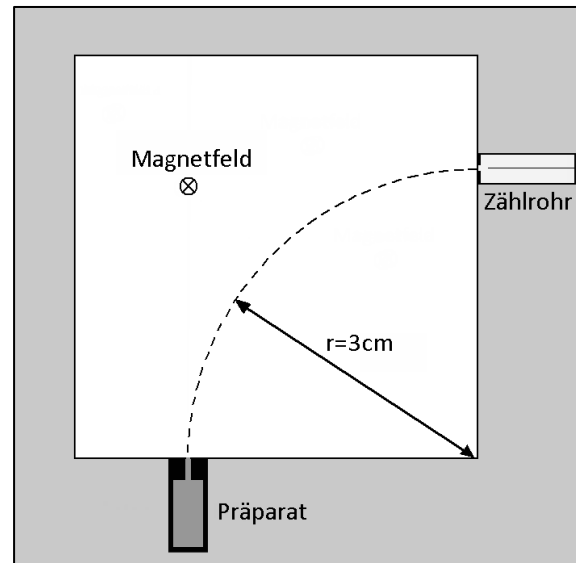


## Betaspektren, die mit einem computersimulierten Betaspektrometer erzeugt wurden

Das Betaspektrometer bestimmt die kinetische Energie der Elektronen über die magnetische Flussdichte, die notwendig ist, um Elektronen einer bestimmten Energie durch die Wirkung der Lorentzkraft in ein Zählrohr zu lenken. Präparat und Zählrohr sind in einem festen Winkel von  $90^\circ$  zueinander angeordnet. Die Simulation berechnet die Zählraten mithilfe der Formeln der Fermitheorie des Betazerfalles (siehe auch Infobox der Simulation) und streut die Ergebnisse stochastisch, um eine realitätsnähere Situation zu erzeugen.



Die kinetische Energie der Elektronen ergibt sich aus der magnetischen Flussdichte klassisch mithilfe der Formel:

$$E_{\text{kin}} = \frac{(e \cdot r)^2}{2 \cdot m_e} \cdot B^2.$$

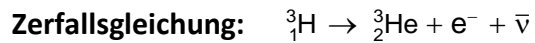
Bei einem energiearmen Strahler, wie beispielsweise bei dem Wasserstoff-Isotop Tritium, lässt sich diese klassische Formel noch gut anwenden.

Die meisten Betastrahler senden allerdings so hochenergetische Elektronen aus, dass die relativistische Berechnung der kinetischen Energie unumgänglich wird.

Die Formeln lauten dann:

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{m_0 \cdot c}{e \cdot B \cdot r}\right)^2}} \quad \text{und} \quad E_{\text{kin}} = m_0 c^2 \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1 \right)$$

## Betaspektrum von Tritium ( ${}^3_1\text{H}$ – reiner Betastrahler)



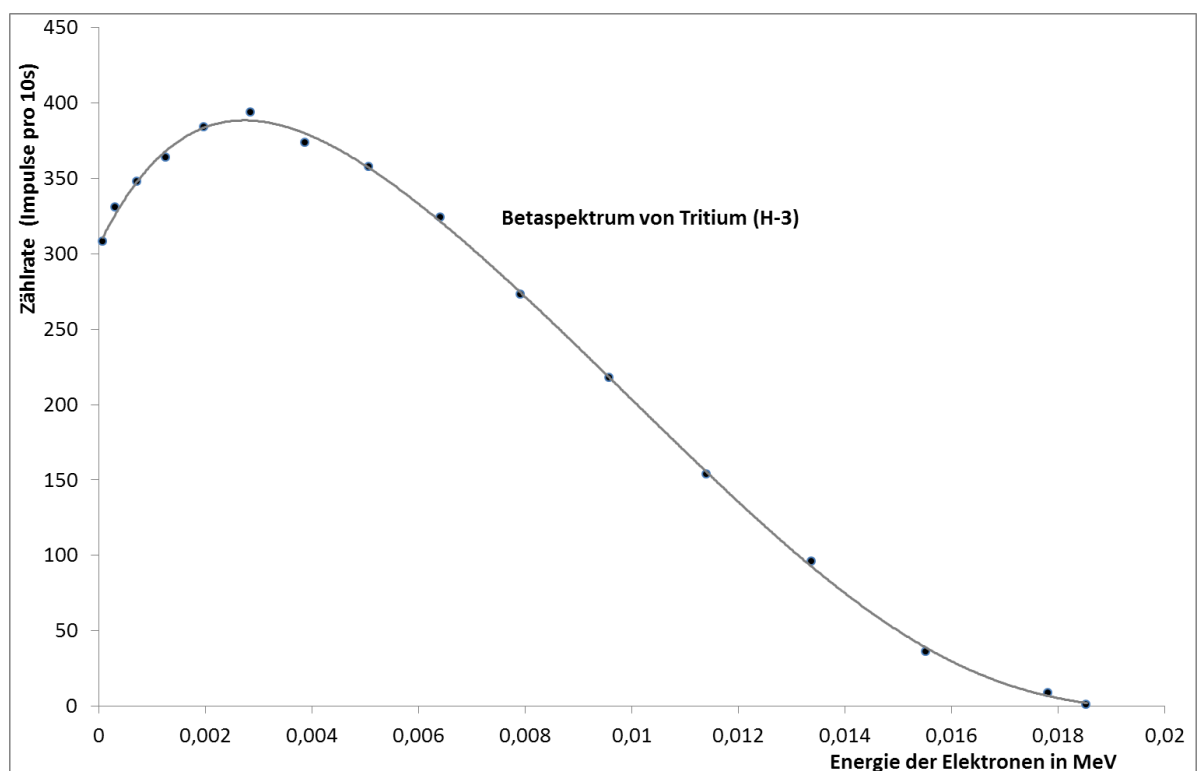
### Massenbilanz des Zerfalls:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (m_{\text{H}3} - (m_{\text{He}3} + m_e)) \cdot c^2 = 2,98037245 \cdot 10^{-15} \text{ J} = 0,0186 \text{ MeV}$$

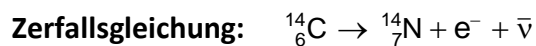
### Versuchsergebnisse:

(Aufgrund der geringen Energie der Betateilchen wurde die kinetische Energie klassisch berechnet.)

B/T	E <sub>kin</sub> / J	E <sub>kin</sub> / MeV	N
0,001	1,26807E-17	7,915E-05	308
0,002	5,07229E-17	0,0003166	331
0,003	1,14127E-16	0,0007123	348
0,004	2,02892E-16	0,0012664	364
0,005	3,17018E-16	0,0019787	384
0,006	4,56506E-16	0,0028493	394
0,007	6,21356E-16	0,0038782	374
0,008	8,11567E-16	0,0050654	358
0,009	1,02714E-15	0,0064109	324
0,01	1,26807E-15	0,0079147	273
0,011	1,53437E-15	0,0095768	218
0,012	1,82603E-15	0,0113972	154
0,013	2,14304E-15	0,0133758	96
0,014	2,48542E-15	0,0155128	36
0,015	2,85316E-15	0,0178081	9
0,0153	2,96843E-15	0,0185275	1



## Betaspektrum von Kohlenstoff-14 ( $^{14}_6\text{C}$ – reiner Betastrahler)

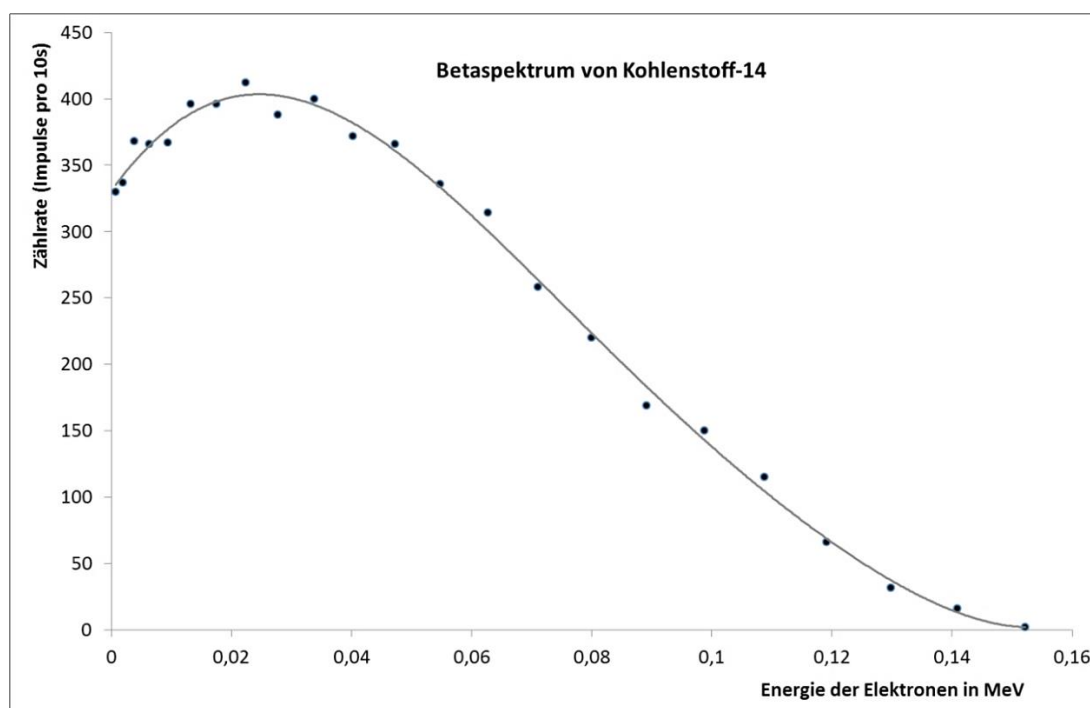


### Massenbilanz des Zerfalls:

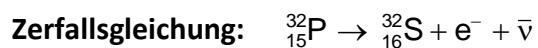
$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (m_{\text{C}14} - (m_{\text{N}14} + m_e)) \cdot c^2 = 2,507412554 \cdot 10^{-14} \text{ J} = 0,1565 \text{ MeV}$$

### Versuchsergebnisse:

B / Tesla	N / 10s	v/c	Ekin / J	Ekin / MeV
0,003	330	0,052727682	1,14047E-16	0,000711826
0,005	337	0,087663096	3,16407E-16	0,001974857
0,007	368	0,122278115	6,19016E-16	0,003863592
0,009	366	0,156452731	1,02078E-15	0,006371181
0,011	367	0,190074679	1,52025E-15	0,009488679
0,013	396	0,223041094	2,11571E-15	0,013205203
0,015	396	0,255259815	2,80511E-15	0,017508118
0,017	412	0,286650305	3,58619E-15	0,022383231
0,019	388	0,317144183	4,45646E-15	0,027815011
0,021	400	0,346685389	5,41324E-15	0,033786808
0,023	372	0,375230014	6,45374E-15	0,040281073
0,025	366	0,402745852	7,57502E-15	0,047279573
0,027	336	0,429211707	8,77409E-15	0,054763596
0,029	314	0,454616533	1,00479E-14	0,062714142
0,031	258	0,478958453	1,13934E-14	0,071112094
0,033	220	0,502243704	1,28075E-14	0,07993838
0,035	169	0,524485564	1,42873E-14	0,089174102
0,037	150	0,545703288	1,58296E-14	0,098800657
0,039	115	0,565921083	1,74317E-14	0,108799834
0,041	66	0,585167154	1,90906E-14	0,119153895
0,043	32	0,603472826	2,08036E-14	0,129845639
0,045	16	0,620871748	2,2568E-14	0,14085845
0,047	2	0,637399195	2,43813E-14	0,152176333



## Betaspektrum von Phosphor-32 ( $^{32}_{15}\text{P}$ – reiner Betastrahler)

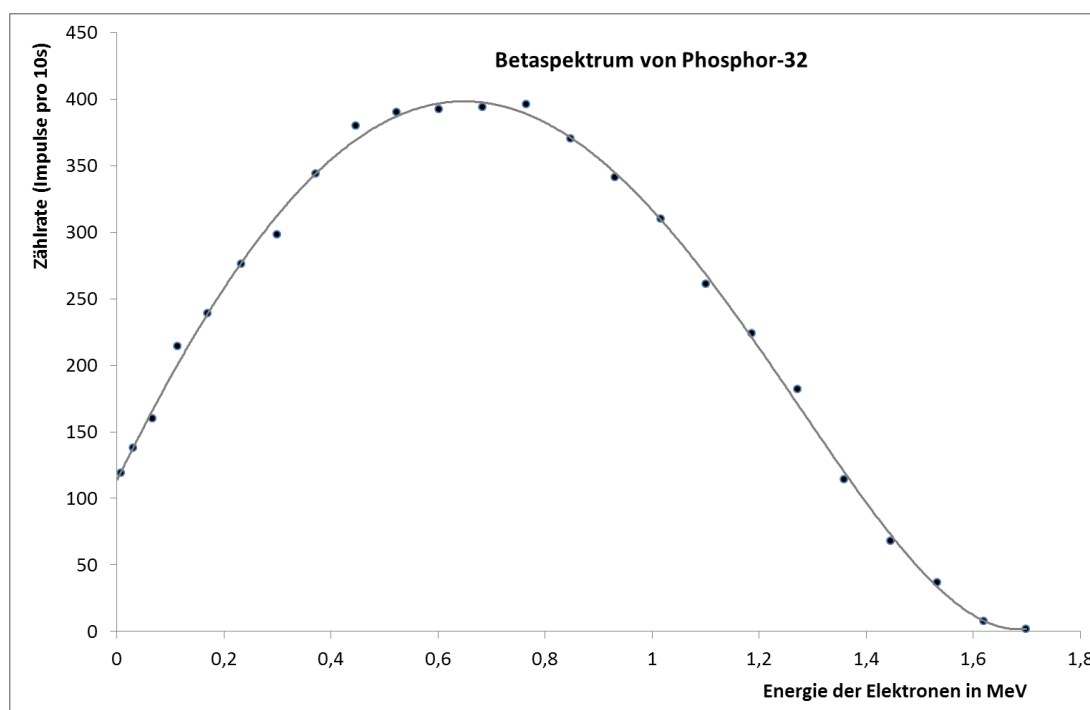


### Massenbilanz des Zerfalls:

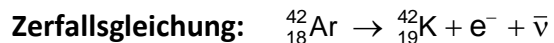
$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (m_{\text{Ph32}} - (m_{\text{S32}} + m_e)) \cdot c^2 \approx 2,73941 \cdot 10^{-15} \text{ J} = 1,71 \text{ MeV}$$

### Versuchsergebnisse:

B / Tesla	N	v/c	Ekin / J	Ekin / MeV
0,01	119	0,173339455	1,2584E-15	0,007854328
0,02	138	0,332036895	4,92421E-15	0,030734486
0,03	160	0,466920144	1,07119E-14	0,066858387
0,04	214	0,57566369	1,82542E-14	0,113933592
0,05	239	0,660635881	2,71876E-14	0,16969177
0,06	276	0,726104577	3,71995E-14	0,232181125
0,07	298	0,776428956	4,80408E-14	0,299846895
0,08	344	0,815301372	5,95207E-14	0,371499174
0,09	380	0,845595538	7,1496E-14	0,446243176
0,1	390	0,869461109	8,38593E-14	0,523408914
0,11	392	0,888479823	9,653E-14	0,602493019
0,12	394	0,903811087	1,09447E-13	0,6831144
0,13	396	0,916307488	1,22564E-13	0,764981698
0,14	370	0,926600462	1,35844E-13	0,847869745
0,15	341	0,935161962	1,49259E-13	0,931602602
0,16	310	0,942348331	1,62788E-13	1,016041305
0,17	261	0,948431447	1,76412E-13	1,101074943
0,18	224	0,953620907	1,90117E-13	1,186614116
0,19	182	0,958079939	2,03891E-13	1,272586093
0,2	114	0,961936898	2,17725E-13	1,358931177
0,21	68	0,965293654	2,31611E-13	1,445599974
0,22	37	0,968231765	2,45542E-13	1,532551296
0,23	8	0,970817073	2,59513E-13	1,619750557
0,239	2	0,972886686	2,72116E-13	1,698417619



## Betaspektrum von Argon-42 ( $^{42}_{18}\text{Ar}$ – reiner Betastrahler)

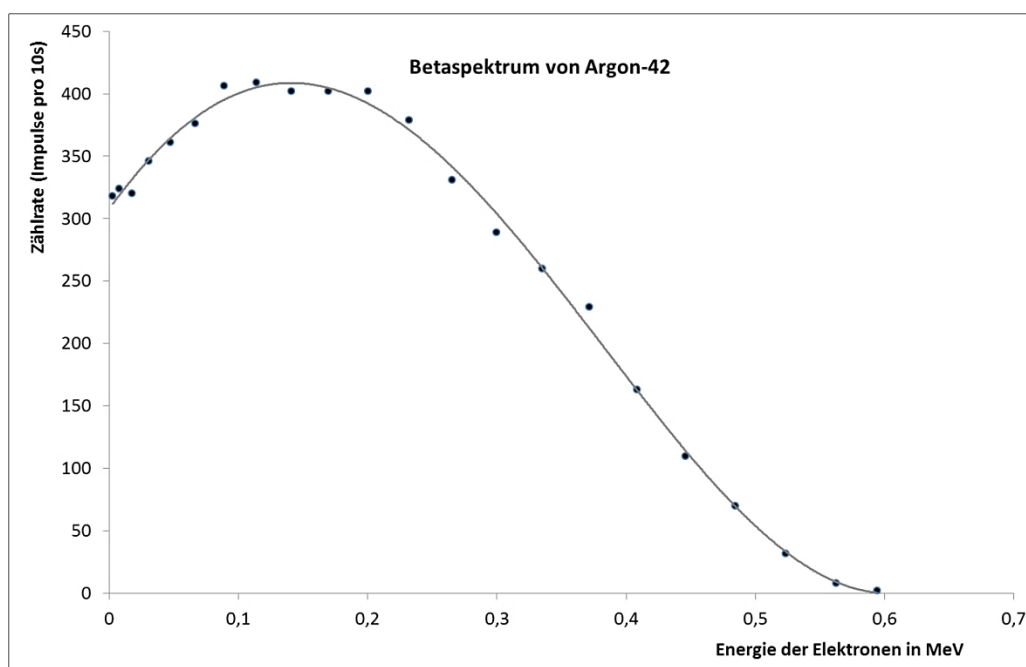


### Massenbilanz des Zerfalls:

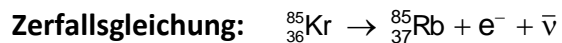
$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (m_{\text{Ar}42} - (m_{\text{K}42} + m_e)) \cdot c^2 = 9,595352553 \cdot 10^{-14} \text{ J} = 0,59889 \text{ MeV}$$

### Versuchsergebnisse:

B / Tesla	N / 10s	v/c	Ekin / J	Ekin / MeV
0,006	318	0,105018315	4,55241E-16	0,002841389
0,01	324	0,173339455	1,2584E-15	0,007854328
0,015	320	0,255259815	2,80511E-15	0,017508118
0,02	346	0,332036895	4,92421E-15	0,030734486
0,025	361	0,402745852	7,57502E-15	0,047279573
0,03	376	0,466920144	1,07119E-14	0,066858387
0,035	406	0,524485564	1,42873E-14	0,089174102
0,04	409	0,57566369	1,82542E-14	0,113933592
0,045	402	0,620871748	2,2568E-14	0,14085845
0,05	402	0,660635881	2,71876E-14	0,16969177
0,055	402	0,695524874	3,20758E-14	0,200201472
0,06	379	0,726104577	3,71995E-14	0,232181125
0,065	331	0,752909752	4,25296E-14	0,26544912
0,07	289	0,776428956	4,80408E-14	0,299846895
0,075	260	0,797098383	5,37108E-14	0,335236693
0,08	229	0,815301372	5,95207E-14	0,371499174
0,085	163	0,831371199	6,54539E-14	0,408531101
0,09	110	0,845595538	7,1496E-14	0,446243176
0,095	70	0,858221567	7,76348E-14	0,48455811
0,1	32	0,869461109	8,38593E-14	0,523408914
0,105	8	0,879495472	9,01605E-14	0,562737423
0,109	2	0,886760283	9,5251E-14	0,594509937



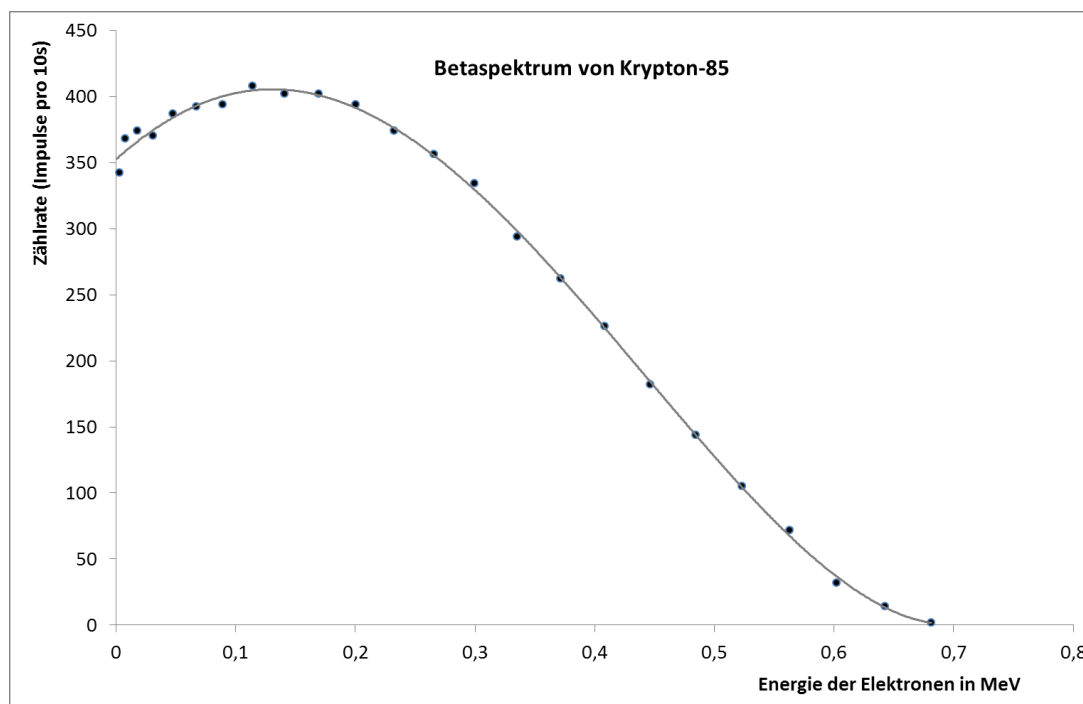
## Betaspektrum von Krypton-85 ( $^{85}_{36}\text{Kr}$ – reiner Betastrahler)



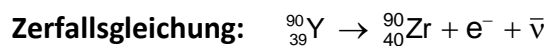
Massenbilanz des Zerfalls:  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (m_{\text{Kr85}} - (m_{\text{Rb85}} + m_e)) \cdot c^2 = 1,1 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 0,6867 \text{ MeV}$

### Versuchsergebnisse:

B / Tesla	N / 10s	v/c	Ekin / J	Ekin / MeV
0,006	342	0,105018315	4,55241E-16	0,002841389
0,01	368	0,173339455	1,2584E-15	0,007854328
0,015	374	0,255259815	2,80511E-15	0,017508118
0,02	370	0,332036895	4,92421E-15	0,030734486
0,025	387	0,402745852	7,57502E-15	0,047279573
0,03	392	0,466920144	1,07119E-14	0,066858387
0,035	394	0,524485564	1,42873E-14	0,089174102
0,04	408	0,57566369	1,82542E-14	0,113933592
0,045	402	0,620871748	2,2568E-14	0,14085845
0,05	402	0,660635881	2,71876E-14	0,16969177
0,055	394	0,695524874	3,20758E-14	0,200201472
0,06	374	0,726104577	3,71995E-14	0,232181125
0,065	356	0,752909752	4,25296E-14	0,26544912
0,07	334	0,776428956	4,80408E-14	0,299846895
0,075	294	0,797098383	5,37108E-14	0,335236693
0,08	262	0,815301372	5,95207E-14	0,371499174
0,085	226	0,831371199	6,54539E-14	0,408531101
0,09	182	0,845595538	7,1496E-14	0,446243176
0,095	144	0,858221567	7,76348E-14	0,48455811
0,1	105	0,869461109	8,38593E-14	0,523408914
0,105	72	0,879495472	9,01605E-14	0,562737423
0,11	32	0,888479823	9,653E-14	0,602493019
0,115	14	0,896547045	1,02961E-13	0,64263155
0,1198	2	0,903534671	1,09187E-13	0,681488914



## Betaspektrum von Yttrium-90 ( $^{90}_{39}\text{Y}$ – reiner Betastrahler)

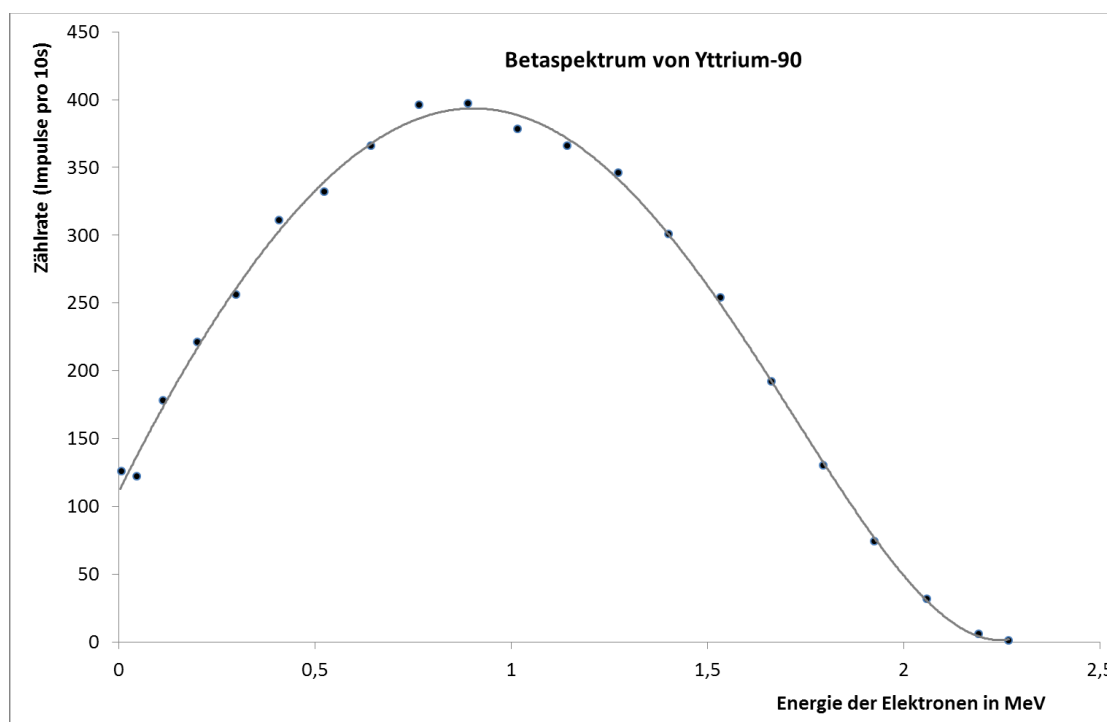


### Massenbilanz des Zerfalls:

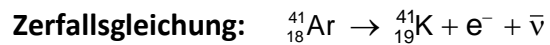
$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (m_{\text{Y}90} - (m_{\text{Zr}90} + m_e)) \cdot c^2 = 3,652648 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 2,2798 \text{ MeV}$$

### Versuchsergebnisse:

B / Tesla	N	v/c	Ekin / J	Ekin / MeV
0,01	126	0,173339455	1,2584E-15	0,007854328
0,025	122	0,402745852	7,57502E-15	0,047279573
0,04	178	0,57566369	1,82542E-14	0,113933592
0,055	221	0,695524874	3,20758E-14	0,200201472
0,07	256	0,776428956	4,80408E-14	0,299846895
0,085	311	0,831371199	6,54539E-14	0,408531101
0,1	332	0,869461109	8,38593E-14	0,523408914
0,115	366	0,896547045	1,02961E-13	0,64263155
0,13	396	0,916307488	1,22564E-13	0,764981698
0,145	397	0,931073082	1,42536E-13	0,889640006
0,16	378	0,942348331	1,62788E-13	1,016041305
0,175	366	0,951126748	1,83255E-13	1,143786226
0,19	346	0,958079939	2,03891E-13	1,272586093
0,205	301	0,963672289	2,24662E-13	1,402227857
0,22	254	0,968231765	2,45542E-13	1,532551296
0,235	192	0,971994568	2,66511E-13	1,663433847
0,25	130	0,975133883	2,87555E-13	1,7947803
0,265	74	0,977778786	3,08662E-13	1,926515665
0,28	32	0,980026927	3,29821E-13	2,058580127
0,295	6	0,981953201	3,51025E-13	2,190925429
0,3036	1	0,982935485	3,632E-13	2,266914542



## Betaspektrum von Argon-41 ( $^{41}_{18}\text{Ar}$ – Beta- und Gammastrahler)

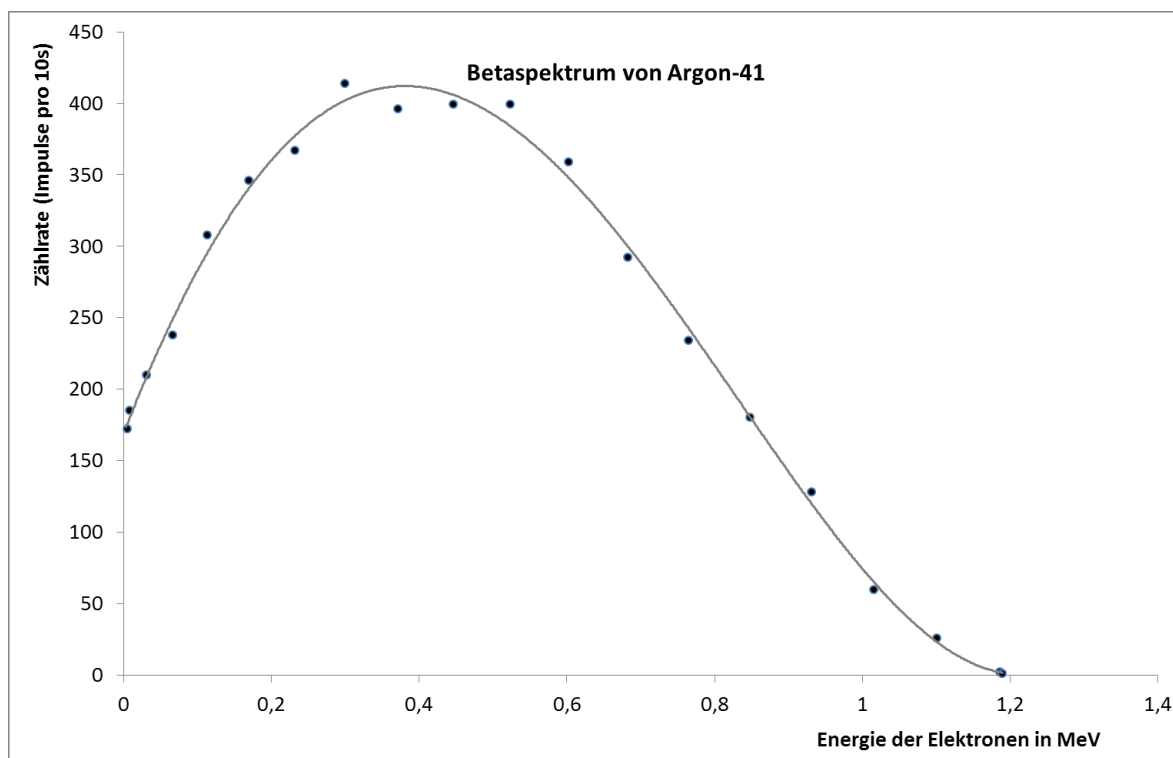


### Massenbilanz des Zerfalls:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (m_{\text{Ar}41} - (m_{\text{K}41} + m_e)) \cdot c^2 = 3,9918298 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 2,4915 \text{ MeV}$$

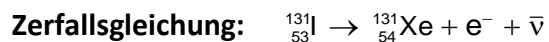
### Versuchsergebnisse:

B / Tesla	N / 10s	v/c	Ekin / J	Ekin / MeV
0,008	172	0,139427692	8,07584E-16	0,005040542
0,01	185	0,173339455	1,2584E-15	0,007854328
0,02	210	0,332036895	4,92421E-15	0,030734486
0,03	238	0,466920144	1,07119E-14	0,066858387
0,04	308	0,57566369	1,82542E-14	0,113933592
0,05	346	0,660635881	2,71876E-14	0,16969177
0,06	367	0,726104577	3,71995E-14	0,232181125
0,07	414	0,776428956	4,80408E-14	0,299846895
0,08	396	0,815301372	5,95207E-14	0,371499174
0,09	399	0,845595538	7,1496E-14	0,446243176
0,1	399	0,869461109	8,38593E-14	0,523408914
0,11	359	0,888479823	9,653E-14	0,602493019
0,12	292	0,903811087	1,09447E-13	0,6831144
0,13	234	0,916307488	1,22564E-13	0,764981698
0,14	180	0,926600462	1,35844E-13	0,847869745
0,15	128	0,935161962	1,49259E-13	0,931602602
0,16	60	0,942348331	1,62788E-13	1,016041305
0,17	26	0,948431447	1,76412E-13	1,101074943
0,18	2	0,953620907	1,90117E-13	1,186614116
0,1804	1	0,953812337	1,90666E-13	1,190045121





## Betaspektrum von Iod-131 ( $^{131}_{53}\text{I}$ – Beta- und Gammastrahler)

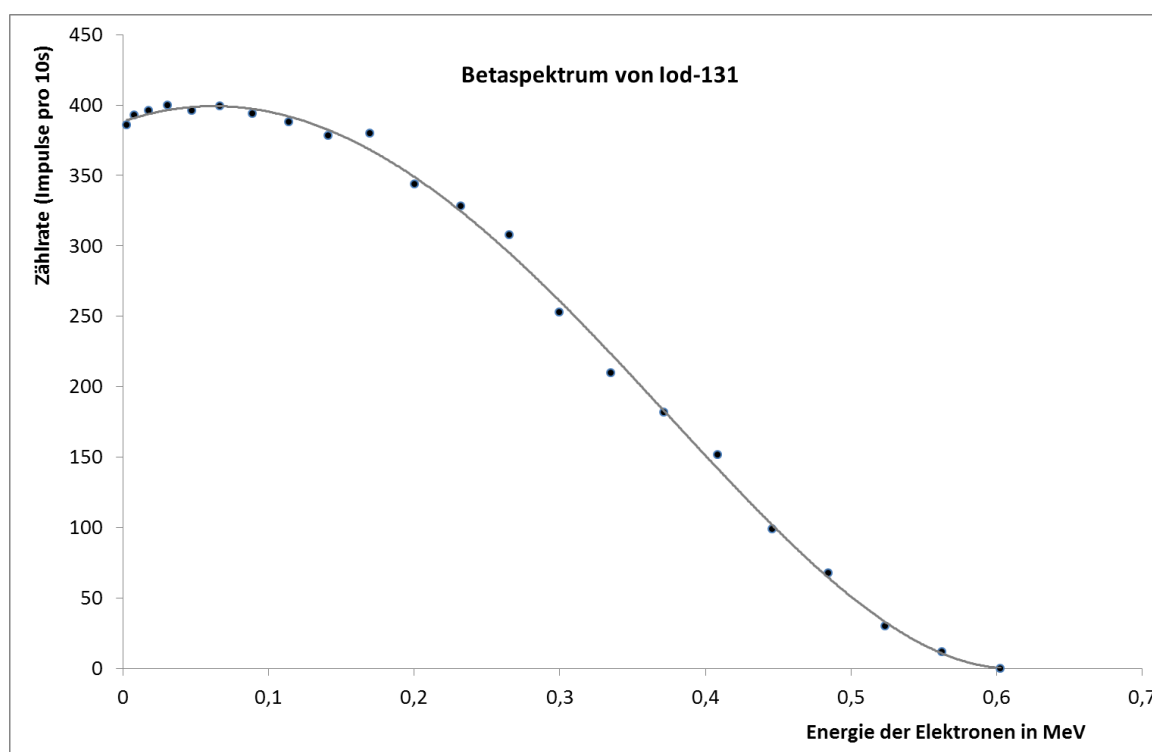


### Massenbilanz des Zerfalls:

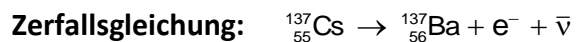
$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (m_{^{131}\text{I}} - (m_{^{131}\text{Xe}} + m_e)) \cdot c^2 = 1,5557114 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 0,971 \text{ MeV}$$

### Versuchsergebnisse:

B / Tesla	N / 10s	v/c	Ekin / J	Ekin / MeV
0,006	386	0,105018315	4,55241E-16	0,002841389
0,01	393	0,173339455	1,2584E-15	0,007854328
0,015	396	0,255259815	2,80511E-15	0,017508118
0,02	400	0,332036895	4,92421E-15	0,030734486
0,025	396	0,402745852	7,57502E-15	0,047279573
0,03	399	0,466920144	1,07119E-14	0,066858387
0,035	394	0,524485564	1,42873E-14	0,089174102
0,04	388	0,57566369	1,82542E-14	0,113933592
0,045	378	0,620871748	2,2568E-14	0,14085845
0,05	380	0,660635881	2,71876E-14	0,16969177
0,055	344	0,695524874	3,20758E-14	0,200201472
0,06	328	0,726104577	3,71995E-14	0,232181125
0,065	308	0,752909752	4,25296E-14	0,26544912
0,07	253	0,776428956	4,80408E-14	0,299846895
0,075	210	0,797098383	5,37108E-14	0,335236693
0,08	182	0,815301372	5,95207E-14	0,371499174
0,085	152	0,831371199	6,54539E-14	0,408531101
0,09	99	0,845595538	7,1496E-14	0,446243176
0,095	68	0,858221567	7,76348E-14	0,48455811
0,1	30	0,869461109	8,38593E-14	0,523408914
0,105	12	0,879495472	9,01605E-14	0,562737423
0,11	0	0,888479823	9,653E-14	0,602493019



## Betaspektrum von Cäsium-137 ( $^{137}_{55}\text{Cs}$ – Beta- und Gammastrahler)

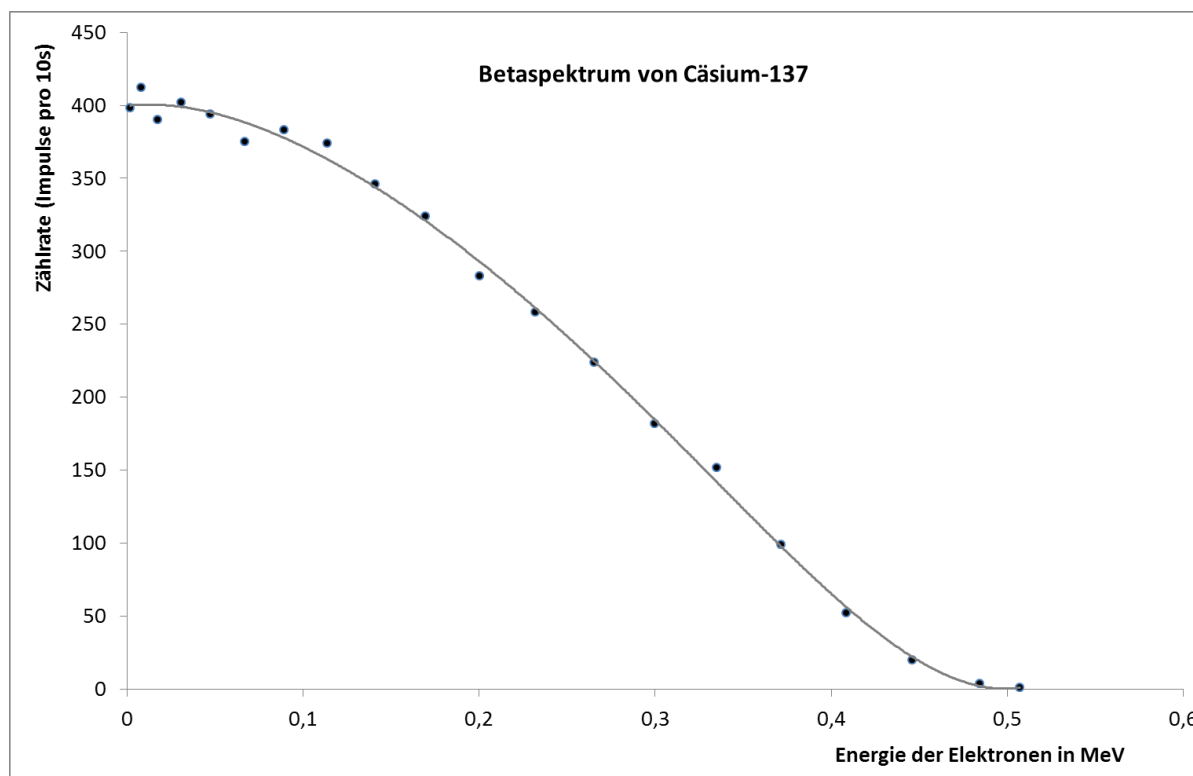


### Massenbilanz des Zerfalls:

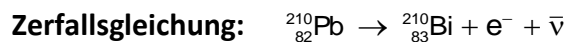
$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (m_{\text{Cs}137} - (m_{\text{Ba}137} + m_e)) \cdot c^2 = 1,884148 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 1,176 \text{ MeV}$$

### Versuchsergebnisse:

B / Tesla	N / 10s	v/c	Ekin / J	Ekin / MeV
0,005	398	0,087663096	3,16407E-16	0,001974857
0,01	412	0,173339455	1,2584E-15	0,007854328
0,015	390	0,255259815	2,80511E-15	0,017508118
0,02	402	0,332036895	4,92421E-15	0,030734486
0,025	394	0,402745852	7,57502E-15	0,047279573
0,03	375	0,466920144	1,07119E-14	0,066858387
0,035	383	0,524485564	1,42873E-14	0,089174102
0,04	374	0,57566369	1,82542E-14	0,113933592
0,045	346	0,620871748	2,2568E-14	0,14085845
0,05	324	0,660635881	2,71876E-14	0,16969177
0,055	283	0,695524874	3,20758E-14	0,200201472
0,06	258	0,726104577	3,71995E-14	0,232181125
0,065	224	0,752909752	4,25296E-14	0,26544912
0,07	182	0,776428956	4,80408E-14	0,299846895
0,075	152	0,797098383	5,37108E-14	0,335236693
0,08	99	0,815301372	5,95207E-14	0,371499174
0,085	52	0,831371199	6,54539E-14	0,408531101
0,09	20	0,845595538	7,1496E-14	0,446243176
0,095	4	0,858221567	7,76348E-14	0,48455811
0,0979	1	0,864897104	8,12352E-14	0,507030224



## Betaspektrum von Blei-210 ( $^{210}_{82}\text{Pb}$ – Beta- und Gammastrahler)



### Massenbilanz des Zerfalls:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (m_{\text{Pb}210} - (m_{\text{Bi}210} + m_e)) \cdot c^2 = 1,017382593 \cdot 10^{-15} \text{ J} = 0,0635 \text{ MeV}$$

### Versuchsergebnisse:

B/T	Ekin / J	Ekin / MeV	N
0,00099	1,24284E-17	7,757E-05	394
0,002	5,07229E-17	0,0003166	390
0,003	1,14127E-16	0,0007123	358
0,004	2,02892E-16	0,0012664	340
0,005	3,17018E-16	0,0019787	320
0,006	4,56506E-16	0,0028493	291
0,007	6,21356E-16	0,0038782	232
0,008	8,11567E-16	0,0050654	197
0,009	1,02714E-15	0,0064109	166
0,01	1,26807E-15	0,0079147	124
0,011	1,53437E-15	0,0095768	90
0,012	1,82603E-15	0,0113972	48
0,013	2,14304E-15	0,0133758	22
0,014	2,48542E-15	0,0155128	4
0,015	2,85316E-15	0,0178081	0

