Kosmologie und Astroteilchenphysik

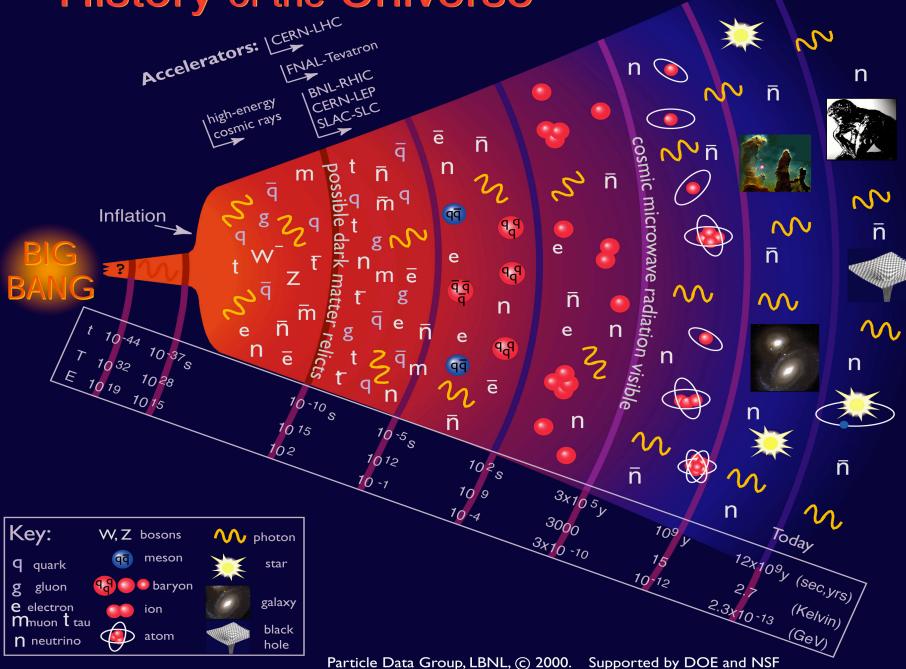
Prof. Dr. Burkhard Kämpfer, PD Dr. Daniel Bemmerer

- Einführung in die Kosmologie
- Weltmodelle und kosmologische Inflation
- Thermische Geschichte des Universums
- Urknall-Nukleosynthese
- Dunkle Energie, dunkle Materie und die beschleunigte Expansion des Universums
- Kosmische Mikrowellen-Hintergrundstrahlung
- Supernovae als kosmische Standardkerzen
- Neutronensterne
- Entstehung und Nachweis kosmischer Strahlung
- Altersbestimmung des Universums
- Neutrinos aus der Sonne und ihre Oszillationen

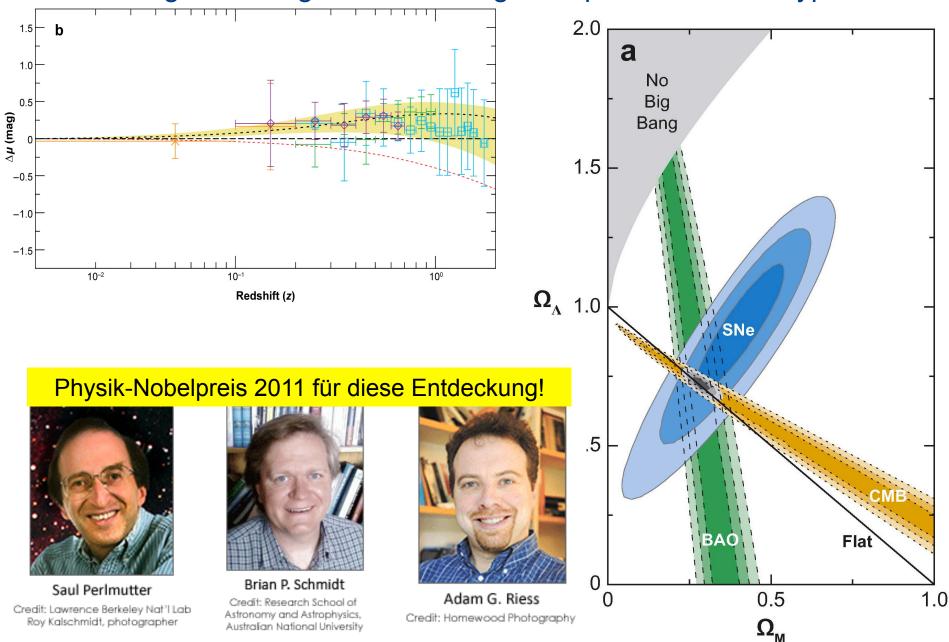
8. Vorlesung, 14.06.2017



History of the Universe



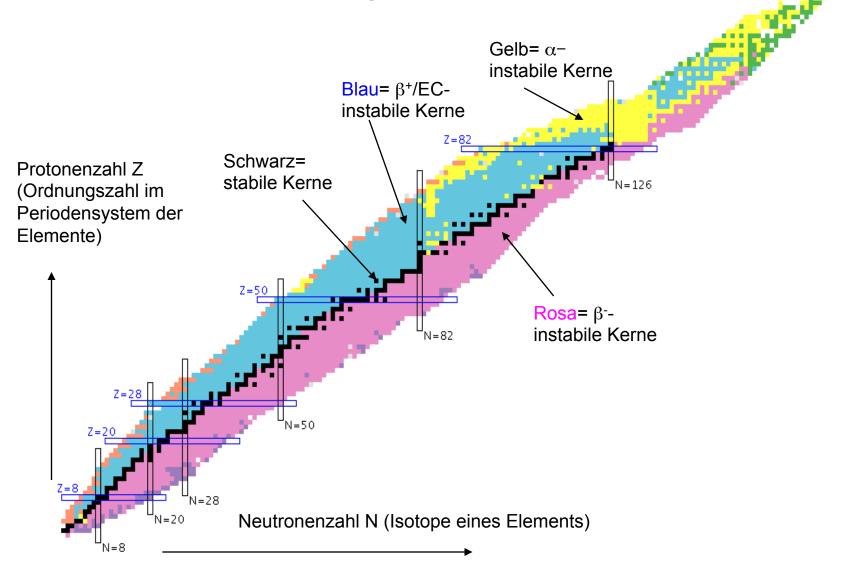
Entfernungsmessung und Kosmologie: Supernovae vom Typ la



Australian National University

Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Nuklidkarte und Entstehung der chemischen Elemente



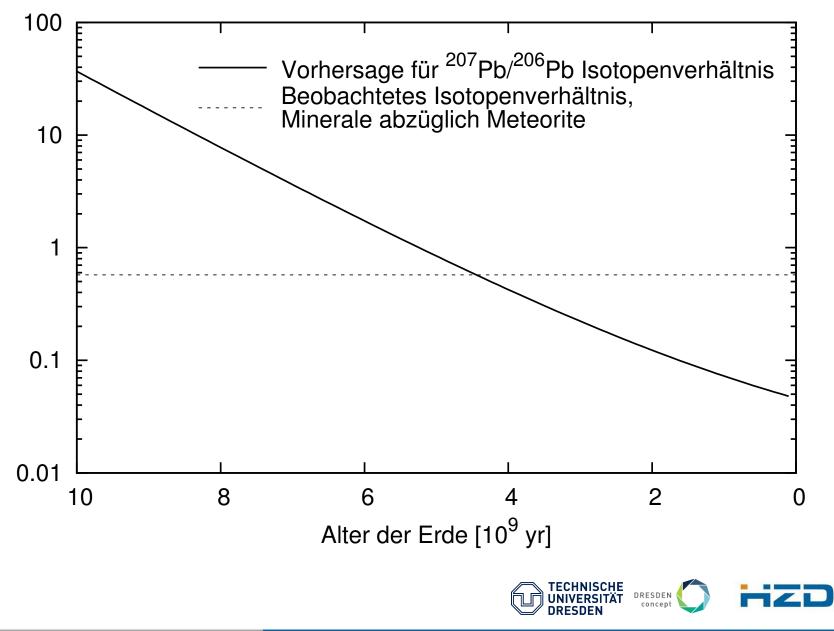


Nuklidkarte am Ende des Tals der Stabilität und Nukleokosmochronologie

									L to Tak	α 1.112 ε?	α 7.465	0	a-6.72	1 0.00, 0.54	γ 235, 535	10 0000, 0.101.	7 49. (756, 34)	r (48, 109_), e c, 160	y 60, e dr 2300	r (43, 100), e o 510, o, 17	a 270, at 752	9 n 290, oy ~0.05	No.3
1							Np	Np 225	Np 226 31 ms	Np 227 0.51 s	Np 228 61.4 s	Np 229	Np 230	Np 231 48.8 m	Np 232	Np 233 36.2 m	Np 234 4.4 d	Np 235 396.1 d	Np 236	Np 237	Np 238 2.117 d	Np 239 2,355 d	N
						93			31 ms	0.51 \$	61.49	4.010	4.0 11	ε α.6.28	c y 327, 820, 867	α 5.54	c, β ⁺ γ 1559, 1528	E	1642 160 888.). • 104	sf	β ⁻ 1.2, y 984 1029, 1026,	β ⁻ 0.4, 0.7 γ 106, 278	1 2.2. 1 555
								α 8.63	α 8.06, 8.00	a 7.68, 7.65	a ~7.15 psf	α 6.690	ε α 6.66	y 371, 348 264	864, 282	γ (312, 299 547)	1602 σ ₁ ~900	y (26, 84), e ⁻ g r 160 + 7	g 2700 di 3000	a 4.790, 4.774 7.29, 87	924, e ⁻ , g o _f 2600	228, e ⁻ , g σ 32 + 19, σ _l <	19
U	U 217	U 218	U 219		T	U 222	U 223	U 224	U 225	U 226	U 227	U 228	U 229	U 230	U 231	U 232 68.9 a	U 233	U 234 0.0054	U 235 0.7204	U 236	U 237 6.75 d	U 238 99.2742	Ļ
238.02891	16 ms	0.56 ms 0.51 ms	0.08 ms			1 µs	18 µs	0.9 ms	59 ms	0.28 s	1.1 m α 6.86, 7.06	9.1 m α 6.68, 6.59	58 m	20.8 d α 5.888, 5.818 Ne22, γ (72	4.2 d	a 5.320, 5.262	α 4.824, 4.783 No25	2.455·10 [°] a	26 m 7.038-10	4.494 4.445_st	β ⁻ 0.2 γ 60, 208, e ⁻	298 np 4.468-10 ⁴	β ⁻¹ γ 75.
σ 3.4 σ ₁ 4.2	a 8.005	a 10.678 a 5 612	a 9.774				a 8.78	α 8.47	α 7.868, 7.833.	α 7.555, 7.374. γ 182		γ <u>(</u> 246, 187)	6.36367.6.334 6.297 1 123, 86, 199.	154, 230), e" g,~25	a 5 456, 5.471, 5.404 7 26, 84, 102 a - 250	γ (58, 129), e σ 73, σ ₁ 74		a 4 775, 4 723 st Mg28, Ne, r(53, 121 e , c 98, p; 0.07	hy (0.07) α 4 398	4 17 1723 Mg30, y (49 64 113_), e ⁻ c 5.1	σ -100 σ _t < 0.35	hy 2014 2β ⁻ , γ (50. 1829 e . σ 2.7 o ₁ 3E-6	a 22 a, 15
Pa 215	Pa 216	Pa 217	Pa 218	Pa 219	Pa 220	Pa 221	Pa 222	Pa 223	Pa 224	Pa 225	Pa 226	Pa 227	Pa 228	Pa 229	Pa 230	Pa 231	Pa 232	Pa 233	Pa 234	Pa 235	Pa 236	Pa 237	P
14 ms	105 ms	1.1 ms 3.8 ms	113 µs	53 ns	0.78 µs	5.9 µs	4.3 ms	6.5 ms	0.79 s	1.8 s	1.8 m	38.3 m	22 h	1.50 d ε, α 5.580 5.670, 5.615	17.4 d	3.276·10 ⁴ a	1.31 d	27.0 d	1.17 m 6.70 h 1 2.3. p 0.5		9.1 m β ⁻ 2.0, 3.1 γ 642, 687	8.7 m 6 ⁻ 1.4, 2.3	β [−] 1.
	α 7.948, 7.815 y 134	8.306. 17 α 8.337 7.613,450 821. 7.873 7.873 7.873	α 9.616, 9.544 γ 92	α 9.90	α 9.65	α 9.08	α 8.21, 8.54 8.33	a 8.01, 8.20	α 7.488, 7.405. γ 195, 153	a 7.25. 7.20	α 6.86, 6.82 ε	a 6 456, 6.416.	6 0.078, 0.105, 5.791 5,118 911, 463, 969, 965.	8 y (119, 40	a 5.345, 5.326 7 952, 919, 455, 899 444.	5.028 Ne24, F237 T 27, 300, 303	969, 894, 150 9 9 480, e, 1500	7 312 300, 341	h ⁻ 2.3. γ(1001 707_) hγ(74_) σ ⁻ d ₄ < 500 h ⁻ 0.5 1.2. γ 131,88 853 σ α,4834	y 128 - 859	1763, g βsi?	y 854, 865, 529	a 448,
α 8.09 Th 214	Th 215	Th 216	Th 217	Th 218	Th 219	Th 220	Th 221	Th 222	Th 223	Th 224	Th 225	Th 226	Th 227	Th 228	Th 229	Th 230	Th 231	Th 232	Th 233	Th 234	Th 235	Th 236	Т
0.10 s	1.2 s	135 µs 28.0 ms	237 µs	0.1 µs	1.05 µs	9.7 µs	1.68 ms	2.24 ms	0.66 s	1.05 s	8.72 m a 6.482 6.445	31 m α 6.336, 6.230.	18.72 d α 6.038, 5.978	1.913 a α 5.423, 5.340	7932 a	7.54·10' a	25.5 h	100 1.405·10 ¹⁵ a	22.3 m β ⁻ 1.2	24.10 d β ⁻ 0.2	7.1 m	37.5 m	
	α 7.392, 7.523 7.335	h 1478 α 9.930 α 7.923 9.312 7 304 γ 629 γ 629	a 9.261, 8.455			a 8.79	a 8.15, 8.47	α 7.980, 7.599	α 7.324, 7.285. γ 140, 152 114	α 7.17, 7.00 γ 177	6.504, ε γ 321, 246, 359 306	γ 111, (242 131)	5.757 γ 236, 50, 256. e ⁻ , σ ₁ 200	γ 84, (216), e O20 σ 120, σ _f < 0.3	4 815	α 4.687, 4.621 γ(68, 144_), e ⁻ Na24 α 23.4, α ₁ < 5E-4	β ⁻ 0.3, 0.4 γ 26, 84	a 4.013, 3.950 st, y (64), e ⁻ g 7.37, a, 3E-6	9 87, 29, 459 9 σ 1500, σι 15	γ 63, 92, 93. e , m σ 1.8, σ ₁ < 0.01	γ 417, 727 696	γ 111, (647 196)	6-
α 7.68 Ac 213	γ 134, 195 Ac 214	Ac 215	γ 822, 546 Ac 216	α 9.67 Ac 217	α 9.34 Ac 218	Ac 219	Ac 220	Ac 221	Ac 222	Ac 223	Ac 224	Ac 225	Ac 226	Ac 227	Ac 228	Ac 229	Ac 230	Ac 231	Ac 232	Ac 233	Ac 234		Ac
0.80 s	8.2 \$	0.17 s	0.44 ms	0.74 µs 69 ns	1.1 µs	11.8 µs	26.4 ms	52 ms	63 s 5.0 s	2.10 m a 6.647, 6.662	2.78 h	10.0 d u 5.830, 5.793	29 h β ⁻ 0.9, 1.1	21.773 a	6.13 h β ⁻ 1.2, 2.1	62.7 m	122 s β ⁻ 2.7	7.5 m	119 s β ⁻ γ 665, 1899	145 s	44 s		
7.00	a 7.216. 7.081	α 7.600, 7.211 ε γ (396)	a 9.029, 9.105.	h 680 488, 382 g 10.54	a 9.205	a 8.664	α 7.86, 7.71 7.79 γ 134ε?	α 7.65, 7.44 7.38	a 6.81 6.75, 6.89 7.00, m a 7.009 h7 6.963	6.564, ε, C14 γ (99, 191, 84)	α 6.142, 6.060 6.214 γ 216, 132	5.732, C14 y 100, (150, 188 63), e	c, α 5:34 7 230, 158, 254	β 0.04 u 4 953, 4.941 γ (100, 84), e σ 850 σ, < 3.5E-4	α 4.27? γ 911, 969, 338	β ⁻ 1.1 γ 165, 569, 262 146, 135	y 455, 508 1244	p 7 282, 307, 221 186, 369		β ⁻ 7 523, 540	p y 1847, 1912 689, 1954		8-
α 7.36 Ra 212	Ra 213	Ra 214	7 83, 854, 771 Ra 215	a 10.54. a 9.65 Ra 216	8 Ra 217	Ra 218	Ra 219	Ra 220	Ra 221	Ra 222	Ra 223	Ra 224	Ra 225	Ra 226	Ra 227	Ra 228	Ra 229	Ra 230	Ra 231	Ra 232	Ra 233	Ra 234	-
13.0 9	2.1 ms 2.74 m	2.46 s α 7.137, 6.505	1.67 ms	2.0 ns 0.18 µs		25.6 µs	10 ms	18 ms	28 s a 6.613, 6.761	38 s a 6.559, 6.237	11.43 d	3.66 d a 5.6854	14.8 d	1600 a α 4.7843	42.2 m	5.75 a β 0.04	4.0 m	93 m β 0.8	104.1 s	4.2 m	30 s	30 s	
a 6.899 c?	1063 6.731 181	а 9	α 8.700, 7.879	hy 688, 476 344 α 9.551	a 8.99	α 8.39	α 7.679, 7.989 γ 316, 214 592	α 7.45 γ 465	6.668 γ 149, 93, 174 C14	γ 324, (329 473) C14	γ 269, 154, 324 C14 σ 130	5.4486 γ 241, C14 σ 12.0	β ⁻ 0.3, 0.4 γ 40	4.601 γ 186, C14 σ 12.8, σ ₁ <5E-5	β 1.3 γ 27, 300, 303	$\gamma (14, 16)$ e $\sigma 36, \sigma_1 < 2$	β ⁻ 1.8	γ 72, 63, 203 470	β γ 410, 54, 469 205, 456, 513	β γ 471, 98, 479 105, 373	6-	6-	
7/635) Fr 211	Fr 212	γ (642) Fr 213	γ 834, 540 Fr 214	Fr 215	Fr 216	9 Fr 217	Fr 218	Fr 219	Fr 220	Fr 221	Fr 222	Fr 223	Fr 224	Fr 225	Fr 226	Fr 227	Fr 228	Fr 229	Fr 230	Fr 231	Fr 232	Fr 233	
3.10 m	20.0 m	34.6 s	3.35 ms 5.0 ms	0.09 µs	850 ns 71 ns 0.7 µs	16 µs	22 ms 1.0 ms	21 ms	27.4 s α 6.68, 6.63	4.77 m α 6.341, 6.126	14.2 m β 1.8	21.8 m	3.3 m	4.0 m	48 s	2.47 m	39 s	50:2 s	19.1 s	17.5 s	5 \$	>160 ns	
y 540, 918	6 262, 6.384 6 408, 6.340.	a 6.775	u 8.477 u 8.426 8.547 8.356	α 9.36	a 8.933 9 004 7 160 7 160 a 9.000 45, e ⁻ 45, e ⁻	a 8.315	7.680 7.656 a 7.867 m.g 7.576 hr 9	α 7.312 γ (352, 517)	6.57 β γ 45, 106, 161	β ⁻ γ 218, (101 411), C14	γ 206, 211 242 α?	β ⁻ 1.1 α 5.34 γ 50, 80, 235	β ⁻ 2.6, 2.8 γ 216, 132, 837 1341	β 1.6 γ 182, 32, 225 200	β 3.2, 3.5 γ 254, 186 1323	β 1.8, 2.4 γ 90, 586	γ 474, 410, 141 835	ρ γ 310, 336, 143 350	р у 711, 129, 728 877	p 7 433, 454, 96 525	β ⁻ γ 125	6-7	
281 Rn 210	Rn 211	ء Rn 212	Rn 213	Rn 214	Rn 215	Rn 216	Rn 217	Rn 218	Rn 219	Rn 220	Rn 221	Rn 222	Rn 223	Rn 224	Rn 225	Rn 226	Rn 227	Rn 228	Rn 229	Rn 230	Rn 231		· · ·
2.4 h α 6.040	14.6 þ	24 m	19.5 ms	6.5 ms 0.7 ms 0.27 µm	s 2.3 µs	45 µs	0.54 ms	35 ms	3.96 s	55.6 s	25 m β ⁻ 0.8, 1.1	3.825 d	23.2 m	1.78 h	4.5 m	7.4 m	22.5 s	65 s	12 s	>160 ns	>160 ns	146	
y 458, (571, 649	α 5,783, 5.851 γ 674, 1363	α 6.264	a 8.088, 7.252	17 182 448 302 a 10.53 a 10.46 a 9 00	α 8.67	a 8.05	α 7.740	α 7.133	α 6.819, 6.553 6.425 γ 271, 402	α 6.268 γ (550) σ < 0.2	a 6.037, 5.788 5.778 186, 150	α 5.48948 γ (510) α 0.74	β ⁻ γ 593, 417, 638	β ⁻ y 261, 266	β γ 29 - 207	A-	β γ 162, 739, 686 805	β γ 125, 63, 156 112	8-	8-7	β-?		
73) At 209	678g At 210	γ At 211	γ 540 At 212	At 213	At 214	9 At 215	At 216	γ (609) At 217	At 218	At 219	At 220	At 221	At 222	At 223	At 224	At 225	At 226	At 227	At 228	At 229			1
5.4 h	8.3 h	7.22 þ	119 ms 314 ms	0.11 µs	0.76 µs 0.27 µs 0.56 µs	0.1 mş	? 0.3 ms	32.3 ms a 7.069	~2 s	0.9 s	β ⁻ 3.71 m	2.3 m	54 s	50 s	76 s	>160 ns	>160 ns	>160 ns	>160 ns	>160 ns			
α 5.847 γ 545, 782	5.442, 5.361 7 1181, 245	α 5.867 γ (687)	a 7.84 a 7.68 7.90 7.62 7 63 7 63		a 8.782 m a 8.877 g	α 8.026	7.691 α.7.488 g m ₁ γ (115) γ 103 418)	β γ (259, 334	α 6.694, 6.653 β	a 6.27	α 5.945 γ 241, 293	-	a-	n-	8-	β ⁻ ?	8-7	677	8"?	B ⁻ ?			
⁷⁹⁰ Po 208	1483 Po 209	9 Po 210	Po 211	α 9.08 Po 212	Po 213	γ (405) Po 214	Po 215	⁵⁹⁵⁾	Po 217	Po 218	Po 219	Po 220	Po 221	Po 222	Po 223	Po 224	Po 225	Po 226	Po 227				
2.898 a α 5.1152	102 a α 4.881	138.38 d	25.2 s 516 ms	45.1 s 17.1 ms 0.3 µs	4.2 µs	164 µs	1.78 ms	0.15 s	1.53 s	3.05 m	>300 ns	>300 ns	112 s	145 s	>160 ns	>160 ns	>160 ns	>160 ns	>160 ns	144			
с ү (292, 571)	ε γ (895, 261	α 5.30438 γ (803) σ < 0.0005 + < 0.030 σ _{4,0} 0.002	8.883 7 570 u 7.450 1084 7 (898	11 65 17 728 7 2615 408 583 223	α 8.376	α 7.6869	α 7.3862 β γ (439)	α 6.7783 γ (805)	α 6.543	α 6.0024 β	β-?	8-7	o-	a-	6 -7	B-7	β-7	β"?	β-7				1
9 Bi 207	263) Bi 208	Bi 209	Bi 210	Bi 211	s _{γ (779)} Bi 212	γ (800, 298) Bi 213	γ (439) Bi 214	Bi 215	Bi 216	Bi 217	Bi 218	Bi 219	Bi 220	Bi 221	Bi 222	Bi 223	Bi 224	Pr 1	IN I	/			1
31.55 a	3.68·10 ^s a	100 1.9 ·10 ¹¹ a	3.0-10 ⁸ a	2.17 m α 6.6229	9 m 25 m 640 m	45.59 m 8 ⁻ 1.4	19.9 m	38.9 8 7.7 m	3.6 m 2.17 m	98.5 s	33 s	>160 ns	>160 ns	>160 ns	>160 ns	>160 ns	>160 ns	142					24
ε, β ⁺ γ 570, 1064	0045	a 3.077 e 0.011 + 0.023 e < 38-7	a 4.948 p ⁺ 1.2 4.908 a 4.649 7.266 4.688 304 7 (305	6.2788, β [™] γ 351	0- 1011 6-10.54	α 5.869 γ 440, (293 1100)	β 1.5, 3.3 α 5.450, 5.513 γ 609, 1764, 1120 ρα 9.079	187	p- 7 550, 419 550, 419 380, 223	β ⁻ γ 265, 254, 890	β ⁻ 3.5, 3.7 γ 510, 386, 426 263	8-7	p-7	B ⁻ 7	β ⁻ ?	0-7	β ⁻ ?					1. A	
1770 Pb 206	γ 2615 Pb 207	Pb 208	Pb 209	α - g, β - g Pb 210	Pb 211	Pb 212	Pb 213	Pb 214	Pb 215	Pb 216	Pb 217	Pb 218	Pb 219	Pb 220	p -			- /					
24.1			3.253 h	22.3 a β ⁻ 0.02, 0.06	36.1 m	10.64 h	10.2 m	26.8 m	>160 ns	>160 ns	>160 ns	>160 ns	>160 ns	>160 ns		140							1.4
			β= 0.6	γ 47, e . g α 3.72	β ⁻ 1.4 γ 405, 832	β 0.3, 0.6 γ 239, 300	-	β 0.7, 1.0 γ 352, 295 242	072	8-7	β-?	B_5	β ?	β ⁻ ?									e - 18
a 0.027 TI 205	a 0.61	0 _{ma} + 8E-6	ΤΙ 208	σ < 0.5 TI 209	427 TI 210	g TI 211	β TI 212	TI 213	TI 214	TI 215	TI 216	TI 217	P I	P 1									
												and a first state of the											1.11



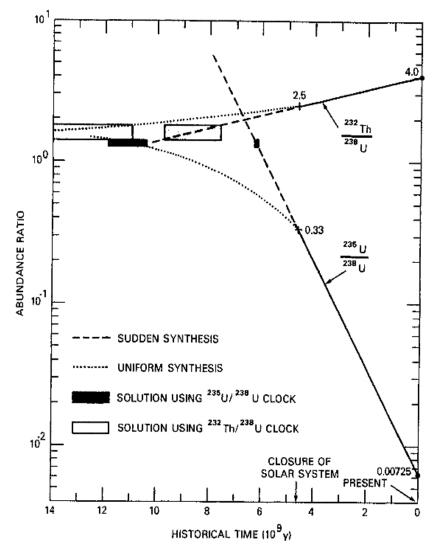
Blei-Isotopenverhältnisse



Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Uran-Thorium-Uhr

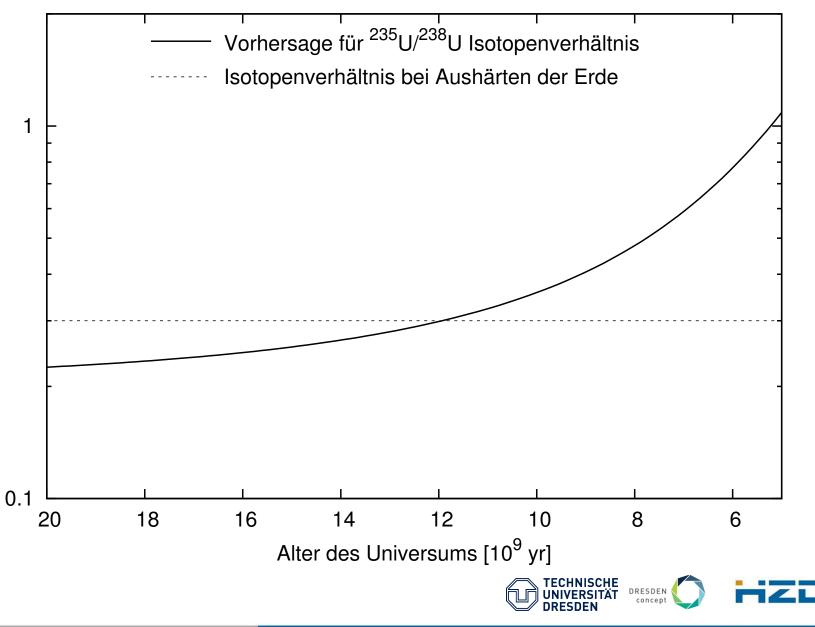
9, 1528 00	1 5 025 5 007 7 (26 84), e ⁻ 9 1 160 + 7	c, f ⁻ 0.5. (642 (642), e 160 (642), e 104., e ⁻ g g ₁ 2700 d ₁ 3000	sf a. 4.790, 4.774 7.29, 87	β ⁻ 1.2, γ 984 1029, 1026, 924, θ ⁻ , g σ _l 2600	β ⁻ 0.4, 0.7 γ 106, 278 228, e ⁻ , g σ 32 + 19, σ _l < 1	7 555 697
233 92·10 [°] a 24, 4.783 97), e ⁻	a 4.775, 4.723 af	U 235 0.7204 26 m ⁻¹ 7.038-10- 17 (0.07) No. 7 188-10-	4,445_sf	U 237 6.75 d β 0.2 γ 60, 208, e σ -100	U 238 99.2742 288 m 17224 287 (50.) 189 - c 27	U 23 23.5 β 1.2, 1.3 γ 75, 44 σ 22
o _t 530 a 232 .31 d	Mg28, Ne, y(53, 121_) • e 98, e 0.07 Pa 233 27.0 d	Pa 234	Pa 235	σ _i < 0.35 Pa 236 9.1 m	Pa 237 8.7 m	σ _f 15 Pa 2: 2.3 n
1.3 194, 150	p ⁺ 0.3, 0.6 7 312, 300, 341	1 2.3. y (1001 1 2 y (1001 1 2 1 2 y (1001 1 2 y (β ⁻ 1.4 γ 128 - 659 m	β ⁻ 2.0, 3,1 γ 642, 687 1763, g βsi?	β 1.4, 2.3 γ 854, 865, 529 541	β 1.7, 2.6 γ 1015, 63 448, 680 9
1 231 5.5 h	Th 232 100 1.405·10 [®] a	Th 233 22.3 m β ⁻ 1.2	Th 234 24.10 d β ⁻ 0.2	Th 235 7.1 m	Th 236 37.5 m	Тh 23 5.0 п
3, 0.4 84	a 4.013, 3.950 st, y (64), e a 7.37, or 32-6	γ 87, 29, 459 e σ 1500, σ _i 15	γ 63, 92, 93 e , m g 1.8, $\sigma_f < 0.01$	β ⁻ 1.4 γ 417, 727 696	β 1.0 γ 111, (647 196)	β-
230 22 s	Ac 231 7.5 m	Ac 232 119 s β ⁻	Ac 233 145 s	Ac 234 44 s		Ac 23 72 s
508	β 7 282, 307, 221 186, 369	γ 665, 1899 1959, 1948 612	β 7 523, 540	β ⁻ γ 1847, 1912 689, 1954		β-
229	Ra 230	Ra 231	Ra 232	Ra 233	Ra 234	



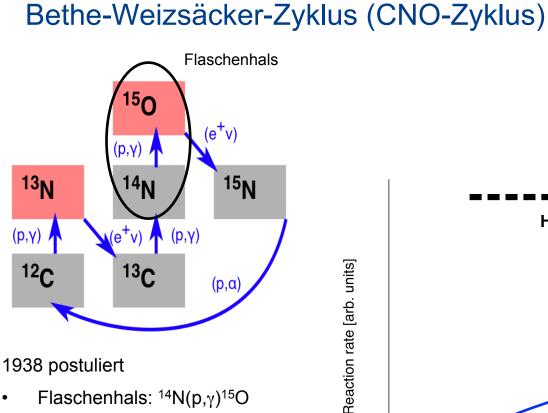
Rolfs/Rodney, Cauldrons in the Cosmos, 1988



Uran-Isotopenverhältnisse



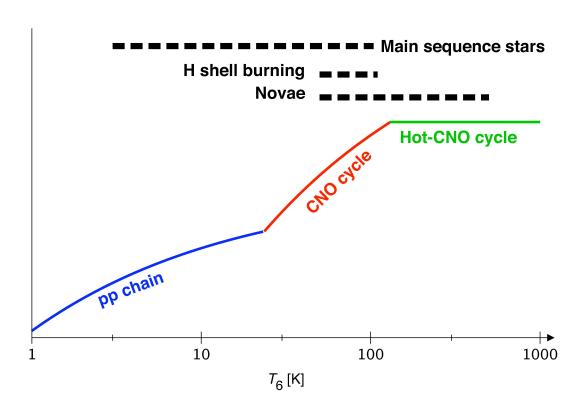
Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft



Wasserstoffbrennen:

- Flaschenhals: ¹⁴N(p,γ)¹⁵O ٠
- 0.8% der Energieproduktion der • Sonne
- Bestimmung des Alters von ٠ Kugelsternhaufen

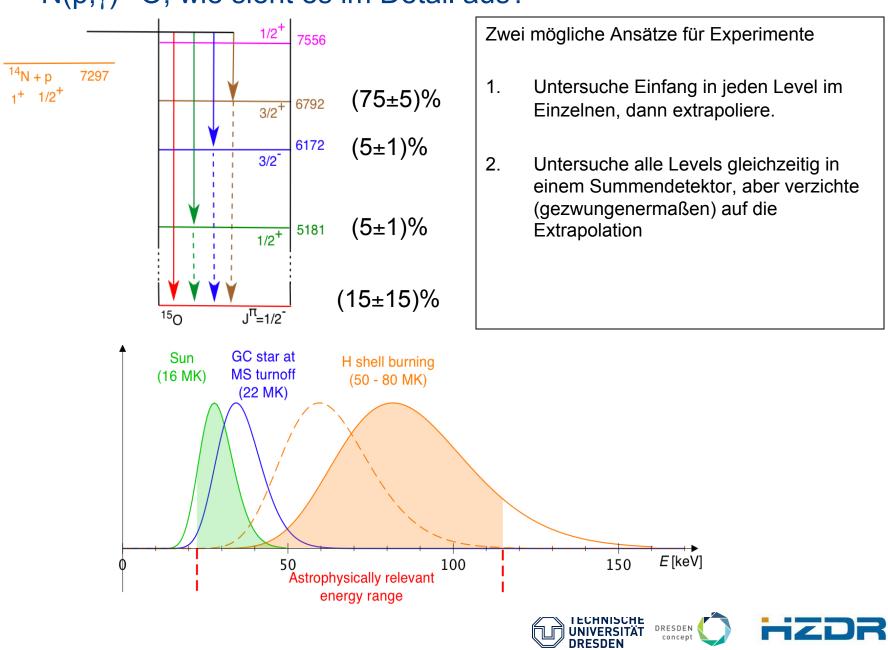






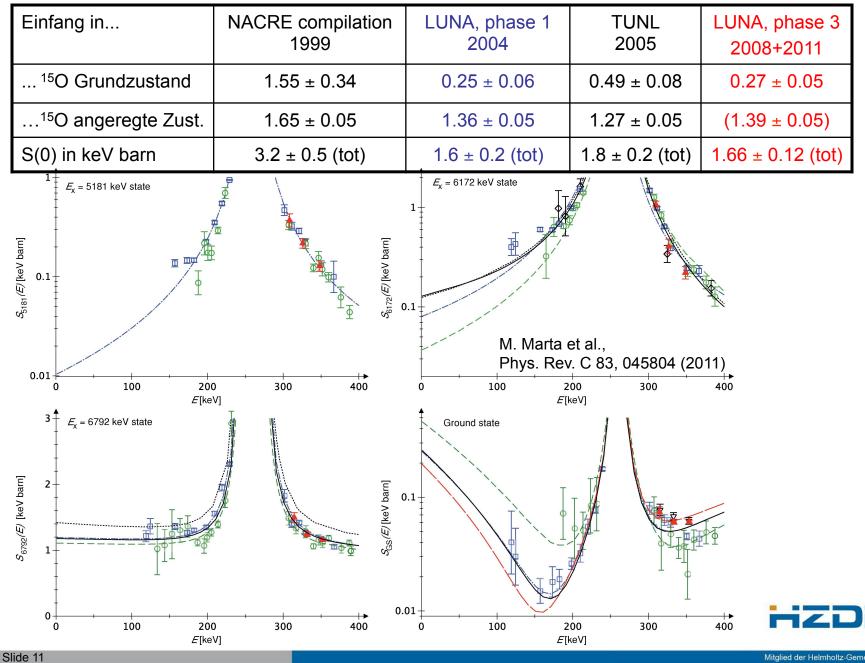
Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

¹⁴N(p,γ)¹⁵O, wie sieht es im Detail aus?



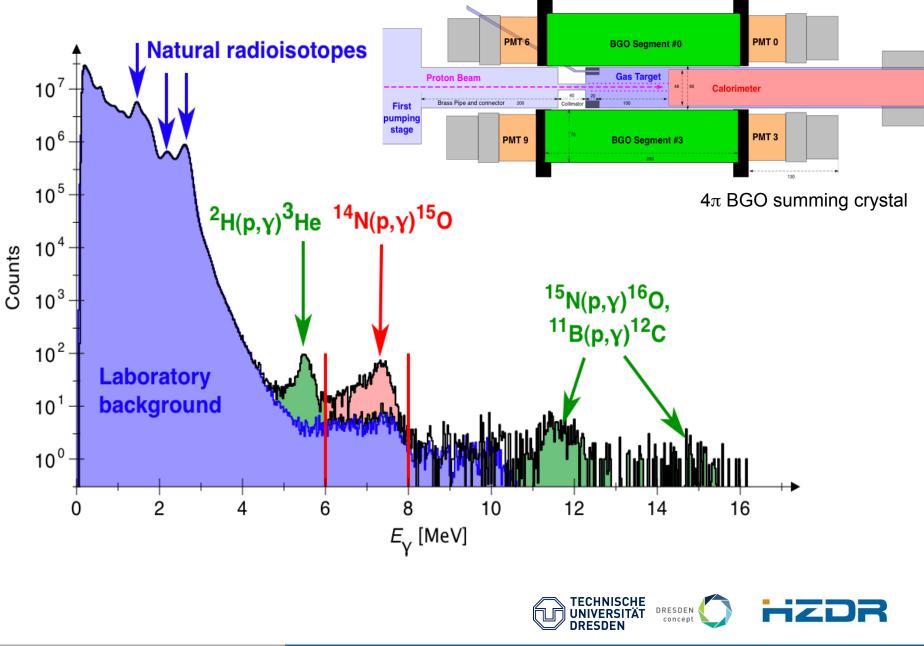
Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

LUNA halbierte den ¹⁴N(p, γ)¹⁵O-Wirkungsquerschnitt!



Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

¹⁴N(p, γ)¹⁵O, Messung aller Übergänge mit einem Summendetektor

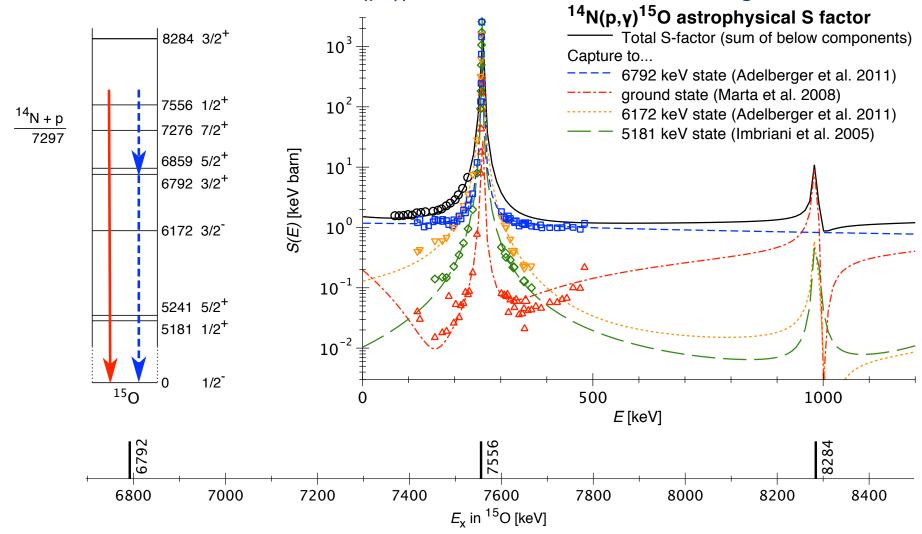


Schröder et al. 1987 10 🗍 ¥ LUNA 2004-2006-2008 3 **TUNL 2005** total S factor [keV barn] 0.3 0.1 only ¹⁵O(GS) 0.03 **Astrophysical** energy range 0.01 -100 200 300 400 0 E_{CM} [keV]





Gesamter S-Faktor von ${}^{14}N(p,\gamma){}^{15}O$, über einen weiten Energiebereich





Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

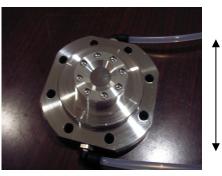
Versuchsaufbau am HZDR Tandetron, Dresden



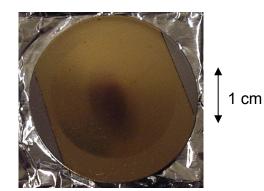


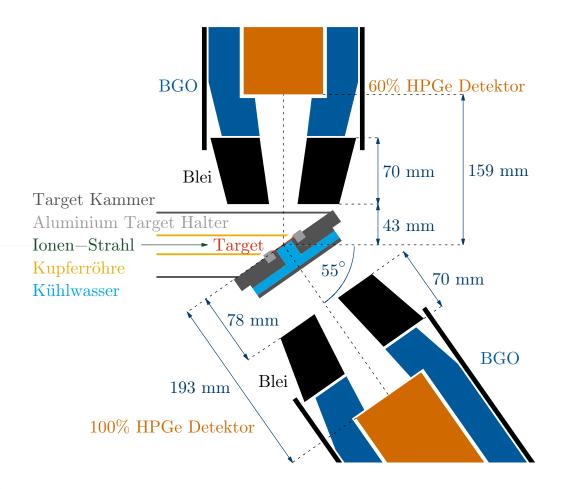


Detektoren und Targets





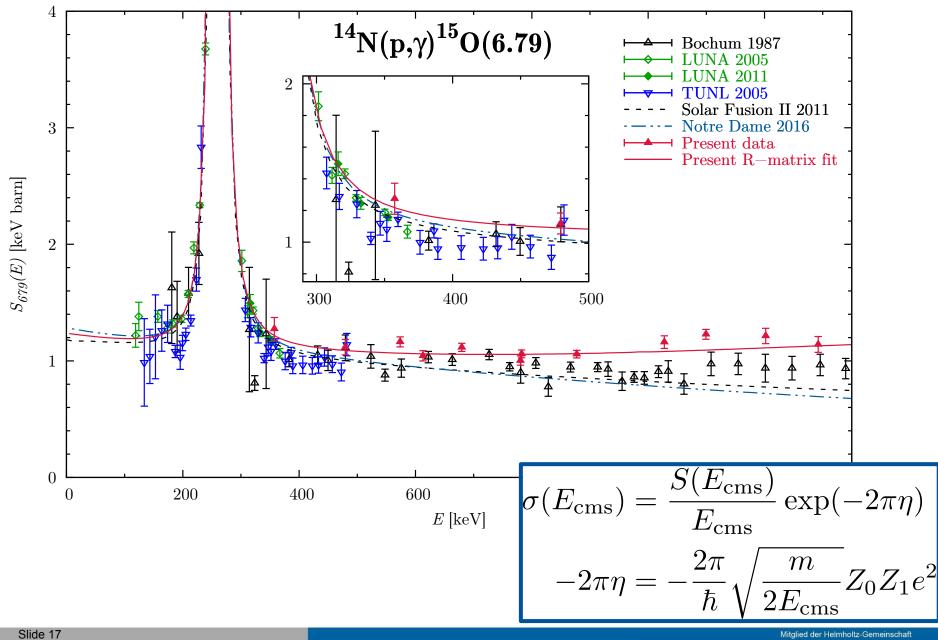






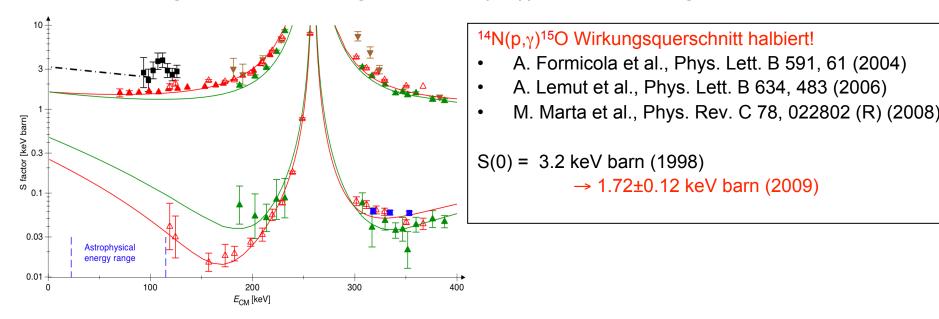
Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Wirkungsquerschnitt (als S-Faktor) der ¹⁴N(p,γ)¹⁵O(6.79 MeV)-Reaktion



Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

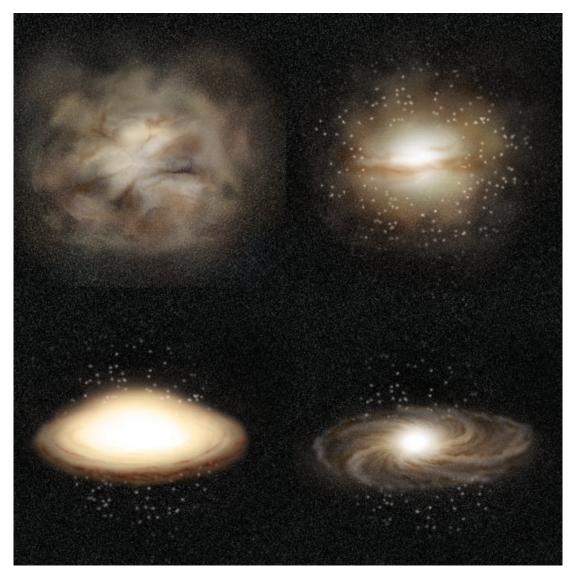
Auswirkungen des niedrigeren ${}^{14}N(p,\gamma){}^{15}O$ -Wirkungsquerschnitts



- 1. Unabhängige untere Schranke für das Alter des Universums: 14±2 Ga.
- 2. Bessere Reproduktion der Kohlenstoffhäufigkeiten in Roten Riesen.
- 3. Es ist möglich, den Stickstoffgehalt im Kern der Sonne über die emittierten CNO-Neutrinos zu bestimmen.



Altersbestimmung sehr alter Sterne (in Kugelsternhaufen)

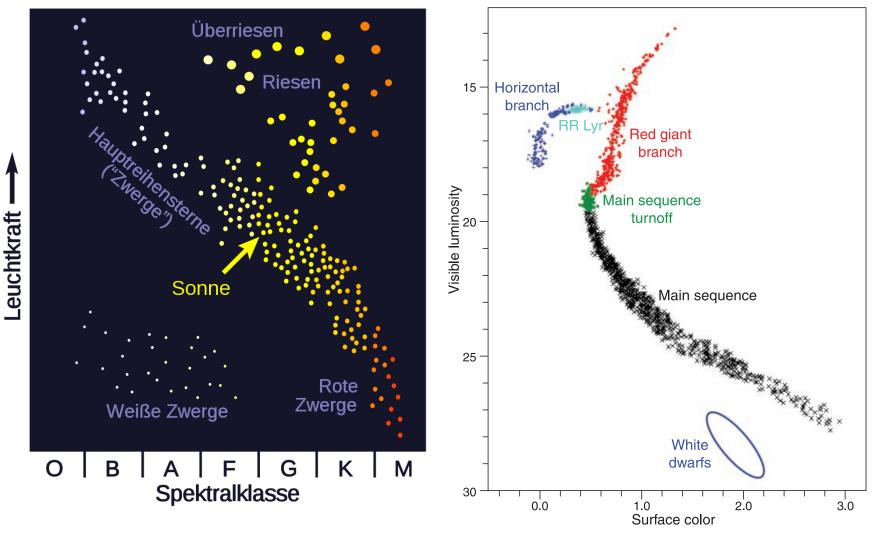


Krauss & Chaboyer (2003)



Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Altersbestimmung sehr alter Sterne (in Kugelsternhaufen)

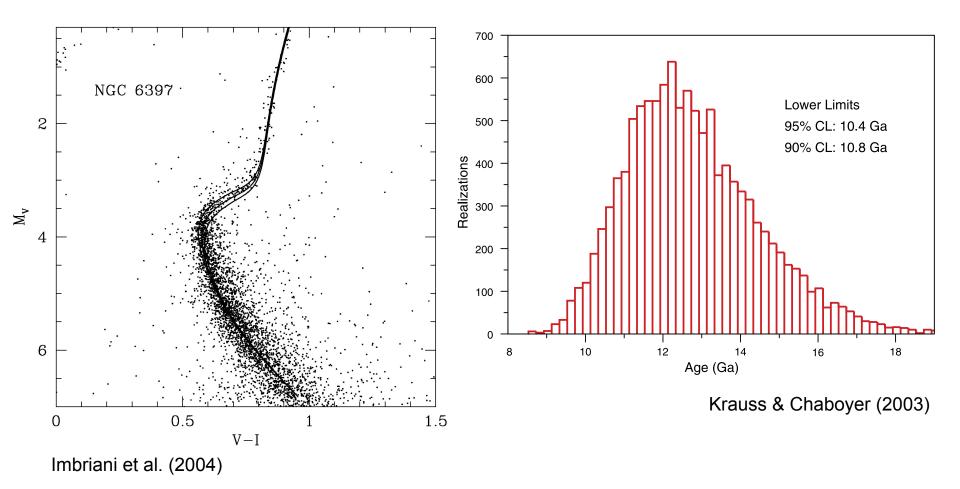


→ Hertzsprung-Russel-Diagramm, Abzweigen von der Hauptreihe

Krauss & Chaboyer (2003)



Altersbestimmung sehr alter Sterne (in Kugelsternhaufen)



→ Hertzsprung-Russel-Diagramm, Abzweigen von der Hauptreihe



Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Zusammenfassung

- Nukleokosmochronologie mithilfe von Uran und Thorium
- Bestimmung des Alters von Kugelsternhaufen mittels des CNO-Zyklus

