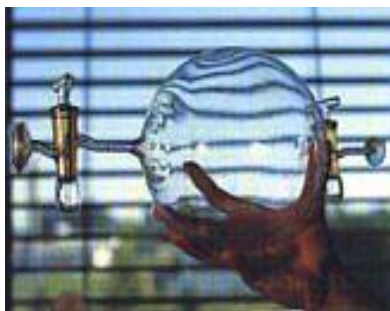


Körper-Preis für die Europäische Wissenschaft 1998

Kernspintomographie mit Helium-3 – Neue Wege in der Lungendiagnostik

Werner Heil, Michèle Leduc, Ernst W. Otten, Manfred Thelen

Eine spezielle Variante des Edelgases Helium, von Physikern im Zuge von Grundlagenforschungen entwickelt, hilft jetzt die Lunge besser zu durchleuchten als bisher und Erkrankungen des Atmungsorgans früher zu erkennen.

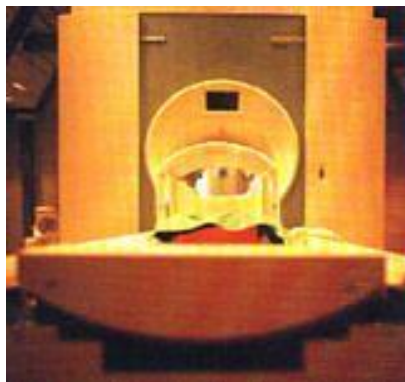


Helium-3 – ein für das menschliche Auge nicht sichtbarer Stoff, der es in sich hat.

(Foto: Friedrun Reinhold)

Bilder von der atmenden Lunge in nie da gewesener Detailtreue, auf denen sich die normale Funktion des Organs ebenso wie krankhafte Störungen erkennen lassen. Bilder, die zeigen, wie die Luft durch die Bronchien in das Atmungsorgan strömt und sich dort in immer feinere Verästelungen aufteilt. Bilder vor allem, die ohne jegliche Belastung durch Röntgenstrahlen oder Radioaktivität gewonnen werden und die pathologische Veränderungen der Lunge früher als bisher erkennen lassen. Sie wurden möglich durch eine Art »Zauberstoff«, eine ganz besondere Variante des Edelgases Helium, das Patienten einatmen und das dann unter einem Kernspintomographen sichtbar gemacht wird. Es liefert praktisch einen Fingerabdruck des Geschehens in der Lunge. Das Verfahren ist Ergebnis einer ganz ungewöhnlichen Zusammenarbeit

zweier völlig verschiedener Wissenschaftszweige, die aus einer Erkenntnis der reinen Grundlagenforschung zu einer überraschenden, für Patienten nützlichen Anwendung führte – und die deshalb mit dem Körper-Preis für die Europäische Wissenschaft 1998 prämiert wurde. Begonnen hatte das alles gut zehn Jahre zuvor.



Für die Aufnahmen mit polarisiertem Helium wurde ein herkömmlicher Kernspintomograph umgerüstet.
(Foto: Friedrun Reinhold)

Herbst 1987. Die Experimentalphysiker Professor Dr. Ernst W. Otten und Dr. Werner Heil vom Institut für Physik der Universität Mainz machen sich auf zu einem Forschungssemester ans Kastler Brossel-Laboratorium der École Normale Supérieure in Paris, um dort mit ihrer Kollegin Professor Dr. Michèle Leduc zusammenzuarbeiten. Frau Leduc ist Spezialistin für Laser und hat ein leistungsstarkes Gerät mit einer bestimmten Wellenlänge entwickelt, das die beiden Mainzer Physiker interessiert: Sie wollen von ihrer Kollegin lernen, wie man mit Hilfe des Lasers größere Mengen eines neuartigen Stoffes herstellen kann, den sie für physikalische Grundlagenforschungen benötigen. Es handelt sich um eine spezielle Form des Edelgases Helium. Dahinter steckt das Verlangen zu wissen, was die Welt im Innersten zusammenhält und wie die Grundbausteine unserer

Materie aufgebaut sind. Das Edelgas soll den Physikern helfen, Fragen über die Natur der Bausteine von Atomkernen in Experimenten zu beantworten. Doch es ist ein langer, schwieriger Weg bis dahin – und für den Laien nicht einfach nachzuvollziehen.



Werner Heil, Ernst W. Otten, Manfred Thelen und Michèle Leduc (v.l.)
(Foto: Friedrun Reinhold)

Helium ist nach Wasserstoff das am zweiteinfachsten gebaute chemische Element. Es besteht aus einem positiv geladenen Atomkern, der von zwei negativ geladenen Elektronen umschwirrt wird – ähnlich wie die Planeten unsere Sonne umkreisen. Der Kern des normalen Heliums wiederum ist aus vier Bausteinen zusammengesetzt: aus zwei Protonen – sie tragen je eine positive Ladung – sowie aus zwei Neutronen, die elektrisch neutral sind. Otten und Heil allerdings arbeiten mit einer Helium-Variante – Physiker sprechen von Isotop –, der ein Neutron fehlt. Sie wird als Helium-3 bezeichnet, besitzt also nur drei Teilchen im Kern. Man kann sich die Bausteine der Atome als winzige Kugeln vorstellen, die sich um ihre Achse drehen,

wie es auch Himmelskörper tun. Diese Drehung der Bausteine nennt der Physiker »Spin«. »Die beiden Protonen des Heliums drehen sich in entgegengesetzter Richtung«, erklärt Professor Otten. »Dadurch heben sich ihre Spins gegenseitig auf. Auch das Neutron hat einen Spin, gepaart mit einem magnetischen Dipol, wie ihn ja auch die sich drehende Erde besitzt. Da wir bei Helium-3 nur ein Neutron haben, werden dessen Spin und magnetischer Dipol nicht aufgehoben und können daher ausgerichtet, das heißt polarisiert werden.« Und genau auf diesen Effekt kommt es den Physikern an. Mit Hilfe von polarisiertem Licht aus Frau Professor Leducs Spezial-Laser gelingt es ihnen nach langwierigen Versuchen, die Neutronen der Helium-3-Atome gleichzuschalten, also deren Spins zu polarisieren.

Das so präparierte Gas eröffnet den Physikern ganz neue experimentelle Möglichkeiten. Professor Otten: »Wir schießen mit einem Beschleuniger Elektronen auf die polarisierten Kerne. Sie werden vom elektromagnetischen Feld der polarisierten Neutronen abgelenkt, und das ermöglicht uns Rückschlüsse darauf, wie das Neutron aufgebaut ist. Das Ganze ist praktisch eine Art Mikroskop für Kernteilchen.« Auch für weitere physikalische Grundlagenuntersuchungen, die Dr. Werner Heil später am europäischen Forschungsreaktor in Grenoble vornimmt, erweist sich die neue Helium-Variante als äußerst nützlich.



Bildschirme machen sichtbar, was der Kernspintomograph registriert.
(Foto: Friedrun Reinhold)

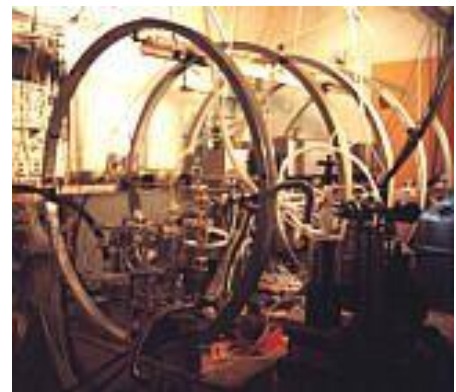
Während Otten und Heil – im Sommer 1988 nach Mainz zurückgekehrt – an der Technik zur Herstellung des spinpolarisierten Heliums basteln, nehmen der Mainzer Radiologe Professor Dr. Manfred Thelen und seine Mitarbeiter an ihren Patienten Untersuchungen mit herkömmlichen Kernspintomographen vor. Noch ahnen die beiden Teams nicht, dass sie ihr Fachwissen in einigen Jahren für ein neues Verfahren kombinieren werden. Der Wendepunkt der Entwicklung kommt, als Professor Otten 1994 von einer Veröffentlichung in der Fachzeitschrift »Nature« erfährt. Darin hatten amerikanische Wissenschaftler von einem Experiment berichtet, bei dem sie ein spinpolarisiertes Gas – in diesem Fall Xenon – in die Lunge einer toten Maus gebracht hatten, um dieses Organ sichtbar zu machen. »Die Amerikaner hatten nur Kubikzentimetermengen an spinpolarisiertem Gas zur Verfügung.

Wir aber waren inzwischen in der Lage, Litermengen herzustellen«, kommentiert Otten heute und zog damals die Konsequenz: »Das können wir sogleich an der menschlichen Lunge wiederholen.« So kommt es, dass kurze Zeit später das Telefon des Radiologen Manfred Thelen klingelt und Ernst Otten am Apparat ist. Der Physiker berichtet, er habe da eine Substanz mit hochpolarisiertem Kernspin und fragt, ob Thelen damit vielleicht etwas anfangen könne.

»Ich habe ungefähr zehn Sekunden Zeit zum Nachdenken gebraucht«, erinnert sich Professor Thelen »Dann sagte ich: Her damit!« Dem Mediziner ist das enorme klinische Potential dieses Stoffes sofort klar. Thelen arbeitete ja schon seit vielen Jahren mit Kernspintomographen. Bei diesem Verfahren werden mit einem starken Magneten die Kerne von Wasserstoffatomen im Körper des Patienten – die ebenfalls als winzige Magneten vorzustellen sind – ausgerichtet und so sichtbar gemacht. Das Magnetfeld des Tomographen registriert die Verteilung des Wasserstoffes und macht so Körperstrukturen, die unterschiedliche Anteile dieser Atome enthalten, sichtbar.

Eine Substanz, deren Kerne von vornherein polarisiert sind und somit gar nicht erst magnetisiert zu werden brauchen, wäre den Wassermolekülen vielfach überlegen, ist Thelen bewusst. Er stimmt begeistert einer Zusammenarbeit zu, und es dauert nur zwei Monate, bis das Verfahren erstmals zum Einsatz kommt. Zunächst gehen die Wissenschaftler zum Krebsforschungszentrum in Heidelberg, denn nur dort gibt es einen speziellen Kernspintomographen, der sich ohne größere Umbauten auf die Heliumkerne justieren lässt. »Das Ergebnis war überwältigend«, schwärmt Thelen. »Erstmals konnten wir die Atemgasverteilung in Luftröhre und Lunge sehen.« Ermutigt durch dieses Ergebnis, rüstet der Radiologe dann seinen Kernspintomographen in Mainz mit Hochdruck für die neue Technik um. Anfang 1996 ist es so weit, dass das Verfahren in Mainz etabliert ist.

Das Körper-Preisgeld von 700.000 DM soll nun dazu verwendet werden, das Projekt methodisch und medizinisch weiter zu entwickeln. Und Thelen sieht jede Menge nützlicher Anwendungen für die Kernspintomographie mit Helium. So lässt sich die Technik einsetzen, um eine Vielzahl von Lungenerkrankungen früher als bisher zu diagnostizieren: Zum Beispiel chronisch obstruktive Lungenerkrankungen (COPD), Asthma bronchiale oder die Folgen der Mukoviszidose. Gleichzeitig lässt sich die Wirksamkeit von Therapien und Medikamenten bei ihrer Behandlung überprüfen. Sind Operationen wegen Tumoren oder Emphysemen an der Lunge erforderlich, kann das neue Verfahren herangezogen werden, um die Funktion des Organs vor dem Eingriff zu prüfen und entscheiden zu helfen, welche Teile entfernt werden dürfen, ohne die Atmung zu sehr zu beeinträchtigen. Sodann ist die Kontrolle nach der Operation möglich. Auch nach Lungentransplantationen lässt sich das Verfahren einsetzen: Zum Überwachen der Funktion und zur Früherkennung von Abstoßungsreaktionen. »Ich glaube, dass unser Projekt sich in der Zukunft zu einem Routineverfahren in der



Fünf Spulen erzeugen ein Magnetfeld, in dem Helium-3 mit dem Infrarotlaser polarisiert wird.

(Foto: Friedrun Reinhold)

Lungenfunktionsdiagnostik entwickeln wird«, schwärmt Thelen. Doch es ist noch ein weiterer Vorteil des neuen Verfahrens, der den Radiologen begeistert: »Das Helium verliert im Kontakt mit Luftsauerstoff schnell seine Polarisierung. Das Tempo der Depolarisation ermöglicht daher Rückschlüsse auf die Sauerstoffkonzentration in bestimmten Lungenabschnitten. Die normale Funktion der Lunge wird mit unserem Verfahren zum ersten Mal messbar und pathologische Zustände lassen sich frühzeitig erkennen. Das ist Weltpremiere!« Auf diese Weise sind in vielen Fällen Atemverteilungsstörungen zu erkennen, noch ehe der Betroffene irgendwelche Beschwerden hat. Und es lassen sich rechtzeitig therapeutische Maßnahmen einleiten – bevor die Lunge unwiderruflich geschädigt ist.

Kontakt
Körper-Stiftung
Körper-Preis
Kehrwieder 12
20457 Hamburg
Telefon +49 40 · 80 81 92 -181
E-Mail koerberprize@koerber-stiftung.de