

Bestimmung des Betaspektrums von ^{210}Bi

Xynia-Magdalena Sonntag
Dresden, 29.05.2017

1 Motivation

2 Aufbau

3 Experiment

3.1 Kalibrierung

3.2 Aufgenommene Spektren

3.2.1 Betaspektrum von ^{31}Si

3.2.2 Gammaskpektrum von ^{210}Bi

3.2.3 Betaspektrum von ^{210}Bi

4 Auswertung

4.1 UMG

4.2 Entfaltung der Spektren

4.2.1 Entfaltung des Spektrums von ^{31}Si

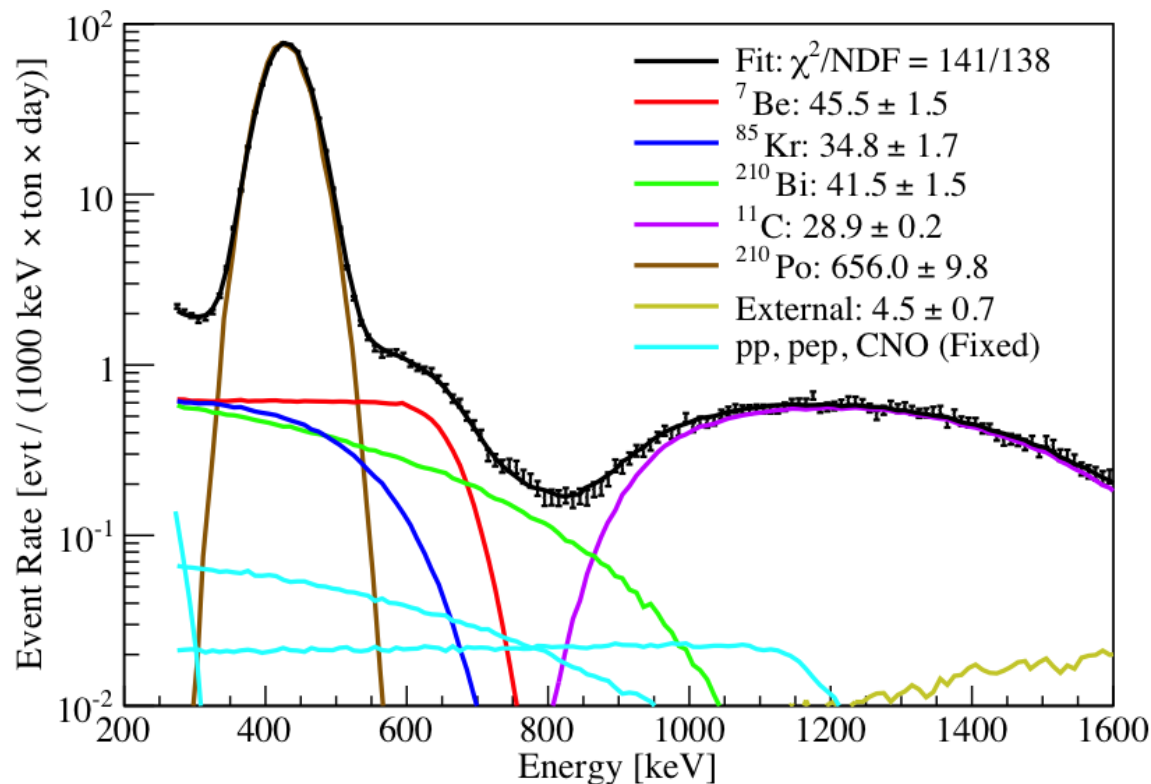
4.2.2 Entfaltung des Spektrums von ^{137}Cs

4.2.3 Entfaltung des Spektrums von ^{210}Bi

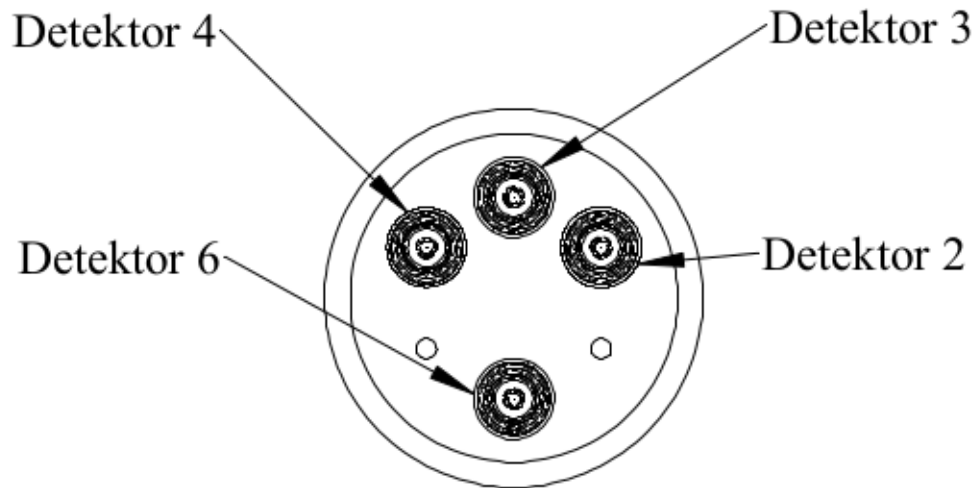
4.3 Vergleich der Entfaltungen von TUnfold und UMG

5 Zusammenfassung

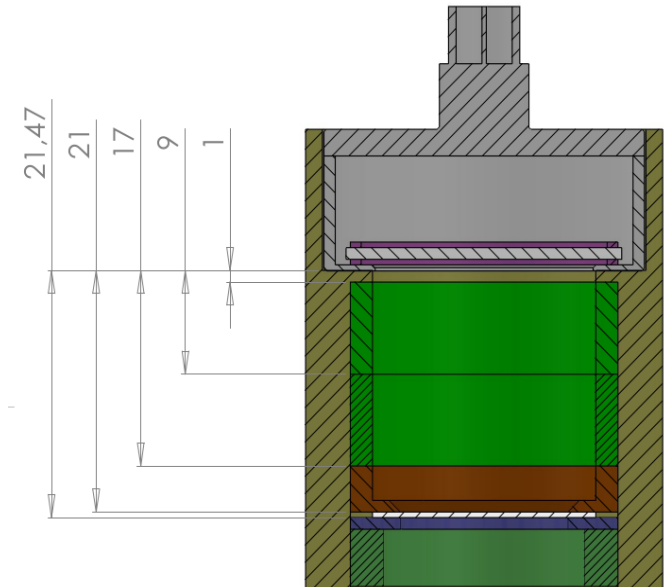
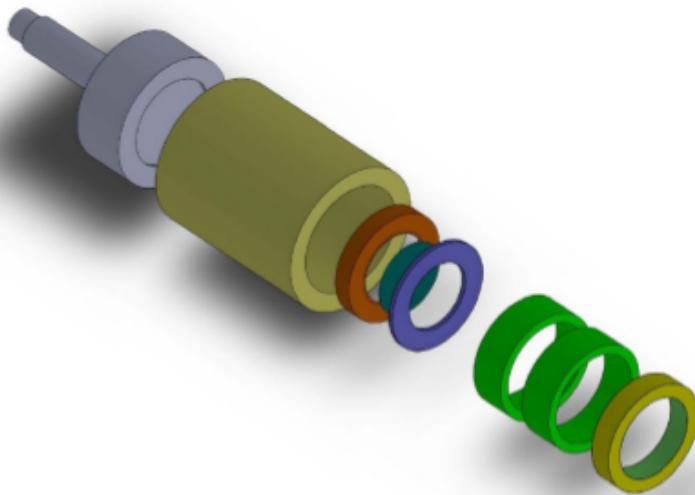
- ^{210}Bi : Messuntergrund für CNO-Neutrinospektrum trotz aufwendiger Extraktion aus Szintillator
- derzeitig: Betaspektrum von ^{210}Bi beschrieben durch Messung von H. Daniel (1962)



- Betazerfall von ^{210}Bi : einfach verbotener Übergang → große Detektoroberfläche
- vier PIPS-Detektoren der Firma Canberra
- aktive Oberfläche: 300 mm², Verarmungsschicht: 1 mm
- Datenakquisition: FAST-Comtec MPA4

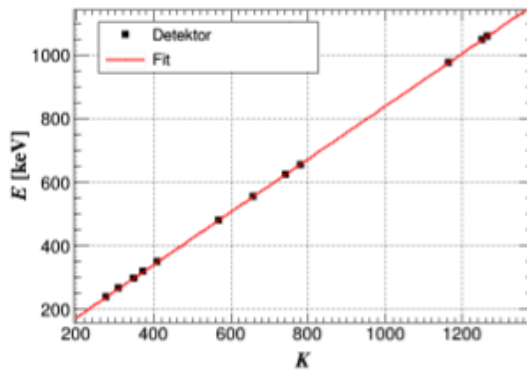


- Sonde: Träger aus hochreinem Silizium, auf das Bismuth aufgedampft ist
- Stativmaterial: PMMA

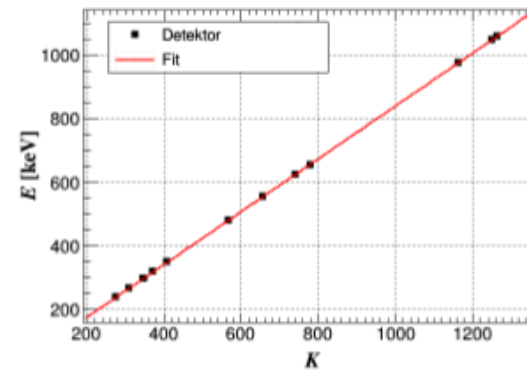


Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Alexander Domula.

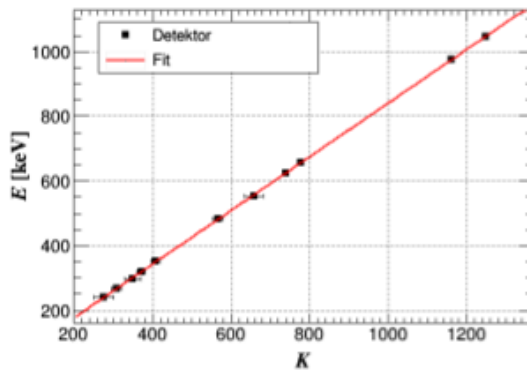
- Kalibriernuklide: ^{137}Cs , ^{133}Ba , ^{207}Bi



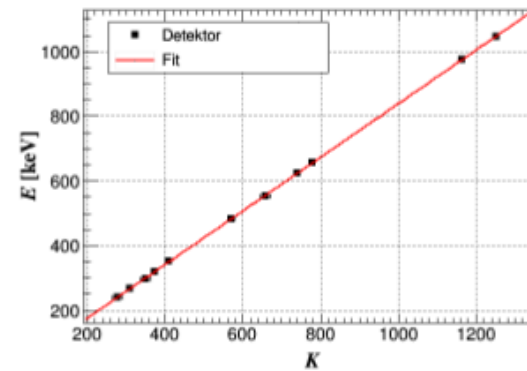
(a) Detektor 6



(b) Detektor 4



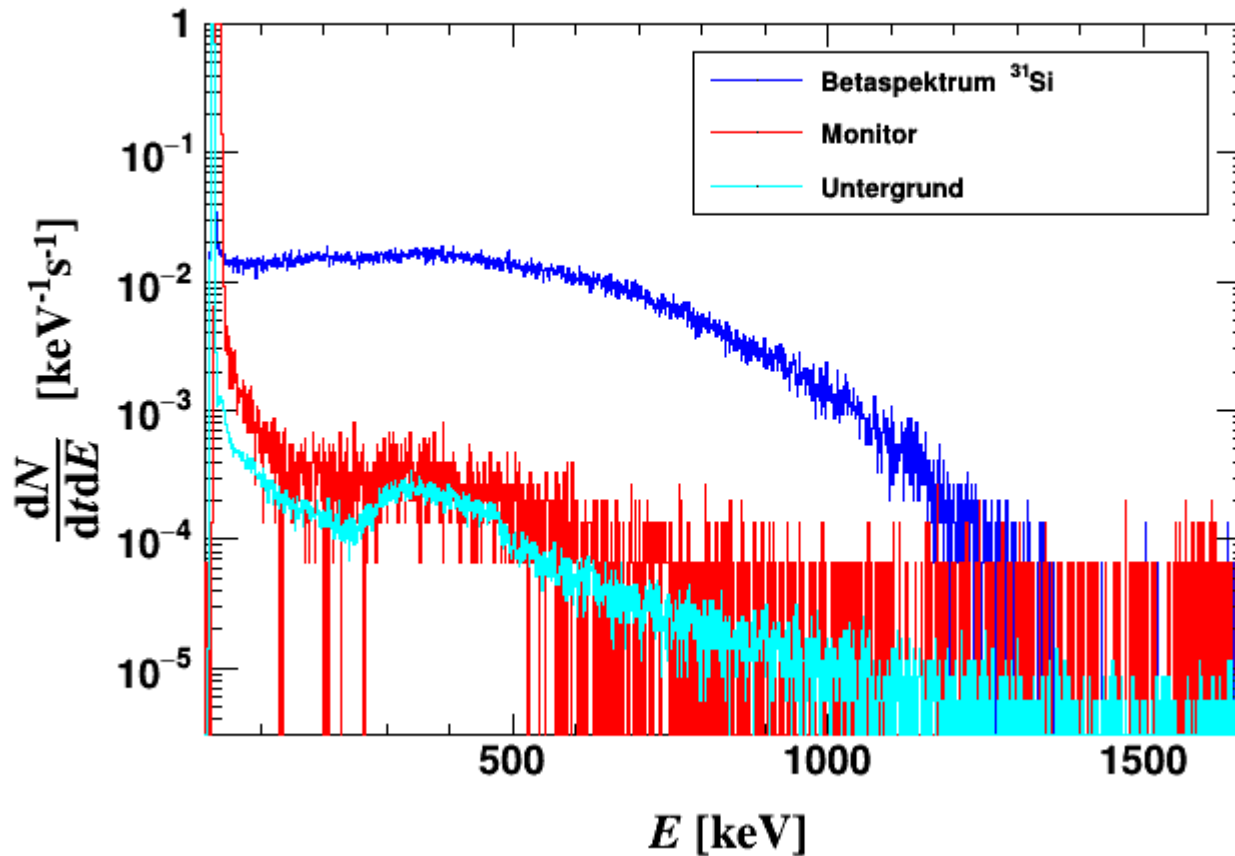
(c) Detektor 3



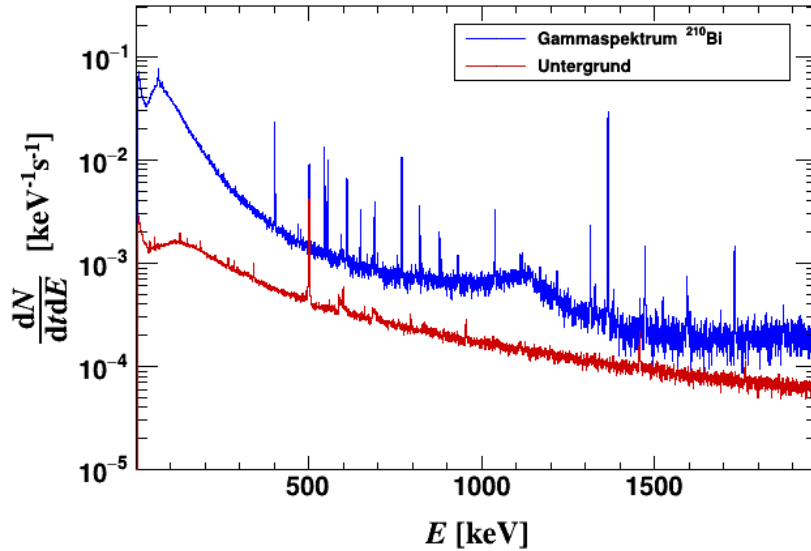
(d) Detektor 2

3.2.1 Betaspektrum von ^{31}Si

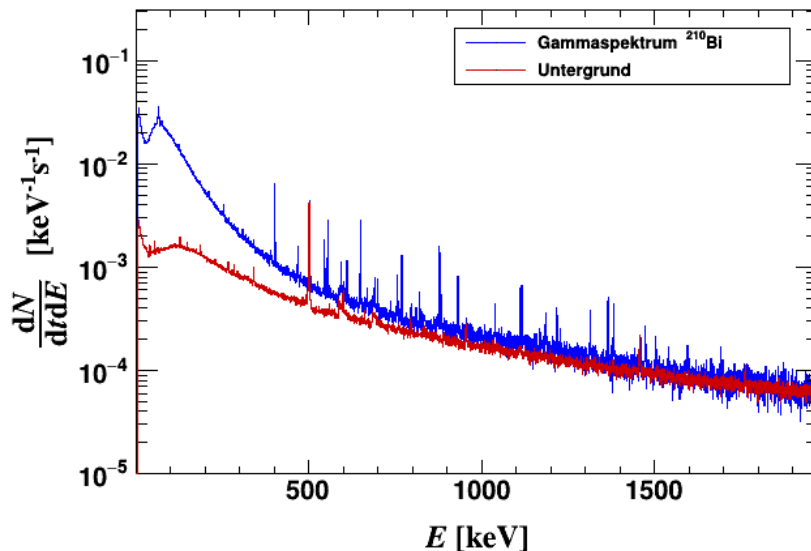
- Aktivierung am AKR II der TU Dresden
- totzeitkorrigierte Messzeit: 5 Stunden



3.2.2 Gammaskpektrum von ^{210}Bi



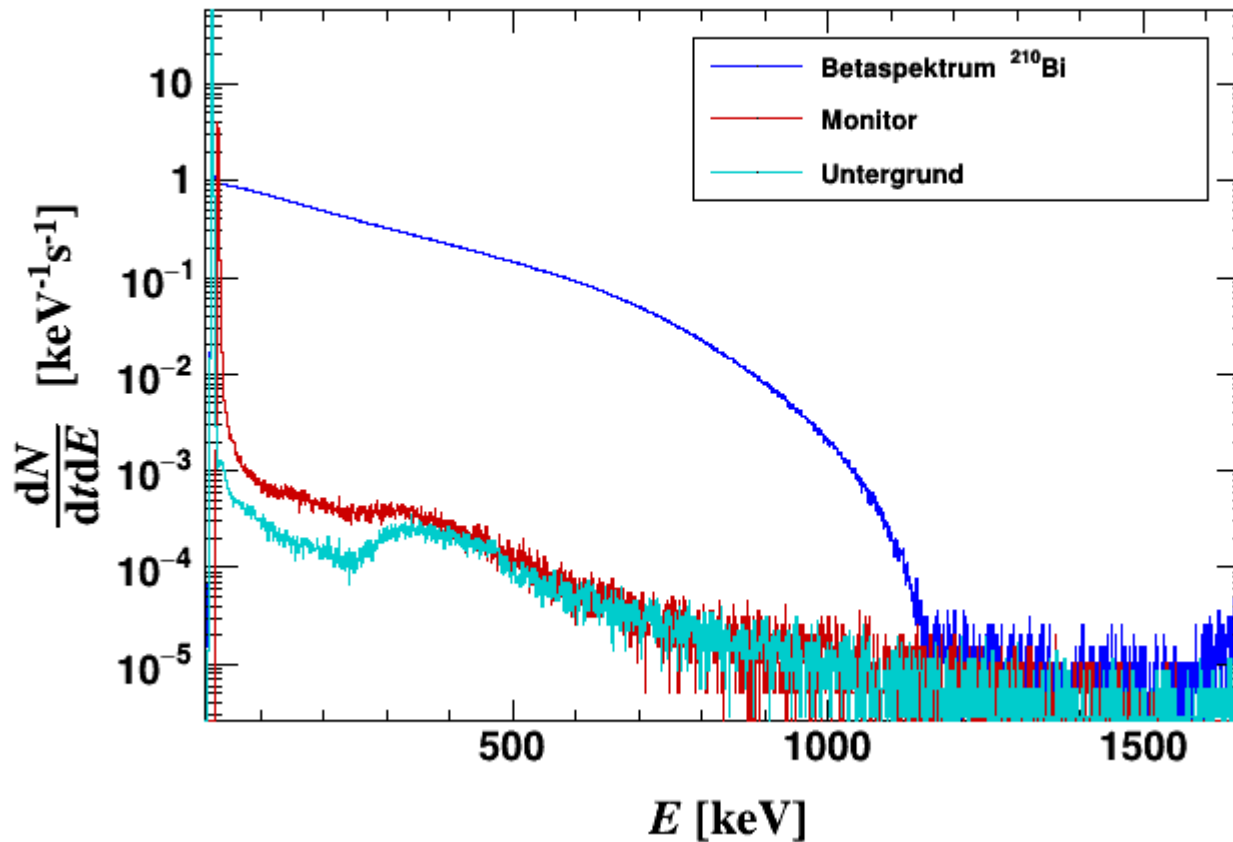
3 Tage nach
Aktivierung



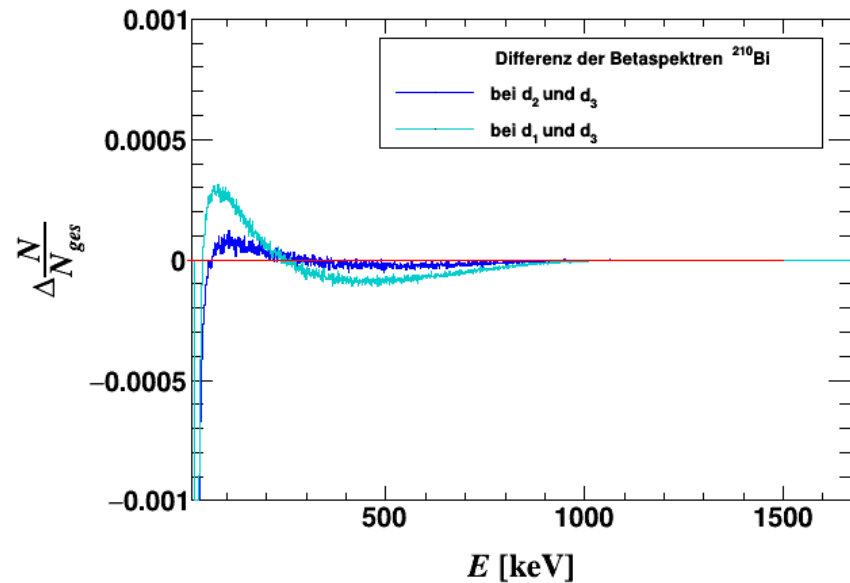
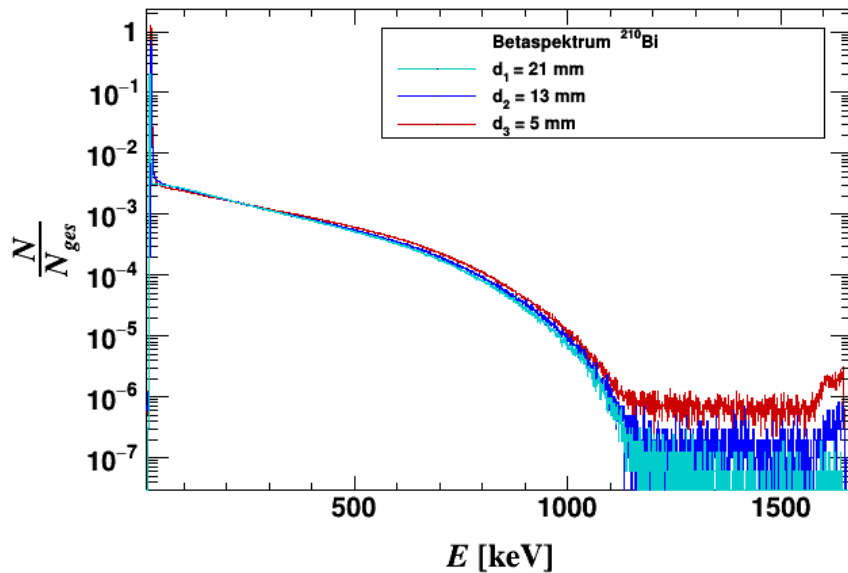
6 Tage nach
Aktivierung

E [keV]	Zuordnung	ν [%]	$T_{1/2}$	A_0 [mBq]
221,8	^{82}Br	2,26	35,3 h	2983
411,9	^{198}Au	96	2,695 d	1315
487	^{140}La	45,5	1,678 d	160
554,4	^{82}Br	70,8	35,3 h	3049
564,1	^{122}Sb	71	2,72 d	1048
602,8	^{124}Sb	98,26	60,2 d	24
619,1	^{82}Br	43,4	35,3 h	2704
657,7	^{110m}Ag	94	249,79 d	92
698,4	^{82}Br	28,49	35,3 h	2619
763,9	^{110m}Ag	22,14	249,79 d	82
776,5	^{82}Br	83,5	35,3 h	3027
827,8	^{82}Br	24,03	35,3 h	3436
884,6	^{110m}Ag	72,2	249,79 d	90
937,5	^{110m}Ag	34,13	249,79 d	90
1044	^{82}Br	27,23	35,3 h	3383
1115,7	^{65}Zn	50,6	244,26 d	64
1173,5	^{60}Co	100	5,0 a	23
1317,5	^{82}Br	26,48	35,3 h	3555
1331,1	^{60}Co	100	5,0 a	25
1368,6	^{24}Na	100	14,96 h	136390
1384,1	^{110m}Ag	24,12	249,79 d	95
1460,7	^{40}K	11	1,227e9 a	120
1474,9	^{82}Br	16,32	35,3 h	3829
1524,8	^{42}K	18	12,36 h	15688
1596,1	^{140}La	95,4	1,678 d	232
1691,1	^{124}Sb	47,79	60,2 d	35

- Aktivierung im Forschungsreaktor TRIGA-Mainz

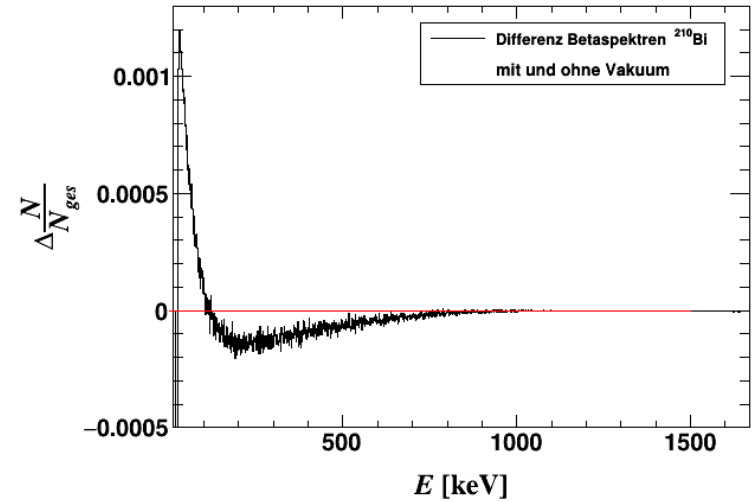
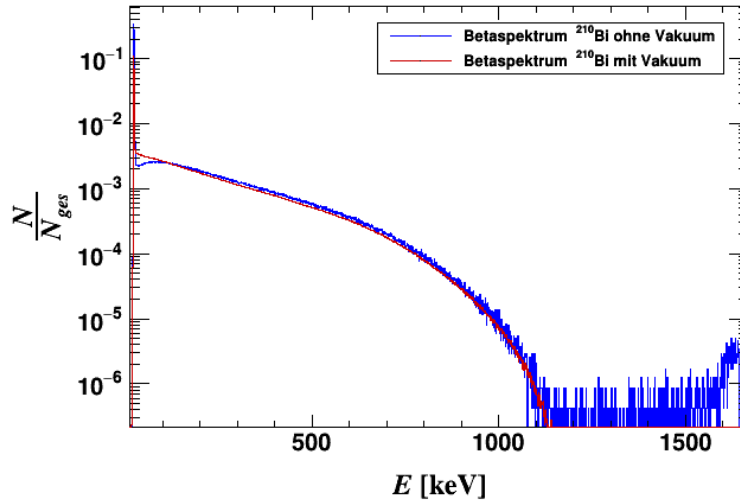


Abhängigkeit vom Abstand zum Detektor

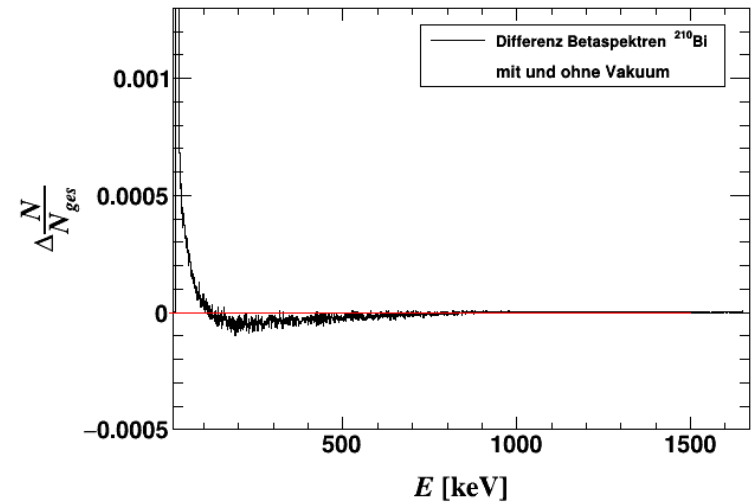
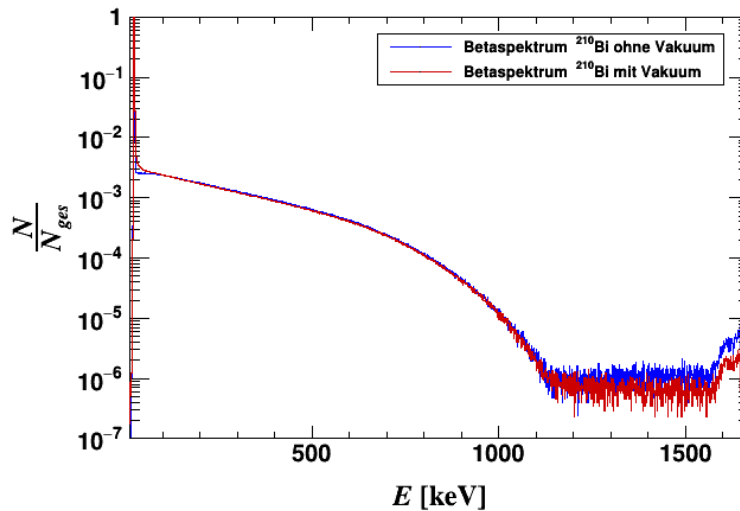


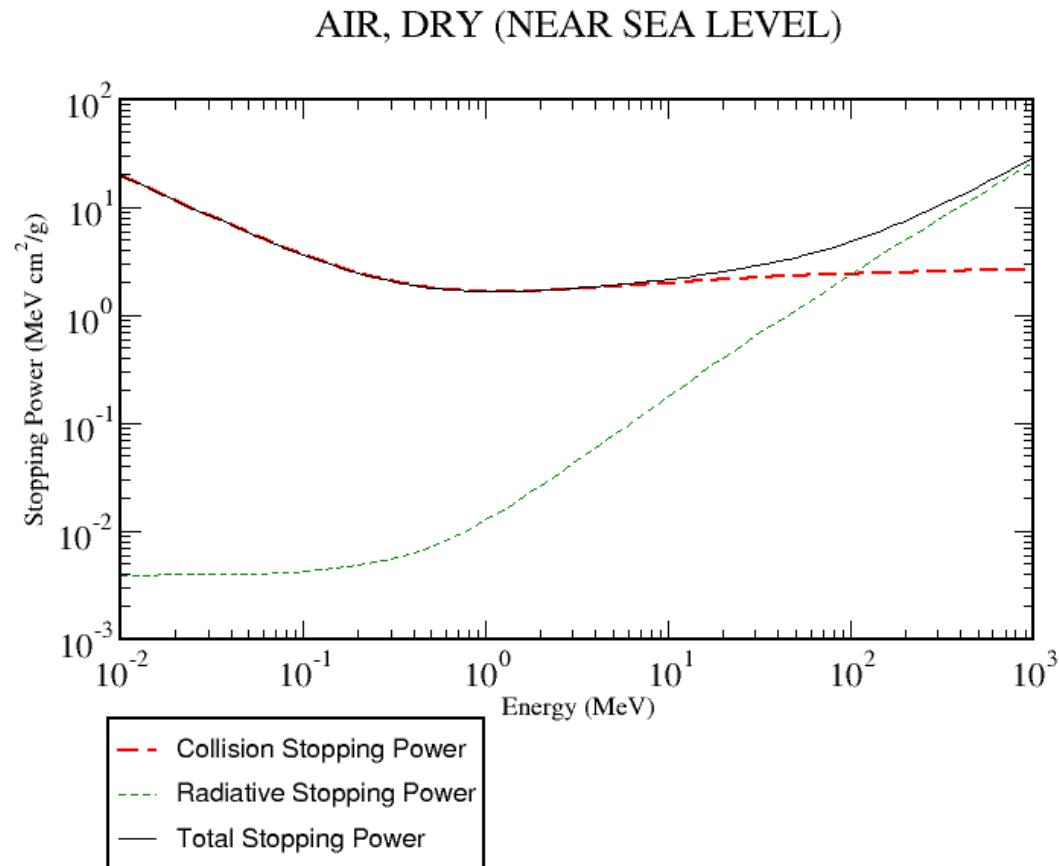
Mit und ohne Vakuum

Fern-
abstand

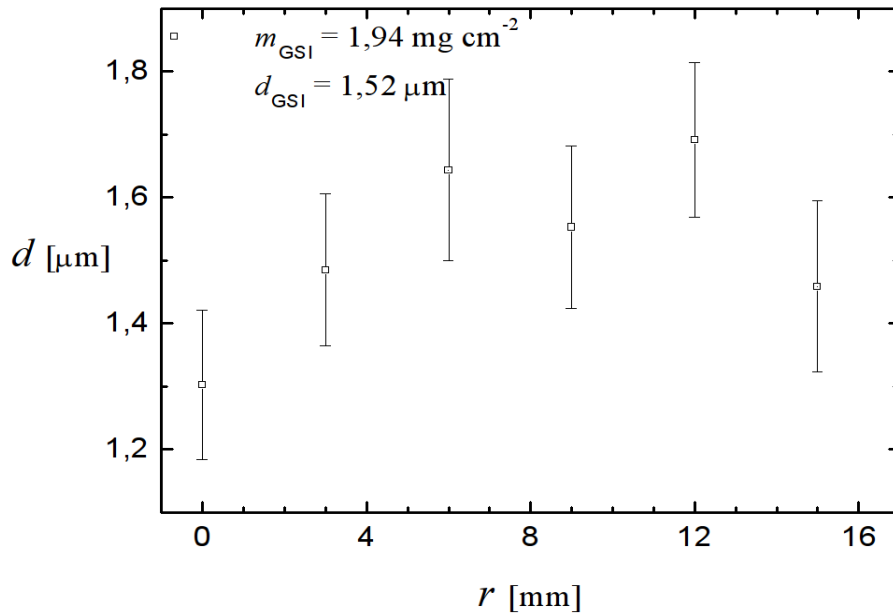


Nah-
abstand

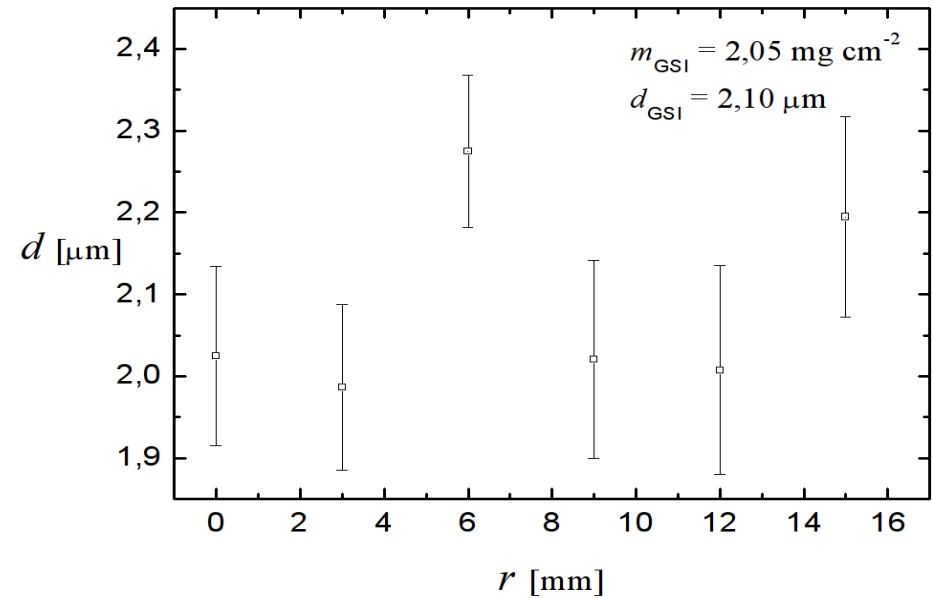




Abhängigkeit von der Sondengeometrie



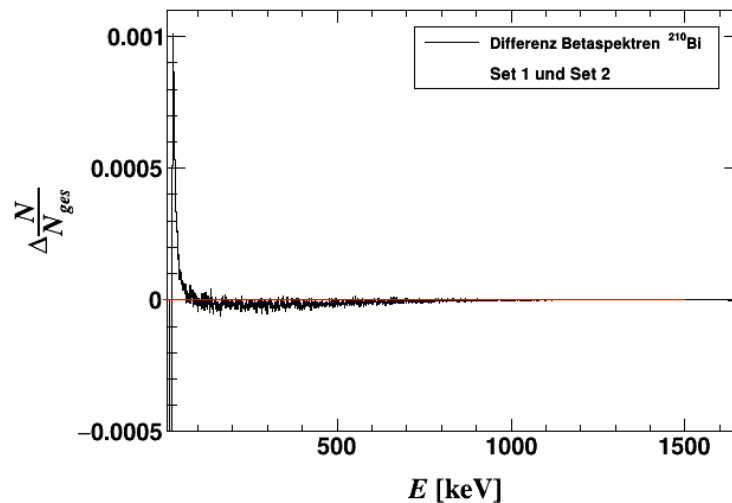
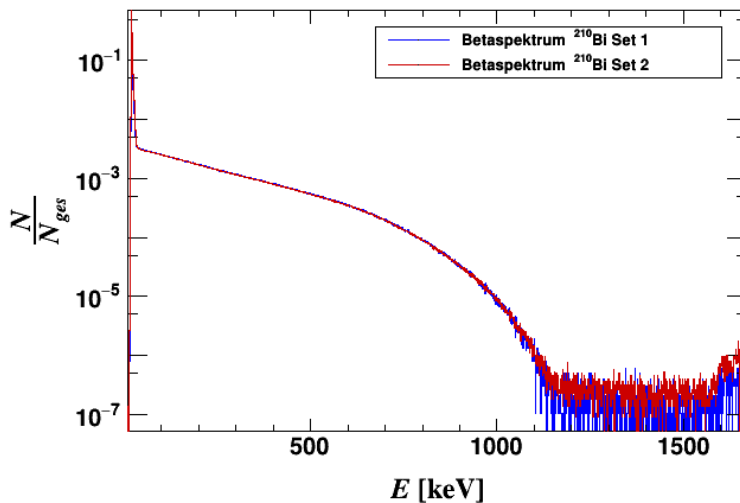
Sonde 4



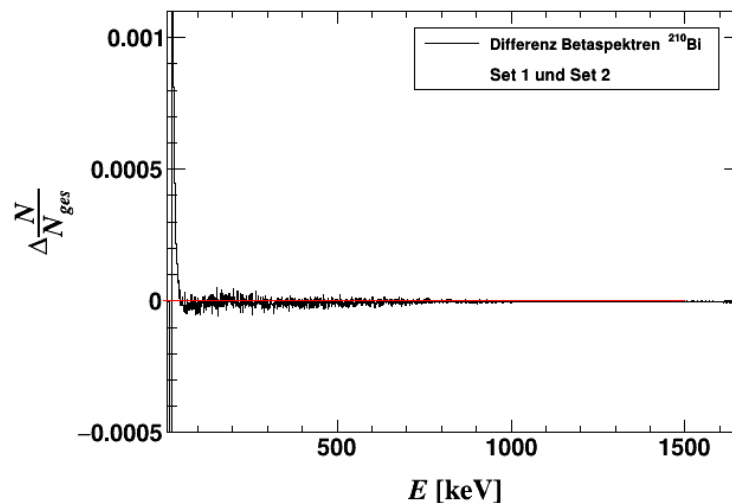
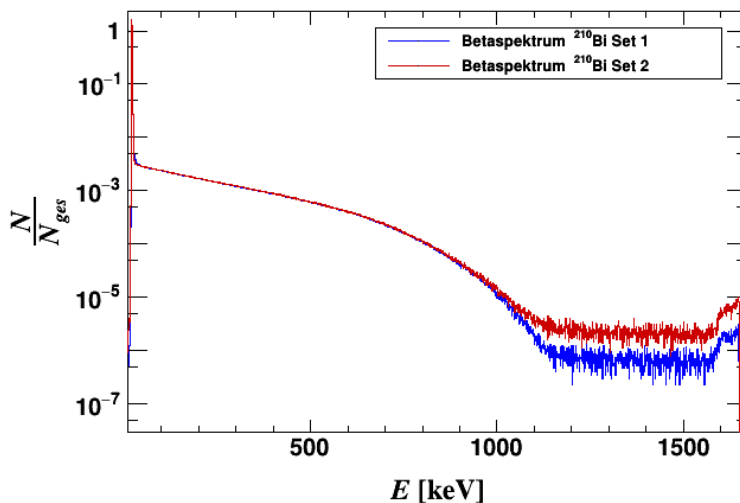
Sonde 5

Abhängigkeit von der Sondengeometrie

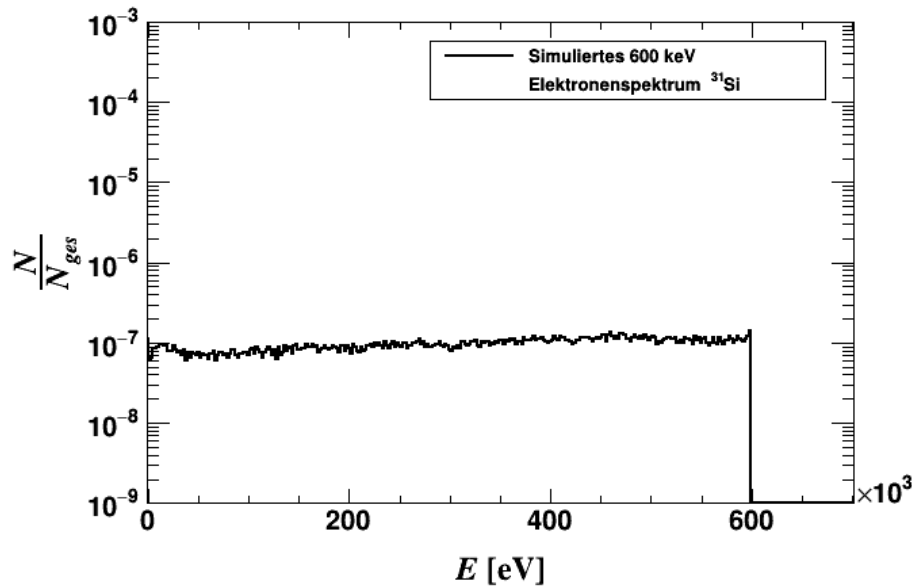
Fern-
abstand



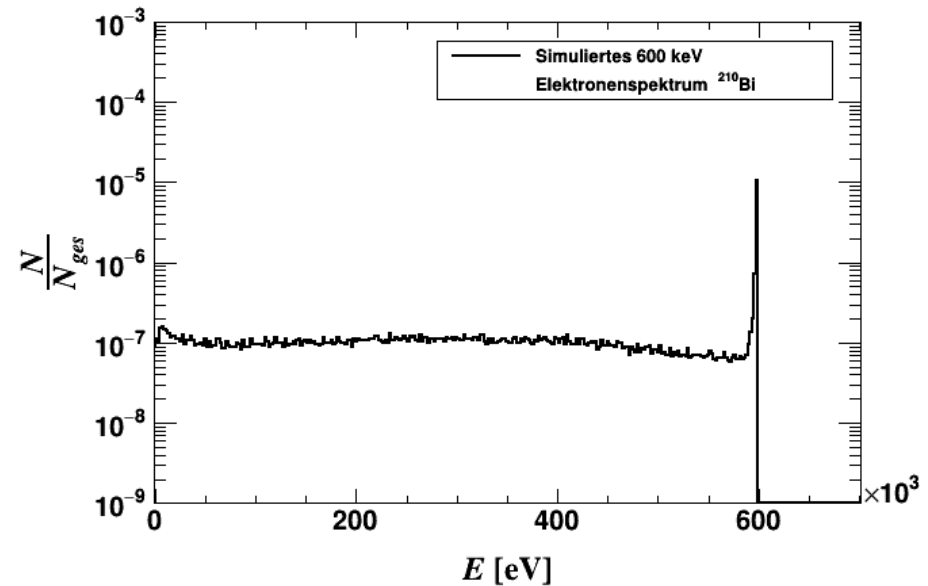
Nah-
abstand



- Entfaltung mit **GRAVEL** aus **UMG** (Unfolding with Maxed and Gravel) der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Braunschweig
- iterativ arbeitendes multi-channel-Entfaltungsprogramm
- angewandt auf:
 - erlaubtes Spektrum von ^{31}Si
 - einfach verbotenes Spektrum von ^{137}Cs
 - monoenergetisches Konversionselektronenspektrum von ^{137}Cs
 - einfach verbotenes Spektrum von ^{210}Bi
- Rebinning der gemessenen Spektren notwendig
- Erstellung der Responsematrizen mit Simulation durch PENELOPE

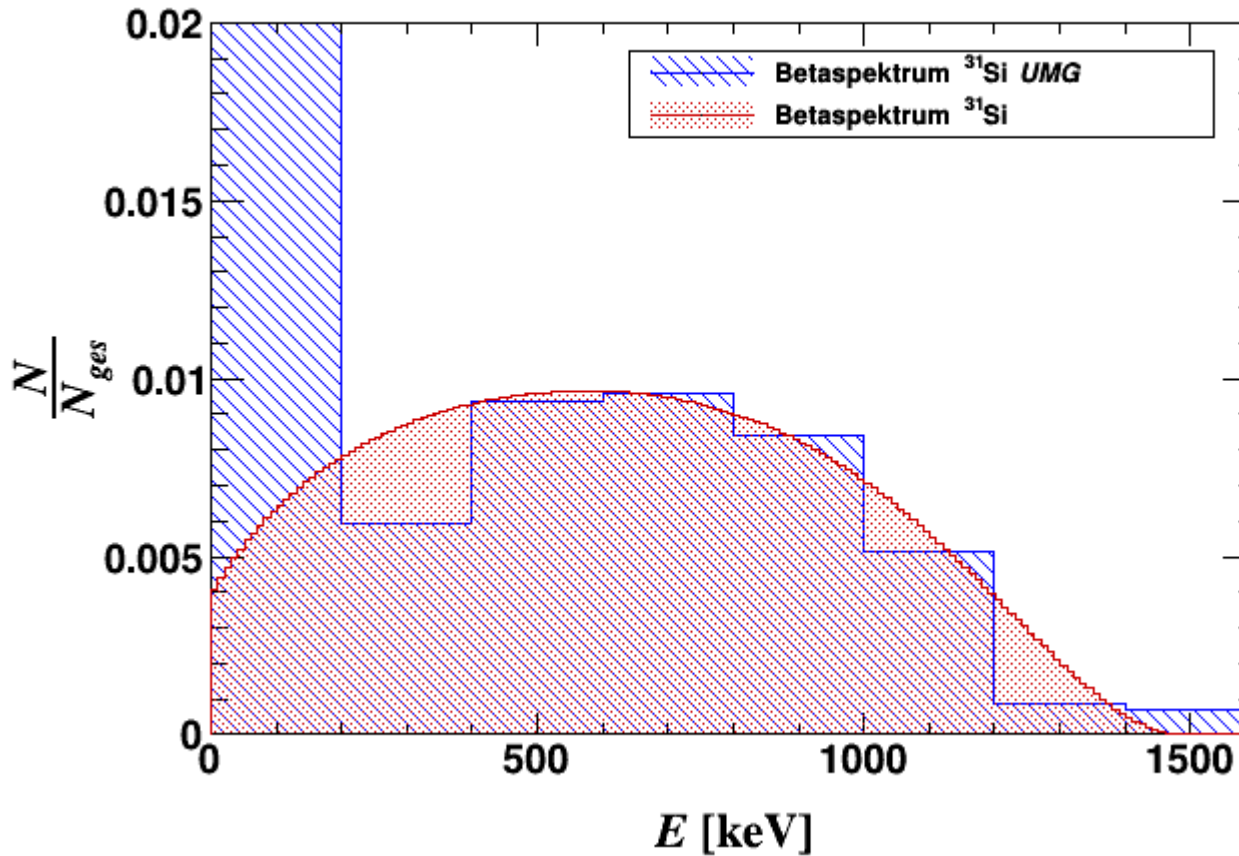


Elektronenspektrum von ^{31}Si

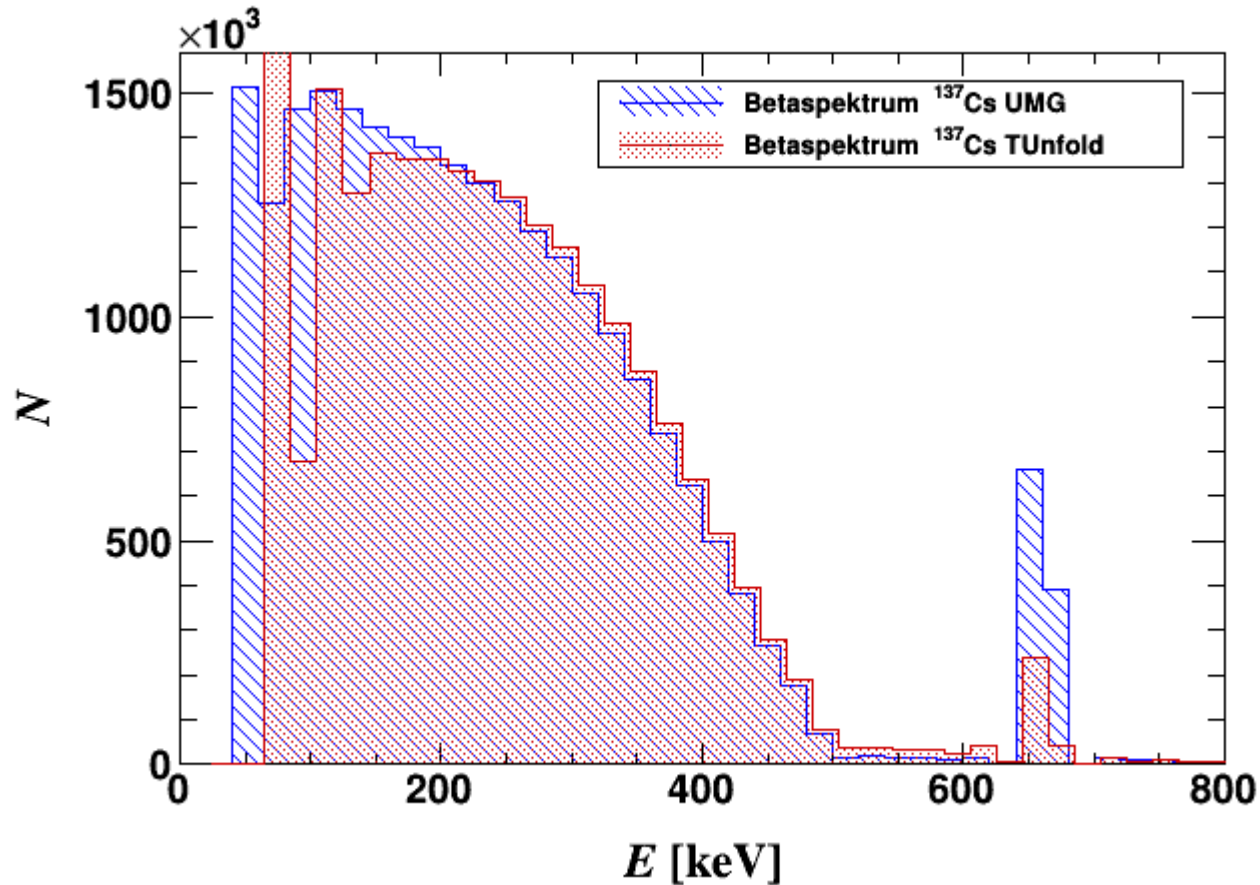


Elektronenspektrum von ^{210}Bi

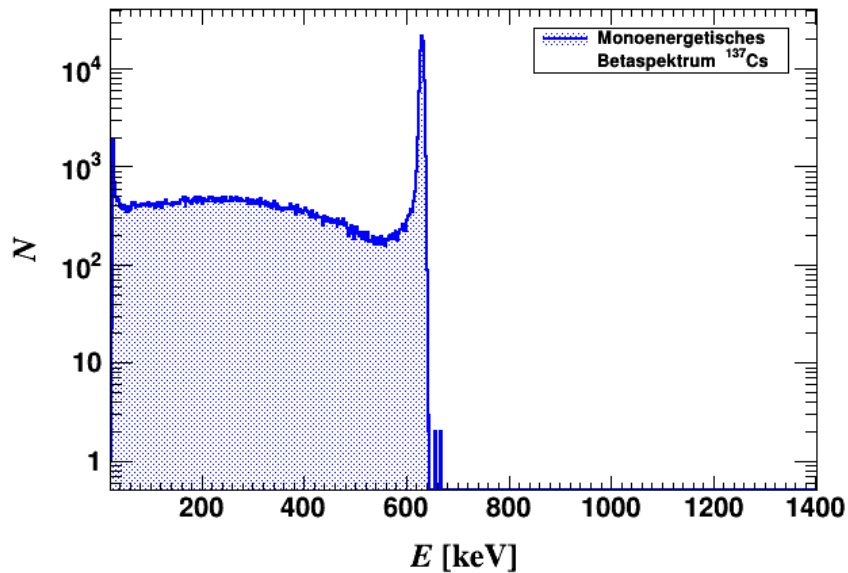
Monte-Carlo-Simulation monoenergetischer Elektronen für verschiedene Sondendicken (^{31}Si und ^{210}Bi)



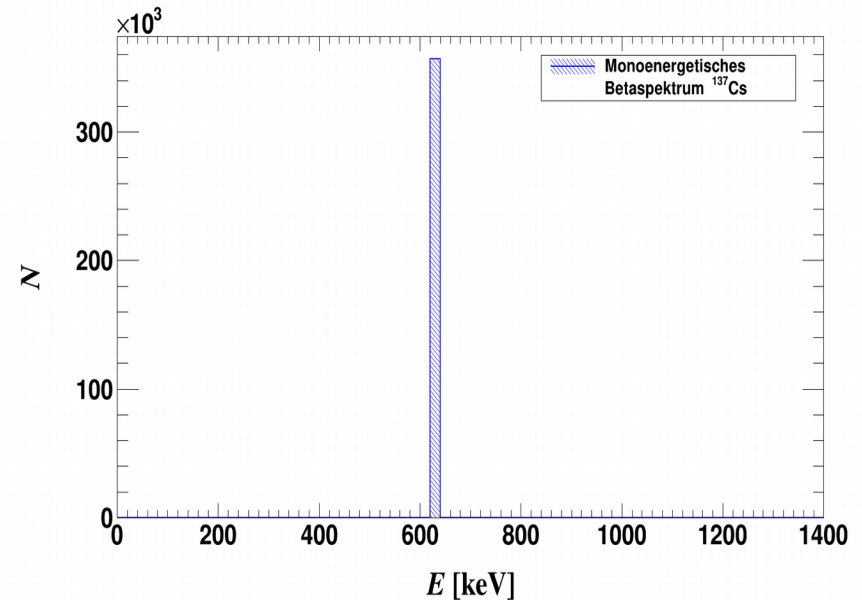
Vergleich der Entfaltungen von UMG und TUnfold



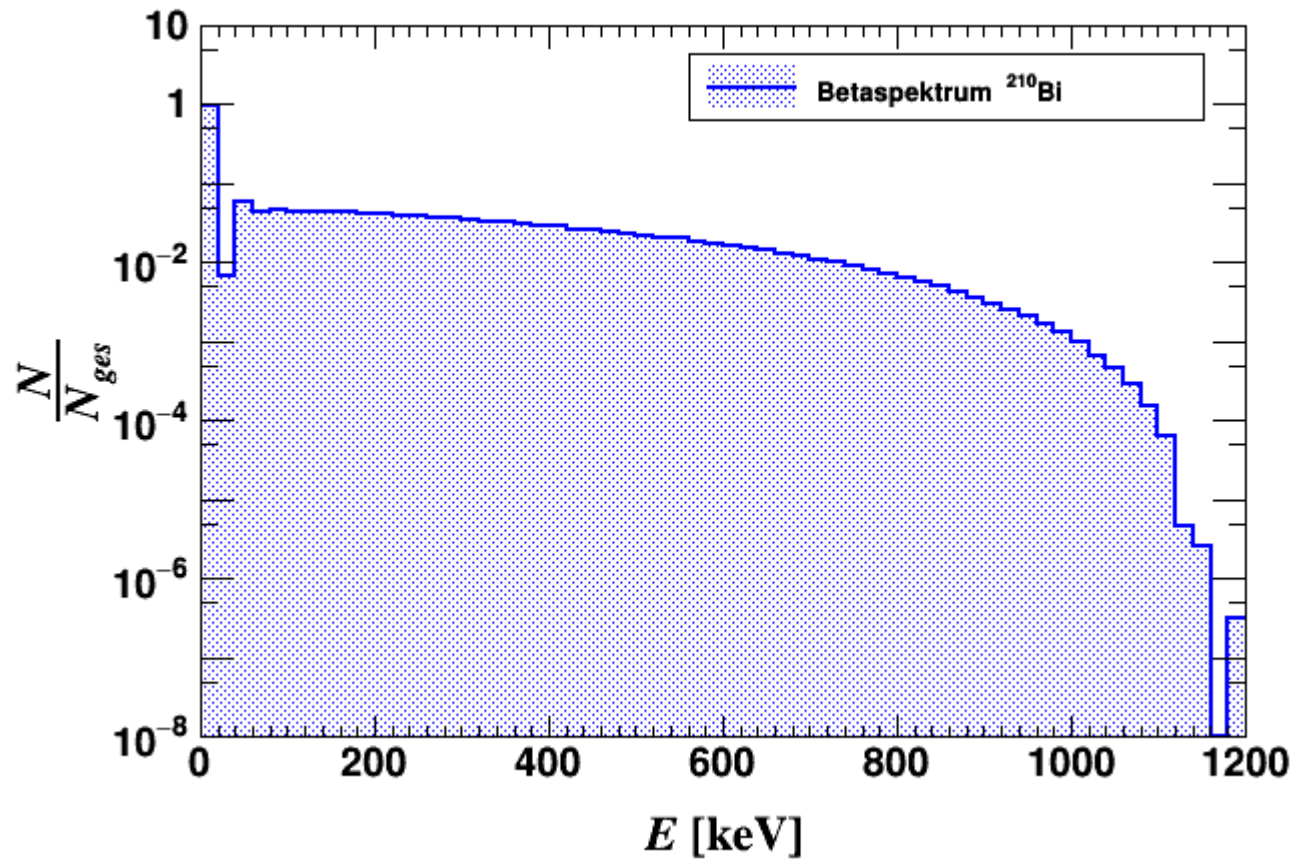
Entfaltung des monenergetischen Spektrums

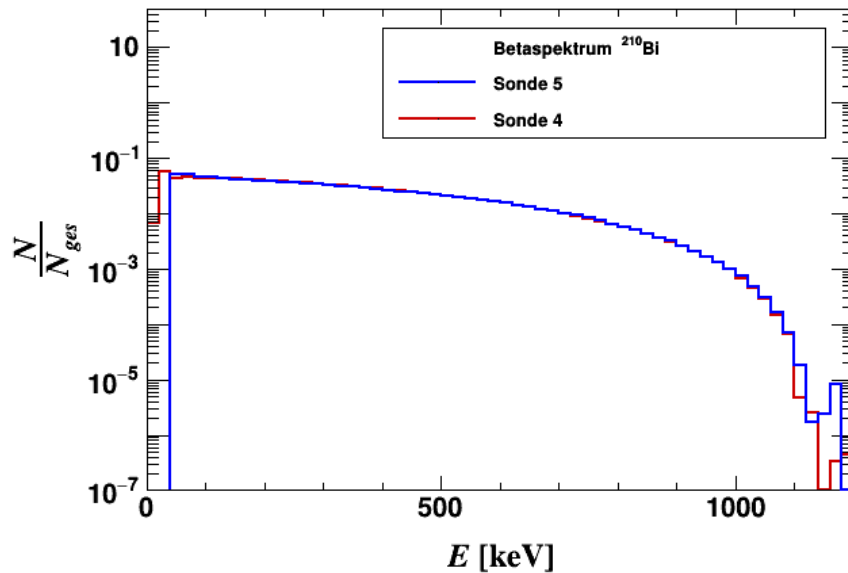


Monoenergetisches Spektrum ^{137}Cs

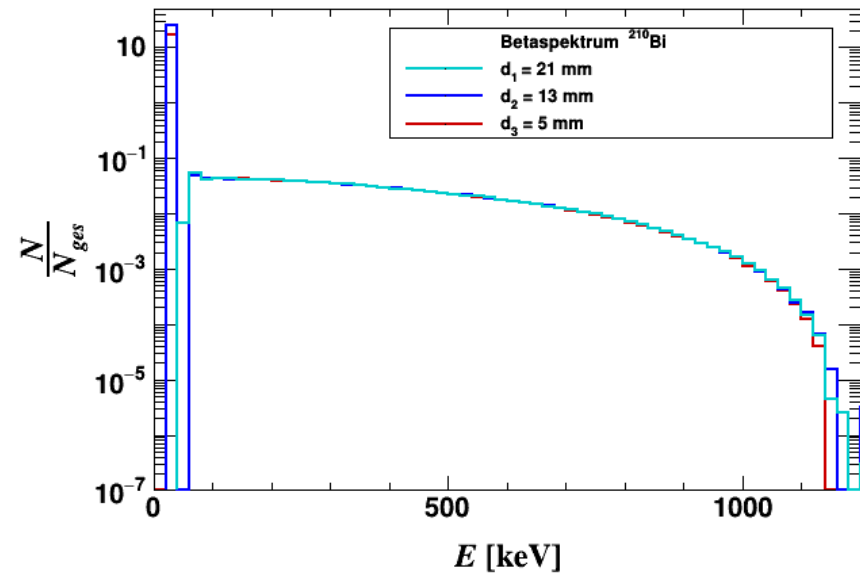


entfaltetes monoenergetisches Spektrum ^{137}Cs

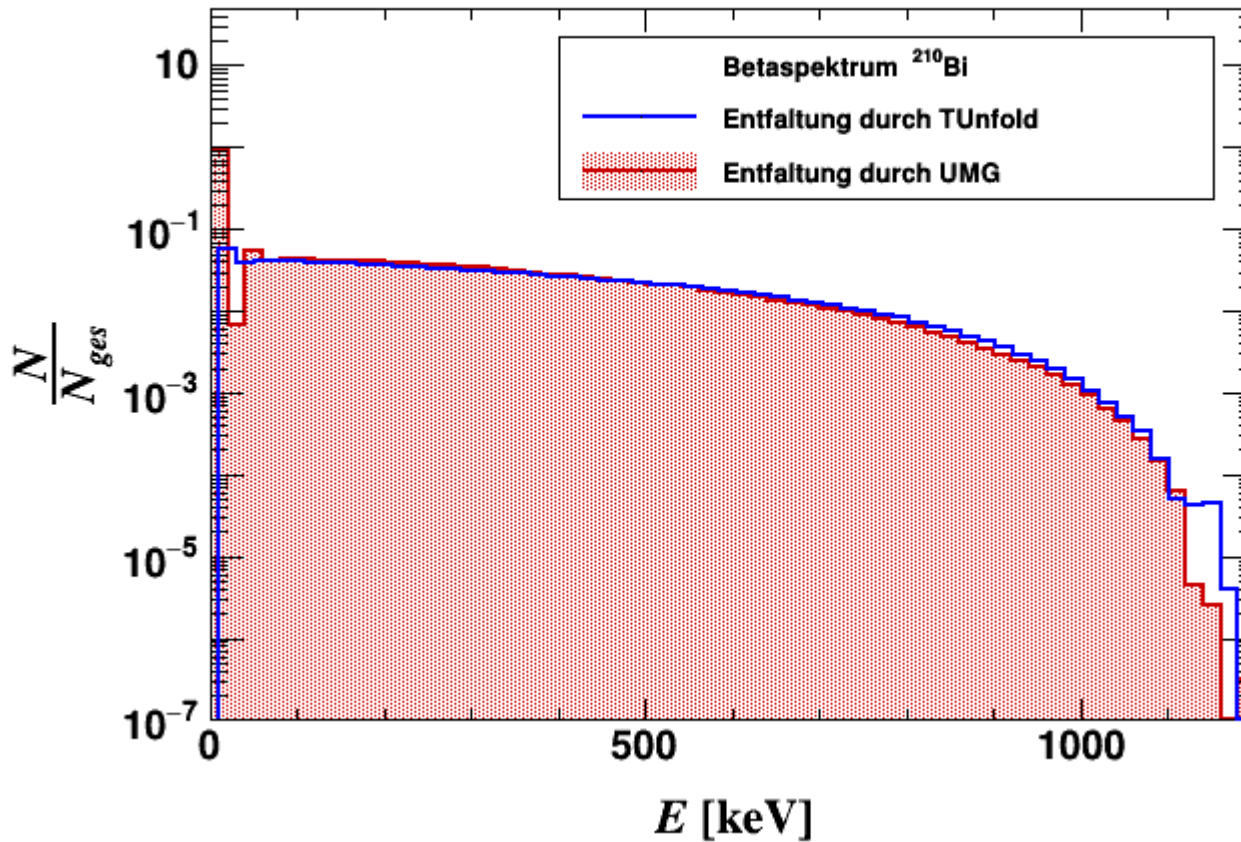


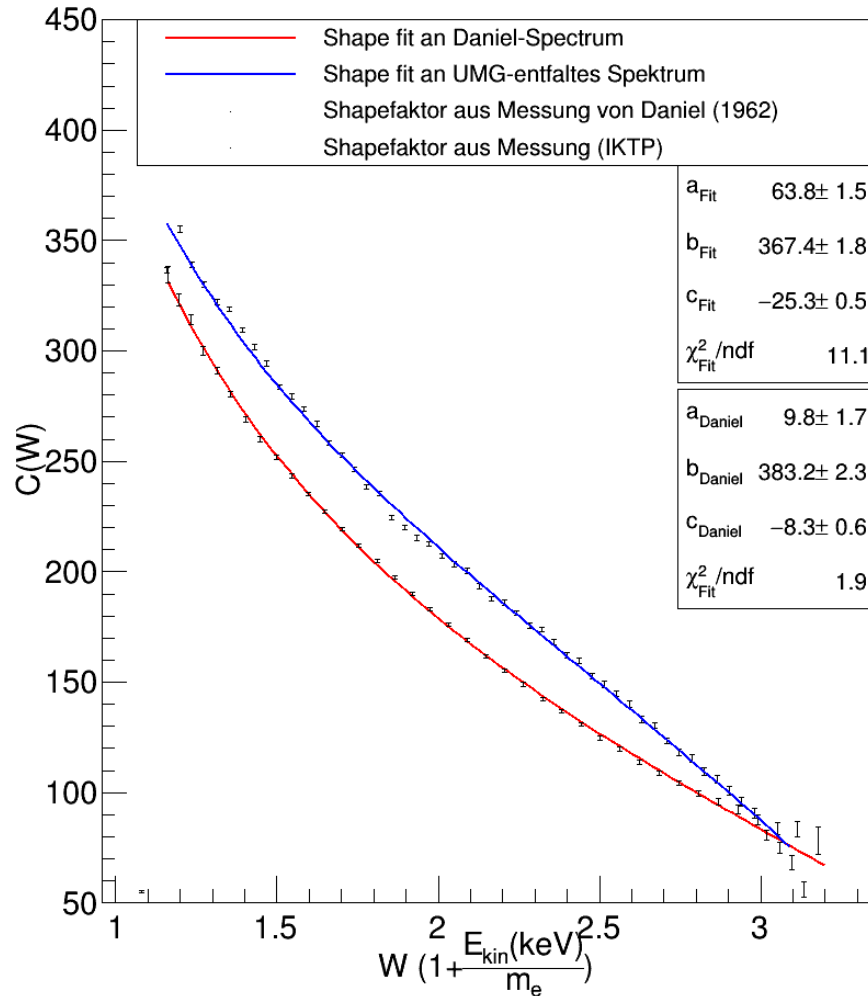


Entfaltetes Spektrum ^{210}Bi
im Fernabstand
mit verschiedenen Sonden



Entfaltetes Spektrum ^{210}Bi
mit Sonde 4
in verschiedenen Abständen
zum Detektor





Mit freundlicher Genehmigung von Jan Thurn

Bestimmung des Betaspektrums von ^{210}Bi

Xynia-M. Sonntag

- Funktionsweise des Entfaltungsprogrammes UMG getestet
- Messung und Entfaltung des Betaspektrums von ^{210}Bi erfolgreich

Ausblick:

- Entfaltung der Impulshöhenspektren von ^{210}Bi in Luft
- Bestimmung der Unsicherheiten im entfalteten Spektrum

Übergänge	log ft	L_β	$\Delta\pi$	ΔI (Fermi)	ΔI (Gamow-Teller)
übererlaubt	2,9 - 3,7	0	nein	0	0
erlaubt	4,4 - 6,0	0	nein	0	0, 1
einfach verboten	6 - 10	1	ja	0, 1	0, 1, 2
zweifach verboten	10 - 13	2	nein	1, 2	1, 2, 3
dreifach verboten	>15	3	ja	2, 3	2, 3, 4

Ein Übergang $|\Psi_i\rangle \rightarrow |\Psi_f\rangle$ ist erlaubt, wenn das Übergangsmatrixelement $\mathcal{M}_{if} = \langle \Psi_f | \mu | \Psi_i \rangle$ nicht verschwindend ist, sonst ist er verboten. Dabei sind $|\Psi_i\rangle$ beziehungsweise $|\Psi_f\rangle$ Ausgangs- beziehungsweise Endzustand und μ der Übergangsmoment-Operator.

Der ft -Wert

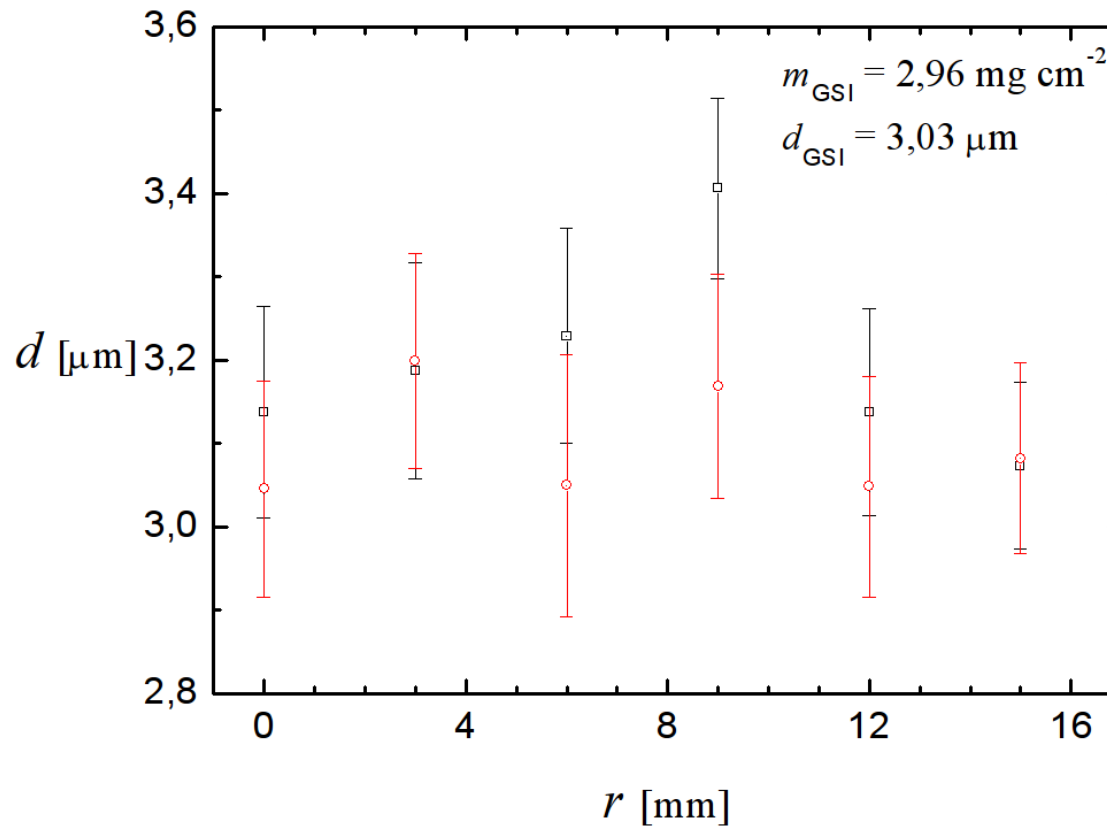
$$ft \equiv f(Z, \epsilon_0) \cdot t_{1/2} = \frac{B \ln 2}{g_V^2 M_F^2 + g_A^2 M_{GT}^2} \quad (2.5)$$

ist das Produkt aus Fermi-Funktion und Halbwertszeit des Zerfalls. Der entsprechende dekadische Logarithmus beschreibt den Verbotenheitsgrad und ermöglicht eine Klassifizierung (siehe Tabelle 2.1) mit $B = \frac{2\pi^3 \hbar^7}{m_0^5 c^4}$, den Kernmatrixelementen von Fermi- bzw. Gamow-Teller-Übergang M_F bzw. M_{GT} und den Kopplungskonstanten aus dem Wechselwirkungsgesetz g_A und g_V .

	$T_{1/2}$	$\log ft$	Δl	$\Delta \pi$
^{210}Bi	5,012 d	8,0	1	nein
^{31}Si	157,3 min	5,52	1	ja
^{137}Cs	30,08 y	9,63	2	ja

	p_0	p_1
Detektor 6	$10,2438 \pm 3,6952$	$0,82908 \pm 0,00431$
Detektor 4	$10,6009 \pm 3,6094$	$0,82956 \pm 0,00413$
Detektor 3 (Monitor)	$10,6775 \pm 6,5965$	$0,83061 \pm 0,00791$
Detektor 2	$9,5382 \pm 5,0242$	$0,83021 \pm 0,00652$

	Tochternuklid	E [keV]	Art: I [%]	Det 6	Det 4	Det 3	Det 2
$^{137}_{55}\text{Cs}$	$^{137}_{56}\text{Ba}$	624,216	K: 7,79	741,64	740,28	739,28	739,84
		655,668	L: 1,40	780,59	779,22	778,07	778,51
$^{133}_{56}\text{Ba}$	$^{133}_{55}\text{Cs}$	240,414	K: 0,33	276,53	275,58	274,94	276,99
		266,866	K: 0,68	308,77	308,09	307,86	310,03
		297,137	L: 0,09	347,27	346,75	349,51	349,18
		320,028	K: 1,31	372,36	371,46	371,08	373,20
		350,299	L: 0,22	408,51	408,17	407,30	409,89
$^{207}_{83}\text{Bi}$	$^{207}_{82}\text{Pb}$	481,694	K: 1,54	568,75	568,26	566,23	569,83
		553,837	L: 0,44	657,60	656,14	657,72	657,96
		975,651	K: 7,08	1163,82	1162,73	1160,33	1163,10
		1047,795	L: 1,84	1251,49	1249,95	1248,73	1251,26
		1059,805	M: 0,44	1265,18	1264,22		

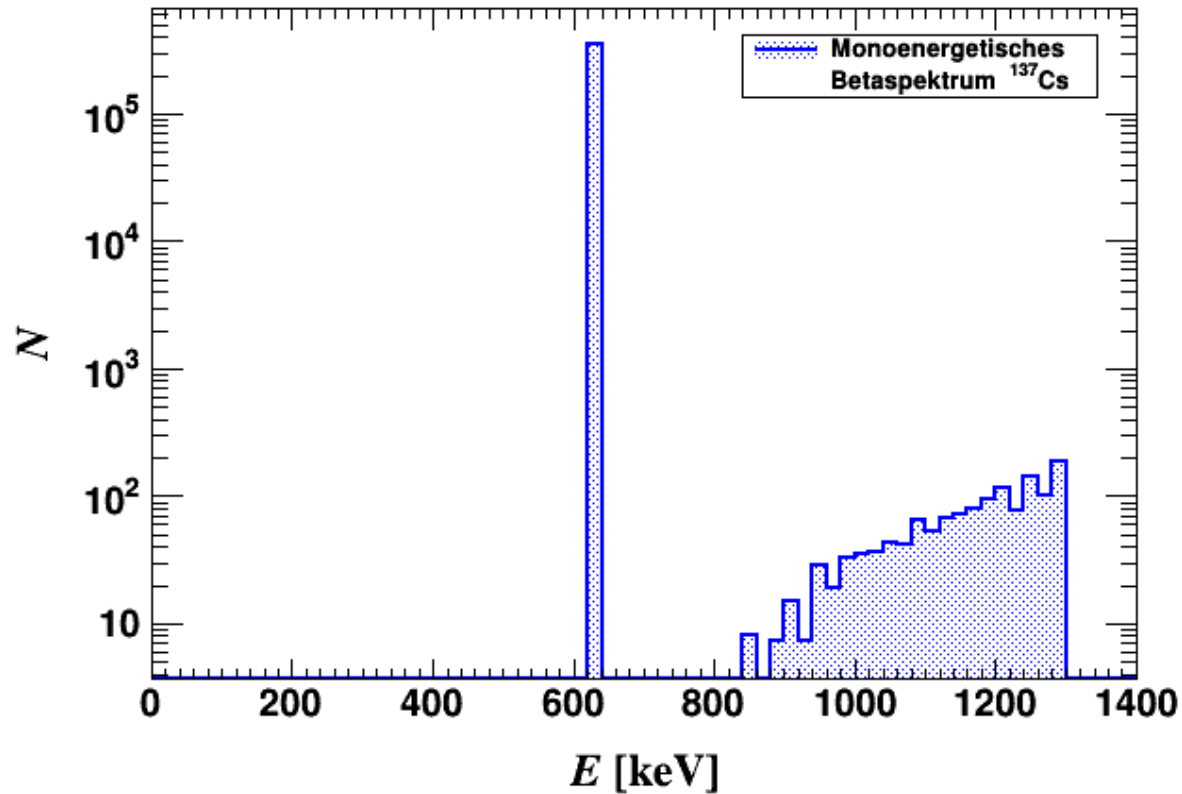


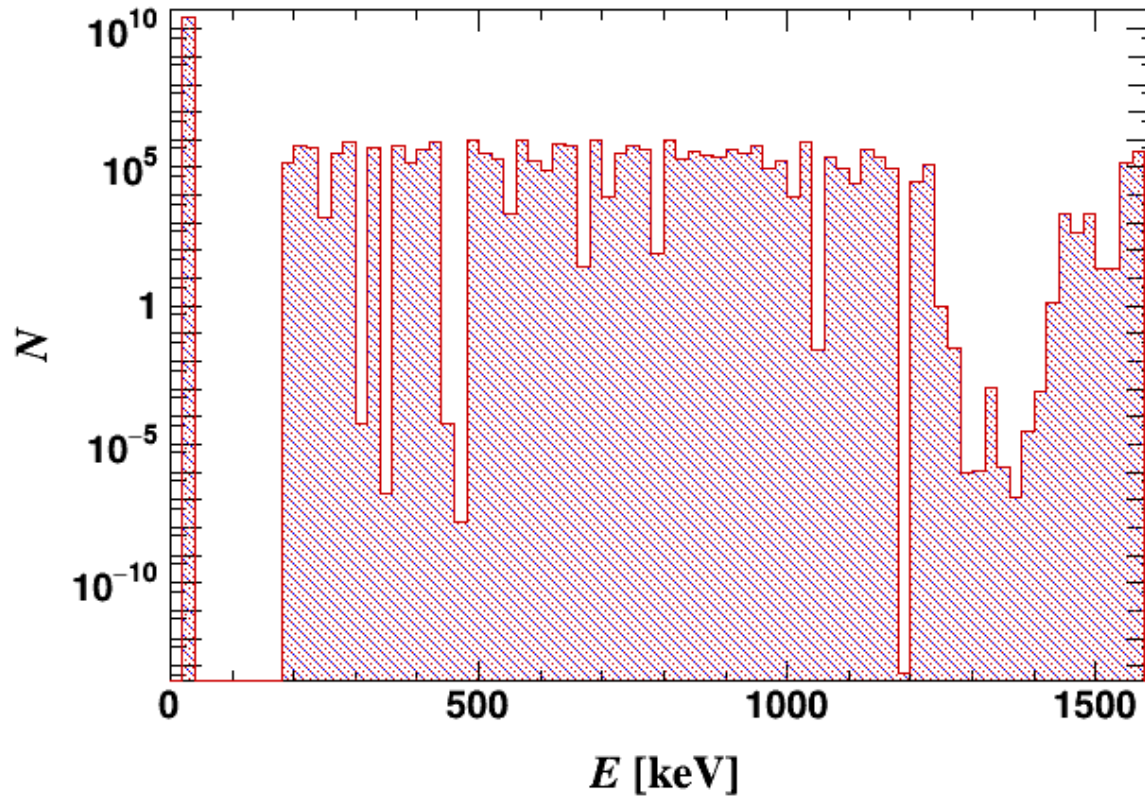
```
vnah_s4.csv
Response_Nvs4_umg.rsp
out_vns4
flat_fine-mod-20.flu
0.011,1.3
0.0,1.6
0.05
80000,8000
2,1
1
1
1|
```

```
file with data
file with response functions
name of output file
file with default spectrum
lo, hi MC E bin edges (in MC E units)
lo, hi RF E bin edges (in MeV)
chi-square factor
msand,idr
2 = bin structure in MeV, 1 = dF/dE
1 = use a scale factor for the DS
GRAVEL scale factor
```

$$f_i^{J+1} = f_i^J \exp \left(\frac{\sum_k W_{ik}^J \log \left(\frac{N_k}{\sum_{i'} R_{ki'} f_{i'}^J} \right)}{\sum_k W_{ik}^J} \right)$$

$$W_{ik}^J = \frac{R_{ki} f_i^J}{\sum_{i'} R_{ki'} f_{i'}^J} \frac{N_k^2}{\sigma_k^2}$$





$$N(W)dW = C(W)F(Z, W)pW(W_0 - W)^2dW,$$

$$C(W) = 1 + aW + \frac{b}{W} + cW^2$$