

Abbildung aus dem besprochenen Band

## Mehr als nur zur Illustration

Der Überschallknall ist das unüberhörbare Zeichen, daß ein Düsenflugzeug irgendwo die Schallmauer durchbrochen und dabei eine Stoßwelle erzeugt hat. Solche Phänomene, die immer dann entstehen, wenn sich ein Objekt schneller als der Schall bewegt, lassen sich im Strömungskanal an Flugzeugmodellen, aber auch an einem Geschöß studieren. Das hier abgebildete Projektil (schwarz) beispielsweise durchfliegt mit Überschall die aufsteigende warme Luft einer Kerze. Deutlich zu erkennen sind die Stoßwellen, die sich vorne und hinten am Projektil gebildet haben und kegelförmig ausbreiten. Durch die aufsteigende Luft haben sich markante Wirbel gebildet, die sich am Heck des Projektils mit der Luft in den Stoßwellen durchmischen. Die Zonen unterschiedlicher Luftdichte spiegeln sich in den Farben. So entspricht Blau einer niedrigen Gastdichte, also einer niedrigen Lufttemperatur, Rot dagegen einer geringen Dichte und damit einer hohen

Temperatur. Um solche Effekte sichtbar machen zu können, bedarf es einer speziellen Hochgeschwindigkeitskamera, wie sie den Wissenschaftlern am Strömungslabor der Technischen Hochschule Aachen (RWTH) zur Verfügung steht. Welche Bedeutung und Funktion wissenschaftliche Abbildungen für die Forschung und die Wissensvermittlung haben, möchte das Buch „Bild und Erkenntnis“ aufzeigen, in dem auf ungefähr 560 Seiten rund tausend Abbildungen zusammengetragen sind, die aus den etwa 80 Fachrichtungen der RWTH Aachen entstammen. Bei der Lektüre wird schnell deutlich, daß wissenschaftliche Aufnahmen heutzutage mehr sind als reine Illustrationen. Auf der beigelegten CD-Rom sind viele der Abbildungen zu finden, aber auch zahlreiche Videoaufnahmen. (Das Buch „Bild und Erkenntnis“, herausgegeben von Andreas Beyer und Markus Lohoff, ist im Deutschen Kunstverlag erschienen und kostet 49 Euro.) **mi**

## Der Röntgenschleier hebt sich

Die „diffuse“ Strahlung der Milchstraße gewinnt diskrete Konturen

Die Messungen etlicher Satelliten haben den Anschein erweckt, als ginge von der Milchstraße eine nahezu einheitliche diffuse Röntgenstrahlung aus. Nun haben Forscher des Max-Planck-Instituts für Astrophysik in Garching und des Instituts für Kosmosforschung der russischen Akademie der Wissenschaften in Moskau herausgefunden, daß dieses „Röntgenleuchten“ zumindest zum überwiegenden Teil von „diskreten“ Quellen erzeugt wird. Die Entdeckung, über die sie zwei noch nicht veröffentlichte Artikel für die Zeitschrift „Astronomy and Astrophysics“ geschrieben haben, wurde durch die genaueste Röntgenkarte der Galaxis ermöglicht. Diese geht auf zehn Jahre lange Messungen mit dem amerikanischen Satelliten „Rossi XTE“ (X-ray Timing Explorer) zurück.

Nach den früheren Messungen machte die Strahlung, die man einzelnen Quellen zuordnen konnte, nicht mehr als dreißig Prozent des Röntgenleuchtens aus. Das führte zu der Vermutung, daß der Rest diffus ist und etwa von heißem Gas zwischen den Sternen kommen könnte. Es stellte sich aber die Frage, warum das infolge sei-

ner hohen Temperatur stark bewegte Gas die Milchstraße nicht schon längst verlassen hat. Außerdem hätte man die Schätzungen für die Zahl der Supernovae, die das heiße interstellare Gas erzeugen, unrealistisch stark anheben müssen.

Die deutsch-russische Forschergruppe hat jetzt erkannt, daß Sterne mit Röntgenemission in der Milchstraße in vorher unbekannten Mengen vorkommen. Zur Röntgenstrahlung mit hoher Energie tragen vor allem die sogenannten kataklysmischen Variablen bei, von denen es in der Galaxis rund eine Million geben dürfte. Es handelt sich dabei um weiße Zwergsterne in Doppelsternsystemen, die von ihren Begleitern Gas absaugen. Das Gas sammelt sich zunächst in einer heißen Akkretionsscheibe an, die Röntgenstrahlung produziert. Zur Röntgenstrahlung mit geringerer Energie tragen zusätzlich aktive Vorgänge in den heißen Gashüllen („Koronae“) von Sternen bei, deren äußere Schichten – oft von nahen Begleitern – stark aufgeführt werden. In der Milchstraße könnten sich Hunderte von Millionen solcher Sterne befinden. **G.P.**

## Keine Pille gegen Krebs

Vitamintabletten können vitaminreiche Nahrung nicht ersetzen

Die Hoffnung, das Risiko für Lungenkrebs mit Vitamintabletten senken zu können, ist jetzt durch die Auswertung mehrerer großer Studien zerschlagen worden. Weder Tabletten mit Vitamin A, C, oder E noch Multivitamin-Tabletten oder Kapseln mit Folsäure hatten irgendeinen günstigen Effekt auf das Lungenkrebsrisiko. Diese ernüchternde Bilanz gilt allerdings nicht für vitaminhaltige Lebensmittel. Wer reichlich Obst und Gemüse mit Vitamin C oder E verzehrt, kann sein Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken, durchaus senken. Das ist ein weiteres Ergebnis der vor allem in Nordamerika vorgenommenen wissenschaftlichen Studien.

Ihre günstige Wirkung können die Vitamine C oder E demnach nicht in reiner Form, sondern nur zusammen mit anderen Inhaltsstoffen in den Lebensmitteln entfalten. Im Falle des Vitamin C reichen Obstes und Gemüses könnte dies das Beta-Cryptoxanthin sein. Der Ver-

zehr von Lebensmitteln, die viel Vitamin A oder Folsäure enthalten, wirkt sich auf das Risiko für Lungenkrebs hingegen nicht aus. Was das Vitamin A betrifft, ist das eine wichtige Feststellung, weil mit der Einnahme von Vitamin-A-Tabletten für Frauen – nicht für Männer – ein höheres Risiko für Lungenkrebs verbunden zu sein scheint.

Wie Stephanie Smith-Warner von der Harvard School of Public Health in Boston und Kollegen von 14 Kliniken und Einrichtungen für öffentliche Gesundheit in den Vereinigten Staaten und Europa im „International Journal of Cancer“ (Bd. 118, S. 970) weiter berichten, senkt der Verzehr von Obst und Gemüse, das reich an Vitamin C oder E ist, das Lungenkrebsrisiko für beide Geschlechter sowie für Raucher und Nichtraucher gleichermaßen. Diese günstige Wirkung bezieht sich auf alle Arten von Lungenkrebs, nicht aber auf andere Krebskrankungen. **hka.**

## Prion-Protein wirkt auf Blut und Gehirn

Die physiologische Rolle des in vielen menschlichen Zellen vorhandenen Prion-Proteins (PrP) ist noch immer rätselhaft. Berühmtheit erlangten krankhaft veränderte Formen des Proteins, die schlichtweg als Prionen bezeichnet werden. Diese verhalten sich wie Infektionserreger und verursachen beispielsweise den Rinderwahnsinn. Erstaunlicherweise sind bei Mäusen mit defektem PrP-Gen keine Krankheitszeichen zu erkennen. Diese Tiere sind aber resistent gegenüber Prionen-Infektionen. Forscher um Harvey Lodish vom Whitehead Institute für Biomedical Research in Cambridge (Massachusetts) haben kürzlich beobachtet, daß Blutstammzellen das Protein zur Erneue-

rung benötigen. Inaktivierten sie bei Mäusen das PrP-Gen, erlahmte bald die Fähigkeit der Knochenmarkszellen, nach ihrer Übertragung in Empfängertiere für eine Regeneration des Blutes zu sorgen. Führen die Forscher mit Hilfe eines viralen Gentransporters in die Knochenmarkszellen mit inaktivem PrP-Gen ein entsprechendes aktives Gen ein, vermochten die Zellen das blutbildende System wiederherzustellen. Im Labor von Susan Lindquist, die ebenfalls am Whitehead Institute tätig ist, hat man jetzt herausgefunden, daß PrP auch die Neubildung von Nervenzellen im Gehirn fördert. Wie die Forscher in den „Proceedings“ der amerikanischen Akademie der Wissenschaften (Early Edition) schreiben, entwickeln sich embryonale Vorläuferzellen um so schneller zu fertigen Nervenzellen, je mehr PrP vorhanden ist. **bh**

## Schutz vor Vogelgrippe muß in China ansetzen

Die wichtigste Quelle für neue Vogelgrippeviren vom Typ H5N1 scheint das Hausgeflügel in Südchina zu sein. Das legen genetische und immunologische Untersuchungen durch amerikanische und asiatische Forscher nahe. Die Ergebnisse bestätigen, daß die verschiedenen zwischen 1996 und 2004 aufgetauchten Varianten von H5N1 vor allem in der südchinesischen Provinz Guangdong ihren Ursprung nahmen. Dort findet man die größte genetische Vielfalt unter den Viren, was auf eine besonders lange Existenz hinweist. Das H5N1-Virus ist dort unter dem Geflügel bereits seit mindestens zehn Jahren verbreitet, meinen die Forscher. Enten scheinen sich zwar leicht mit dem Erreger zu infizieren, jedoch oft zu überleben, so daß sie das Virus gut weitertragen können. Zugvögel verbreiten das H5N1-Virus zwar über weite Strecken, wie das Auftreten des Erregers innerhalb der Flugrouten in Rußland, Rumänien und der Türkei nahelegt, sie scheinen aber als Quelle neuer H5N1-Viren keine große Rolle zu spielen. Die Virologen ziehen aus ihren Beobachtungen den Schluß, daß es zum Schutz vor einer Pandemie vor allem darauf ankommt, die Gesundheit der Geflügelpopulationen in Südchina zu sichern. **bh**

## Wissenschaftsjournalist nach dem Studium

Jungen Natur- und Technikwissenschaftlern mit journalistischen Interessen wird in diesem Jahr wieder das „Qualifizierungsprogramm Wissenschaftsjournalismus“ angeboten. Träger sind die Bertelsmann Stiftung, BASF und die Volkswagen-Stiftung. Das mehr als neunmonatige Programm umfaßt ein journalistisches Intensivtraining und Recherchephasen sowie mehrmonatige Praktika in führenden Wissenschaftsressorts in Print-, Hörfunk-, Online- oder Fernsehredaktionen. Es startet im September. Die Ausschreibungsfrist endet am 15. März. Details unter [www.bertelsmann-stiftung.de/wissenschaftsjournalismus](http://www.bertelsmann-stiftung.de/wissenschaftsjournalismus). Schriftliche Bewerbungen sind zu richten an Holger Hettwer oder Dr. Frank Zotta, Bertelsmann Stiftung, Carl-Bertelsmann-Straße 256, 33311 Gütersloh. **F.A.Z.**

## Falsches Essen im Alter

Mangelernährung mit weitreichenden Folgen: Bessere Diagnose gefordert

Mit zunehmendem Alter und nachlassender Gesundheit hängt der Grad der Gebrechlichkeit nicht nur von den Krankheiten ab, sondern auch vom Ernährungszustand. Im Vordergrund bei alten und sehr alten Menschen steht dabei allerdings nicht das Übergewicht wie bei den jüngeren Senioren, sondern die Mangelernährung. Ursachen dafür sind Krankheiten, Schwierigkeiten mit dem Kauen sowie eine eingeschränkte Mobilität, die den Einkaufsweg immer beschwerlicher macht. Die Mangelernährung bestimmt den weiteren Krankheitsverlauf und die Lebenserwartung. Trotz dieser Bedeutung sieht die Altersmedizin keine systematische Erfassung des Ernährungsstatus vor. Es gibt auch keine klaren Kriterien für die Diagnose einer Mangelernährung. Erfahrene Geriater und Ernährungsmediziner gelangen zwar meist sehr schnell zu einer subjektiven Einschätzung, können diese aber wegen des Fehlens von objektiven Daten kaum transparent machen.

Die Schwierigkeiten beim Umgang mit der Mangelernährung beginnen bereits bei der Definition. Im Alter versteht man darunter keinen krankheitsbedingten Gewichtsverlust, sondern ein Defizit an sämtlichen Nähr- und Energiestoffen. Die Folgen sind bei Hochbetagten allerdings nicht mit den klassischen Methoden der Ernährungsmedizin zu messen. Werte wie Körpergewicht, Körpermassenindex, Verhältnis von Taille zu Hüfte und Tiefe der Hautfalten haben bei ihnen nur wenig Aussagekraft. Das hängt damit zusammen, daß die Körpergröße im Alter stetig abnimmt, der Anteil des Körperfetts auf Kosten der Muskelmasse steigt und die Einlagerung von Flüssigkeit einen Gewichtsverlust kaschiert.

Fest steht nur, daß eine Mangelernährung um so wahrscheinlicher ist, je kränker die Hochbetagten sind, je schwerer ihnen die Bewegung fällt und je mehr sie auf äußere Hilfe angewiesen sind. Senioren, die sich im alltäglichen Leben noch selbst versorgen können, sind deshalb selten mangelernährt. In Alten- und Pflegeheimen steigt die Zahl der Betroffenen allerdings sprunghaft an. Vermutlich weist dort mehr als die Hälfte der Bewohner einen schlechten Ernährungsstatus auf.

Mangelernährung ist eine der größten, zugleich aber auch eine der am meisten unterschätzten Herausforderungen der Geriatrie. Eine internationale Expertenkommission hat sich deshalb unlängst mit Empfehlungen für eine bessere Diagnostik zu Wort gemeldet. Diese Vorschläge sind jetzt in der „Deutschen Medizinischen Wochenschrift“ von Jürgen Martin Bauer vom Klinikum Nürnberg und seinen Kollegen zusammengefaßt worden (Bd. 131, S. 223). Auch die „Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie“ hat dem Thema ein Schwerpunkt gewidmet (Bd. 38, S. 313).

Zu den Krankheiten, die eine Mangelernährung hervorrufen können, zählen Schluck- und Geschmacksstörungen, Schilddrüsenleiden, Krebs, Demenz, Depression oder eine Parkinson-Erkrankung. Auch eine restriktive Kost oder eine spezielle fett- oder cholesterinarme Diät kann Defizite bei der Nährstoffaufnahme zur Folge haben. Umgekehrt führt auch die Mangelernährung zu verschiedenen Krankheiten. Typische Folgen sind Störungen der Wundheilung, Hauterkrankungen, Schleimhautblutungen, Nachtblindheit und Gemütsveränderungen. Auch Medikamente haben Auswirkungen auf den Ernährungsstatus. Einige Wirkstoffe mindern zum Beispiel den Appetit, lassen den Mund trocken werden, erzeugen Übelkeit oder Erbrechen, machen müde oder stören die Aufnahme der Nährstoffe aus dem Darm. Wenn es um die Diagnose einer Mangelernährung geht, müssen deshalb alle bestehenden Erkrankungen und deren Behandlung auf den Prüfstand.

Einen ersten Hinweis auf eine Mangelernährung gibt laut Einschätzung der Experten bereits ein Eßprotokoll. Dabei sind sogar grobe Angaben schon hilfreich. Besser ist allerdings ein Protokoll, in dem die Menge und Art der verzehrten Lebensmittel genau festgehalten werden. Anhand der Angaben können auch Rückschlüsse auf den Appetit und die Selbstständigkeit beim Essen gezogen werden. Solche Protokolle müssen allerdings immer mehrere Tage lang geführt werden, weil sie ansonsten nur wenig Aussagekraft besitzen. Geringe Verzehrsmengen deuten fast immer auf eine Mangelernährung hin.

Von den Meßwerten, die bei der körperlichen Untersuchung gewonnen werden können, stellt nur der Wadenumfang eine zuverlässige Größe dar. Ein Umfang von weniger als einunddreißig Zentimetern gilt nach Ansicht von Bauer und seinen Kollegen als deutlicher Hinweis auf eine schlechte Ernährung. Bei Hochbetagten muß zudem jeder unbeabsichtigte Gewichtsverlust als Alarmzeichen gesehen werden, wobei diese Einbußen nicht absolut in Kilogramm, sondern in Prozent des Ausgangsgewichtes beziffert werden sollten. Auch der Körpermassenindex kann, trotz der im Alter geltenden Einschränkungen für diesen Wert, zur Sicherung der Diagnose herangezogen werden. Bei geriatrischen Patienten gilt ein Wert unter 20 als bedenklich, bei jüngeren Patienten ein Wert unter 18.

Die bioelektrische Impedanzanalyse ist nach Ansicht von Bauer und seinen Kollegen nicht für die Diagnose einer Mangelernährung im Alter geeignet. Bei diesem Verfahren ermittelt man den Anteil des Körperfetts am Gesamtgewicht. Dazu wird ein schwacher, nicht spürbarer elektrischer Strom durch den Körper gesandt. Fest setzt dem Strom einen größeren Widerstand entgegen als Muskeln oder Wasser. Aus den Widerstandswerten kann der Anteil des Körperfetts berechnet werden. Bei älteren Menschen werden die Werte allerdings durch ständig wechselnde Mengen an eingelagerter Flüssigkeit verfälscht.

Hilfreich für die Diagnose sind nach Ansicht der Experten einige Fragebögen. Der beste ist der Mini-Nutritional-Assessment-Fragebogen, der im Internet unter [www.mna-elderly.com](http://www.mna-elderly.com) zu finden ist. Er besteht aus einer Kurzfassung mit sechs Fragen sowie einer Langfassung mit zwölf weiteren Fragen. Erfäßt werden verschiedene Aspekte der Ernährung, der Selbsteinschätzung und der Lebensumstände sowie einige Meßwerte. Jede Antwort erhält einen Punktwert. Die Summe ergibt einen Score, mit dem auf den Ernährungsstatus geschlossen werden kann. Nach Ansicht von Bauer und seinen Kollegen sollten alle Patienten, die älter als 65 Jahre sind, regelmäßig mit einem solchen Fragebogen auf eine mögliche Mangelernährung hin untersucht werden. **HILDEGARD KAULEN**

## Der Doppelspalt in etwas anderem Licht

Deutsche Forscher verwirklichen ein klassisches Experiment: Beugung mit extrem kurzen Laserpulsen

Das Doppelspalt-Experiment ist ein klassischer Interferenzversuch und jedem Physikstudenten aus dem Grundstudium vertraut. Das Experiment, bei dem ursprünglich ein Lichtstrahl in zwei sich gegenseitig überlagernde Strahlen aufgeteilt wurde, war für die Entwicklung der Lichtwellentheorie im 19. Jahrhundert ebenso wichtig wie für die Formulierung der Quantenphysik. Auch heute noch findet das Doppelspalt-Experiment in abgewandelter Form viele Anwendungen. So haben Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching eine ungewöhnliche Version des Versuchs ersonnen.

Die Grundidee des Doppelspalt-Experiments ist etwa zweihundert Jahre alt. Fällt eine Welle durch zwei nebeneinanderliegende Schlitze, so läßt sich auf einem dahinter befindlichen Schirm ein charakteristisches Interferenzmuster aus hellen und dunklen Streifen beobachten. Es rührt von den beiden Teilwellen her, die von je einer der beiden Öffnungen ausgehen und sich gegenseitig überlagern. An den hellen Stellen des Schirms verstärken sie sich, an den dunklen löschen sie sich gegenseitig aus.

Zu Anfang des 19. Jahrhunderts gelang es dem britischen Physiker Thomas Young auf diese Weise, die Wellennatur des Lichts nachzuweisen. Später ist in abgewandelten Versionen des Experiments demonstriert worden, daß auch Materie Wellencharakter besitzt: Elektronen, Neutronen und Atome, ja sogar Moleküle zeigen ebenfalls ein charakteristisches Interferenzmuster, wenn sie einen Doppelspalt passieren. Dabei ist es nicht erforderlich, daß ein Teilchen den einen und ein zweites den anderen Weg nimmt. Experimente, bei denen einzelne Lichtquanten durch einen Doppelspalt geschickt wurden, haben gezeigt, daß ein Photon quasi mit sich selbst interferieren kann. Entscheidend ist, daß dem Teilchen zwei unterscheidbare, aber gleichwertige Wege zur Verfügung stehen, auf denen es sein Ziel – einen Schirm oder Detektor – erreichen kann.

Die Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching haben nun ein besonders originelles Interferenzexperiment verwirklicht. Das Ungewöhnliche daran: Eine Schlitzeblende im eigentlichen Sinn gibt es nicht. Die beiden Wege, die die Teilchen – in diesem Falle sind es Elektronen – einschlagen können, werden durch einen extrem kurzen Laserpuls geschaffen, dessen sinusförmig oszillierendes elektrisches Feld aus nur wenigen Schwingungszyklen besteht. Die Wellenberge des Feldes wirken dabei gewissermaßen wie die Schlitze einer Blende, die sich nacheinander öffnen und so den Teilchen für einen kurzen Moment verschiedene Wege anbieten, auf denen sie eintreten können. Mit den Laserpulsen wurden auch die Elektronen erzeugt.

In ihrem Experiment haben die Forscher um Ferenc Krausz die Lichtblitze

auf Argonatome gerichtet, aus deren Hülle einzelne Elektronen herausgeschlagen wurden. Ein Argonatom kann man sich dabei stark vereinfacht vorstellen als einen Apfelbaum, an dem gerüttelt wird, erst zur einen, dann zur anderen Seite. Nur wenn das kräftig genug geschieht, können die Äpfel herunterfallen beziehungsweise die Elektronen der Anziehung des Atomkerns entkommen. Die freigesetzten Teilchen wurden durch das elektrische Feld des Lichtpulses in Richtung von zwei sich gegenüberstehenden Detektoren beschleunigt. Die Nachweisgeräte hatten zum Ort des Geschehens den gleichen Abstand.

Wie Krausz und seine Kollegen in der Zeitschrift „Physical Review Letters“ (Bd. 95, Nr. 040401) berichten, unterschieden sich die beiden gemessenen Elektronenspektren deutlich voneinander. Während das eine ein Interferenzmuster zeigte, wie man es von einem

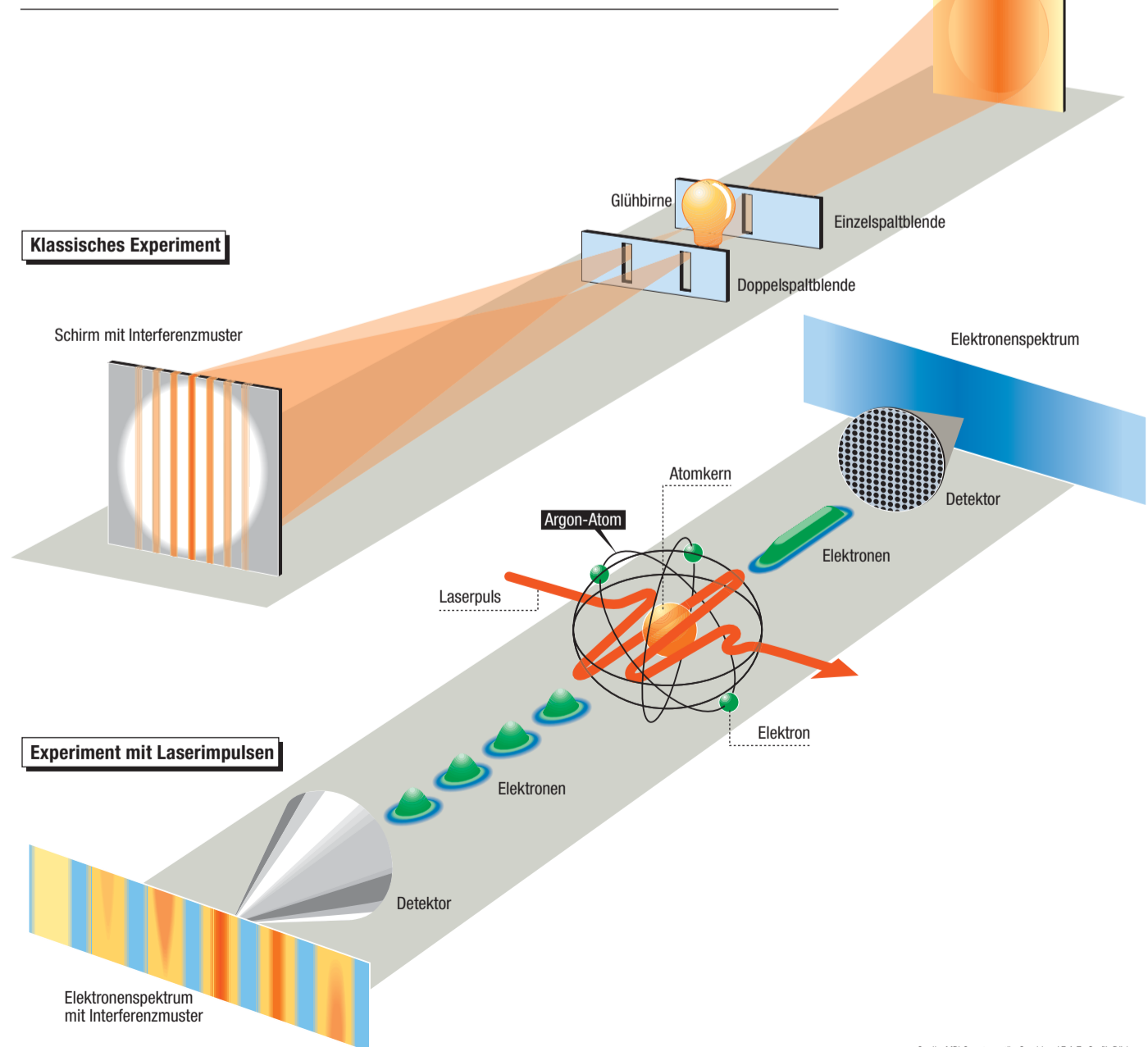
Doppelspalt-Experiment erwarten würde, wies das andere Spektrum keine Interferenzstruktur auf. Die Elektronen haben sich genauso verhalten, als ob sie durch einen einfachen Spalt geflogen wären.

Das sinusförmig schwingende elektrische Feld hatte jedem freigesetzten Elektron – entsprechend der Zahl und der räumlichen Lage der Schwingungsmaxima – ein oder zwei Fluchtwege eröffnet, auf denen die Teilchen entweder zum einen oder zum anderen Detektor gelangen konnten. War das Elektron nur einem Schwingungsmaximum ausgesetzt, hatte es auch nur eine Möglichkeit, dem Argonatom zu entkommen. Dementsprechend trat auch kein Interferenzsignal auf. Anders bei zwei Schwingungsmaxima, die in die gleiche Richtung zeigten. Das entsprach gewissermaßen der Situation, daß ein Teilchen einen Doppelspalt passiert. Folglich war auch in einem der beiden Elektronenspektren ein

charakteristisches Streifenmuster zu erkennen.

Der Versuch stellte die Experimentierkunst der Garchinger Physiker vor besondere Herausforderungen. Sie mußten den zeitlichen Verlauf und die Phase jeden Laserpulses bis auf wenige Attosekunden (trillionstel Sekunden) genau einstellen. Das war kein leichtes Unterfangen – selbst für Ferenc Krausz, der als Pionier auf dem Gebiet der Attosekundenphysik gilt und für seine Leistungen kürzlich mit dem renommierten Leibniz-Preis ausgezeichnet wurde. Durch die Interferenzmessungen erhofften sich die Wissenschaftler Aufschluß darüber, wie die Elektronen mit dem schnell oszillierenden Lichtfeld wechselwirken, also ob sie gewissermaßen wie die Äpfel bei der leiseften Berührung vom Baum fallen oder ob sie ziemlich fest an den Ästen hängen und sich erst nach kräftigem Schütteln vom Baum lösen. **STEFANIE HENSE**

## Beugung am Doppelspalt



Quelle: MPI Quantenoptik, Garching / F.A.Z.-Grafik Döring