

## Kurzzusammenfassung

Zur Produktion der medizinisch relevanten Radionuklide  $^{43}\text{Sc}$ ,  $^{44\text{m}+9}\text{Sc}$ ,  $^{44}\text{Ti}$  und  $^{45}\text{Ti}$  wurden durch die Messung von Reaktionswirkungsquerschnitten Unstimmigkeiten von Literaturdaten aufgeklärt und Anregungsfunktionen sowie ideale Energiebereiche bestimmt. Für die Bewertung der Produktionsmöglichkeiten von  $^{45}\text{Ti}$  und  $^{44}\text{Ti}$  wurden die integralen Ausbeuten der protoneninduzierten Kernreaktionen an natürlichem Scandium im Energiebereich von 30-6 MeV ermittelt. Damit ergaben sich ideale Produktionsbereiche von 12,5 bis 5 MeV für  $^{45}\text{Ti}$  bzw. 30 bis 12 MeV im Fall des  $^{44}\text{Ti}$ . Hierbei können bis zu 1,15 GBq/ $\mu\text{Ah}$   $^{45}\text{Ti}$  bzw. 1,4 kBq  $^{44}\text{Ti}$  erzeugt werden. Zur extraktionschromatographischen Abtrennung des trägerarmen (n.c.a.)  $^{45}\text{Ti}$  in kleinen Volumina wurde auf Basis des Harzes 'DGA normal' ein System entwickelt, welches durch eine weiterführende Trennmethodik mit dem Anionentauscher 'DOWEX 1X8' ergänzt wurde. Bezüglich einer attraktiven nuklearmedizinischen Anwendung wurden die relevanten Kernzerfallsdaten des Positronenstrahlers  $^{45}\text{Ti}$  neu bestimmt. Die absolute  $\beta^+$ -Intensität von  $85,7 \pm 2,2\%$  und Emissionswahrscheinlichkeiten der vier wichtigsten  $\gamma$ -Linien konnten durch die Messung dünner, nahezu masseloser Präparate aus trägerarmem Material ermittelt werden. In diesem Zusammenhang wurden erste Versuche zur Speziation der  $^{45}\text{Ti}$ -Verbindung nach seiner Isolierung in wässrigem Medium durchgeführt.

Hinsichtlich der Messung der Wirkungsquerschnitte wurde durch Untersuchungen von Monitornuklidverhältnissen eine verbesserte experimentelle Bestimmung der Projektilenergie für protonen-, deutronen- und  $\alpha$ -induzierte Kernreaktionen über große Energiebereiche ermöglicht. Dabei wurden die Wirkungsquerschnitte der  $^{\text{nat}}\text{Cu}(p,x)^{61}\text{Cu}$  Monitorreaktion bestimmt und der Nutzungsbereich der  $^{\text{nat}}\text{Ti}(d,x)^{48}\text{V}$ -Monitorreaktion um 25 MeV vergrößert.

Für die Herstellung von  $^{43}\text{Sc}$  und  $^{44\text{g}}\text{Sc}$  wurden Produktionswege untersucht, die keinen Einsatz angereicherter Targetmaterialien erfordern. Zu diesem Zweck wurden die Wirkungsquerschnitte protonen-, deutronen- und  $\alpha$ -induzierter Kernreaktionen an natürlichem Calcium sowie der  $^{\text{nat}}\text{K}(\alpha,x)$ -Kernreaktionen ermittelt. Aufbauend hierauf wurde außerdem das  $^{44}\text{Ti}/^{44\text{g}}\text{Sc}$ -Generatorsystem als Alternative diskutiert.  $^{43}\text{Sc}$  erwies sich als das vielversprechendere PET-Nuklid von Scandium, wobei die  $^{\text{nat}}\text{Ca}(\alpha,x)^{43}\text{Sc}$  Kernreaktion als effektivste Produktionsroute von  $^{43}\text{Sc}$  gefunden wurde, die eine Ausbeute von 128 MBq/ $\mu\text{Ah}$  bei vernachlässigbar geringer Verunreinigung ermöglicht.

## Abstract

Discrepancies in literature data regarding excitation functions and optimal energy ranges for generation of the medically relevant radionuclides  $^{43}\text{Sc}$ ,  $^{44\text{m}+9}\text{Sc}$ ,  $^{44}\text{Ti}$  and  $^{45}\text{Ti}$  were solved by measurements of nuclear cross sections. The integral yields of the proton induced nuclear reactions on natural scandium in the energy range of 6 to 30 MeV were examined to evaluate the feasibility of the production of  $^{44}\text{Ti}$  and  $^{45}\text{Ti}$ . It was found, that the ideal energy ranges are 12.5 to 5 MeV and 30 to 12 MeV for  $^{45}\text{Ti}$  and  $^{44}\text{Ti}$ , respectively. Up to 1.15 GBq/ $\mu\text{Ah}$  and 1.4 kBq/ $\mu\text{Ah}$  of  $^{45}\text{Ti}$  and  $^{44}\text{Ti}$ , respectively, could thus be produced. For the isolation of n.c.a.  $^{45}\text{Ti}$  in small volumes from bulk scandium a radiochemical method was developed utilizing the extraction chromatic resin 'DGA normal'. The separation was complemented by a first purification step using the the anion exchange resin 'DOWEX 1X8'.

Considering a potential medical application the relevant nuclear decay data of the very attractive positron emitter  $^{45}\text{Ti}$  was investigated. By measuring thin, radionuclidic pure samples of n.c.a. material the absolute intensities of the four most important  $\gamma$ -rays were identified, and the positron emission probability was determined to be  $85.7 \pm 2.2\%$ . In this context, first experiments were performed on the speciation of the  $^{45}\text{Ti}$  compound in aqueous media.

Furthermore, with respect to the measurement of nuclear cross sections the analysis of the ratio of monitor nuclides enabled the improved experimental determination of the energy of projectiles in proton-, deuteron- and  $\alpha$ -induced nuclear reactions over an extended energy range. Thereby, the cross sections of the  $^{\text{nat}}\text{Cu}(p,x)^{61}\text{Cu}$  monitor reaction were ascertained and the scope of the  $^{\text{nat}}\text{Ti}(d,x)^{48}\text{V}$  monitor reaction was enhanced by 25 MeV.

In order to find an optimal way for the production of the potential PET-nuclides  $^{43}\text{Sc}$  and  $^{44\text{g}}\text{Sc}$  which is not based upon the irradiation of enriched target materials several reaction pathways were examined. The reaction cross sections for the proton-, deuteron- and  $\alpha$ -induced reactions on natural calcium were quantified as well as the cross sections of the  $^{\text{nat}}\text{K}(\alpha,x)$  nuclear reactions. Additionally, the alternative  $^{44}\text{Ti}/^{44\text{g}}\text{Sc}$  nuclide generator was discussed as a further way of production.

$^{43}\text{Sc}$  proved to be the most promising PET nuclide of scandium, whereby the  $^{\text{nat}}\text{Ca}(\alpha,x)^{43}\text{Sc}$  nuclear reaction was identified to be its most effective production route which allows a yield of 128 MBq/ $\mu\text{Ah}$  with a negligible small amount of contamination.