



Doctoral Thesis

Isotopieverschiebungen und Quadrupolmomente der Ytterbium-(^{170}Yb , ^{171}Yb , ^{172}Yb , ^{173}Yb , ^{174}Yb , ^{176}Yb) Isotope aus myonischen Röntgenübergängen

Author(s):

Zehnder, Alex

Publication Date:

1974

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000133421> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH 5280

**ISOTOPIEVERSCHIEBUNGEN UND QUADRUPOLMOMENTE
DER 170 ' 171 ' 172 ' 173 ' 174 ' 176 YTTERBIUM
ISOTOPE AUS MYONISCHEN RÖNTGENÜBERGÄNGEN**

ABHANDLUNG

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der Naturwissenschaften

der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN

HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

ALEX ZEHNDER

Dipl.-Phys. ETH Zürich

geboren am 12. Dezember 1941

von Birmenstorf (Kt. Aargau)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. H. J. Leisi, Referent

Prof. Dr. H. Hofer, Korreferent

aku-Fotodruck

Zürich

1974

Diss. Nr. 5280

Alex Zehnder

Isotopieverschiebungen und Quadrupolmomente der
170-176_{Yb} - Isotope

Prof. Dr. H.J. Leisi, Referent

Prof. Dr. H. Hofer, Korreferent

Summary

Model-independent parameters of the isotope shifts from muonic X-rays of the isotopes ^{170,171,172,173,174,176}Yb were measured and compared to isotope shifts of electronic K X-rays.

Intrinsic quadrupole moments have been determined with the modified-c Fermi charge distribution taking into account E2 nuclear polarization and quadrupol vacuum polarization:

$Q_0(170) = 7.80(4)b$, $Q_0(171) = 7.95(4)b$, $Q_0(172) = 7.91(4)b$,
 $Q_0(173) = 7.92(5)b$, $Q_0(174) = 7.82(5)b$ and $Q_0(176) = 7.59(5)b$.

The quoted errors are statistical errors. The model-independent total error is 0.40 or 0.22b assuming the rotational model.

For ¹⁷³Yb different charge models of the deformed nucleus have been tested by a combined analysis of the 3d- and 2p-hyperfine splitting. A spectroscopic quadrupole moment of $Q^{5/2}(173) = 2.82(11)b$ has been measured for the groundstate of ¹⁷³Yb.

In ¹⁷²Yb a resonance of the 3d_{3/2} - 1s_{1/2} energy difference and a 6931.3±2.0 keV nuclear level with Spin I = 2⁺ has been found.

Diss. Nr. 5280

Alex Zehnder

Isotopieverschiebungen und Quadrupolmomente der
 $^{170-176}\text{Yb}$ - Isotope

Prof. Dr. H.J. Leisi, Referent

Prof. Dr. H. Hofer, Korreferent

ZUSAMMENFASSUNG

Bedingt durch seine, im Vergleich zum Elektron, grosse Masse und durch die hohe Kernladungszahl Z , bewegt sich das Myon im $1s$ - Zustand in mittelschweren Kernen innerhalb des Kernes und ist somit empfindlich auf Kernladungsausdehnung. Durch gleichzeitige Messung der myonischen Roentgenstrahlung in den Ytterbium - Isotopen $^{170-176}\text{Yb}$ konnten die Unterschiede der $1s$ und $2p$ Bindungsenergien gemessen werden. Fuer den $1s$ - Zustand betragen die Isotopieverschiebungen:
 $\delta E^{172-170} = 10.34(36)$, $\delta E^{172-171} = 5.78(37)$, $\delta E^{174-172} = 8.75(23)$,
 $\delta E^{174-173} = 5.07(40)$, $\delta E^{176-174} = 7.86(32)$. Diese Energiedifferenzen wurden als Aenderungen der Radien einer homogen geladenen Kugel, deren k -ter Moment mit dem gemessenen uebereinstimmt, ausgedrueckt. Dadurch wird der Vergleich mit den Isotopieverschiebungen, wie sie in elektronischen Atomen gemessen worden sind, ermoglicht. Dieser Vergleich zeigt eine gute Uebereinstimmung.

Weiter sind die Yb-Isotope stark deformiert, was zu einer Quadrupolwechselwirkung zwischen Kern und Myon fuehrt. Die Wechselwirkungsenergie der nichtdiagonalen Matrixelemente mit dem Myon im $2p$ -Zustand, ist vergleichbar mit der Energie des ersten angeregten Zustandes. Daraus resultiert eine dynamische Anregung des Kernes. Unter der Annahme des Rotationsmodells koennten die Quadrupolmomente bestimmt werden. Die Kernpolarisation und Quadrupolvakuum-polarisation wurden beruecksichtigt.

Die Werte sind: $^{170}\text{Q} = 7.80(4)$, $^{171}\text{Q} = 7.95(4)$, $^{172}\text{Q} = 7.91(4)$, $^{173}\text{Q} = 7.92(5)$, $^{174}\text{Q} = 7.82(5)$ und $^{176}\text{Q} = 7.59(5)$. Der Fehler fuer die Modellabhaengigkeit ist 0.3b fuer alle Isotope.

Mittels einer Ausgleichsrechnung wurden die Ladungsverteilungsparameter einer deformierten Fermieverteilung und die Kernpolarisation bestimmt.

Die Ladungsmodellabhaengigkeit wurde aus einer kombinierten Analyse des 2p und 3d Zustandes in ^{173}Yb gewonnen. ^{173}Yb hat $I_{gs} = 5/2$ und somit statische Aufspaltung, die im 3d-Zustand beobachtet werden kann. Der Einfluss der endlichen Kernausdehnung ist im 3d-Zustand klein, sodass durch Vergleich mit dem ladungsmodellabhaengig gewonnenen Quadrupolmoment des 2p-Zustandes, die Modellabhaengigkeit bestimmt werden kann. Es werden moegliche Quadrupolladungsverteilungen angegeben, deren Maxima zwischen 5.0 und 6.8 fm liegen koennen.