

# Kernphysik und Anthropologie

Klaus Bethge

## Einleitung

Die Kernphysik wird häufig pauschal nur als Grundlage der Technik für die Energiegewinnung aus Kernenergie oder im schlimmeren Fall als die Wissenschaft, die eine verheerend brutale Waffe hervorgebracht hat, angesehen.

Es ist jedoch ein Faktum unseres Lebens und damit auch ein Gegenstand der anthropologischen Forschung, daß wir existieren und zwar aus Atomen aufgebaut, die alle einen Atomkern haben. Dies sind unsere ganz »individuellen Atomkerne«, über die wir Bescheid wissen sollten. Als Beispiel soll uns eine Person mit einem Gewicht von 75 kg dienen. Wenn wir alle die Atome zusammenzählen, aus denen diese Person besteht und dann das Gewicht ihrer Elektronen abziehen, so kommen wir auf ca. 74,98 kg. Dies zeigt, wie bedeutend diese Atomkerne für uns sind. Hier liegt eine organäre Beziehung zwischen Kernphysik und Anthropologie.

Es kann auch die anthropologische Ethik herangezogen werden, die gerade in der Frage, ob wissenschaftliche Forschung auch zur Entwicklung von menschenvernichtenden Methoden dienen darf, oder wie der Forscher mit seinen Forschungsergebnissen umgeht, eine wichtige Rolle spielt, grundlegend wirken. Dieser Frage hat der bedeutende Anthropologe Hermann MUCKERMANN (\* Bückeburg 30. 8. 1877 und Berlin † 27. 2. 1962) einen Teil seiner wissenschaftlichen Arbeit gewidmet, mit der ich bereits in meinem ersten Semester konfrontiert wurde. Aber auch dies soll nicht Gegenstand der nachfolgenden Erörterungen sein.

Hier sollen Methoden der Kernphysik erörtert werden, die in anderen Bereichen naturwissenschaftlicher oder technischer Forschung wesentliche Hilfe in der Aufklärung von offenen Fragen, vor allem auch solchen nach soziologischem Verhalten von Menschengruppen in vergangenen Zeiten, bieten können.

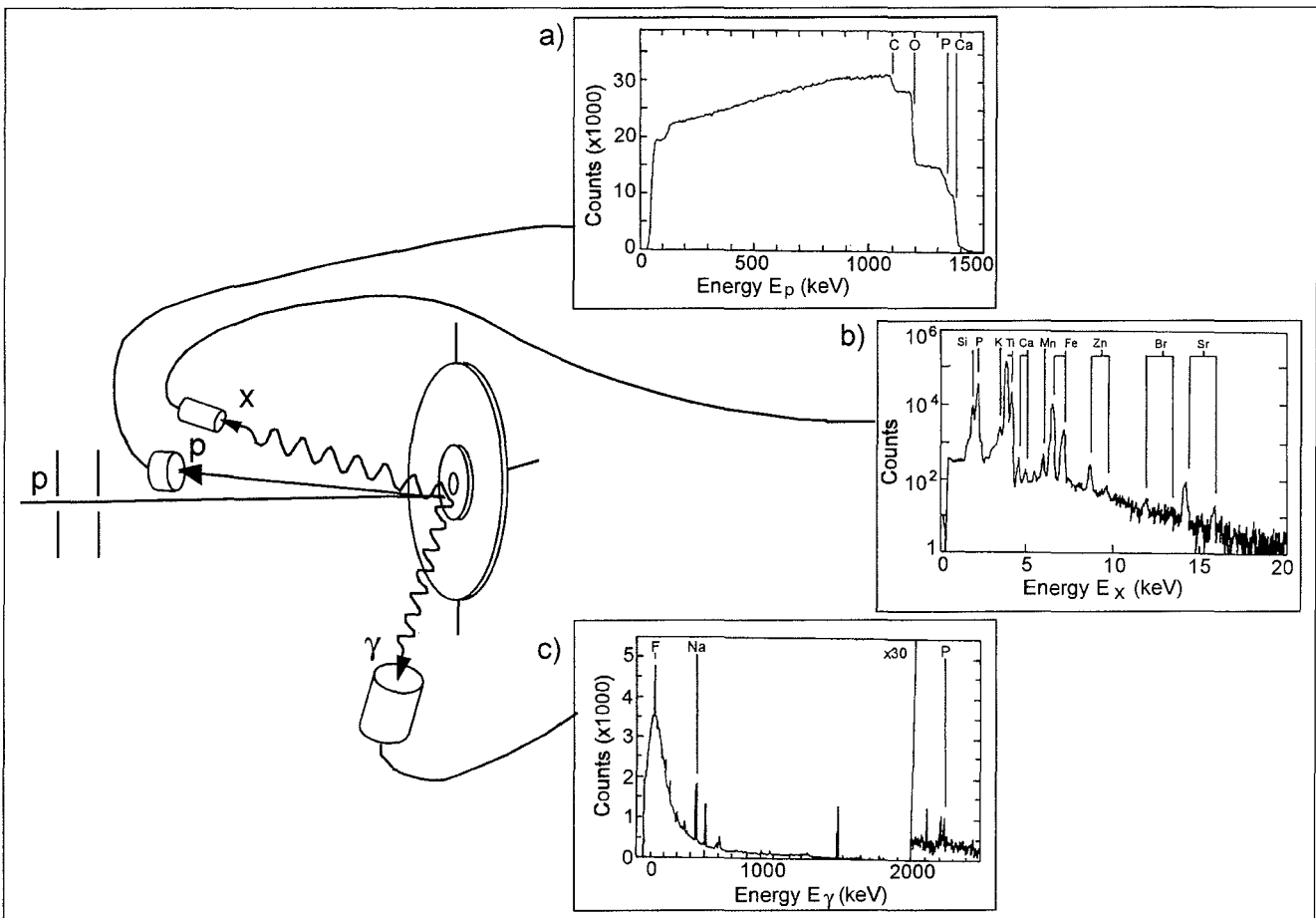


Abb. 1: Ionenstrahlmeßmethoden: a) Rutherford-Rückstreuung (RBS), b) Teilcheninduzierte Röntgen-Strahlung (PIXE), c) Teilcheninduzierte Gamma-Strahlung (PIGE)

## Kernphysikalische Meßmethoden

Ein dominierendes Forschungsgerät der Kernphysik ist nicht der Kernreaktor, sondern der Beschleuniger. Für die Arbeiten, die hier vorgestellt werden sollen, kommen keine großen Ringbeschleuniger in Frage, wie sie z. B. in den großen Kernforschungszentren wie CERN bei Genf oder DESY in Hamburg betrieben werden, sondern kleine elektrostatische Beschleuniger vom Typ z. B. van de GRAAFF (BETHGE 1996). In einem solchen Beschleuniger wird die Spannung durch Ladungstransport erzeugt. Die aus einer Ionenquelle durch Ionisation der Atome herausgezogenen Ionen werden dann in dem elektrischen Feld beschleunigt. Je nach Anwendung müssen unterschiedliche Ionen mit variabler Energie für die Untersuchungen zur Verfügung stehen. Mit diesen Ionen lassen sich Materialien sowohl verändern, man nennt diesen Prozeß Ionenimplantation, wie er heute vorwiegend in der Halbleiterindustrie angewandt wird, als auch analysieren. Im Institut für Kernphysik der Universität Frankfurt stehen zwei van de GRAAFF-Beschleuniger, die maximale Spannungen von 2.5 MV bzw. 7.2 MV erreichen. Sie genügen allen gegenwärtig wichtigen Untersuchungen vollkommen.

Dieses Gebiet der Materialanalyse ist eine friedliche Anwendung der Kernphysik. Sie hat sich seit einigen Jahren in der Materialforschung als unentbehrliches Hilfsmittel etabliert. Dieser Aspekt wird auch im Zusammenhang mit der Knochenanalyse die wesentliche Rolle spielen.

Ebenso wie Materialien, d. h. Grundstoffe wie Metalle, Halbleiter oder Keramiken, analysiert werden, lassen sich auch Knochen untersuchen. Dabei stehen Fragen nach der Elementzusammensetzung oder der Elementverteilung im Vordergrund des Interesses.

Die für die kernphysikalischen Untersuchungen benötigten Ionen liefert der Beschleuniger, die für die Analyse wesentliche Messung erfolgt mit Detektoren, d. h. Geräten, die für den Strahlungsnachweis geeignet sind. Für die Teilchenmessung haben sich Halbleiterdetektoren, für die Strahlungsmessung ( $\gamma$ - oder Röntgen-Strahlung) Szintillationszähler bewährt (BETHGE 1996). Alle Messungen müssen im Vakuum erfolgen, weil die Ionenstrahlen in normaler Atmosphäre zu schnell gestoppt werden und die nachzuweisende Strahlung die Detektoren nur schwächt oder sie überhaupt nicht erreicht.

Die Knochenproben, auf die ich mich jetzt beschränke, werden in geeigneter Position in die Vakuumkammer gesetzt und dann wird ihre Oberfläche mit Ionen beschossen. Die Wirkungsweise der Ionenstrahlmethoden sind in Abbildung 1 gezeigt.

Dabei sind für die einzelnen Meßverfahren auch typische Spektren angegeben. Ein Teilchenspektrum (p) ist unter a) gezeigt. Es handelt sich dabei um ein sogenanntes »Rückstreuungsspektrum«, weil die von der Knochensubstanz gestreuten Ionen in die Richtung laufen, aus der sie kamen, also zurückgestreut wurden (Abb. 2).

Die Positionen der einzelnen Stufen (Kanten) lassen sich jeweils anderen Elementen zuordnen. Mit dieser Methode lassen sich Substanzen sowohl bezüglich ihrer Zusammen-

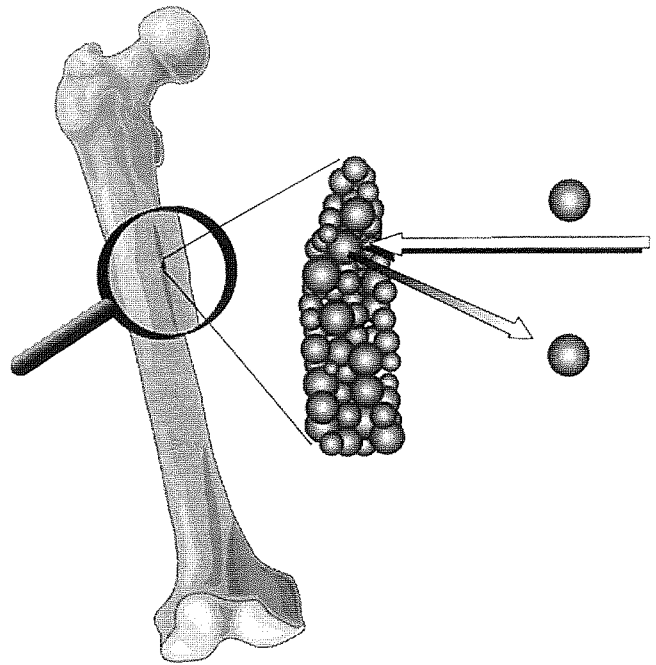


Abb. 2: Schematisches Bild zur Ionenstrahlanalyse an einem Knochen. Die »Lupe« deutet einen mikroskopischen Ausschnitt der Oberfläche an.

setzung (Elementanalyse) als auch der Elementverteilung (Oberfläche oder Innenmaterial) untersuchen. Unter b) ist ein PIXE Spektrum zu sehen. Bei dieser Messung wird charakteristische Röntgen-Strahlung angeregt, die ebenfalls zur Identifizierung von Elementen geeignet ist, denn jedes chemische Element liefert ein charakteristisches Röntgen-Strahlspektrum. Dabei werden Elektronenzustände in der Atomhülle angeregt. Schließlich zeigt das Teilbild c) ein  $\gamma$ -Spektrum, das mit PIGE (Particle Induced Gamma Emission) bezeichnet ist. Jeder Atomkern besitzt ebenfalls Energiezustände, die durch den Beschuss mit Teilchen höherer Energie als beim PIXE-Verfahren angeregt werden können, und dann charakteristische  $\gamma$ -Strahlung aussenden.

## Anthropologische Fragestellungen

Viele anthropologische Forschungen beziehen sich auf Fragen, die mit dem soziologischen Verhalten von Menschengruppen in vergangenen Zeiten verknüpft sind. Umgebungseinflüsse können die Lebensumstände verändert haben, die sich wiederum als dauernde oder krankhafte Veränderung im menschlichen Körper bemerkbar gemacht haben. Von diesen Körpern sind in unsere Zeit bestenfalls die Knochen überkommen. Derartige Veränderungen, z. B. in der Zusammensetzung der Knochensubstanz, können noch heute nachgewiesen werden, vor allem auch mit physikalischen Methoden. Eine dieser Methoden ist die Massenspektroskopie, die zwar die Elemente und ihre Quantität nachzuweisen gestattet, die aber die zu untersuchende Substanz aufbraucht, also zerstört.

Die im vorhergehenden Abschnitt erwähnten kernphysikalischen Untersuchungsmethoden sind dagegen nicht zerstörend, die Substanzen können wiederholt untersucht werden. Wenn allerdings Knochen derart für die Messung präpariert werden müssen, daß Stücke herausgeschnitten werden, so wird zwar der Knochen verändert, die einmal präparierte Probe kann jedoch stets wieder untersucht werden. Die Knochenproben, auf die ich mich jetzt beschränke, werden in geeigneter Position in die Vakuumkammer gesetzt und dann wird ihre Oberfläche mit Ionen beschossen.

Ein erstes Beispiel für die Untersuchung ist im Beitrag von HAMMERL et. al. in diesem Band erläutert.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Klaus Bethge  
Institut für Kernphysik  
Johann Wolfgang Goethe-Universität  
August Euler-Straße 6  
D-60054 Frankfurt am Main

## Literatur

- BETHGE, K. (1996): Kernphysik. Springer, Berlin/Heidelberg.  
JANKUHN, S. et. al. (1996): NTG Broschüre der Tagung Naturwissenschaftliche Technologien in den Naturwissenschaften, Münster.  
JANKUHN, S. et. al. (1996): CAARI '96, Proceedings of the 14th Conference on application of accelerators in research and industry, Denton 6.-10. November 1996, AIP publication.