

# **Summations- und Escapelinien ausgewählter Radionuklide in der Gammaskpektrometrie**

$\gamma$ -SPEKT/SUMESC

Bearbeiter:

D. Arnold<sup>1</sup>

G. Kanisch<sup>2</sup>

H. Wershofen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Physikalisch-Technische Bundesanstalt

<sup>2</sup> Thünen-Institut für Fischereiökologie

## Summations- und Escapelinien ausgewählter Radionuklide in der Gammaskopie

Ergänzend zu den Abschnitten 7 und 9.7 des Allgemeinen Kapitels  $\gamma$ -SPEKT/GRUNDL dieser Messanleitungen ist in Tabelle 1 dieses Allgemeinen Kapitels eine Auswahl von Summations- und Escapelinien, die im Rahmen der Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt relevant sind, zusammengestellt.

Summationslinien (SL) können bei Radionukliden mit Kaskadenübergängen auftreten. In Tabelle 1 sind nur solche Summationslinien eines Radionuklids aufgeführt, die nicht mit dessen Einzellinien zusammenfallen und im Allgemeinen auch nicht in gängigen Nukliddatenbanken zu finden sind. Diese Gammalinien müssen bei der Auswertung des Impulshöhenspektrums besonders betrachtet und bei der Aktivitätsberechnung ausgeschlossen werden.

Bei Linien mit Gammaenergien deutlich größer als 1 MeV treten infolge des Paarbildungseffektes bei der Messung auch sogenannte Single-Escapelinien (SE) und Double-Escapelinien (DE) im Impulshöhenspektrum auf.

Findet sich im Impulshöhenspektrum eine Gammalinie mit sehr großer Impulsanzahl, kann etwa 10 keV bis 12 keV unterhalb dieser Linie eine weitere Linie auftreten, allerdings mit vergleichsweise kleiner Impulsanzahl. Hierbei handelt es sich um eine Germanium X-Ray-Escapelinie (1). Sie entsteht dadurch, dass ein im Germanium sekundär erzeugtes Röntgenquant aus dem Detektorkristall entweicht. Beispielsweise tritt bei langen Messdauern neben der Cs-137-Linie bei 661,7 keV noch eine schwache Linie bei ca. 650 keV auf, die etwas breiter ist. Ebenso kann bei K-40 ( $E_\gamma = 1460,8$  keV) eine solche Linie bei ca. 1450 keV auftreten.

Neben den in diesem Kapitel erläuterten Summations- und Escapelinien können weitere linienähnliche Strukturen im Impulshöhenspektrum auftreten, wenn im Messpräparat eine größere Aktivität eines Radionuklids vorliegt. Dabei kann es sich um Rückstreulinien und Comptonkanten handeln, die im Allgemeinen Kapitel  $\gamma$ -SPEKT/INTERF dieser Messanleitungen diskutiert werden.

### **Anmerkung:**

Der Stand aller kernphysikalischen Daten dieses Allgemeinen Kapitels ist Juni 2018. Für aktuelle Daten wird auf das Allgemeine Kapitel KERNDATEN dieser Messanleitungen verwiesen.

**Tab. 1:** Auswahl relevanter Summations- und Escapelinien;

mit: SE Single-Escapelinie  
 DE Double-Escapelinie  
 SL Summenlinie zweier oder mehrerer einzelner Linien

Radionuklid/ -paar	Energie der Linie	Code	Energie der ursprünglichen Gammastrahlung	
	in keV		in keV	
Na-22	1785,54	SL	511,00	1274,54
	763,54	SE	1274,54	
	252,54	DE	1274,54	
K-40	438,82	DE	1460,82	
	949,82	SE	1460,82	
Mn-56	1091,01	DE	2113,01	
	1602,01	SE	2113,01	
	1635,56	DE	2657,56	
	2146,56	SE	2657,56	
	2347,84	DE	3369,84	
	2858,84	SE	3369,84	
Co-56	2182,15	SL	846,77	1335,38
	2206,97	SL	846,77	1360,20
Co-58	1321,76	SL	511	810,76
Fe-59	2390,77	SL	1099,25	1291,59
	780,52	SE	1291,59	
Co-60	310,49	DE	1332,49	
	821,49	SE	1332,49	
	2505,72	SL	1173,23	1332,49
Se-75	187,17	SL	121,12	66,05
	202,05	SL	136,00	66,05
	319,73	SL	121,12	198,61
	334,61	SL	136,00	198,61
	385,78	SL	121,12	264,66
Y-88	814,07	DE	1836,07	
	1325,07	SE	1836,07	
	2734,11	SL	898,04	1836,07
Ru-106	1133,75	SL	511,85	621,90
Ag-108m	1156,85	SL	722,91	433,94
	1337,19	SL	722,91	614,28
	1771,13	SL	722,91	614,28
Ag-110m	1104,57	SL	446,81	657,76
	1153,67	SL	763,94	446,81

Radionuklid/ -paar	Energie der Linie	Code	Energie der ursprünglichen Gammastrahlung	
	in keV		in keV	
Ag-110m	1331,49	SL	446,81	884,68
	1364,44	SL	706,68	657,76
	1421,70	SL	763,94	657,76
	1450,95	SL	763,94	687,01
	1450,96	SL	706,68	744,28
	1524,70	SL	706,68	818,02
	1581,96	SL	763,94	818,02
	1591,36	SL	706,68	884,68
	1595,25	SL	937,49	657,76
	1648,62	SL	763,94	884,68
	1822,17	SL	937,49	884,68
	2182,64	SL	706,68	1475,78
	2268,97	SL	1384,29	884,68
	2268,97	SL	763,94	1505,03
Te-123m	247,43	SL	88,46	158,97
Sb-124	668,97	DE	1690,97	
	1068,93	DE	2090,93	
	1179,97	SE	1690,97	
	1579,93	SE	2090,93	
	1248,58	SL	645,85	602,73
	1570,93	SL	968,20	602,73
	1647,86	SL	1045,13	602,73
	2293,71	SL	1690,97	602,73
	2693,66	SL	2090,93	602,73
Sb-126	988,20	SL	573,80	414,40
	1080,50	SL	414,40	666,10
	1109,40	SL	414,40	695,00
	1111,40	SL	697,00	414,40
	1134,70	SL	720,30	414,40
	1239,90	SL	573,80	666,10
	1259,10	SL	593,00	666,10
	1268,80	SL	573,80	695,00
	1288,00	SL	593,00	695,00
	1363,10	SL	697,00	666,10
	1386,40	SL	720,30	666,10
	1392,00	SL	697,00	695,00
	1415,30	SL	720,30	695,00
	1417,30	SL	697,00	720,30

Radionuklid/ -paar	Energie der Linie	Code	Energie der ursprünglichen Gammastrahlung		
	in keV		in keV		
Sb-126	1522,80	SL	856,70	666,10	
	1551,70	SL	856,70	695,00	
	1553,70	SL	697,00	856,70	
	1775,50	SL	414,40	695,00	666,10
	1777,50	SL	697,00	414,40	666,10
	1806,40	SL	697,00	414,40	695,00
	2058,10	SL	697,00	695,00	666,10
Te-131m	483,99	SL	334,27	149,72	
	854,77	SL	81,10	773,67	
	874,85	SL	81,10	793,75	
	875,73	SL	102,06	773,67	
	933,31	SL	81,10	852,21	
	954,27	SL	102,06	852,21	
	1186,48	SL	334,27	852,21	
	1899,11	SL	1125,44	773,67	
	1980,32	SL	1206,65	773,67	
Te-132	166,06	SL	116,34	49,72	
	278,05	SL	228,33	49,72	
Ba-133	132,77	SL	53,16	79,61	
	134,16	SL	53,16	81,00	
	357,40	SL	276,40	81,00	
	437,01	SL	356,01	81,00	
	437,01	SL	53,16	383,85	
	437,01	SL	276,40	160,61	
Cs-134	1167,97	SL	563,25	604,72	
	1174,05	SL	604,72	569,33	
	1400,58	SL	604,72	795,86	
	1643,33	SL	604,72	1038,61	
	1772,69	SL	604,72	1167,97	
	1969,91	SL	604,72	1365,19	
Cs-136	230,80	SL	66,88	163,92	
	885,39	SL	66,88	818,51	
	904,87	SL	86,36	818,51	
	971,76	SL	153,25	818,51	
	995,11	SL	176,60	818,51	
	1092,16	SL	273,65	818,51	
	1114,95	SL	66,88	1048,07	
	1134,43	SL	86,36	1048,07	

Radionuklid/ -paar	Energie der Linie	Code	Energie der ursprünglichen Gammastrahlung		
	in keV		in keV		
Cs-136	1159,06	SL	340,55	818,51	
	1201,32	SL	153,25	1048,07	
	1224,67	SL	176,60	1048,07	
	1302,24	SL	66,88	1235,36	
	1321,72	SL	273,65	1048,07	
	1321,72	SL	86,36	1235,36	
	1388,61	SL	153,25	1235,36	
	1388,62	SL	340,55	1048,07	
	1866,58	SL	1048,07	818,51	
	1933,46	SL	66,88	1048,07	818,51
	2019,83	SL	153,25	1048,07	818,51
	2043,18	SL	176,60	1048,07	818,51
	2053,81	SL	1235,36	818,51	
	2207,13	SL	340,55	1048,07	818,51
Ba-140	567,22	SL	537,26	29,96	
La-140	574,20	DE	1596,20		
	1085,20	SE	1596,20		
	1836,85	SE	2347,85		
	2010,39	SE	2521,39		
	1924,96	SL	328,76	1596,20	
	2028,71	SL	432,51	1596,20	
	2083,22	SL	487,02	1596,20	
	2411,98	SL	328,76	487,02	1596,20
	2411,98	SL	815,78	1596,20	
Ce-144/ Pr-144	185,51	SE	696,51		
	1674,66	SE	2185,65		
Eu-152	1123,18	SL	778,90	344,28	
	989,17	SL	867,38	121,78	
	1233,86	SL	1112,08	121,78	
	1529,79	SL	1408,01	121,78	
Eu-154	705,08	SL	582,01	123,07	
	839,69	SL	591,76	247,93	
	971,23	SL	723,30	247,93	
	1027,13	SL	904,06	123,07	
	1397,50	SL	1274,43	123,07	
	1719,55	SL	723,30	996,25	
Ta-182	1189,04	SL	67,75	1121,29	

Radionuklid/ -paar	Energie der Linie	Code	Energie der ursprünglichen Gammastrahlung		
	in keV		in keV		
Ta-182	1289,15	SL	67,75	1221,40	
Tl-208	816,56	SL	233,37	583,19	
	2847,88	SL	233,37	2614,51	
	2891,88	SL	277,37	2614,51	
	3125,21	SL	510,74	2614,51	
	3197,70	SL	583,19	2614,51	
	3475,04	SL	860,53	2614,51	
	3708,40	SL	510,74	583,19	2614,51
Ra-226-Reihe	742,49	DE	1764,49		
	1096,55	DE	2118,55		
	1182,21	DE	2204,21		
	1253,49	SE	1764,49		
	1271,40	DE	2293,40		
	1425,86	DE	2447,86		
	1607,55	SE	2118,55		
	1693,21	SE	2204,21		
	1782,40	SE	2293,40		
	1936,86	SE	2447,86		
Th-232-Reihe	566,20	DE	1588,20		
	598,74	DE	1620,74		
	608,63	DE	1630,63		
	616,28	DE	1638,28		
	1077,20	SE	1588,20		
	1109,74	SE	1620,74		
	1119,63	SE	1630,63		
	1127,28	SE	1638,28		
	1592,51	DE	2614,51		
	2103,51	SE	2614,51		
Np-239	289,64	SL	61,46	228,18	
	339,06	SL	61,46	277,60	
	383,73	SL	106,13	277,60	
	391,59	SL	106,13	285,46	

## Literatur

- (1) Knoll, G. F.: *Radiation detection and measurement*. 4<sup>th</sup> Edition. New York: John Wiley & Sons Inc., 2010. ISBN 978-4-470-13148-0.