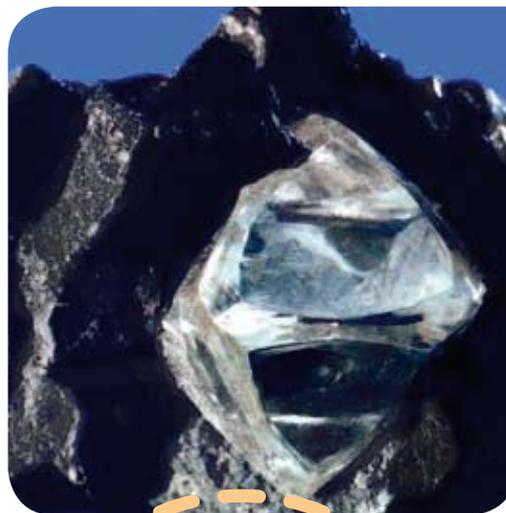
Zu Beginn des 20ten Jahrhunderts wurde entdeckt, dass Röntgenstrahlung dazu verwendet werden konnte, die Struktur von Festkörpern zerstörungsfrei zu „beobachten“. Dies war die Geburtsstunde der modernen Kristallographie. Röntgenstrahlen wurden bereits 1895 entdeckt. Es handelt sich dabei um Lichtstrahlen, die für das menschliche Auge unsichtbar sind. Treffen Röntgenstrahlen auf ein Objekt, streuen dessen Atome die Strahlen. Kristallographen fanden heraus, dass Kristalle wegen ihrer regelmäßigen Anordnung von Atomen die Strahlen nur in wenige, spezifische Richtungen streuen. Durch Ausmessen der Richtungen und der Intensitäten dieser gestreuten Strahlen waren Wissenschaftler in der Lage, ein dreidimensionales Bild der atomaren Struktur von Kristallen zu modellieren. Auf Grund dreier Eigenschaften sind Kristalle ideale Objekte, um die atomare oder molekulare Struktur der Materie zu untersuchen: sie sind meistens Feststoffe, sie sind meistens dreidimensional und aus sehr regelmäßigen Atomanordnungen aufgebaut, und sie sind oft hochsymmetrisch.

Dank der Röntgenkristallographie sind die Wissenschaftler in der Lage, die chemischen Bindungen zu untersuchen, welche die Atome zusammenhalten. Man denke nur zum Beispiel an Graphit und Diamant. Diese Mineralien sehen einander kaum ähnlich: eines ist undurchsichtig und weich (aus Graphit werden Bleistifte hergestellt), während das andere durchsichtig und hart ist. Und doch sind Graphit und Diamant in chemischer Hinsicht nahe Verwandte, da sie beide aus Kohlenstoff bestehen. Es ist die Fähigkeit - auf Grund seiner chemischen Bindungsstruktur - Licht zu streuen, die dem Diamanten seinen „Glanz“ verleiht. Das wissen wir dank der Röntgenkristallographie.

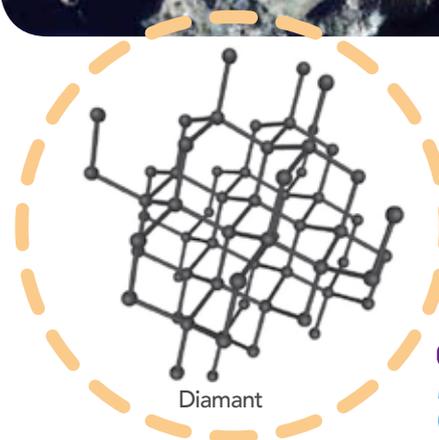
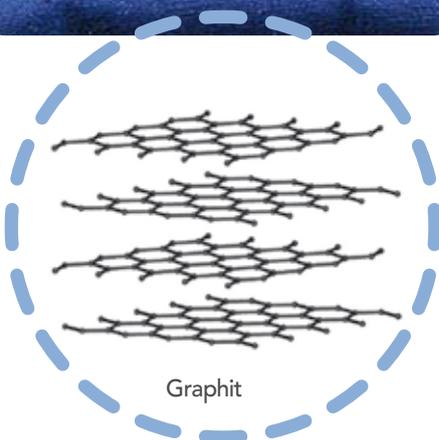
Am Anfang konnte die Röntgenkristallographie nur dazu verwendet werden, feste Kristalle mit regelmäßigen Atomanordnungen zu untersuchen. Man konnte damit zum Beispiel Mineralien und viele andere Verbindungen wie Salz und Zucker studieren, oder auch Eis, aber nur solange, bis es schmolz.



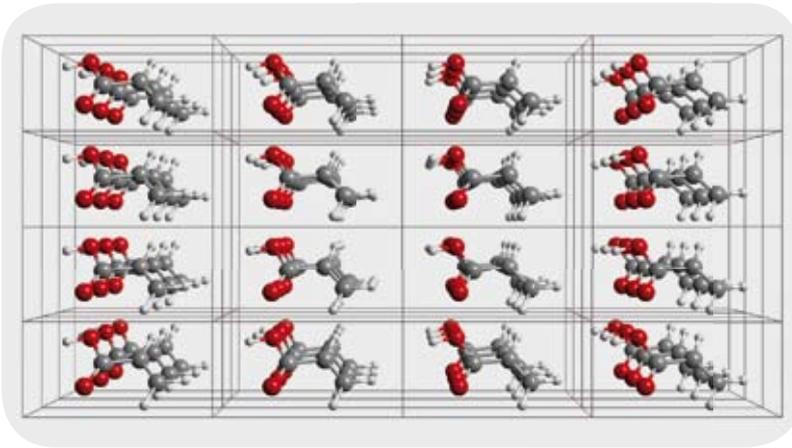
Schneeflocken sind Kristalle. Ihre hexagonale Symmetrie ergibt sich aus der Art, in der die Wassermoleküle aneinander gebunden sind.
Bild: Wikipedia



Ein Graphitklumpen (links) und ein Rohdiamant (rechts). Diese zwei Kristalle mögen einander nicht ähnlich sehen, aber sie sind in Wirklichkeit nahe verwandt, da beide aus reinem Kohlenstoff bestehen. Was dem Diamanten zu seinem Glanz verhilft, ist seine Eigenschaft, wegen der Struktur seiner chemischen Bindungen Licht zu streuen.
Fotos: Wikipedia



Die Kristallstruktur von Graphit (links) ist sehr unterschiedlich von der von Diamant. © IUCr



Dreidimensionales Bild einer Kristallstruktur. In einem Kristall sind die Atome, Atomgruppen, Ionen oder Moleküle in drei Dimensionen regelmäßig angeordnet.
© IUCr

Das ist so, weil es die Bewegung der Moleküle in einer Flüssigkeit unmöglich macht, ein interpretierbares Streusignal aufzunehmen. Kristallographen haben entdeckt, dass sie biologische Materialien wie Proteine oder DNA untersuchen konnten, wenn sie Kristalle aus ihnen herstellten. Das erweiterte die Reichweite der Kristallographie bis in die Biologie und Medizin hinein. Die Entdeckung kam zu einer Zeit, als die wachsende Rechenleistung von Computern es ermöglichte, die Strukturen dieser viel komplexeren Kristalle zu modellieren.

Nach 100 Jahren der Entwicklung ist die Röntgenkristallographie die führende Methode zum Studium der atomaren Struktur von Materialien und den zugehörigen Eigenschaften. Sie befindet

sich nun im Zentrum des Fortschritts in vielen Wissenschaftsgebieten. Immer noch werden neue kristallographische Methoden eingeführt und neue Quellen (Elektronen, Neutronen und Synchrotronstrahlung) stehen bereit. Diese Entwicklungen befähigen die Kristallographen, die atomare Struktur von Objekten zu untersuchen, die keine perfekten Kristalle sind, darunter Quasikristalle (siehe Kasten) und Flüssigkristalle (siehe Foto Rückseite, TV-Bildschirm).

Die Entwicklung von Maschinen, die in der Lage waren, intensives Licht und Röntgenstrahlung zu erzeugen (Synchrotrone), revolutionierte die Kristallographie. Riesige Forschungseinrichtungen, in denen Synchrotrone untergebracht sind, werden von Kristallographen benutzt, die in so verschiedenen Gebieten wie Biologie, Chemie, Materialwissenschaften, Physik, Archäologie und Geologie arbeiten. Synchrotrone ermöglichen Archäologen zum Beispiel, die Zusammensetzung und das Alter von Fundstücken zu bestimmen, die zehntausende von Jahren alt sind, und Geologen, Meteoriten und Mondgestein zu analysieren und zu datieren.

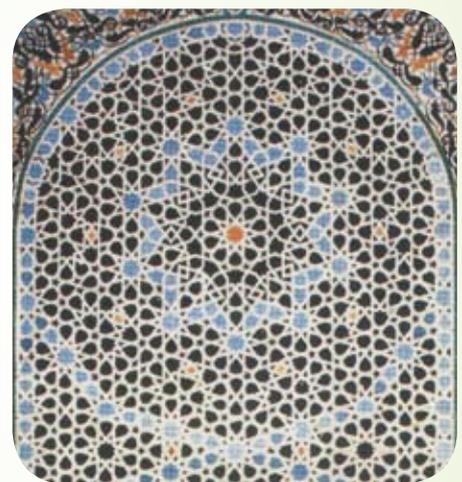
QUASIKRISTALLE: DEN GESETZEN DER NATUR ZUM TROTZ

Daniel Shechtman entdeckte 1984 die Existenz eines Kristalls, in dem die Atome in einer Weise angeordnet waren, die sich nicht gesetzmäßig wiederholen ließ. Das widersetzte sich der allgemein akzeptierten Lehrmeinung über die Symmetrie der Kristalle. Bis dahin dachte man, dass nur symmetrische geometrische Gestalten mit 1, 2, 3, 4 oder 6 Seiten als Kristalle auftreten konnten, da sich diese Gestalten in drei Dimensionen wiederholen ließen.

Als Daniel Shechtman jedoch eine Legierung aus Aluminium und Mangan unter einem Elektronenmikroskop beobachtete, fand er ein Fünfeck (fünfeckige Form). Dieser „Gesetzlose“ wurde als „Quasikristall“ bekannt. Für Daniel Shechtmans bahnbrechende Entdeckung wurde ihm 2011 der Nobelpreis in Chemie verliehen.

Als Konsequenz der Art, in der die Atome in ihnen angeordnet sind, haben Quasikristalle ungewöhnliche Eigenschaften. Sie sind hart und spröde und verhalten sich, da sie beständig gegen Korrosion und Adhäsion sind, fast wie Glas. Sie werden zurzeit in mehreren industriellen Anwendungen eingesetzt. Eine davon ist die Antihaf-Pfanne.

Marokkanische Kunsthandwerker (Maalems) kannten die Muster aus den Quasikristallen schon seit Jahrhunderten. 700 Jahre trennen die zwei obenstehenden Bilder. Das Bild links gibt das Beugungsmuster eines Quasikristalls wieder, wie es von Daniel Shechtman 1984 erhalten wurde. Im Foto rechts ist das filigrane Mosaik (zellije) in der Attaraine Madrasa in Fez (Marokko) zu sehen, welches auf das 14. Jh. datiert ist. Die Bilder sehen einander bemerkenswert ähnlich, da beide fünfeckige Muster zeigen.



Quelle: Bild eines Beugungsmusters, *Physical Review Letters* (1984), Band 53, Seiten 1951–1953; Bild des Mosaiks, *Moroccan Crystallographic Association*

Was bisher geschah

Im Laufe der Geschichte waren die Menschen immer wieder von der Schönheit und dem Mysterium der Kristalle fasziniert. Vor etwa zweitausend Jahren bewunderte der römische Naturforscher Plinius der Ältere „Die Regelmäßigkeit der sechsseitigen Prismen der Bergkristalle“. Zu dieser Zeit waren den alten indischen und chinesischen Kulturen die Verfahren zur Kristallisation von Zucker und Salz schon bekannt: Rohrzuckerkristalle wurden aus Zuckerrohrsaft in Indien hergestellt und in China wurde aus Sole durch Eindampfung reines Salz gewonnen. Die Kristallisation wurde im 8. Jahrhundert n. Chr. auch im Irak entwickelt. Zweihundert Jahre später meisterten Ägypten und die Region Andalusien in Spanien die Technik des Schneidens von Bergkristallen. Die geschnittenen Kristalle fanden in Geschirr und Dekorationsartikeln Verwendung wie auf der hier abgebildeten Kasette. Im Jahre 1611 war der deutsche Mathematiker und Astronom Johannes Kepler der erste, der der symmetrischen Form der Schneeflocken Aufmerksamkeit widmete und von dieser Form auf ihre Grundstruktur schloss. Nur weniger als 200 Jahre später hat dann der französische Mineraloge René Haüy das geometrische Gesetz der Kristallisation entdeckt.



Edelsteinbesetzte Kasette aus Ägypten, ungefähr um 1200 © Musée de Cluny, France

Die Röntgenstrahlung wurde 1895 von Wilhelm Conrad Röntgen entdeckt, der dafür 1901 den ersten Nobelpreis in Physik erhielt. Es waren jedoch Max von Laue und seine Mitarbeiter, die herausfanden, dass Röntgenstrahlen Kristalle durchdringen, dabei mit ihnen wechselwirken und deswegen, abhängig von der Natur des Kristalles, in bestimmte Richtungen gebeugt werden. Für diese Entdeckung bekam von Laue 1914 den Nobelpreis in Physik.

Ebenso bedeutend war die Entdeckung des Vater-Sohn-Teams William Henry Bragg und William Lawrence Bragg im Jahr 1913. Diese zeigten, dass Röntgenstrahlen dazu eingesetzt werden können, die Atompositionen innerhalb eines Kristalls genau zu bestimmen und seine dreidimensionale Struktur zu entschlüsseln. Als Braggsches Gesetz bekannt, hat diese Entdeckung sehr viel zur modernen Entwicklung aller Naturwissenschaften beigetragen, da die atomare Struktur die chemischen und biologischen Eigenschaften der Materie bestimmt und die Kristallstruktur die meisten physikalischen Eigenschaften. Das Bragg-Duo wurde 1915 mit dem Nobelpreis in Physik ausgezeichnet.

Zwischen 1920 und 1960 half die Röntgenkristallographie, einige der Geheimnisse der Struktur des Lebens zu entschlüsseln, mit großen Auswirkungen auf die Gesundheitsversorgung. Dorothy Hodgkin bestimmte die Struktur einer Reihe biologischer Moleküle, einschließlich des Cholesterins (1937), des Penicillins (1946), des Vitamin B₁₂ (1956) und des Insulins (1969). Sie wurde 1964 mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet. Sir John Kendrew und Max Perutz waren die ersten, die die Kristallstruktur eines Proteins ausarbeiteten, und sie erhielten dafür 1962 den Nobelpreis in Chemie. Seit diesem Durchbruch sind die Kristallstrukturen von über 90000 Proteinen, Nukleinsäuren und anderen biologischen Molekülen mittels Röntgenkristallographie bestimmt worden.

Einer der größten Meilensteine des zwanzigsten Jahrhunderts war die Bestimmung der Struktur der DNS durch James Watson und Francis Crick. Vielleicht weniger bekannt ist die Tatsache, dass ihre Arbeit auf den Beugungsexperimenten der 1958 frühzeitig verstorbenen Rosalind Franklin aufbaute. Die Entdeckung der „Doppelhelix“ ebnete den Weg zur Makromolekül- und Proteinkristallographie. Welche heute essentielle Werkzeuge in der Biologie und der Medizin sind. Watson und Crick wurden 1962 gemeinsam mit Maurice Wilkins, der mit Rosalind Franklin zusammengearbeitet hatte, mit dem Nobelpreis in Physiologie oder Medizin ausgezeichnet.

Die Entwicklung der Kristallographie und der kristallographischen Methoden wurde in den letzten 50 Jahren immer weiter vorangetrieben. Der Nobelpreis in Chemie im Jahr 1985 ging zum Beispiel an Herbert Hauptman und Jerome Karle, welche die direkten Methoden zur Kristallstrukturanalyse ausgearbeitet hatten. Infolgedessen konnten die Kristallstrukturen von mehr und mehr Verbindungen analysiert werden.

In letzter Zeit wurden Nobelpreise an Venkatraman Ramakrishnan, Thomas Steitz und Ada Yonath verliehen (2009, siehe Seite 8). Andre Geim und Konstantin Novoselov erhielten den Preis 2010 für ihre grundlegenden Arbeiten über Graphen, das erste Beispiel einer neuen Klasse von zweidimensionalen kristallinen Materialien mit einzigartigen elektronischen und mechanischen Eigenschaften. 2011 ging ein Nobelpreis an Daniel Shechtman für die Entdeckung der Quasikristalle (siehe Kasten auf der Seite gegenüber) und 2012 an Robert Lefkowitz und Brian Kobilka, welche das Innenleben einer wichtigen Familie von Zellrezeptoren enthüllt hatten, die nahezu alle Funktionen des menschlichen Körpers steuern.

Alles in allem wurden im vergangenen Jahrhundert 45 Wissenschaftler mit dem Nobelpreis für Arbeiten ausgezeichnet, die entweder direkt oder indirekt mit Kristallographie zu tun hatten. In dieser Broschüre ist nicht genug Platz, sie alle zu erwähnen, aber es ist ihren individuellen Beiträgen zu verdanken, dass die Kristallographie nunmehr alle Wissenschaften unterstützt. Heute bleibt die Kristallographie ein fruchtbarer Boden für neue und vielversprechende Grundlagenforschung.

Warum in Kristallographie investieren?

Kristallographie spielt in der Entwicklung fast aller **neuen Materialien**, von alltäglichen Produkten wie PC-Speicherkarten zu Flachbildschirmen, Autos und Flugzeugteilen eine Rolle. Kristallographen studieren nicht nur die Struktur von Materialien, sondern können dieses Wissen auch anwenden, um eine Struktur zu verändern und so den Materialien neue Eigenschaften zu geben. Der Kristallograph kann dem neuen Material auch seine „Fingerabdrücke“ abnehmen. Ein Unternehmen kann bei der Beantragung eines Patentes diesen Fingerabdruck dann benutzen um zu beweisen, dass die Substanz einzigartig ist.

Tatsächlich gibt es zahlreiche Anwendungen im Bereich der Kristallographie. Sie durchdringt unseren Alltag und bildet das Rückgrat vieler Industriezweige (wie zum Beispiel Landwirtschaft, Raumfahrt, Automobilbau, Kosmetik, Computer, Pharmazie und Bergbau), die in steigendem Maße darauf angewiesen sind, Wissen für die Entwicklung neuartiger Produkte zu generieren. Im Folgenden sind einige Beispiele aufgeführt.

Die **Mineralogie** ist vermutlich der älteste Zweig der Kristallographie. Praktisch alles, was wir über Gesteine, geologische Formationen und die Geschichte der Erde wissen, basiert auf der Kristallographie. Selbst unser Wissen über „kosmische Besucher“ wie Meteoriten wird durch die Kristallographie erhalten. Es ist offensichtlich, dass dieses Wissen unerlässlich für den Bergbau und alle Industriebereiche ist, die Löcher in den Planeten Erde bohren, wie etwa die Wasser-, Erdöl- und Ergas- oder auch Geothermie-industrie.

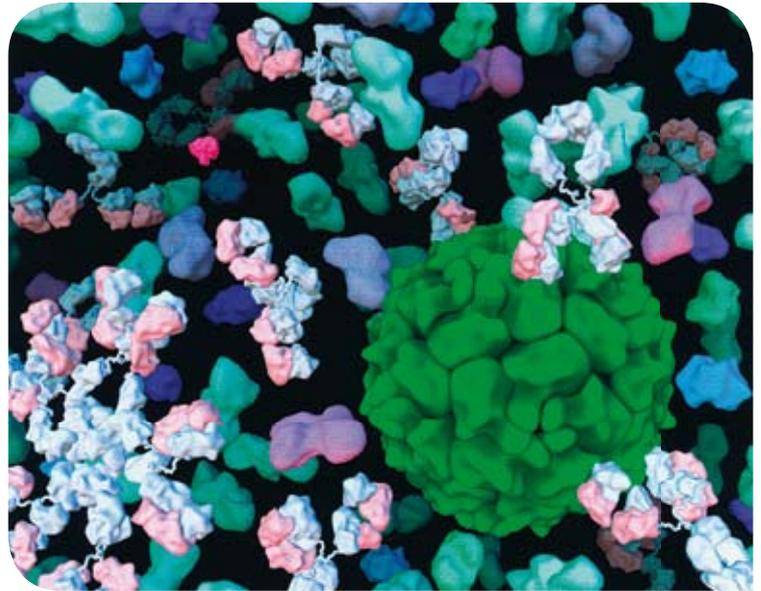
Die **Entwicklung von Wirkstoffen** ist in starkem Maße abhängig vom Gebrauch der Kristallographie. Ein pharmazeutisches Unternehmen, das auf der Suche nach einem neuen Wirkstoff gegen ein spezifisches Bakterium oder Virus ist, muss zunächst ein kleines Molekül finden, das in der Lage ist, die aktiven Proteine (Enzyme) zu blockieren, die beim Befall der menschlichen Zellen involviert sind. Das Wissen um die genaue Form des Proteins erlaubt den Wissenschaftlern, eine wirksame Substanz zu entwickeln, die sich an das aktive Zentrum des Proteins heftet und damit seine schädliche Wirkung aufhebt.

Kristallographie ist auch notwendig, um verschiedene feste Modifikationen eines Wirkstoffs voneinander zu unterscheiden, da sich ihre Löslichkeiten unter Umständen unterscheiden können, die wiederum die Effektivität beeinflussen können. Dies ist von hoher Bedeutung für die Generika produzierende pharmazeutische Industrie in Asien und Afrika, insbesondere dort, wo AIDS-Medikamente unter Zwangslizenzen produziert werden, um sie den Ärmsten zugänglich machen zu können.

Neue Materialien spielen eine Rolle in der Entwicklung von smarter Kleidung. Schlaue Stoffe können luftdurchlässig oder wärmend sein, abhängig davon ob der Träger schwitzt oder friert. Beispielsweise können innere Bekleidungsteile mit Sensoren zur Überwachung der Körpertemperatur, der Atemfrequenz und des Herzschlages ausgestattet werden, welche die ermittelten Daten zum Handy des Trägers senden. Äußere Kleidungsstücke könnten dagegen zur Detektion giftiger Gase, schädlicher Bakterien oder extremer Hitze dienen. Kristallographen können die Eigenschaften bestimmen, die zur Entwicklung solcher neuen Materialien benötigt werden. ©Sharee Basinger / publicdomainpictures.net



Heute können Kristallographen eine große Bandbreite von Materialien untersuchen, darunter auch Flüssigkristalle. Flüssigkristallbildschirme werden in Flachbildschirmen von Fernsehern (Bild), Computern, Mobiltelefonen, Digitaluhren und vielen weiteren Dingen verwendet. Der Flüssigkristall produziert selbst kein Licht, er nimmt eine externe Quelle in Anspruch, um energiesparend Bilder zu erzeugen - genau wie das Hintergrundlicht am Fernseher. © Shutterstock/Andrey Popov



Kakaobutter, die wichtigste Zutat von Schokolade, kristallisiert in sechs verschiedenen Formen, aber nur eine davon schmilzt so angenehm im Mund und hat den Glanz und die Knackigkeit, die sie so schmackhaft macht. Diese „köstliche“ Kristallform ist leider nicht sehr stabil und hat die Tendenz, sich in eine stabilere Modifikation umzuwandeln, die eine trübere Oberfläche und weichere Konsistenz aufweist und sehr viel langsamer im Mund schmilzt, so dass sich ein grobkörniges, sandiges Geschmackserlebnis ergibt. Glücklicherweise verläuft diese Umwandlung recht langsam, aber wenn Schokolade lange oder bei erhöhten Temperaturen gelagert wird, kann sich ein Belag bilden, der das Resultat dieser Umkristallisation ist. Schokoladenhersteller müssen daher ausgefeilte Kristallisationsprozesse anwenden, um die wünschenswerteste Kristallform zu erhalten. Foto: Wikipedia



Antikörper docken an ein Virus an. Die Kristallographie wird dazu verwendet, die Qualität von hergestellten Arzneimitteln, einschließlich antiviraler Medikamente, in der Phase der Massenproduktion zu kontrollieren. Damit wird sichergestellt, dass die strikten Gesundheits- und Sicherheitsrichtlinien beachtet werden. © IUCr

Der „Curiosity“-Rover setzte Röntgenkristallographie dazu ein, um Bodenproben vom Mars zu untersuchen! Die NASA hatte den Rover mit einem Diffraktometer ausgerüstet. Die Ergebnisse ließen vermuten, dass die Marsbodenprobe den verwitterten basaltischen Böden von Hawaiianischen Vulkanen ähnlich ist. Foto: NASA



Wer organisiert das Internationale Jahr der Kristallographie?

Das Jahr wird gemeinsam von der International Union of Crystallography (IUCr) und der UNESCO organisiert. Es wird durch zwei weitere Internationale Jahre unter der Schirmherrschaft der UNESCO innerhalb des Systems der Vereinten Nationen ergänzt, indem es dem Internationalen Jahr der Chemie (2011) nachfolgt und gleichzeitig eine Einleitung für das geplante Internationale Jahr des Lichts (2015) darstellt. Die UNESCO setzt alle drei Internationalen Jahre im Rahmen ihres Internationalen Programms zur Grundlagenforschung (International Basic Sciences Programme (IBSP)) um.

Warum 2014?

Das Internationale Jahr der Kristallographie erinnert an die Hundertjahrfeier der Geburt der Röntgenkristallographie, die dank der Arbeiten von Max von Laue und William Henry und William Lawrence Bragg gefeiert werden kann. Das Jahr 2014 erinnert auch an den 50. Jahrestag eines anderen Nobelpreises, der an Dorothy Hodgkin für ihre Arbeit am Vitamin B₁₂ und Penicillin vergeben wurde (siehe Seite 3).

Auch wenn Kristallographie heute alle Wissenschaften unterstützt, bleibt sie der Öffentlichkeit doch relativ unbekannt. Ein Ziel des Jahres ist es, durch eine Vielzahl von Aktivitäten die Bildung und Sensibilisierung der Öffentlichkeit zu fördern (siehe Rückseite, Wer wird von dem Internationalen Jahr der Kristallographie profitieren?).

Kristallographen sind in mehr als 80 Ländern, von denen 53 Mitglieder der IUCr (siehe Karte) sind, aktiv. Die Union sorgt für einen gleichberechtigten Zugang zu Informationen und Daten für alle ihre Mitglieder und fördert die internationale Zusammenarbeit.

Es ist notwendig, die Wissensbasis der Kristallographie zu erweitern und mehr Entwicklungsländern das Know-how in diesem kritischen Bereich der wissenschaftlichen und industriellen Entwicklung zu verschaffen. Dies ist umso dringlicher, da die Kristallographie eine wichtige Rolle beim Übergang zu einer nachhaltigen Entwicklung in den kommenden Jahrzehnten spielen wird.

Länder, die der International Union of Crystallography angehören



Herausforderungen für die Zukunft

Im Jahr 2000 einigten sich die Regierungen der Welt auf die „Millenium-Entwicklungsziele“ der Vereinten Nationen. Diese setzen acht spezifische Ziele für das Jahr 2015, um unter anderem extreme Armut und extremen Hunger zu verringern, den Zugang zu sauberem Wasser und sicheren Sanitäreinrichtungen zu erleichtern, die Kindersterblichkeit zu senken und die Gesundheit von Müttern zu verbessern.

Die Regierungen bereiten gerade ein neues Bündel von Zielen vor, welche das Entwicklungsprogramm für die Zeit nach 2015 bestimmen werden. Es folgen einige Beispiele, wie die Kristallographie dazu beitragen kann, dieses Programm voranzubringen.

Herausforderung Nahrungsmittel

Die Weltbevölkerung wird voraussichtlich von 7 Mrd. im Jahr 2011 auf 9,1 Mrd. im Jahr 2050 ansteigen. Die Kombination von schnellem Bevölkerungswachstum und Ernährungsgewohnheiten, die mehr und mehr Fleisch- und Milchprodukte einschließen, werden die Nachfrage nach Lebensmitteln bis 2050 um 70% erhöhen. Dies stellt eine enorme Herausforderung für die Landwirtschaft dar.

Moderne Kristallographietechniken treiben die Forschung im Landwirtschaftsbereich voran. Kristallographie kann zum Beispiel bei der Untersuchung von Böden eingesetzt werden. Ein ernstzunehmender Grund für die Zerstörung von Böden ist ihre Versalzung, die natürlich auftreten kann oder durch Menschen verursacht wird.

Strukturstudien an Pflanzenproteinen können dabei helfen, Nutzpflanzen zu entwickeln, die gegen salzige Umgebungen beständiger sind.

Die Kristallographie kann auch zur Heilung von Tier- und Pflanzenkrankheiten beitragen. Ein Beispiel ist die Forschung über Fäule an Pflanzenarten wie Tomaten, ein anderes die Entwicklung von Impfungen gegen Krankheiten wie Vogel- oder Schweinegrippe.

Kristallographische Studien an Bakterien sind außerdem für die Produktion von Nahrungsmitteln aus Milch, Fleisch, Gemüse und anderen Pflanzen wichtig.

Die Kristallographie kann neue Materialien identifizieren, die einmal eingesetzt, Wasser für Monate reinigen, wie beispielsweise Nanoschwämme (Leitungsfilter) und Nanotabletten. © Shutterstock/S E



Herausforderung Wasser

Obwohl die Weltgemeinschaft gerade das Millennium-Entwicklungsziel erreicht hat, die Anzahl der Menschen ohne Zugang zu sauberem Wasser bis 2015 zu halbieren, befinden sich dem Weltwasserentwicklungsbericht (2012) zufolge die Subsahara- und die Arabische Region noch im Rückstand. Dasselbe Ziel für grundlegende Hygiene erscheint derzeit außer Reichweite, da die Hälfte der Bevölkerung in den Entwicklungsregionen, dazu noch keinen Zugang hat. Außerdem ist die Anzahl von Menschen in Städten, die keinen Zugang zur Versorgung mit sauberem Wasser und zu Sanitäreinrichtungen haben, geschätzt um 20% gestiegen, seit die Millennium-Entwicklungsziele im Jahr 2000 gesteckt wurden. Die städtische Bevölkerung wird sich vermutlich von 3,4 Mrd. 2009 bis 2050 nahezu auf 6.3 Mrd. verdoppeln.

Kristallographie kann dabei helfen, die Wasserqualität in armen Gemeinden zu verbessern, indem sie zum Beispiel neue Materialien wie Nanoschwämme (Leitungsfilter) und Nanotabletten identifiziert, die Monatsvorräte an Wasser mit einem Mal reinigen können. Auch ökologische Lösungen zur Verbesserung der Hygiene können mit Hilfe der Kristallographie entwickelt werden.

Herausforderung Energie

Obwohl Energie in den Millennium-Entwicklungszielen nicht auftauchte, sollte sie im Entwicklungsprogramm nach 2015 ein Schwerpunkt sein. Im September 2011 startete der UN-Generalsekretär die „Sustainable Energy for All Initiative“ (nachhaltige Energie für alle). Wir leben in einer Zeit der wachsenden Besorgnis über die Auswirkungen der intensiven Nutzung fossiler Brennstoffe auf das Klima der Erde und des Erkennens der Notwendigkeit, den Übergang zu nachhaltigen Energiequellen zu beschleunigen. Nach Angaben der Internationalen Energieagentur haben sich, trotz der internationalen Finanzkrise, zwischen 2008 und 2010 die Kohlendioxid (CO₂)-Emissionen um 5% auf 30,6 Gigatonnen (Gt) erhöht. Wenn das weltweite Ziel halten soll, die globale Erwärmung in diesem Jahrhundert auf 2 °C zu begrenzen, dürfen die CO₂-Emissionen des Energiesektors im Jahr 2020 32 Gt nicht überschreiten.



Es wird jedoch angenommen, dass der weltweite Energieverbrauch zwischen 2007 und 2035 voraussichtlich um 50% ansteigt, wobei auf die Nicht-OECD-Länder 84% des Anstiegs entfallen wird. Im Jahr 2009 hatten noch 1,4 Milliarden Menschen keinen Zugang zu Elektrizität. Die Nachfrage nach Energie aus erneuerbaren Quellen wird bis zum Jahr 2035 voraussichtlich um 60% steigen.

Mit Hilfe der Kristallographie können neue Produkte, wie beispielsweise Dämmstoffe, entwickelt werden, die den Energieverbrauch eines Hauses (und die Heizkosten) senken und gleichzeitig die Kohlendioxidemissionen begrenzen. Es können auch neue Materialien aufgefunden werden, die die Kosten für Solarkollektoren, Windräder und Batterien senken und diese gleichzeitig effizienter machen. So wird Abfall reduziert und der Zugang zu grünen Technologien verbessert.

Ökologisierung der chemischen Industrie

Die Ökologisierung der chemischen Industrie wird von zentraler Bedeutung für die Ökologisierung der Weltwirtschaft sein. Die chemische Industrie produziert über 70.000 verschiedene Produkte, die von Kunststoffen und Düngemitteln zu Waschmitteln und Pharmazeutika reichen. Sie ist stark abhängig von Erdöl. Für die Herstellung von 80 bis 90 % ihrer Produkte verbraucht sie 10% der weltweiten Ölproduktion. Damit ist die chemische Industrie ressourcen- und energiehungrig.

Darüber hinaus sind viele Lösungsmittel und Katalysatoren giftig und Entsorgung chemischer Abfälle ist kompliziert und teuer. Giftige und krebserregende Substanzen werden derzeit in die Luft, den Boden und das Wasser freigesetzt. Entsprechend dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen produzierte Westeuropa im Jahr 2000 insgesamt 42 Millionen Tonnen Giftmüll, fünf Millionen davon wurden ein Jahr später exportiert.

Kristallographie kann zum Design von ökologischen Baustoffen in Industrie- und Entwicklungsländern beitragen. Sie kann auch dazu beitragen, die Verschmutzung durch chemische Lösungsmittel zu senken, indem diese mit „grünen“ anorganischen Lösungsmitteln auf Basis ionischer Flüssigkeiten und CO₂ ersetzt werden. Die Kristallographie trägt zu Methoden zur selektiven Extrahierung bestimmter benötigter Materialien bei und hilft damit, Bergbauhinterlassenschaften und damit verbundene Kosten zu reduzieren.

Herausforderung Gesundheit

Die gesundheitlichen Herausforderungen werden in den kommenden Jahrzehnten gewaltig bleiben. Es gibt zum Beispiel noch keinen wirksamen Impfstoff oder eine Heilung für solche Pandemien wie HIV/AIDS, Dengue-Fieber und Malaria, die insbesondere in den Entwicklungsländern weiterhin wüten.

Viele Gesundheitsprobleme in Entwicklungsländern sind mit dem fehlenden Zugang zu sauberem Wasser und sicherer Sanitärversorgung verknüpft. Das schließt Durchfallkrankheiten wie Cholera oder die chronische Erkrankung Schistosomiasis ein, von denen geschätzte mindestens 90% der Fälle aus Afrika berichtet wurden.

Allerdings sind die Entwicklungsländer auch den gleichen chronischen gesundheitlichen Belastungen, z.B. Herzerkrankungen, Krebs und zunehmend Diabetes, wie die entwickelten Länder ausgesetzt (siehe Foto auf der folgenden Seite).

Zu den anderen ernstesten Gesundheitsproblemen, die reiche und arme Länder gleichermaßen beeinflussen, gehören die Entstehung neuer Krankheitserreger und die zunehmende Resistenz von Bakterien gegen existierende medizinischen Behandlungen.

Mittels Kristallographie kann etwa die zunehmende Resistenz von Bakterien gegen Antibiotika bekämpft werden. Zusammen mit Venkatraman Ramakrishnan und Thomas Steitz ist es der Kristallographin Ada Yonath gelungen, die Struktur des Ribosoms zu bestimmen und die Art und Weise, wie es durch Antibiotika gestört wird. Ribosomen sind für die Herstellung aller Proteine in lebenden Zellen von Menschen, Tieren, Pflanzen und Bakterien verantwortlich. Wenn die Arbeit des Ribosoms behindert wird, stirbt die Zelle. Ribosomen sind ein Hauptziel für Antibiotika, da Antibiotika in der Lage sind, die ribosomale Aktivität von schädlichen Bakterien anzugreifen, während menschliche Ribosomen unberührt bleiben. Im Jahr 2008 wurde Prof. Yonath für ihre Arbeit mit dem L'Oréal-UNESCO-Preis für Frauen in der Wissenschaft ausgezeichnet und ein Jahr später erhielten die drei Wissenschaftler den Nobelpreis.

Die Tropen sind insbesondere mit einer reichen biologischen Vielfalt gesegnet, die oft noch wenig genutzt wird. Kristallographie kann den tropischen Ländern helfen, die Eigenschaften und das Verhalten endemischer Pflanzen im Hinblick auf die Entwicklung von Haut- und Gesundheitspflegeprodukten, pflanzlichen Heilmitteln etc. zu identifizieren.

Wer wird vom internationalen Jahr der Kristallographie profitieren?

Zielgruppe Regierungen

Durch die Interaktion mit Regierungsorganisationen und die Beratung bei der Konzeption von Richtlinien mit dem Ziel:

- ❖ der Finanzierung der Gründung und des Betriebs mindestens eines nationalen Kristallographiezentrens pro Land;
- ❖ der Entwicklung von Kooperationen mit Kristallographiezentren im Ausland, sowie mit Synchrotronanlagen und anderen Großgeräten;
- ❖ der Förderung der Nutzung der Kristallographie in Forschung und Entwicklung;
- ❖ der Förderung kristallographischer Forschung;
- ❖ der Einführung der Kristallographie in den Schulunterricht und Universitätslehrpläne bzw. der Modernisierung von bestehenden Lehrplänen.

Zusätzlich sind eine Reihe regionaler Gipfeltreffen geplant, um auf Schwierigkeiten in der weltweiten wissenschaftlichen Spitzenforschung hinzuweisen und Wege aufzuzeigen, exzellente Forschung zu ermöglichen. Die Gipfeltreffen werden Länder unterschiedlichster Sprache, Ethnizität, Religion oder politischer Systeme zusammenbringen, um Zukunftsperspektiven in den Bereichen Wissenschaft, Technologie und damit zusammenhängender industrieller Entwicklung zu entwerfen, und neue Chancen für die Schaffung von Arbeitsplätzen aufzeigen.

*In den vergangenen 20 Jahren ist die Zahl der Menschen mit Diabetes weltweit von 30 Millionen auf 230 Millionen gestiegen (nach der International Diabetes Federation). Sieben von den zehn am schwersten von Diabetes betroffenen Ländern sind entweder Entwicklungsländer oder Schwellenländer, darunter China und Indien. In der Karibik und dem Nahen Osten leiden etwa 20% der Erwachsenen an Diabetes. Wäre die Struktur von natürlichem Insulin, das in der Bauchspeicheldrüse produziert wird, nicht durch die röntgenographischen Methoden der Kristallographie bestimmt worden, wäre es heute nicht möglich, das lebensrettende biosynthetische „Humaninsulin“ herzustellen.
Foto: Wikipedia*

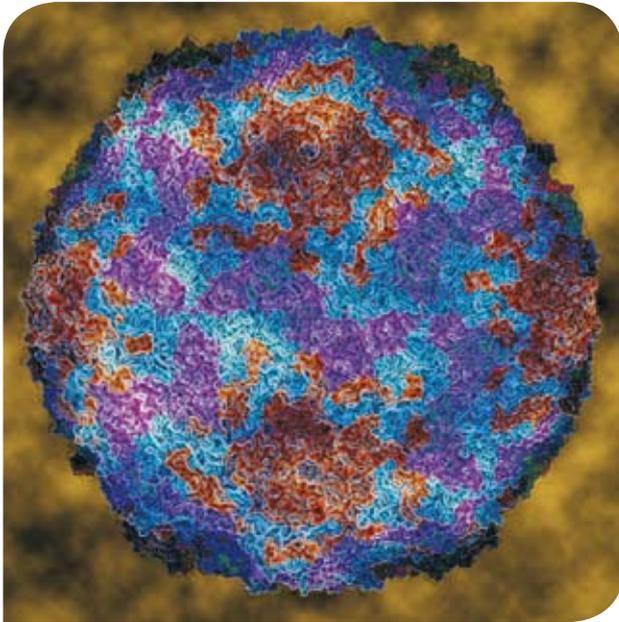


Zielgruppe Schulen und Universitäten

Einführung kristallographischer Lehre unter anderem durch:

- ❖ mobile Laboratorien, die durch die IUCr in Zusammenarbeit mit Röntgenanalytikherstellern gestaltet werden und in Ländern Asiens, Afrikas und Lateinamerikas demonstrieren, wie mit Röntgendiffraktometern gearbeitet wird;
- ❖ die laufende Universitätsinitiative in Afrika (siehe Kasten nächste Seite), die intensiviert und auf Länder in Asien und Lateinamerika ausgedehnt werden wird, in denen es an kristallographischer Lehre fehlt;
- ❖ praktische Vorführungen und Wettbewerbe in Grund- und Sekundarschulen;
- ❖ lösungsorientierte Projekte für Schülerinnen und Schüler, in denen sie ihre Kenntnisse in Kristallographie, Physik und Chemie anwenden können;
- ❖ eine Wanderausstellung für Schulen und Universitäten über Kristallographie und geometrische Kunst in der arabisch-islamischen Welt, organisiert von der marokkanischen Vereinigung für Kristallographie (siehe Kasten Seite 12). Die Ausstellung wird auch den Prozess der Kristallisation sowie die Röntgendiffraktion zeigen, wobei ein transportables Diffraktometer verwendet wird.





Virus. Man kann keine Arzneimittel entwerfen, ohne die Struktur der relevanten Proteine zu kennen. © IUCr

Das Internationale Jahr der Kristallographie richtet sich an die breite Öffentlichkeit

um das Bewusstsein für die Art und Weise, in der Kristallographie die meisten der technologischen Entwicklungen in der modernen Gesellschaft unterstützt, zu stärken, aber auch um ihre Rolle für das kulturelle Erbe und die Kunstgeschichte herauszustreichen. Diese Vermittlung erfolgt über:

- ❖ öffentliche Konferenzen, organisiert von den Mitgliedern der International Union of Crystallography, zu Themen wie die überragende Bedeutung von Proteinkristallstrukturen im Arzneimitteldesign, Kristallographie und Symmetrie in der Kunst oder kristallographischer Untersuchungen von Kunstwerken und antiken Materialien;
- ❖ das Sponsoring von Posterausstellungen, welche den Nutzen und die „Wunder“ der Kristallographie hervorheben;
- ❖ Artikel in Presse, Fernsehen und anderen Medien, in denen der Beitrag der Kristallographie zur Weltwirtschaft dargestellt wird.

ENTWICKLUNG DER KRISTALLOGRAPHIE AN AFRIKANISCHEN UNIVERSITÄTEN



Eines der Hauptziele der International Union of Crystallography ist die Bereitstellung von Ausbildungsmaßnahmen für die kristallographische Lehre und Forschung für Mitarbeiter und Doktoranden von Universitäten in Entwicklungsländern.

In Zusammenarbeit mit südafrikanischen Universitäten und der kristallographischen Vereinigung von Südafrika hat die IUCr in den letzten 10 Jahren bereits mehrere Kurse in englischsprachigen afrikanischen Ländern organisiert. Die Partnerschaft hat auch Stipendien an zwei hervorragende kenianische Doktoranden, Serah Kimani (siehe Bild) und Ndoria Thuku, vergeben, die es ihnen erlaubten, ihre Doktorarbeiten in Südafrika zu vollenden. Die Arbeit von Serah Kimani umfasste die Bestimmung von 40 Kristallstrukturen. Sie nahm 2012 eine Stelle an der Universität von Kapstadt an. Ndoria Thuku's Doktorarbeit umfasste die Bestimmung der kristallographischen Struktur eines Proteins aus *Rhodococcus rhodochrous*, einem Bakterium, das als Pflanzenschutzmittel (Bodenimpfstoff) in Landwirtschaft und Gartenbau eingesetzt wird. Seit der Promotion 2012 ist Dr. Thuku wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für medizinische Biochemie an der Universität von Kapstadt.

Im Jahr 2011 startete die International Union of Crystallography ein ambitioniertes Programm für die subsaharischen Länder Afrikas. Das Programm, das als „Crystallography in Africa Initiative“ bekannt ist, bildet nicht nur Lehrkräfte und Doktoranden in Kristallographie aus, sondern erlaubt den beteiligten Universitäten auch die Beschaffung von Diffraktometern im Wert von je 80.000 bis 150.000 Euro, um sich an internationaler Forschung beteiligen zu können. Der Schlüsselpartner bei dieser Unternehmung ist Bruker Frankreich, eine private Firma, die sich bereit erklärt hat, Diffraktometer in betriebsbereitem Zustand an alle von der IUCr benannten Universitäten zu liefern. Die IUCr übernimmt die Kosten für die Lieferung der Diffraktometer an jede einzelne Universität. Im Gegenzug übernehmen die beteiligten Universitäten die Kosten für die Wartung der Diffraktometer und entsprechendes Zubehör, wie z. B. Computer und Röntgenröhren.

Das Internationale Jahr der Kristallographie richtet sich an die wissenschaftliche Gemeinschaft

um die internationale Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern in aller Welt zu fördern, mit einem Schwerpunkt auf eine Nord-Süd-Zusammenarbeit, über:

- ❖ die Einführung einer Open-Access-Zeitschrift für Kristallographie, die IUCrJ heißen wird;
- ❖ gemeinsame Forschungsprojekte mit großen Synchrotronanlagen in Industrie- und Entwicklungsländern, wie die Anlage in Brasilien oder die SESAME-Anlage im Nahen Osten (aus einem UNESCO-Projekt heraus entstanden, siehe Foto Seite 14);
- ❖ Beratungen, um den besten Weg für die Speicherung aller Beugungsdaten, die in Großanlagen und Kristallographielaboren gesammelt werden, herauszufinden.



Die Titelseite der ersten Ausgabe der neuen Open-Access-Fachzeitschrift, erhältlich unter: www.iucrj.org

Die ersten Wissenschaftler, die in die Bedienung dieser Geräte eingewiesen werden, kommen von der Universität von Dschang in Kamerun. Lehrkräfte und Doktoranden erhielten im Februar 2012 einen 20-Stunden-Intensivkurs, um sie auf die Ankunft des Diffraktometers im Folgejahr vorzubereiten.

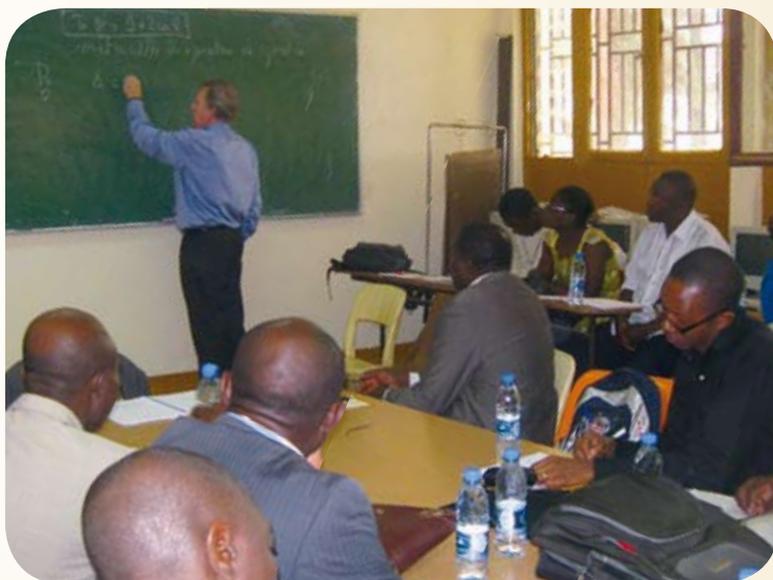
Die kristallographische Vereinigung von Kamerun wurde in dieser Zeit gegründet. Diese neue Vereinigung führte ihren ersten Kurs vom 7. bis 13. April 2013 in Dschang durch. Der Kurs war auf die Nutzung von Beugungsmethoden für die Bestimmung von Kristallstrukturen fokussiert und zog 24 Professoren und Doktoranden von Universitäten aus Kamerun und den umgebenden Regionen an. Er wurde von der IUCr, der kristallographischen Vereinigung von Kamerun, der Universität von Dschang und Bruker finanziert.

Weitere Länder, die von der Initiative profitieren, werden die Elfenbeinküste, Gabun und Senegal sein. In jedem Land wird genau eine Universität ausgewählt. Von dieser Universität wird im Gegenzug erwartet, dass sie die Ausbildung von Mitarbeitern der anderen nationalen Universitäten übernimmt und als nationales Kristallographiezentrum agiert. Jedem dieser nationalen Zentren wird freier Zugang zu den spezifischen Publikationen der IUCr gewährt.

Die International Union of Crystallography kontaktiert momentan weitere Sponsoren, um die „Crystallography Initiative in Africa“ auf den ganzen Kontinent auszudehnen.

Das internationale Jahr der Kristallographie sollte es zudem ermöglichen, die Initiative auf Entwicklungsländer in Asien und Lateinamerika zu erweitern.

Weitere Informationen:
claude.lecomte@crm2.uhp-nancy.fr



Prof. Claude Lecomte, Vizepräsident des IUCr, lehrt im Februar 2012 einen Kristallographiekurs an der Universität Dschang in Kamerun
© Patrice Kenfack / Cameroon Crystallographic Association

SYMMETRIE IN KUNST UND ARCHITEKTUR

Sei es ein menschliches Gesicht, eine Blume, ein Fisch, ein Schmetterling oder ein unbelebtes Objekt, wie eine Muschelschale, Symmetrie durchdringt die natürliche Welt. Symmetrie hat die menschlichen Zivilisationen schon immer fasziniert, welche sie in ihrer Kunst und Architektur über Tausende von Jahren hinweg widergespiegelt hat. Symmetrie kann man in allen kreativen menschlichen Ausdrucksformen finden: in Teppichen, Töpferwaren, Keramiken, Zeichnungen, Malerei, Poesie, Skulpturen, Architektur, Kalligraphie, et cetera. Zum Beispiel gibt es Symmetrie im chinesischen Alphabet. Symmetrie in Kunst und Architektur ist eine Manifestation der chinesischen Philosophie des Strebens nach Harmonie durch Balance.

In Kunst und Architektur kann Symmetrie auf unterschiedliche Weise auftreten. Wiederholt sich ein Muster unendlich oft, spricht man von Translationssymmetrie. Diese Symmetrie kann eindimensional, wie im gezeigten Fries, oder auch zweidimensional, wie zum Beispiel in den Zeichnungen von Escher, sein.

In der bilateralen Symmetrie sind die linken und rechten Seiten spiegelbildlich zueinander. Ein Beispiel aus der Natur ist ein Schmetterling. Spiegelsymmetrie war schon immer ein ganz wesentliches Merkmal in der Architektur. Historische Beispiele sind das **Taj Mahal** in Indien (Bild), die Verbotene Stadt in China oder die Maya-Tempel von **Chichen Itza** in Mexiko (Bild).

Bilaterale Symmetrien sind auch in der Kunst weit verbreitet, obwohl perfekte Symmetrie in der Malerei eher selten auftritt.

Chinesisches Symbol für Glück, ausgesprochen „shuangxi“.

Wenn eine Figur um ihre Achse oder einem bestimmten Punkt gedreht werden kann, ohne ihr Aussehen zu verändern, zeigt sich Rotationssymmetrie. Die Pyramiden von Gizeh in Ägypten, zum Beispiel, zeigen eine vierzählige Rotationssymmetrie (einschließlich der Basis).

Das Innere der Kuppel der **Lotfollah-Moschee** im Iran (Bild) zeigt Rotationssymmetrie der Ordnung 32, beginnend um den Punkt in der Mitte der Abbildung.

Geometrische Muster haben die Kunst vieler Zivilisationen durchdrungen. Beispiele dafür sind die Sandbilder der Navajo-Indianer in Nordamerika, das **Kolam aus Südindien** (im Bild), indonesische Batik (Tie-Färben), die Kunst der australischen Aborigines und tibetischen Mandalas.



Yoruba Bronzekopf aus der nigerianischen Stadt Ife, 12. Jh. n.Chr. Foto: Wikipedia

Zweidimensionales Bild von Maurits Cornelis Escher (Niederlande)
© M.C. Escher Foundation



Taj Mahal, Indien, 1684 fertiggestellt, heute ein UNESCO-Weltkulturerbe.
Foto: Muhammad Mahdi Karim/Wikipedia



Maya-Tempel in Chichen Itza in Mexiko (Blütezeit von etwa 600 bis 900 n.Chr.), heute ein UNESCO-Weltkulturerbe.
© S. Schneegans/UNESCO

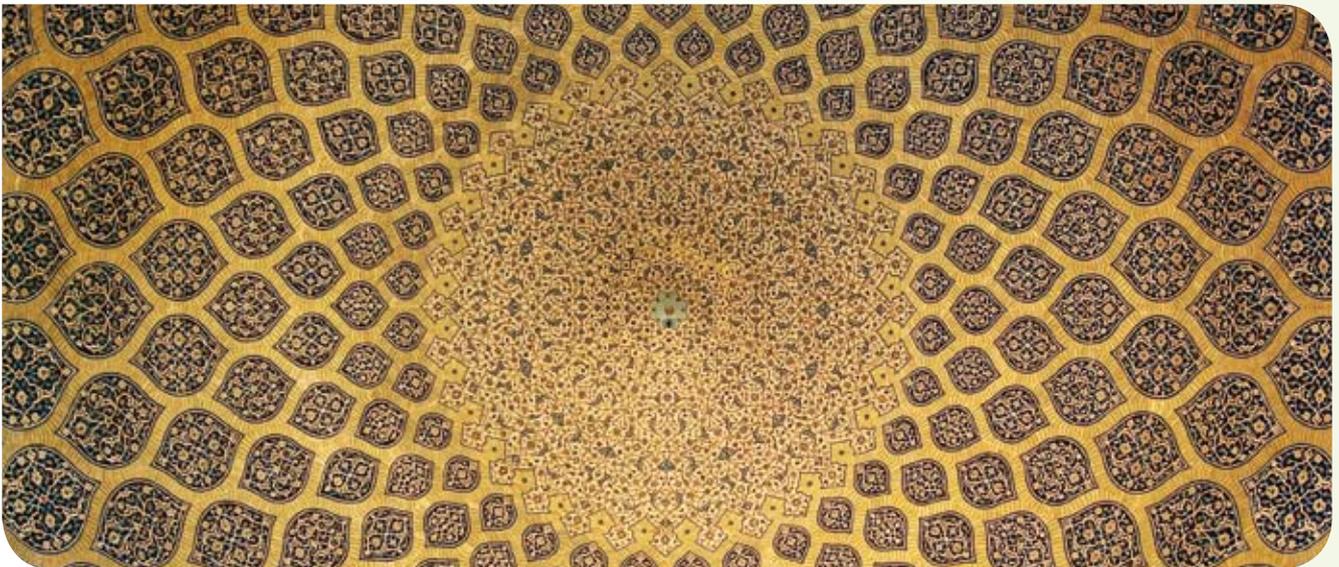
Islamische Zivilisationen haben seit dem 7. Jahrhundert geometrische Muster in Mosaiken und anderen Kunstformen angewendet, um Spiritualität visuell mit Wissenschaft und Kunst zu verbinden. Die islamische Kunst könnte die westliche Schule der Geometrie des zwanzigsten Jahrhunderts beeinflusst haben. Zwei Vertreter der Letzteren waren **Maurits Cornelis Escher** und **Bridget Riley** (siehe Bild). Escher wurde angeblich von einem Besuch des maurischen Alhambra-Palastes in Spanien inspiriert.

Während des Jahres 2014 organisiert die kristallographische Vereinigung von Marokko (Moroccan Crystallographic Association) eine Wanderausstellung zum Thema Kristallographie und geometrische Kunst in der Arabisch-Islamischen Welt. Weitere Informationen sind erhältlich bei: Abdelmalek Thalal: abdthalal@gmail.com



Domartige Decke der Lotfollah-Moschee im Iran, 1618 fertiggestellt, heute ein UNESCO-Weltkulturerbe. Foto: Phillip Maiwald/Wikipedia

Kolams wie dieses in Tamil Nadu werden mit Reispulver oder Kreide vor die Häuser gezeichnet, um Reichtum zu bringen. Sie können täglich erneuert werden. Foto: Wikipedia



Al-Attarine Madrasa (Schule) in Fez, Marokko, ein Weltkulturerbe. Es wurde unter Sultan Uthman II Abu Said (Marinid-Dynastie) zwischen 1323 und 1325 erbaut. © A. Thalal



Schattenspiel von Bridget Riley, GB, 1990 Foto: Wikipedia

Eindimensionales Fries. Bild: Moroccan Crystallographic Association



Wie kann mein Land die Kristallographie im Jahr 2014 und darüber hinaus fördern?

Jedes Land, welches an der Entwicklung von wissensbasierten Industrien oder an der Verarbeitung von Rohstoffen interessiert ist, benötigt eigene Kapazitäten in Kristallographie. Während des Jahres können Entwicklungsländer in Afrika, der arabischen Region, Lateinamerika, der Karibik und Asien eine Menge tun, um Kristallographie bei sich zu fördern.

Wege zur Verbesserung von Ausbildung und Forschung

Wie wir gesehen haben, ist die Kristallographie eine interdisziplinäre Wissenschaft, die Physik, Chemie, Materialwissenschaften, Geologie, Biologie, Pharmazie und Medizin umfasst. Wissenschaftler, die einen Hintergrund auf einem dieser Gebiete haben, sind damit potentielle Kristallographen. Die Internationale Union für Kristallographie wird 2014 weitere Länder ermutigen Mitglied zu werden, um die internationale Zusammenarbeit in Bildung und Forschung sowie den Zugang zu Informationen und Wissen zu erleichtern.

Nach ihrer Ausbildung benötigen Kristallographen die entsprechende Infrastruktur, um ihre Fähigkeiten anzuwenden. Die UNESCO und die IUCr empfehlen, dass die Regierungen mindestens ein nationales Kristallographiezentrum einrichten, dieses mit einem Diffraktometer ausstatten und mit einer nachhaltigen Finanzierung versehen. Sobald das Diffraktometer die Messungen zur Strukturanalyse eines Kristalls abgeschlossen hat, kann das Kristallographiezentrum die Struktur per Software modellieren. Als Partner des Internationalen Jahres der Kristallographie werden Diffraktometerhersteller einen erschwinglichen Preis für den Erwerb eines Diffraktometers garantieren und eine lokale Ausbildung über die Wartung dieser Instrumente anbieten.

Es ist für die jeweilige Regierung wichtig, gültige Richtlinien zu verabschieden, welche die Verbindung des Kristallographiezentrums sowohl mit Universitäten und der Industrie innerhalb des Landes als auch mit anderen Kristallographiezentren auf der ganzen Welt erleichtern. So kann wissensbasierter und nachhaltiger Entwicklung Vorschub geleistet werden.

Die fertige Schutzwand in der Versuchshalle der SESAME Synchrotronlichtquelle im Nahen Osten, eines zwischenstaatlichen Zentrums in Jordanien, welches unter die Schirmherrschaft der UNESCO gesetzt wurde. Das Zentrum bringt Ägypten, Bahrain, Iran, Israel, Jordanien, Pakistan, die Palästinensischen Behörden, die Türkei und Zypern, sowie 13 Beobachterstaaten, einschließlich Japans und der USA, zusammen. Das SESAME-Gebäude wurde 2008 fertiggestellt und Anfang 2016 sollte das Labor voll einsatzfähig sein.
© SESAME



Die Regierung sollte auch zur Förderung der Entwicklung der Beziehungen zwischen dem nationalen Kristallographiezentrum und den nationalen und internationalen Synchrotronlichtquellen wie SESAME in Jordanien (siehe Foto) beitragen.

Um das Wissen der wissenschaftlichen und technologischen Entwicklungen in der Kristallographie zu verbreiten und insbesondere Publikationen von Kristallographen aus Entwicklungsländern eine größere Sichtbarkeit zu geben, startet die IUCr eine Open-Access-Zeitschrift für Kristallographie, IUCrJ (siehe Foto Seite 11).

Die UNESCO und die IUCr ermutigen Regierungen auch zur Einrichtung regionaler oder subregionaler Zentren, die ein Kristallographietraining und Experimentieren anbieten, um die Ressourcen für den Aufbau institutioneller Kapazitäten sinnvoll zu verwenden.

Schulung der Kristallographen von morgen

Jetzt ist es für die Länder an der Zeit, eine „kritische Masse“ von Kristallographen auszubilden. Regierungen können Maßnahmen ergreifen, um Schul- und Universitätslehrpläne zu modernisieren, indem sie eine bessere Einbeziehung der Kristallographie in die Lehrpläne der Physik, Chemie, Biologie und Geologie fördern. Die UNESCO und die IUCr stehen den Regierungen zur Verfügung, um sie bei der Entwicklung von Lehrplänen zu beraten.

Die UNESCO und die IUCr laden die Regierungen auch dazu ein, ihr Interesse zu bekunden, ein speziell für Jugendliche entwickeltes mobiles Laboratorium für Kristallographie zu übernehmen.

Die IUCr hat auch lösungsorientierte Projekte und Wettbewerbe für Schulen entwickelt, in denen die Jugendlichen ihre Kenntnisse der Kristallographie, Physik und Chemie anwenden können. Das Ziel ist es, die praktische Anwendbarkeit dieser Wissenschaften für Entwicklungen in der Landwirtschaft, dem Arzneimitteldesign, von „grünen“ neuen Materialien etc. zu demonstrieren. Die Länder sind dazu eingeladen, ihr Interesse an der Organisation solcher Wettbewerbe auf nationaler Ebene zum Ausdruck zu bringen.



Teilnahme am Internationalen Jahr der Kristallographie

Die 195 Mitgliedstaaten der UNESCO sind dazu eingeladen, das UNESCO-Team im Rahmen des Internationalen Programms für Grundlagenwissenschaften (IBSP) oder die International Union of Crystallography zu kontaktieren, um gemeinsam ein Programm zusammenzustellen, das sie dann im Jahr 2014 in ihren Ländern umsetzen.

IUCr

Prof. Gautam Desiraju,
Präsident: desiraju@sscu.iisc.ernet.in

Prof. Claude Lecomte,
Vizepräsident: claude.lecomte@crm2.uhp-nancy.fr

Dr. Michele Zema,
Projektleiter des Jahres: mz@iucr.org

UNESCO

Prof. Maciej Nalecz, Direktor,
Vorstandssekretär des internationalen Grundlagenwissenschaften
Programms: m.nalecz@unesco.org

Dr. Jean-Paul Ngome Abiaga, Adjunkt Programmspezialist:
jj.ngome-abiaga@unesco.org

Dr. Ahmed Fahmi,
Programmspezialist: a.fahmi@unesco.org



Kristallographie hilft dabei, die ideale Kombination von Aluminium und Magnesium in Legierungen herauszufinden, welche für die Flugzeugherstellung notwendig sind. Wird zu viel Aluminium verwendet, wird das Flugzeug zu schwer. Wird zu viel Magnesium verwendet, brennt es zu leicht.
© Shutterstock/IM photo

Das Programm der Veranstaltungen für das Internationale Jahr der Kristallographie und wichtige Lehrmittel sind auf der offiziellen Website erhältlich:

www.iycr2014.org

Kristallographie, na klar!

Für weitere Informationen über das
Internationale Jahr der Kristallographie:

www.iycr2014.de

