

# Röntgenlicht *X-Ray Light* ... Unsichtbares sichtbar machen



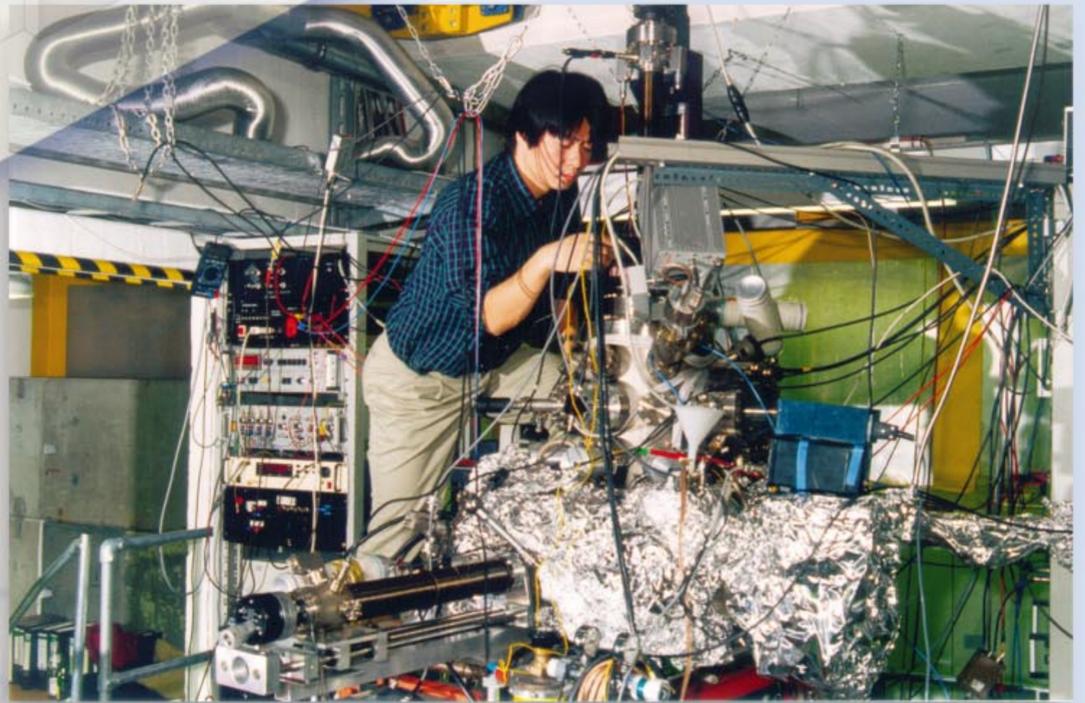
## *Making the Invisible Visible*



Schema des Ringbeschleunigers DORIS. Der Ring hat einen Umfang von 289 Metern. Insgesamt 42 Strahlführungen leiten das Synchrotronlicht zu den Messplätzen im HASYLAB.

### **Eine „Sonde“ für Atome**

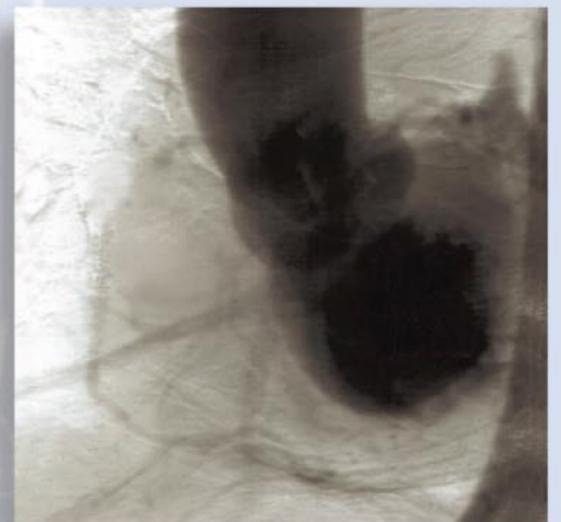
Röntgenstrahlen sind elektromagnetische Wellen – genau wie sichtbares Licht, nur viel kurzwelliger und für unser Auge unsichtbar. Die Wellenlängen des Röntgenlichts reichen bis in den Bereich von zehnmillionstel Millimetern – das entspricht etwa der Größe von Atomen. Weil Röntgenlicht und Atome „auf einer Wellenlänge liegen“, eignen sich die Strahlen optimal dazu, den atomaren Aufbau von Materie sichtbar zu machen.



Messplatz im Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB.

### **Durchdringende Wirkung**

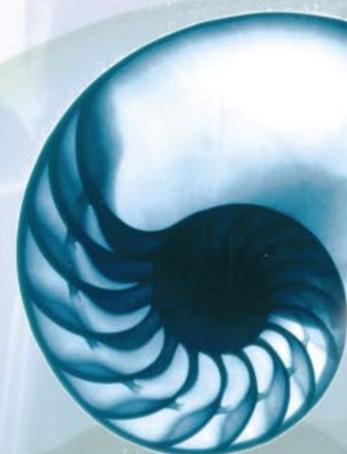
Sichtbares Licht wird von den Gegenständen unserer Umgebung zurückgestrahlt, und deshalb können wir sie sehen. Röntgenlicht hingegen dringt durch viele Stoffe hindurch. Es kann daher das Innere des menschlichen Körpers oder den verborgenen Inhalt des Handgepäcks von Flugreisenden sichtbar machen. Ein Röntgenbild, etwa von einem gebrochenen Knochen, entsteht, weil die Strahlen weiches Körpergewebe besser durchdringen können als kompakte Knochen. Die Knochen absorbieren das Röntgenlicht. Sie sind deshalb als dunkle Schatten auf einem belichteten Röntgenfilm zu sehen.



Im HASYLAB wurde eine besonders schonende Methode zum Röntgen der Herzkranzgefäße entwickelt.

### **Röntgenlicht aus dem Beschleuniger**

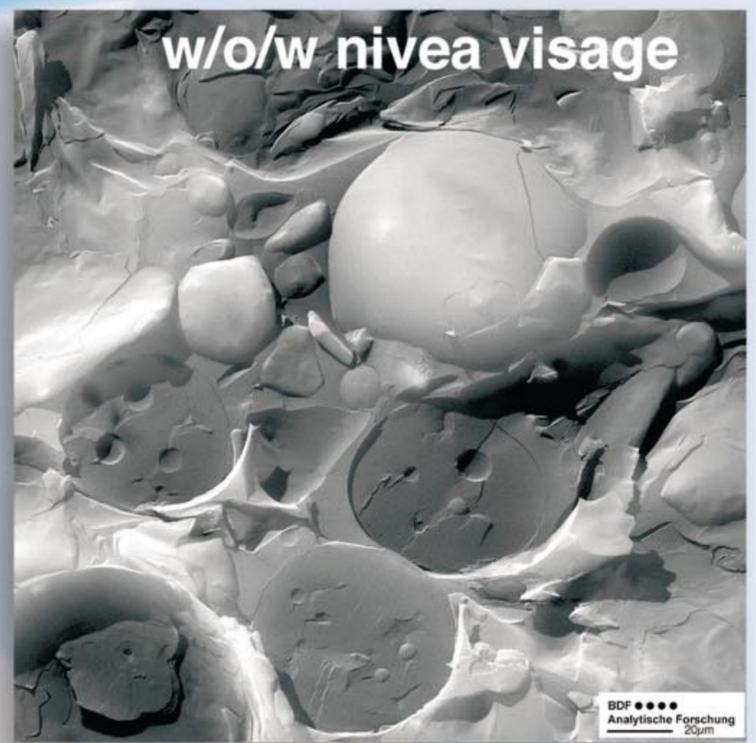
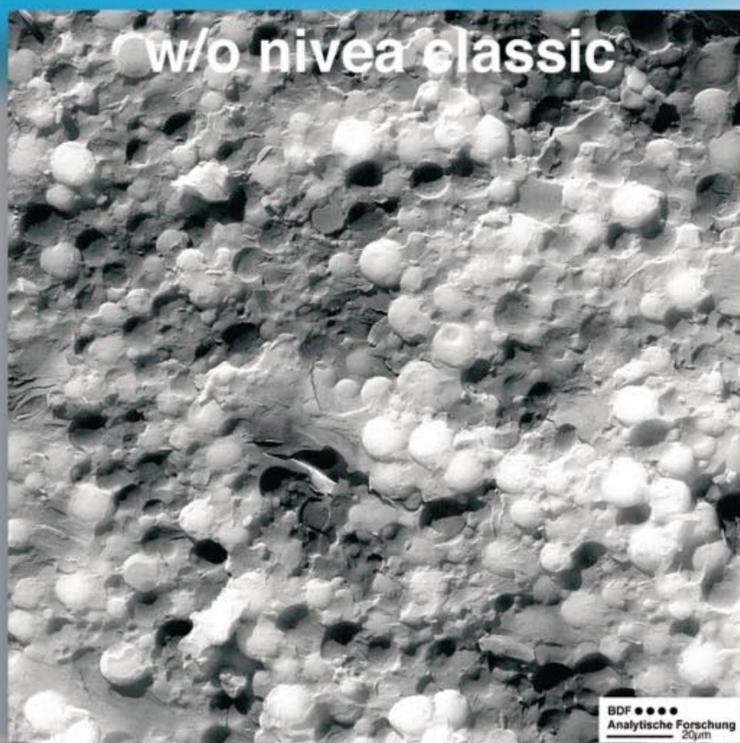
Teilchenbeschleuniger erzeugen extrem intensives Röntgenlicht in Form von so genannter Synchrotronstrahlung. Mit Hilfe dieser leistungsstarken Röntgenquellen können Physiker, Chemiker, Geowissenschaftler, Materialforscher, Molekularbiologen und Mediziner detaillierte Einblicke in atomare Strukturen gewinnen. Im Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB bei DESY nutzen pro Jahr etwa 2200 Forscher das intensive Röntgenlicht des Ringbeschleunigers DORIS. Ab 2004 können sie zudem an einer besonderen Lichtquelle experimentieren: einem 300 Meter langen Hochleistungslaser, der Strahlung höchster Güte im Vakuum-Ultraviolett sowie im „weichen“ Röntgenbereich erzeugen wird.



# Long Lasting Skin Creams Haltbare Hautcremes ... die Form wahren



## Consistent Consistency



Hautcremes unter dem Elektronenmikroskop. Die klassische „Nivea-Creme“ besteht aus einer Wasser-Öl-Emulsion. Deutlich sind die im Öl „schwimmenden“ Wassertröpfchen zu erkennen. Dagegen ist „Nivea Visage“ eine Wasser-Öl-Wasser-Emulsion. Hier sind Wassertröpfchen in Öltröpfchen eingeschlossen, die wiederum in Wasser verteilt sind.

### Öl und Wasser

Wenn die Sonne brennt, schmilzt manches dahin – nicht jedoch eine gute Hautcreme. Damit der streichzarte Inhalt von Tigeln, Töpfchen und Tuben so bleibt, wie er ist, werden den Cremes so genannte Emulgatoren hinzugegeben: Sie stabilisieren die Emulsion, die Basis jeder Hautcreme. In einer Emulsion sind Wasser und feinste Tröpfchen Öl vereint. Der Emulgator „vermittelt“ zwischen den eigentlich nicht mischbaren Stoffen Öl und Wasser und verhindert, dass sich die Öltröpfchen zu einem auf der Wasseroberfläche schwimmenden Film verbinden. Dies gelingt, weil die Emulgator-Moleküle aus einem Fett liebenden und einem Wasser liebenden Teil bestehen. Während Ersterer im Öltröpfchen steckt, ragt Letzterer in die wässrige Umgebung.

### Emulgatoren im Röntgenlicht

Enthält eine Creme zu wenig Emulgator, ergeht es ihr wie Butter in der Sonne: Sie zerfließt. Zu viel des Guten jedoch kommt die Hersteller teuer zu stehen, denn Emulgatoren zählen zu den teuersten Inhaltsstoffen von Hautpflegemitteln. Um den optimalen Emulgatorgehalt zu ermitteln, nutzen die Kosmetikerhersteller unter anderem die Synchrotronstrahlung. Im Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB wird das Verfahren der Kleinwinkelstreuung angewendet, um Nivea & Co. gründlich zu durchleuchten. Enthält eine Creme viel überschüssigen Emulgator, ordnen sich die Emulgatormoleküle zu Lamellenpaketen an. Das Röntgenlicht macht die Anzahl und Verteilung der Lamellen sichtbar. Solche Messdaten geben grundlegende Einblicke in die Beschaffenheit von Emulsionen und helfen, ihre Qualität weiter zu verbessern, ohne ihre Herstellung unnötig zu verteuern.



# Catalytic Converter Research Katalysatorforschung ... der entscheidende Kick



## The Decisive Trigger

### Damit die Chemie stimmt

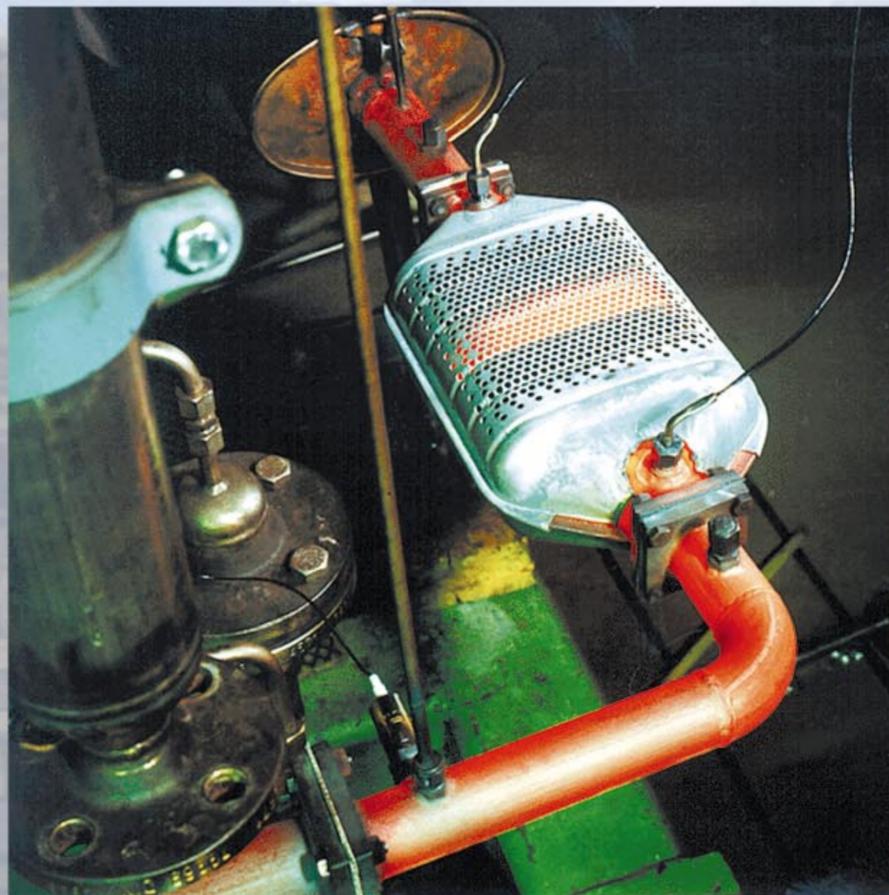
„Ein Katalysator ist ein chemischer Stoff, der die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion erhöht, ohne selbst verbraucht zu werden“, so nüchtern steht es im Lexikon. Doch ohne Katalysatoren kämen zahlreiche technische Verfahren nicht in Gang, und auch unser eigener Stoffwechsel wäre lahm gelegt ohne den Großeinsatz von natürlichen Katalysatoren, den Enzymen.

### Abgasreinigung im „Diesel-Kat“

Als Katalysator dienen unter anderem spezielle Pulver – winzige Teilchen, die fein verteilt auf einem Träger verankert sind. Der Abgaskatalysator in einem Dieselauto beispielsweise besteht aus einem wabenförmigen Keramikkörper, der eine katalytisch aktive Schicht aus Platin, Vanadium- und Titanoxid trägt. Was bei der Abgasreinigung im „Diesel-Kat“ im atomaren Detail geschieht, analysieren Forscher mit Hilfe der Synchrotronstrahlung. Sie nutzen dazu das „EXAFS“-Verfahren. Es gibt Aufschluss über die „atomare Nachbarschaft“ einer bestimmten Atomsorte, beispielsweise von Platin. Reagiert dieses Edelmetall im Langzeiteinsatz mit Titan oder Vanadium? Wie verändert sich der Katalysator, wenn er altert? Die Antworten auf solche Fragen bilden die Grundlage, um Katalysatoren noch effektiver und langlebiger zu machen.

### Realbedingungen wie in der Industrie

Im Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB stand schon eine Vielzahl von Industriekatalysatoren unter der „Röntgenlupe“. In Zusammenarbeit mit den HASYLAB-Wissenschaftlern nutzt die Industrie die einzigartigen, durch Synchrotronstrahlung möglichen Untersuchungsmethoden der atomaren Struktur. An den entsprechenden Messplätzen werden die Katalysatoren unter realen Prozessbedingungen wie im großtechnischen Einsatz charakterisiert. Die Zukunftsaussichten sind vielversprechend: Die intensiven, kurzen Lichtblitze der neuen TESLA-Röntgenlaser werden es ermöglichen, die Reaktionsabläufe in einem Katalysator mindestens tausendmal schneller als bisher verfolgen zu können.

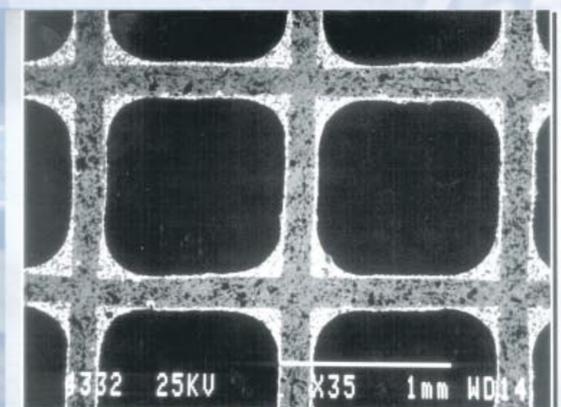


Glühender Katalysator im Versuchsstand.



Verschiedene Formen von Abgaskatalysatoren.

Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Katalysators. Zu erkennen ist der Keramikträger, der mit dem eigentlichen Katalysator beschichtet ist.



# Protein Crystallography Proteinkristallographie ... Eiweiße im Röntgenlicht

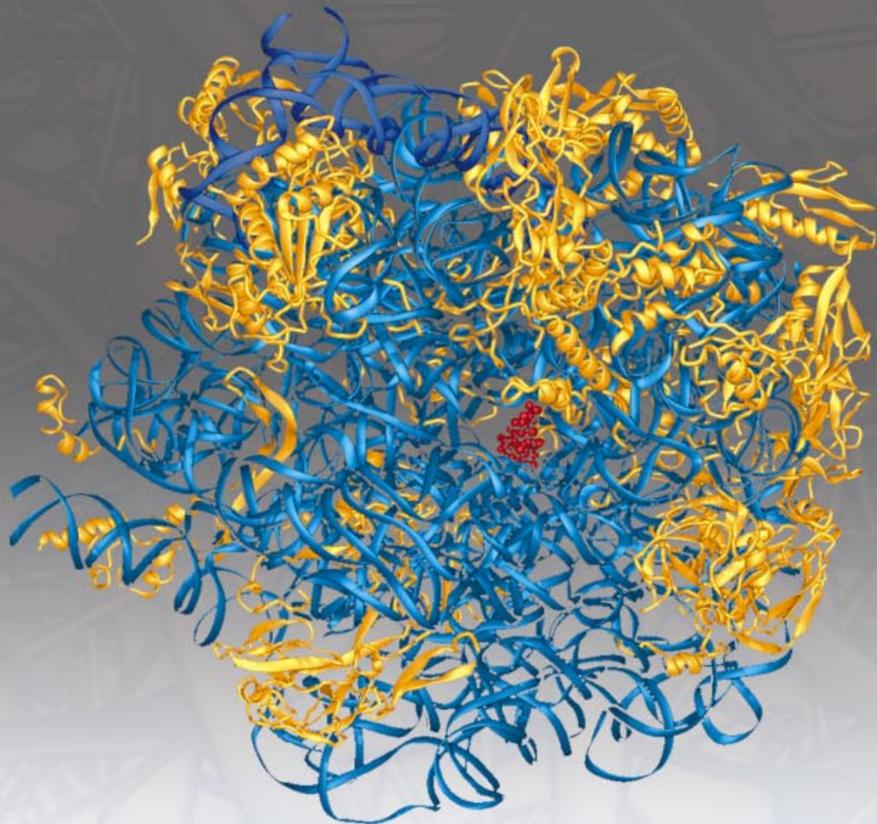


## Proteins in X-Ray Light

### Bausteine des Lebens

Ob Bewegung, Stoffwechsel oder Fortpflanzung – nichts funktioniert ohne Eiweißmoleküle (Proteine), deren Formen und Funktionen so vielgestaltig sind wie das Leben selbst. Mit dem intensiven Röntgenlicht aus einem Beschleuniger lässt sich die Struktur von komplexen Eiweißmolekülen im Detail analysieren. Das Prinzip: Ein intensiver Röntgenstrahl wird auf einen Eiweißkristall gelenkt, dessen regelmäßig angeordnete Gitterbausteine das Licht in charakteristischer Weise beugen. Aus dem Beugungsmuster können die Forscher schließen, wie die einzelnen Atome im Molekül angeordnet sind.

1987 richtete die Max-Planck-Gesellschaft drei Arbeitsgruppen für Strukturelle Molekularbiologie bei DESY in Hamburg ein, um mit dem intensiven Röntgenlicht aus dem Beschleuniger DORIS den Aufbau von Biomolekülen zu entschlüsseln.



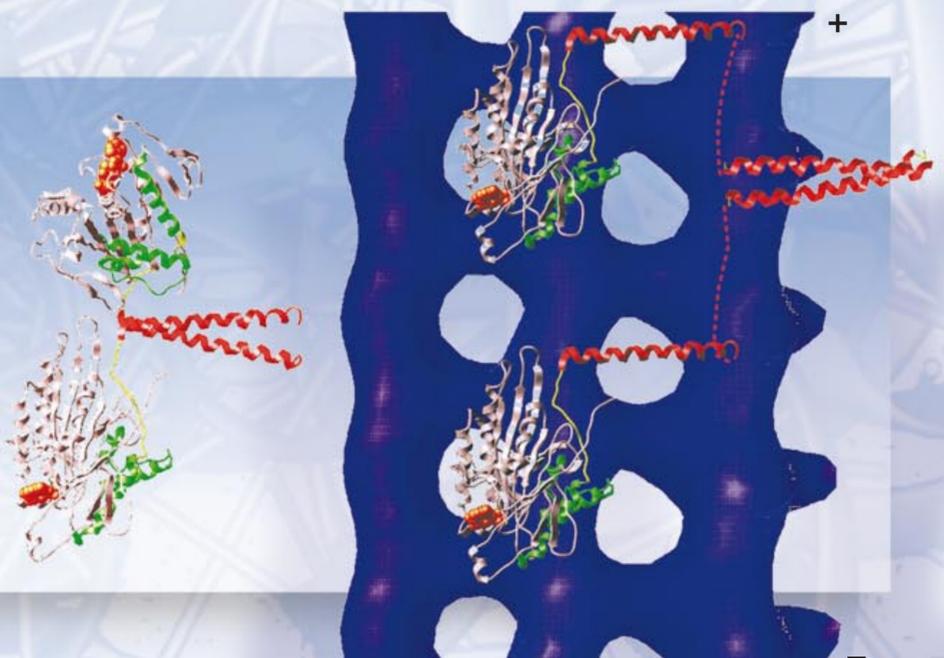
### Die Proteinfabriken der Zelle

Das genetische Alphabet hat nur vier Buchstaben. Aber in ihrer Abfolge ist der gesamte Bauplan des Lebens verschlüsselt. Nach diesem Plan werden die Bausteine des Lebens, die Proteine, zusammengesetzt. Hergestellt werden sie in den Ribosomen – speziellen Molekülkomplexen, die in jeder Zelle vorkommen. Ribosomen bestehen aus zwei unabhängigen Einheiten mit unterschiedlichen Funktionen: Die kleine Untereinheit ist für die Übersetzung des genetischen Codes zuständig, während die große Untereinheit die einzelnen Bausteine, die „Aminosäuren“ zusammenfügt. Nach mehr als zwanzig Jahren intensiver Forschung gelang es kürzlich, die komplizierte Struktur des Ribosoms mit atomarer Auflösung aufzuklären.

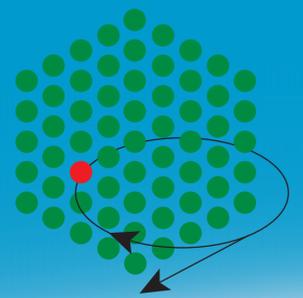
Die zentrale Rolle des Ribosoms bei der Proteinherstellung macht es zu einem bevorzugten Angriffspunkt vieler Antibiotika – Wirkstoffen, die Bakterien hemmen oder abtöten. Die Wirkmechanismen verschiedener Antibiotika konnten jetzt im Detail aufgeklärt werden. Beispielsweise blockieren die so genannten Makrolid-Antibiotika den Tunnel der großen Ribosom-Untereinheit, durch den alle Proteine hindurch gefädelt werden. Dadurch wird die Proteinherstellung vorzeitig abgebrochen und die Bakterienzelle stirbt ab. Solche Erkenntnisse ermöglichen es nunmehr, die langwierige und kostenintensive Entwicklung neuer Medikamente deutlich zu vereinfachen und zu beschleunigen.

### Molekulare Motoren

Motorproteine transportieren „Lasten“, beispielsweise Nähr- oder Botenstoffe, durch lebende Zellen. Max-Planck-Wissenschaftlern ist es gelungen, ein solches Motorprotein, das Kinesin, in seinem funktionellen Zustand zu kristallisieren und seine Struktur durch Röntgenanalyse mit Synchrotronstrahlung aufzuklären. Damit das Kinesin auf seinen „Schienen“, den Mikrotubuli, entlanggleiten kann, müssen je zwei aus einem Kopf- und einem Schwanzteil bestehende Moleküle eine funktionelle Einheit bilden. Mit den beiden Motorköpfen „hangelt“ sich das Kinesin an einem Mikrotubulus entlang.



*Structural Research on Biomolecules*  
**Strukturforschung an Biomolekülen**  
**... neue Medikamente**  
**gegen Tuberkulose**  
*New Drugs against Tuberculosis*



### **Tuberkulose – eine globale Bedrohung**

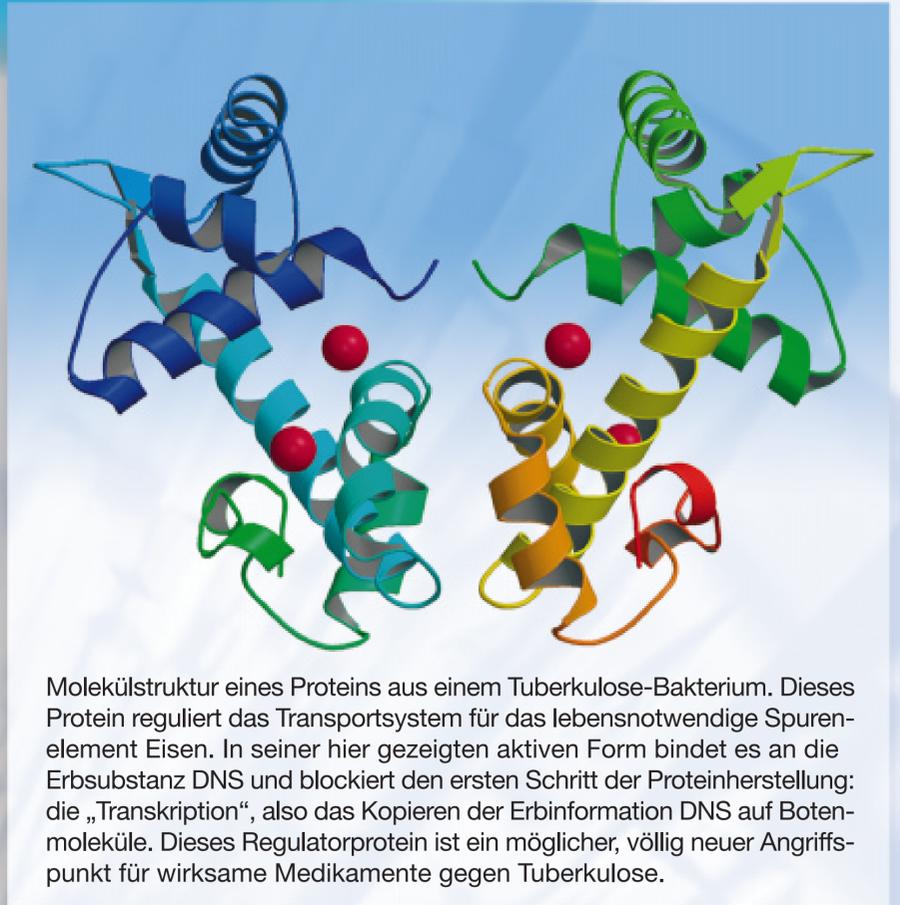
Etwa ein Drittel der Weltbevölkerung ist heute mit Tuberkulose infiziert, das entspricht etwa zwei Milliarden Menschen. Zwei Millionen von ihnen sterben jährlich an dieser Infektionskrankheit, hinzu kommt eine weitere halbe Million aus der Gruppe derjenigen, die sowohl mit Tuberkulose als auch mit AIDS infiziert sind. Ein großes Problem ist die steigende Resistenz vieler Stämme der Tuberkulose-Erreger gegen die gebräuchlichen Antibiotika. In einigen Ländern können diese Medikamente bereits in mehr als drei Prozent der Krankheitsfälle nichts mehr ausrichten. Dagegen hat die Entwicklung neuer Antibiotika in den letzten Jahren stagniert.

### **Angriffspunkte auf den Genen**

Seit 1998 ist das Genom des Tuberkulose-Bakteriums vollständig sequenziert. Auf dieser Grundlage werden die molekularen Ursachen der Tuberkulose systematisch erforscht. Das Ziel: Angriffspunkte auf den etwa 4000 Genen des Tuberkulose-Bakteriums zu finden, an denen eine wirksame Bekämpfung durch Medikamente ansetzen kann.

### **Strukturforschung für neue Antibiotika**

Die Außenstelle des Europäischen Laboratoriums für Molekularbiologie (EMBL) bei DESY in Hamburg hat zusammen mit drei akademischen und drei industriellen Partnern einen Verbund zur Tuberkuloseforschung gebildet. Ziel ist es, die räumlichen Strukturen von 50 Proteinen aus dem Genom des Tuberkulose-Bakteriums zu bestimmen. Dazu nutzen die Wissenschaftler das intensive Röntgenlicht aus dem DORIS-Beschleuniger. Ausgeklügelte Technologien ermöglichen es heute, gezielt solche Proteine auszuwählen, die das Tuberkulose-Bakterium bei Infektionen so gefährlich machen. Kennt man die Proteinstrukturen, lassen sich gezielt Ansatzpunkte für neue Antibiotika suchen und finden.



Molekülstruktur eines Proteins aus einem Tuberkulose-Bakterium. Dieses Protein reguliert das Transportsystem für das lebensnotwendige Spurenelement Eisen. In seiner hier gezeigten aktiven Form bindet es an die Erbsubstanz DNS und blockiert den ersten Schritt der Proteinherstellung: die „Transkription“, also das Kopieren der Erbinformation DNS auf Botenmoleküle. Dieses Regulatorprotein ist ein möglicher, völlig neuer Angriffspunkt für wirksame Medikamente gegen Tuberkulose.

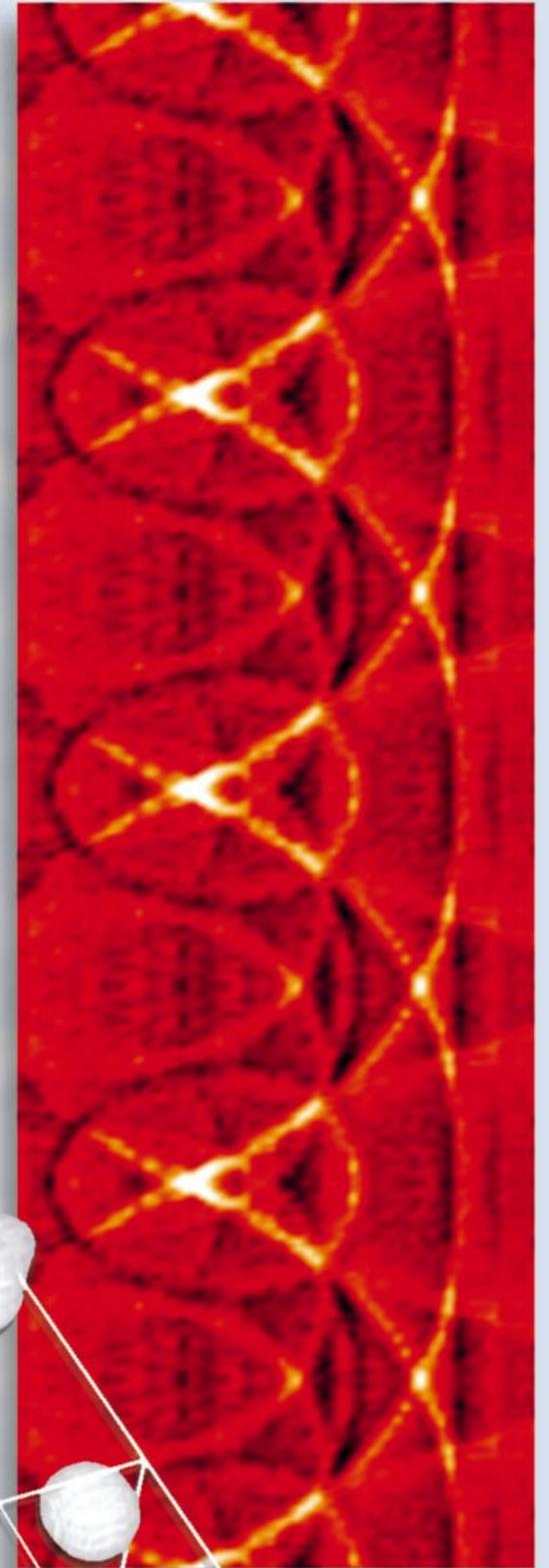


# X-Ray Holography Röntgenholographie ... räumliche Bilder von Atomen



## Spatial Images of Atoms

Aufnahme eines Eisenkristalls  
mit der Methode der direkten  
Röntgenholographie.



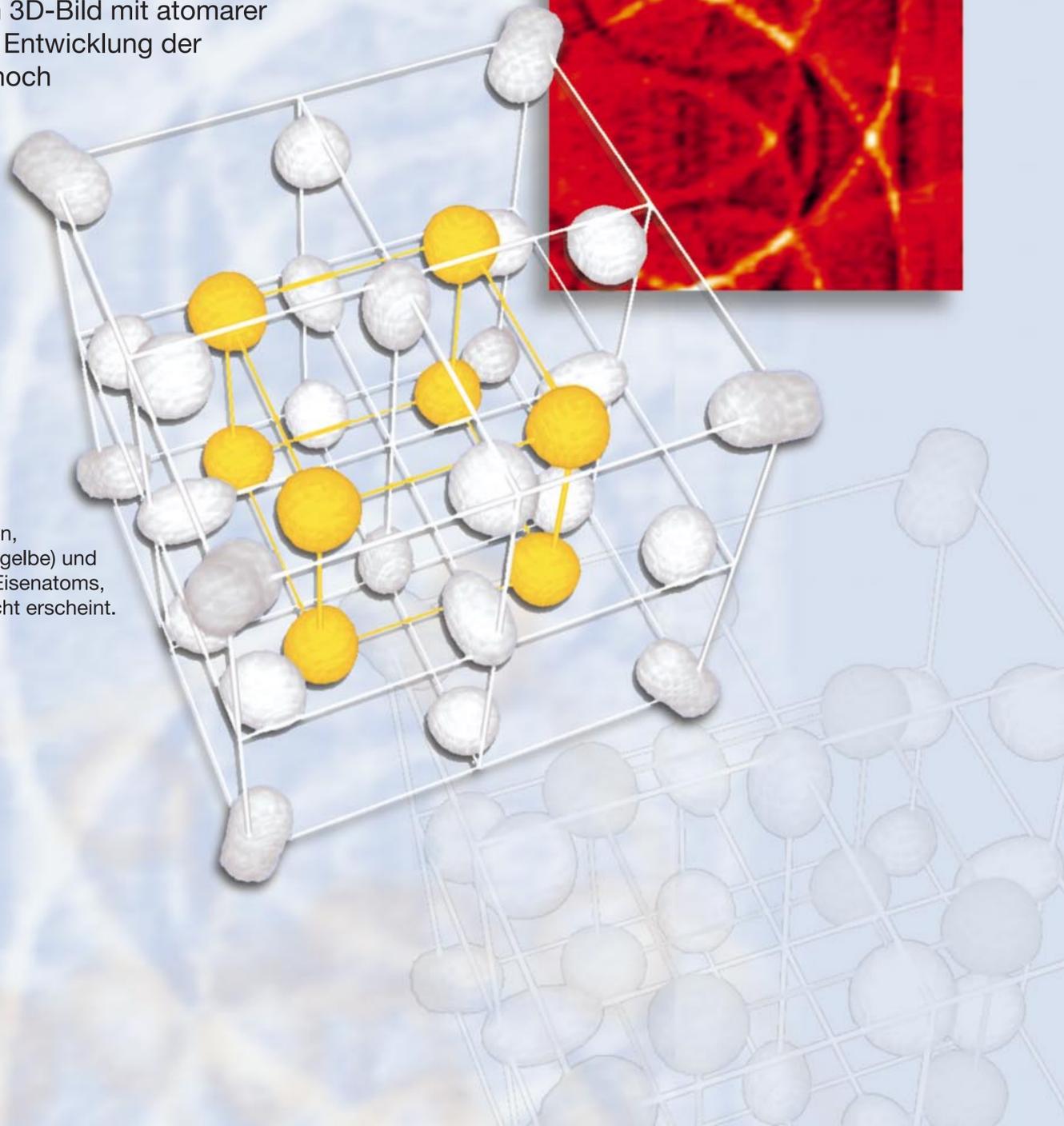
### Die dritte Dimension

Optische Hologramme kennt heute jeder: Sie machen beispielsweise Scheckkarten oder Geldscheine fälschungssicher. Beliebtes Motiv auf dem Plastikgeld: Ludwig van Beethoven, der ernsthaft dreinschauend und dreidimensional erscheint, wenn man die flache Karte hin- und herdreht. Die räumlichen Informationen für ein solches Hologramm werden zumeist durch Laserlicht aufgezeichnet. Dazu wird der Strahl des Lasers in zwei Anteile zerlegt. Das eine Strahlbündel beleuchtet das Objekt, der andere Strahl wird direkt auf die Hologrammplatte gerichtet. Dort überlagern sich die beiden Strahlbündel, und es entstehen feinste Wellen-(Interferenz-)muster, die gewissermaßen das „eingefrorene“ Hologramm bilden. Wenn man es passend beleuchtet, erscheint ein dreidimensionales Bild des Objektes im Raum.

### Kristallstrukturen in 3D

Um atomare Strukturen dreidimensional abzubilden, wird Röntgenlicht genutzt, das an den Atomen in einem Kristall gestreut wird. Mit Hilfe dieser Röntgenholographie gelangen Wissenschaftlern des Hamburger Synchrotronstrahlungslabors HASYLAB detaillierte Einblicke in den dreidimensionalen Aufbau von Kristallen. Mit ausgeklügelten Messmethoden und mathematischen Verfahren ermittelten sie die Position der verschiedenen Atome in einem Kristall. Man „sieht“, welches Atom vorne liegt und welches hinten – ein 3D-Bild mit atomarer Auflösung. Ein wichtiger Grund, die Entwicklung der Röntgenholographie im HASYLAB noch weiter voranzutreiben, sind die Erwartungen an die neuen TESLA-Röntgenlaser: Diese werden es möglich machen, holographische Bilder von atomaren Vorgängen wie in einem Film aufzunehmen.

Rekonstruktion der Kristallstruktur: Aus dem Hologramm werden mittels eines komplexen mathematischen Verfahrens die Positionen der einzelnen Eisenatome bestimmt. Dabei wird ein Atom dazu genutzt, seine Umgebung abzubilden, die aus 34 Eisenatomen besteht: acht nächste (gelbe) und 26 entferntere (graue) Nachbarn des zentralen Eisenatoms, das sich selbst nicht sieht und daher im Bild nicht erscheint.



# Laserlicht ... vielseitig, präzise und leistungsstark

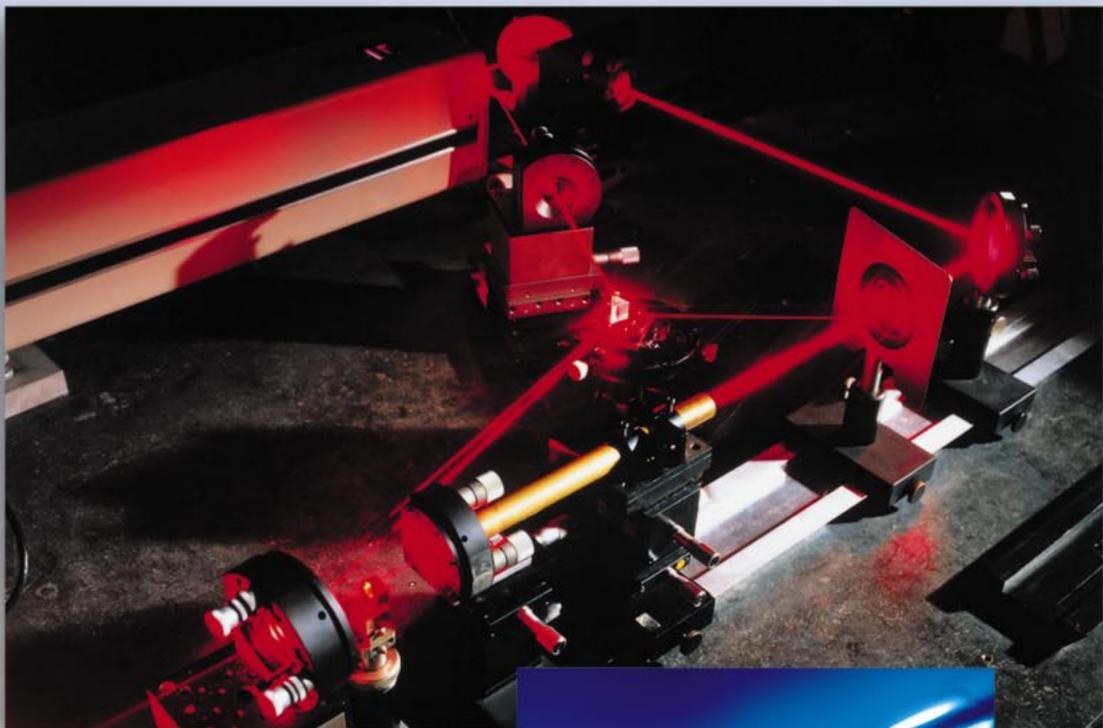
*Laser Light*

*Versatile, Precise and Powerful*



## Im Prinzip einfach

Ein einfacher Laser besteht aus zwei Spiegeln, die parallel zueinander angeordnet sind. In ihrer Mitte befindet sich das aktive Laser-Material, beispielsweise ein Rubin-Kristall. Zwischen beiden Spiegeln wird Licht hin- und hergespiegelt. Dabei läuft es immer wieder durch das Laser-Material und wird dabei verstärkt. Auf diese Weise wird „normales“ Licht zu Laserlicht.



## Laserlicht ist völlig anders

Laser erzeugen Licht mit besonderen Eigenschaften. Das Laserlicht unterscheidet sich grundlegend vom Licht „normaler“ Lichtquellen wie der Glühlampe. Laser liefern:

- einfarbiges Licht von extrem hoher Farbreinheit
- einen nadelspitz gebündelten Lichtstrahl
- Lichtwellen, die im Gleichtakt schwingen
- Licht mit extrem hoher Leuchtstärke.



## Werkzeug Laserlicht

Der Laser ist heute ein unverzichtbares Universalwerkzeug für Wissenschaft, Medizin und Technik. Laser erzeugen einen stark gebündelten Lichtstrahl, dessen Wellenlänge, Helligkeit und Leuchtdauer fein dosiert werden können. Laserlicht ist ein Präzisionswerkzeug, das in vielen Bereichen der Medizin für neue Untersuchungs- und Behandlungsmethoden eingesetzt werden kann. Die Bandbreite reicht von Verfahren zur Früherkennung von Karies über Hornhautchirurgie in der Augenheilkunde bis hin zur Laser-Herzchirurgie. Zudem haben leistungsstarke Laser die Materialbearbeitung mit Licht revolutioniert. Bestrahlt man ein Werkstück mit Laserlicht, wird dieses im Werkstück in Wärme umgewandelt. Auf diese Weise können in einem Material Temperaturen von einigen Millionen Grad Celsius erzeugt werden. Mit leistungsstarken Lasern lassen sich ohne weiteres alle Materialien schmelzen und verdampfen.



000 9594 1