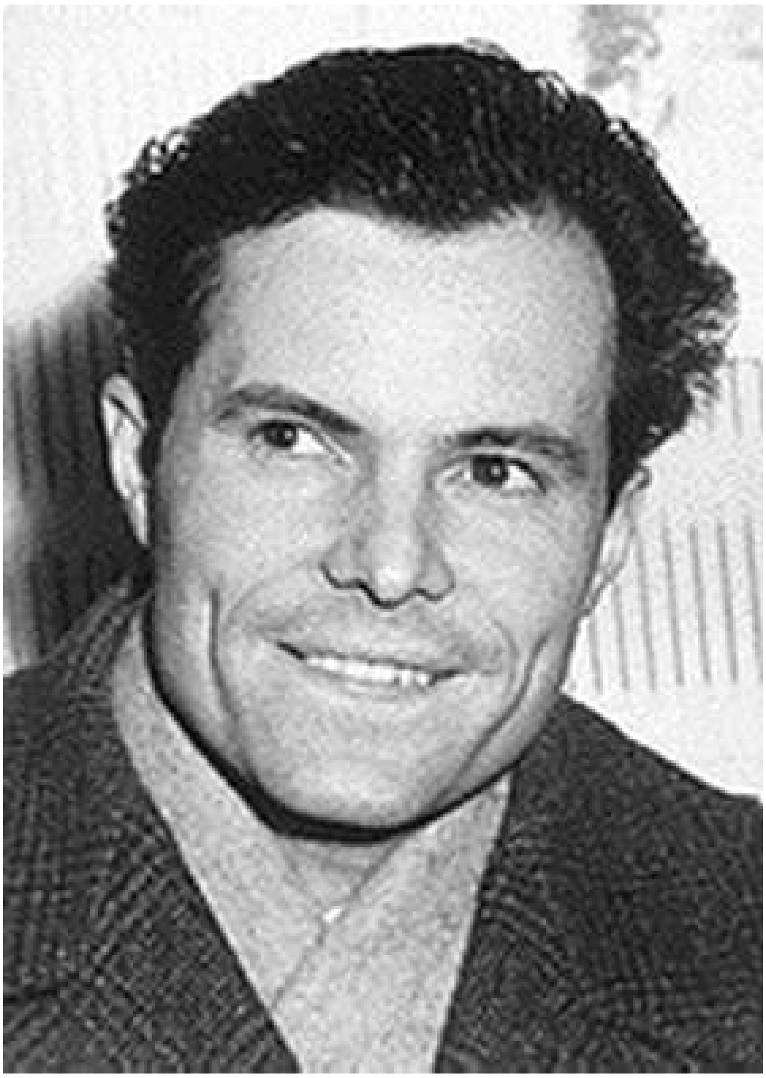
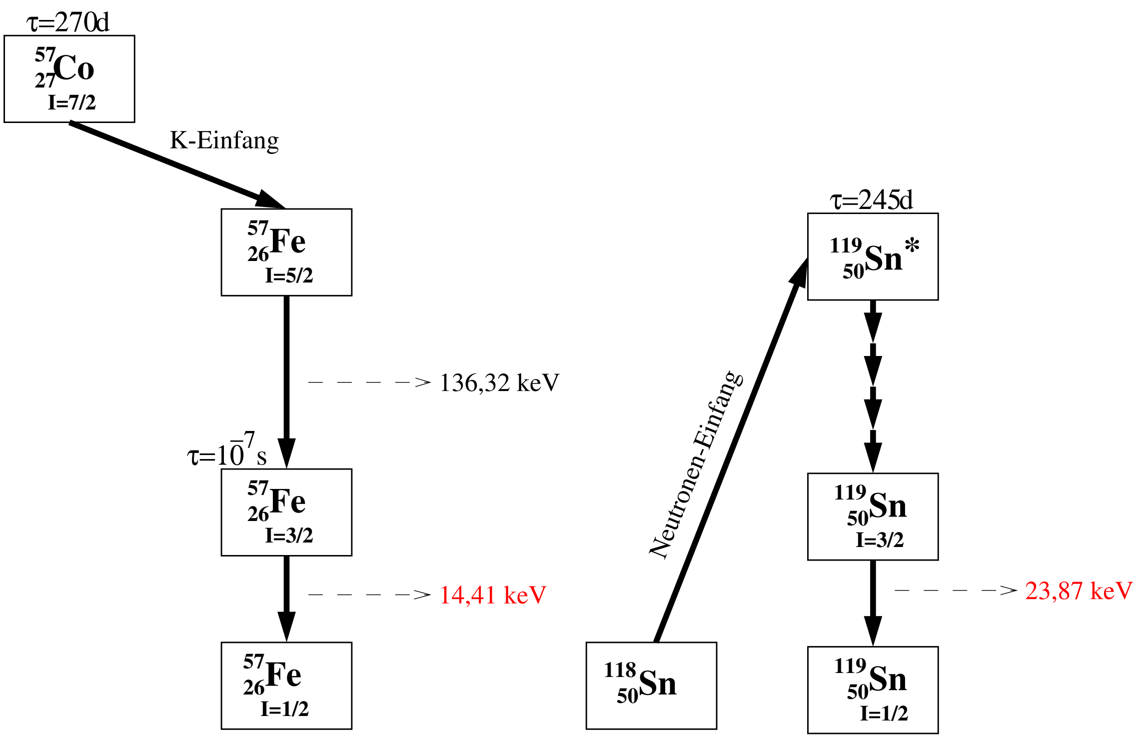
^{119}**Sn-Mößbauerspektroskopie**



Nobelpreis für Physik 1961:

rückstoßfreie γ-Resonanzabsorption

$\boxed{\gamma\text{-Strahlung}}$



natürliche Linienbreite Γ:

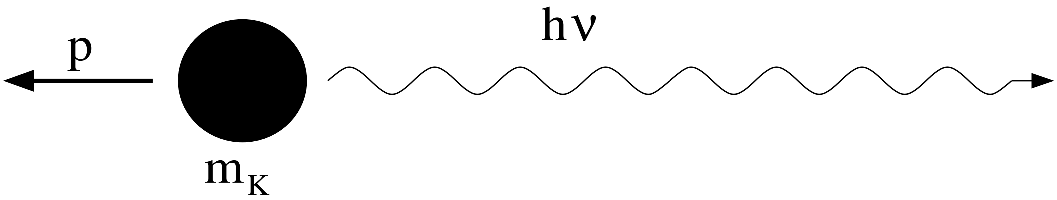
$$\Gamma = \hbar/\tau$$

(τ = Lebensdauer des angeregten Zustands)
für 14.41 keV: $\Gamma = 4.7 \cdot 10^{-9}$ eV

relative Resonanzschärfe:

$$\Gamma/E_0 = 3.3 \cdot 10^{-13}$$

$\boxed{\gamma\text{-Emission mit Rückstoß}}$



Bei Emission bzw. Absorption von γ-Strahlung in der Gas- oder Flüssigphase (schwach gebundene Atome oder Moleküle) führt der übertragene Impuls

$$p = E_\gamma / c$$

zu einem Rückstoß der Energie

$$E_R = p^2/2m_K = E_\gamma^2/2m_K c^2.$$

$(^{57}Fe\text{: } E_R = 1.95 \text{ eV})$

$\Rightarrow$ Emissionsfrequenz um E_R zu geringerer Energie verschoben,
$\Rightarrow$ Absorptionsfrequenz um E_R zu höherer Energie verschoben.

Die Differenz von Emissions- und Absorptionsenergie sind wesentlich größer als die Summe der Linienbreiten. Es kann keine Resonanzabsorption stattfinden.

Rückstoßfreie γ-Emission

Sind die γ-Strahlung emittierenden und absorbierenden Atome in einem Festkörpergitter fest gebunden, wird die Rückstoßenergie nicht allein auf den Kern übertragen, sondern auf den Festkörper als Ganzes.

Gitterschwingungen können beim Emissions- bzw. Absorptionsprozeß angeregt oder vernichtet werden $\Rightarrow$ Verschiebung der Emissions- und Absorptionislinien.

Quantentheorie: Es existiert eine endliche Wahrscheinlichkeit f, γ-Quanten ohne Gitteranregung zu emittieren oder absorbieren (Null-Phononen-Prozesse).

$$\boxed{f = e^{-k^2 <x^2>}}$$

mit

- $k = 2\pi/\lambda = E_\gamma/\hbar c$: Wellenvektor
- $<x^2>$: mittleres Auslenkungsquadrat des Mößbaueratoms aus seiner Gleichgewichtslage

(Lamb-Mößbauer-Faktor $\equiv$ Debye-Waller-Faktor)

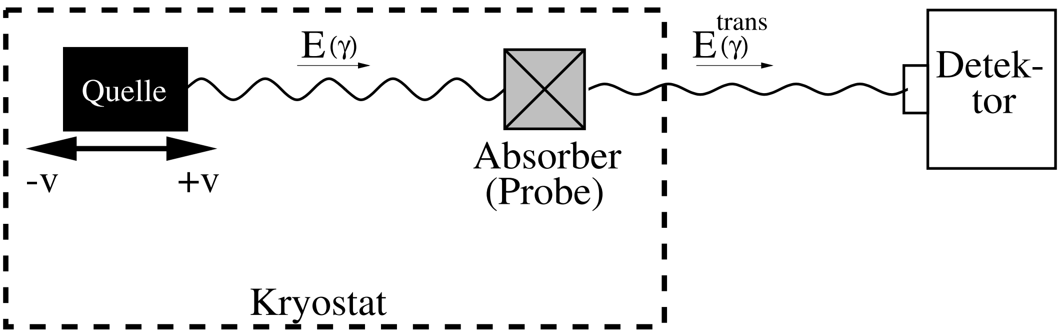
Mößbauer-Spektroskopie

Um das Absorptionsspektrum einer Probe mit der Emissionslinie einer Quelle schrittweise abtasten zu können, wird unter Ausnutzung des Doppler-Effekts die Probe relativ zur Quelle bewegt.

Energiemodulation durch den Doppler-Effekt:

$$E_\gamma = E_0 \cdot \left(1 + \frac{v}{c}\right)$$

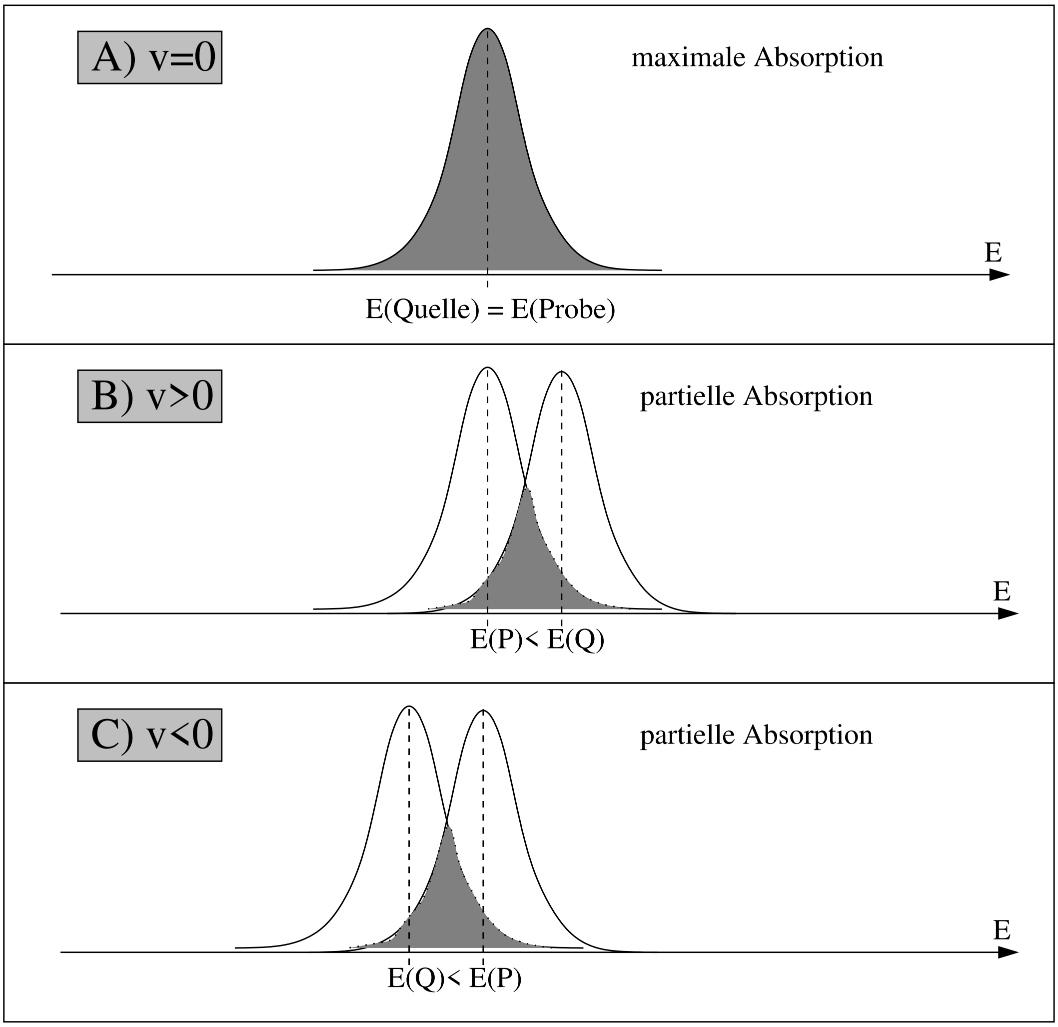
Aufbau des Spektrometers:

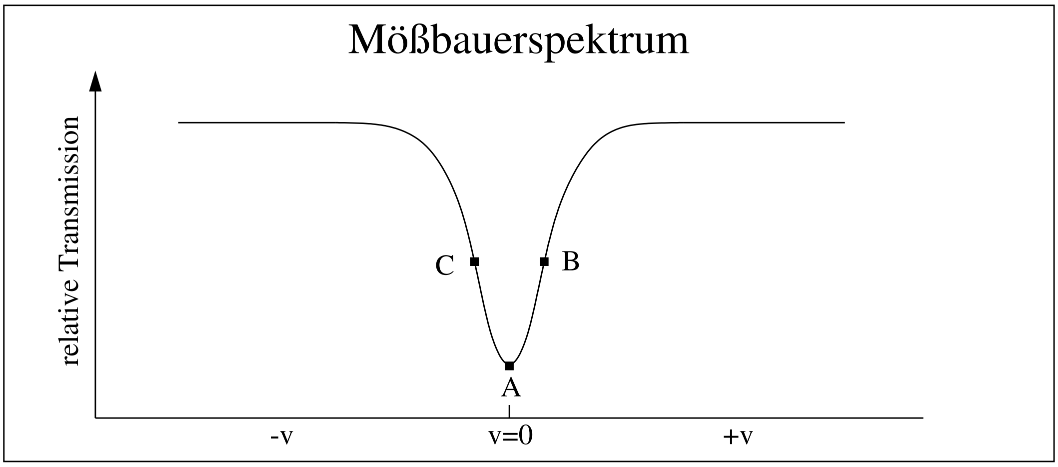


QUELLE:
^{119}Sn : $CaSnO_3$ oder $BaSnO_3$, früher auch SnO_2 und Sn (α- und β-) aus der Reaktion von CaO bzw. BaO mit $^{119}SnO_2$. Isotopenreinheit > 99.9%.
^{57}Fe : ^{57}Co in Matrix (Rh oder Cr)
VIBRATOR:
Lautsprechersystem, Sinus- oder Dreieckschwingungen (Hz-Bereich).
KRYOSTAT:
Ist die Aktivität der Quelle nur noch gering oder ist der Lamb-Mößbauerfaktor der Probe klein, kann das Spektrum bei tiefen Temperaturen aufgenommen werden (Millikelvin sind Routine!). Mößbauerspektren werden auch bei hohen Temperaturen aufgenommen. Temperaturabhängige Messungen:
→ Phasenanalyse (unterschiedliche Lamb-Mößbauerfaktoren)
→ Übergänge elektronischer Zustände
→ molekulare Symmetrie
DETEKTOR:
Vielkanal-Analysator, strenge Synchronisation mit dem Schwingkreis des Vibrators. Für jede Momentangeschwindigkeit v(t) wird die zugehörige Transmission auf einem gesonderten Kanal aufgenommen.

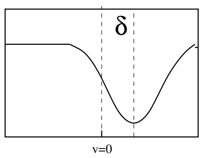
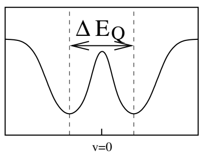
Mößbauer-Spektren

Das Mößbauerspektrum ist die Aufzeichnung der relativen Transmission gegen die Doppler-Geschwindigkeit.



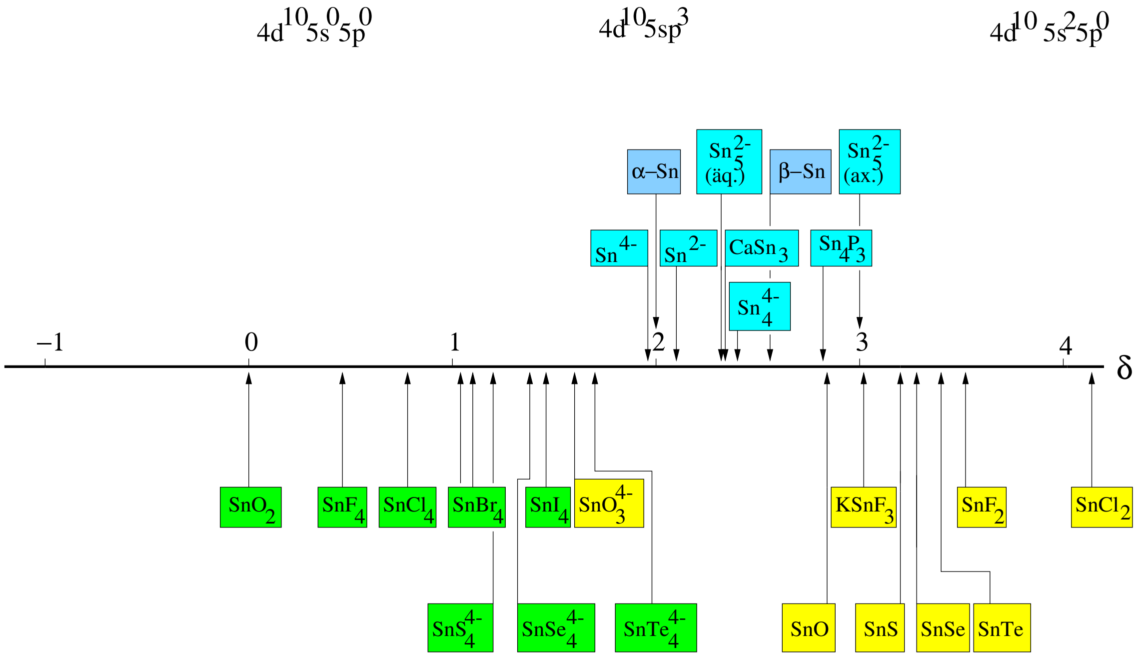


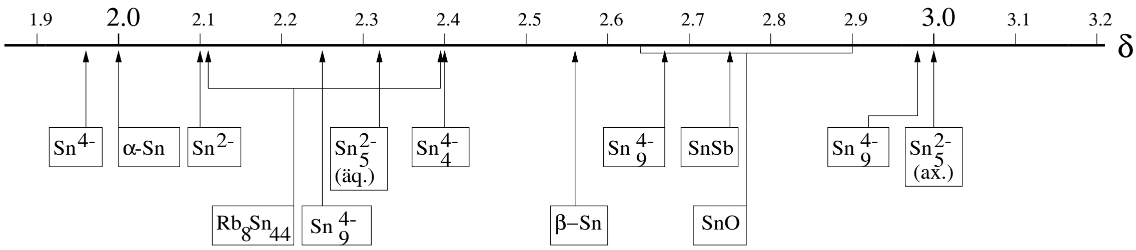
Mößbauer-Parameter

Art der Wechselwirkung	**Mößbauer-Parameter**	**Information**
Elektrische Monopol-WW des Atomkerns mit dem **elektrischen** Feld der kernnahen Elektronen (s-Elektronen)	Isomerie-Verschiebung δ 	Oxidationszustand, Bindungseigenschaften (Kovalenzanteil von Bindungen, Rückbindungseffekte, Abschirmung von s-Elektronen durch p- und d-Elektronen), Elektronegativität von Ligandatomen
Elektrische Quadrupol-WW des Kerns mit einem elektrischen Feld**gradienten** am Kernort	Quadrupol-aufspaltung ΔE_Q 	Lokalsymmetrie, Oxidationszustand, Spinzustand (highspin, lowspin), Bindungseigenschaften
Magnetische Dipol-WW des Kerns mit einem **magnetischen** Feld am Kernort	Magnetische Aufspaltung ΔE_M (symmetrisches Multiplett)	Magnetisches Verhalten (Ferro-, Antiferro-, Para-, Diamagnetismus), Betrag und Richtung lokaler magnetischer Felder

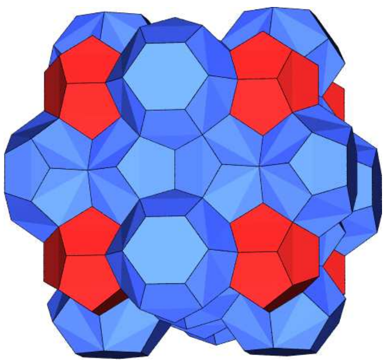
^{119}Sn-Mößbauer-Skala

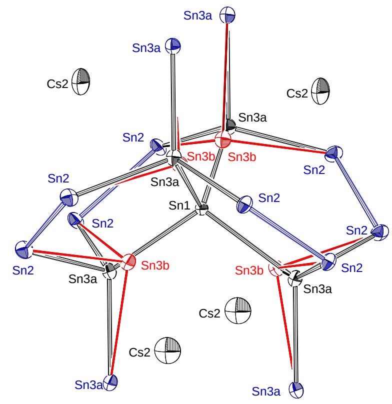
vs. $CaSnO_3$

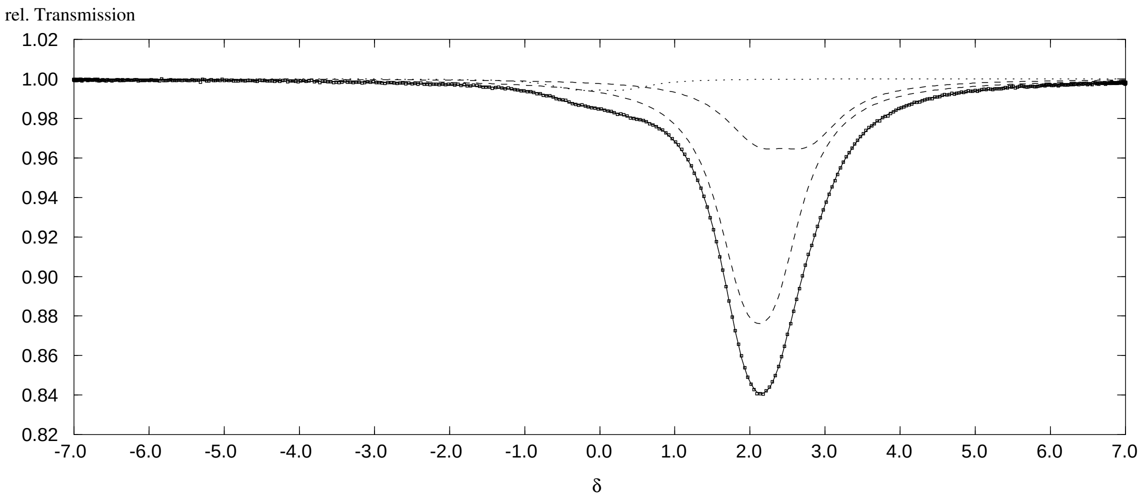




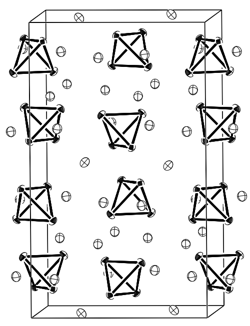
Rb_8Sn_{44}

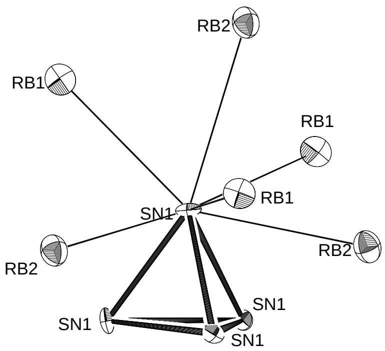


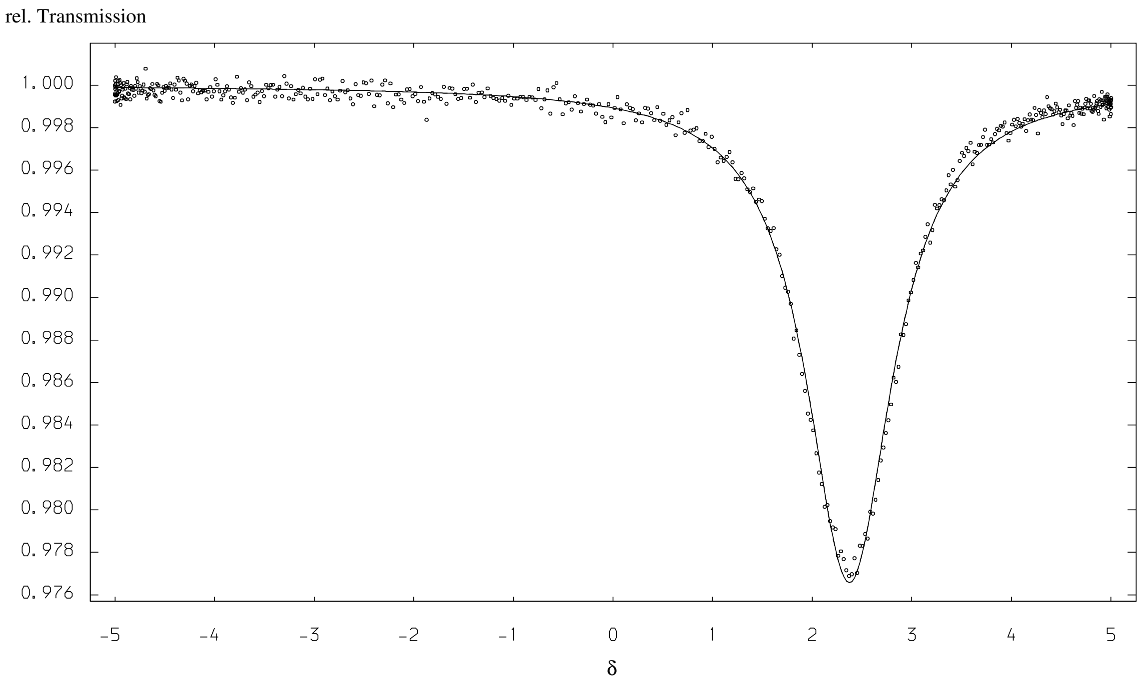

Sn3a
Sn3a
Cs2
Cs2
Sn3a
Sn2
Sn3b
Sn3b
Sn2
Sn2
Sn3a
Sn1
Sn2
Sn2
Sn2
Sn2
Sn3b
Sn3b
Sn2
Sn3a
Sn3a
Cs2
Cs2
Sn3a
Sn3a


rel. Transmission
1.02
1.00
0.98
0.96
0.94
0.92
0.90
0.88
0.86
0.84
0.82
-7.0
-6.0
-5.0
-4.0
-3.0
-2.0
-1.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
δ

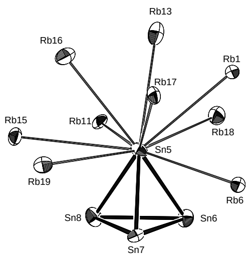
RbSn

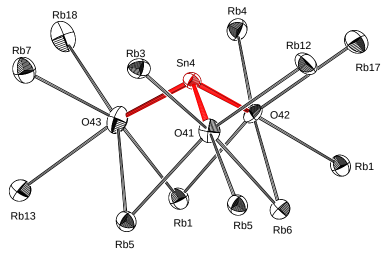


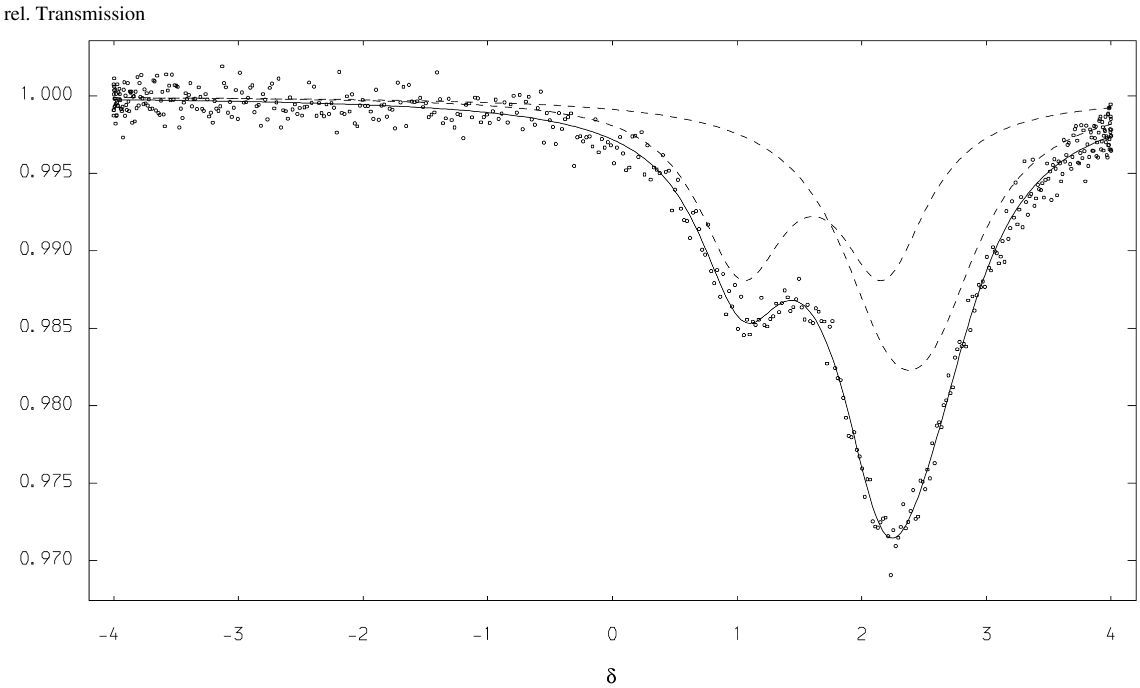

RB2
RB1
RB1
RB1
SN1
RB2
RB2
SN1
SN1
SN1


rel. Transmission
1.000
0.998
0.996
0.994
0.992
0.990
0.988
0.986
0.984
0.982
0.980
0.978
0.976
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5
δ

$\boxed{Rb_{23,9}Sn_{7,9}O_{11,6}}$







Mößbauerkerne

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw

= Element, bei dem der Mößbauereffekt beobachtet wurde

(Stand 1974)