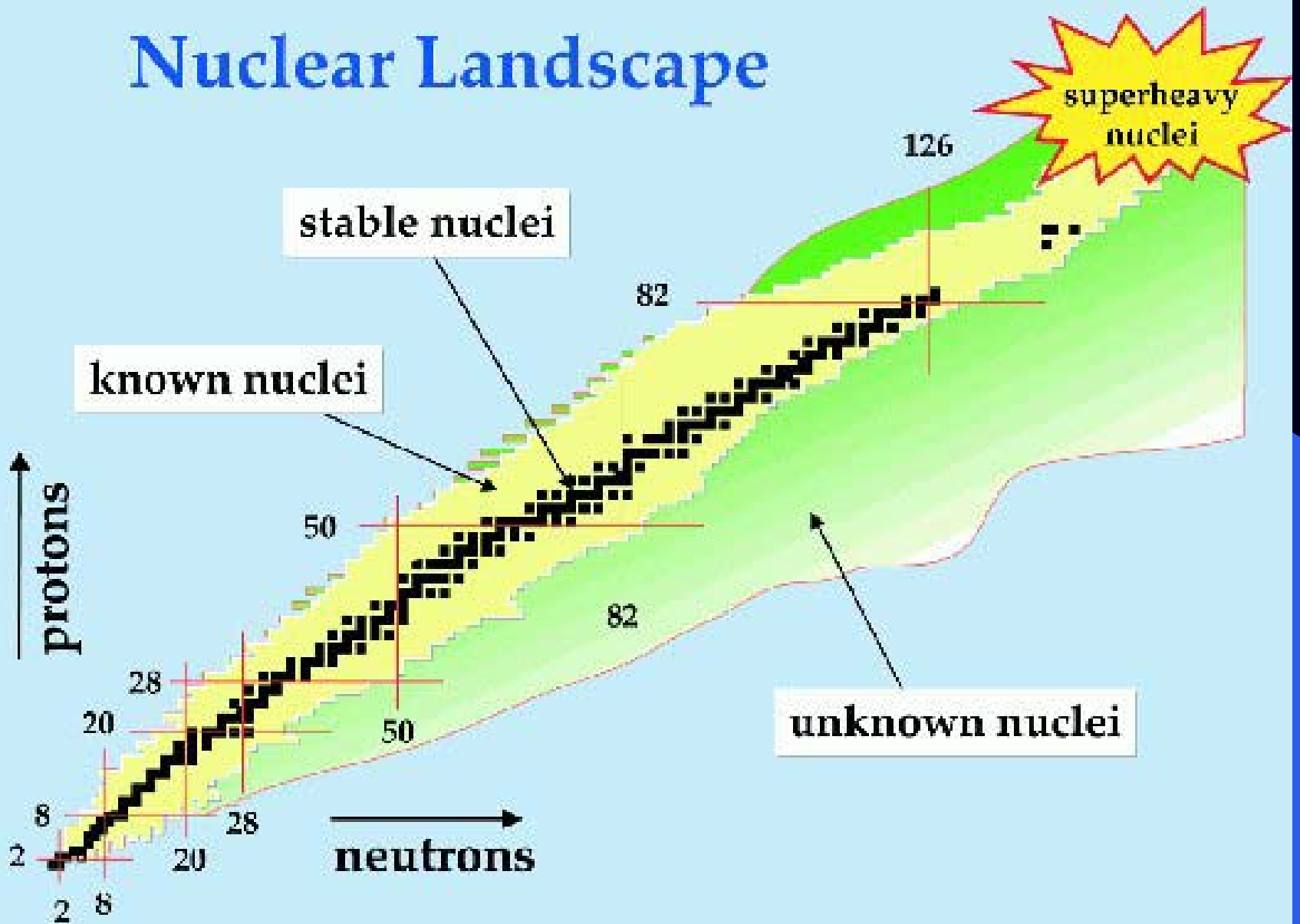
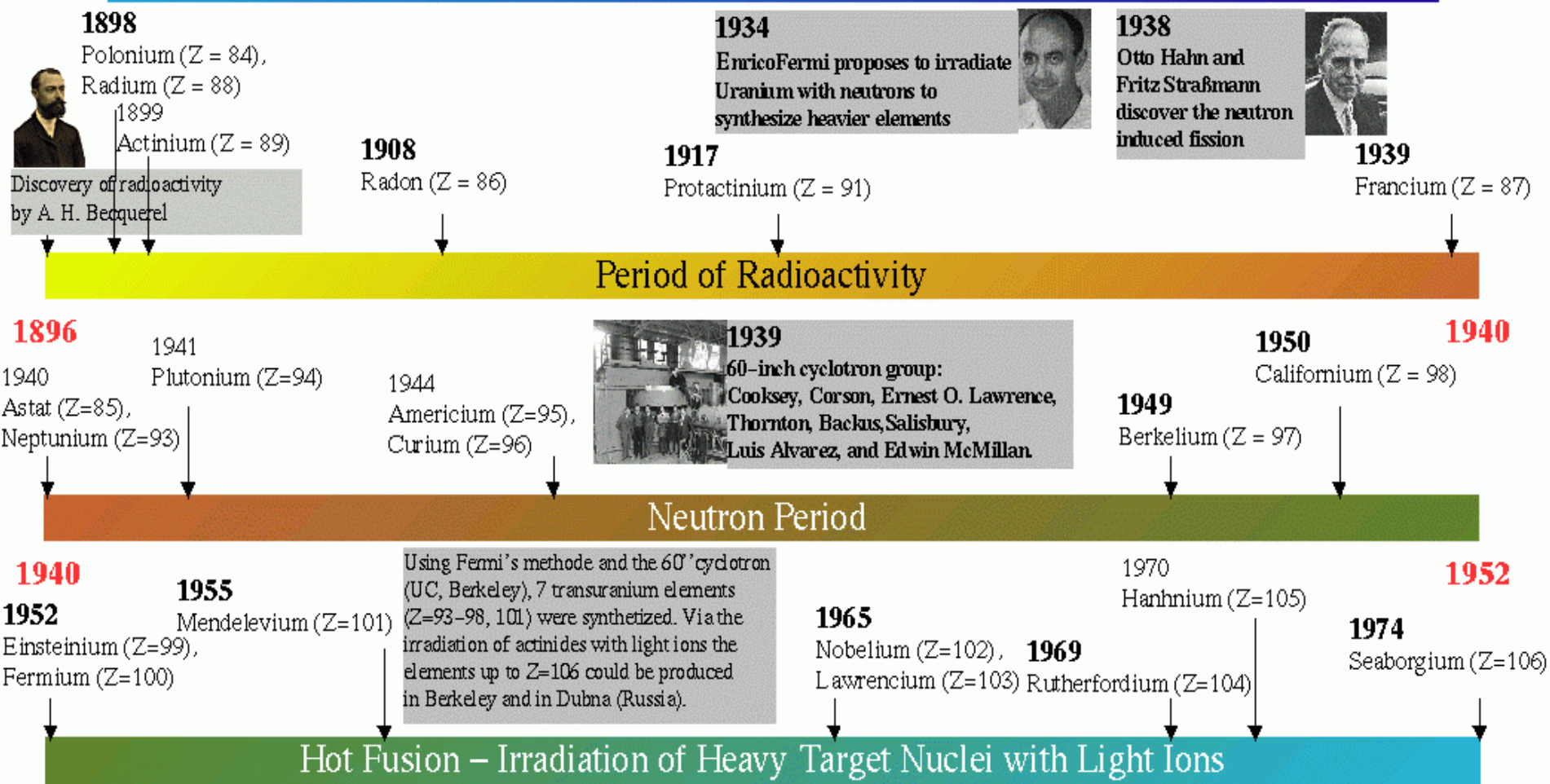


Superschwere Elemente

Nuclear Landscape

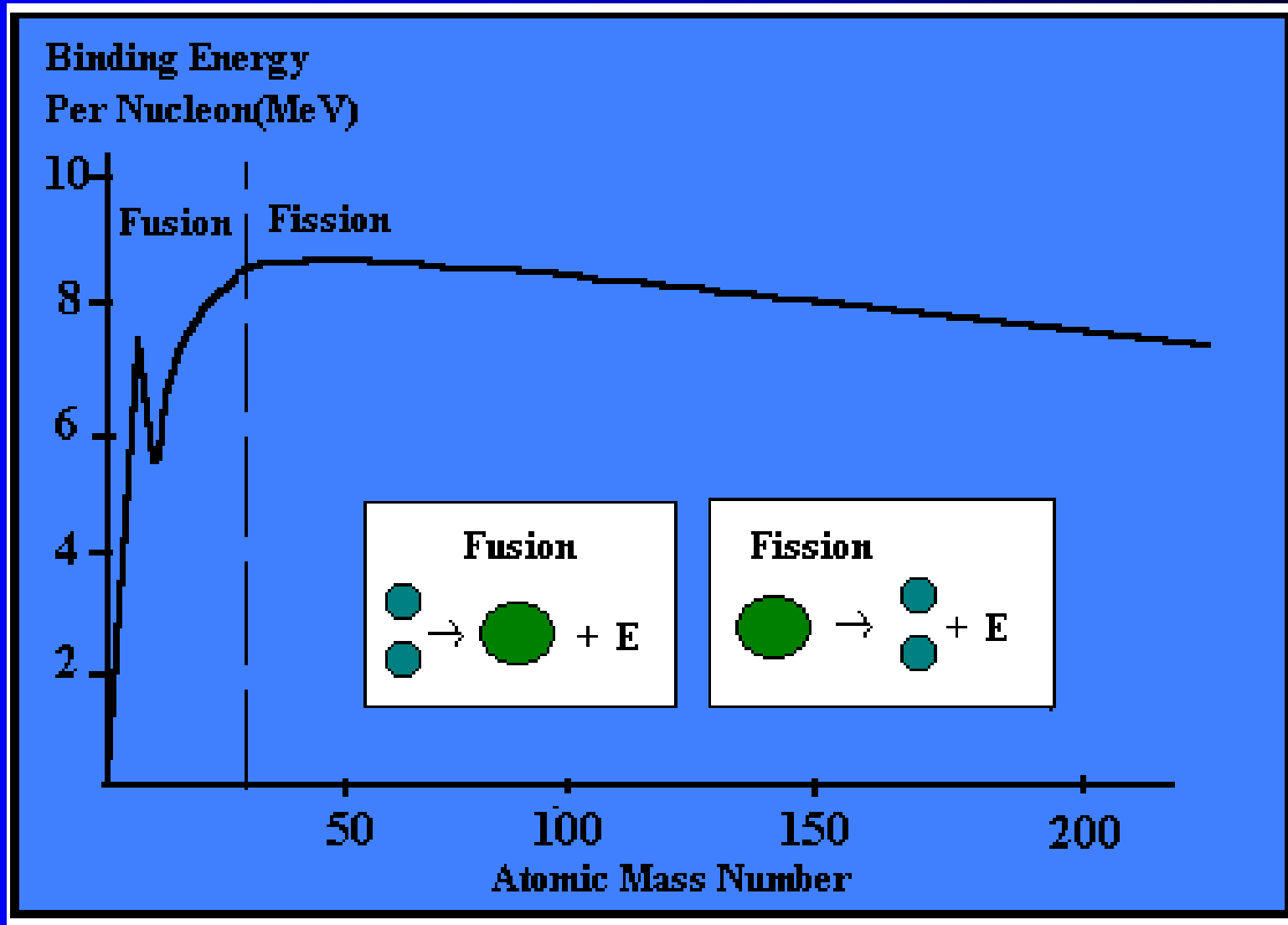


Geschichte der Erzeugung der schweren Elemente (1898 – 1974)



Energiebilanz der schweren Elemente

Schwere Kerne können durch Spaltung zerfallen!



Energie eines Ellipsoids im Tröpfchenmodell

$$R = R_0 \left(1 + \sum_{\mu} \alpha_{\mu} Y_{2\mu}(\theta, \Phi) \right)$$

Achsen des Ellipsoids

$$a = R(1 + \varepsilon)$$

$$b = R(1 + \varepsilon)^{-1/2}$$

Oberflächenenergie

$$E_S = a_S A^{2/3} \left(1 + \frac{2}{5} \varepsilon^2 \right)$$

Coulombenergie

$$E_C = a_C Z^2 A^{-1/3} \left(1 - \frac{1}{5} \varepsilon^2 \right)$$

Energie des Ellipsoids als Funktion der Deformation

$$E_D = \Delta E_S + \Delta E_C = \varepsilon^2 \left[\frac{2}{5} a_S A^{2/3} - \frac{1}{5} a_C Z^2 A^{-1/3} \right]$$

Spaltparameter

$$x \equiv \frac{Z^2 / A}{51} \approx 1$$

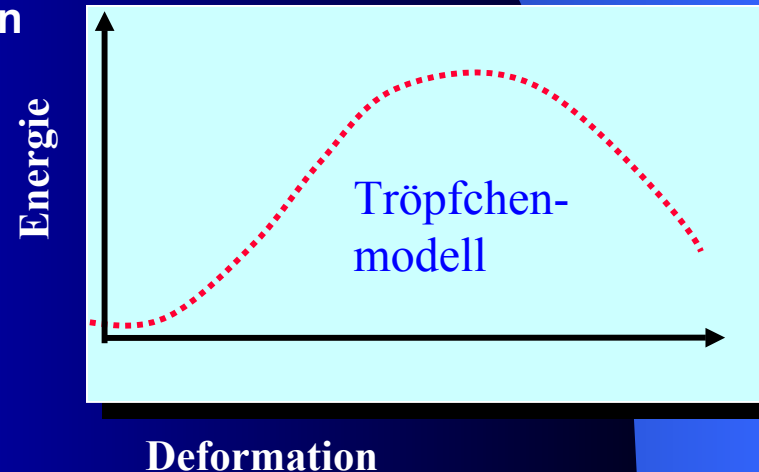
Kein Minimum

$$E_D < 0 \text{ für } x \approx 1$$

Änderung durch Deformation

$$\Delta E_S = E_S(\varepsilon) - E_S(0) = \frac{2}{5} \varepsilon^2 a_S A^{2/3}$$

$$\Delta E_C = E_C(\varepsilon) - E_C(0) = -\frac{1}{5} \varepsilon^2 a_C Z^2 A^{-1/3}$$



Schalenkorrektur

Schalenkorrektur trägt der lokalen Zustandsdichte der Einteilchenzustände Rechnung

Schalenkorrektur:

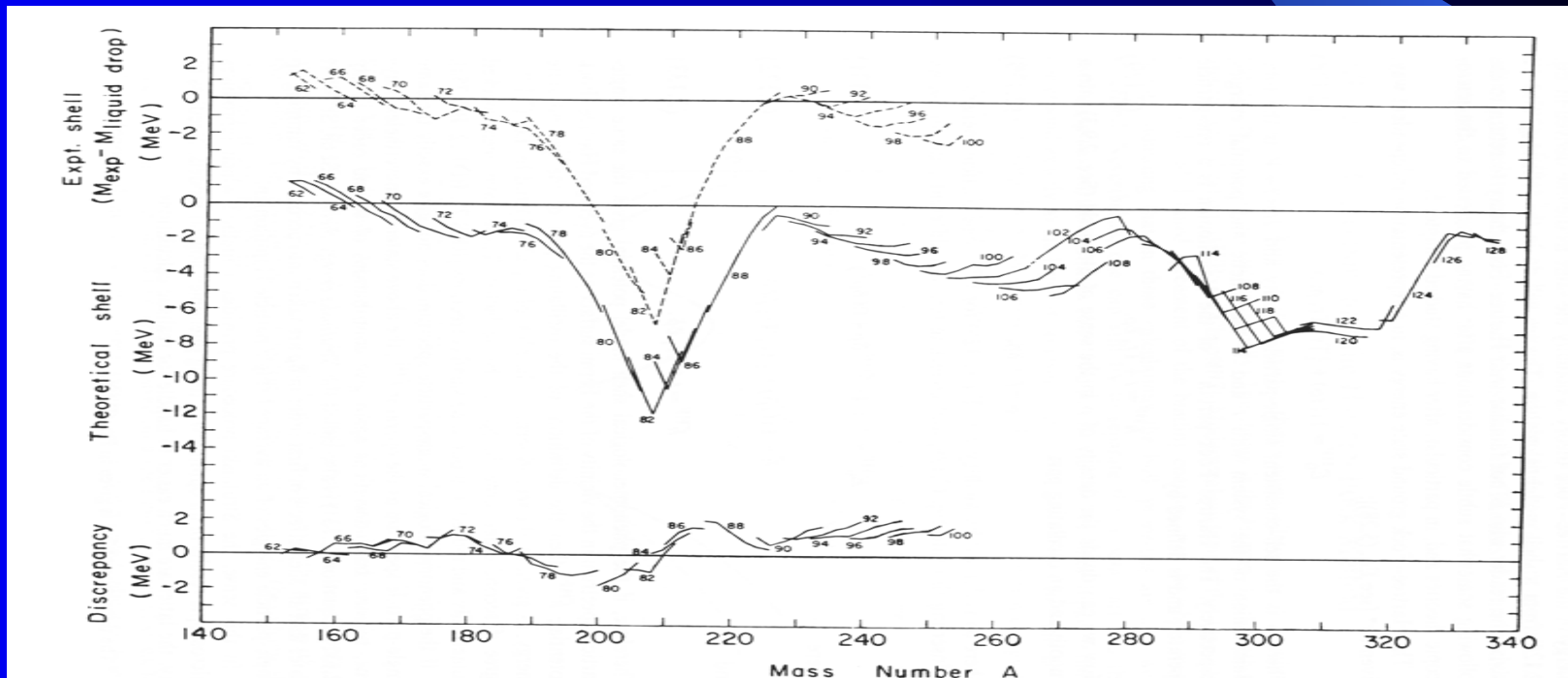
$$\delta E = E - \tilde{E}$$

Totale Energie:

$$E_{Strutinski} = E_{LDM} + \delta E$$

An einem Schalenabschluss werden die Schalenkorrekturen negativ.

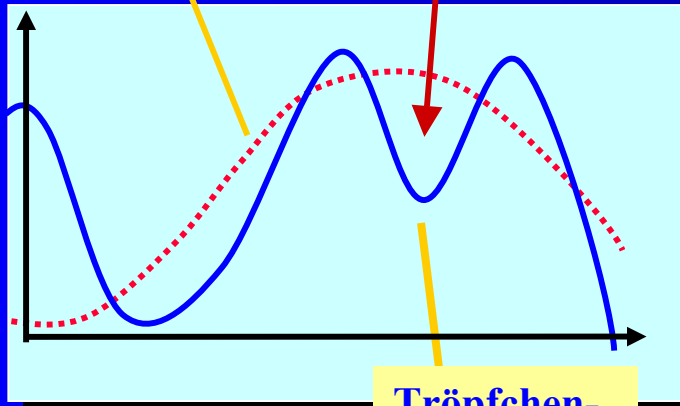
Dies bedeutet eine höhere Bindungsenergie, was der experimentellen Situation entspricht!



Minimale Energie als Funktion der Deformation

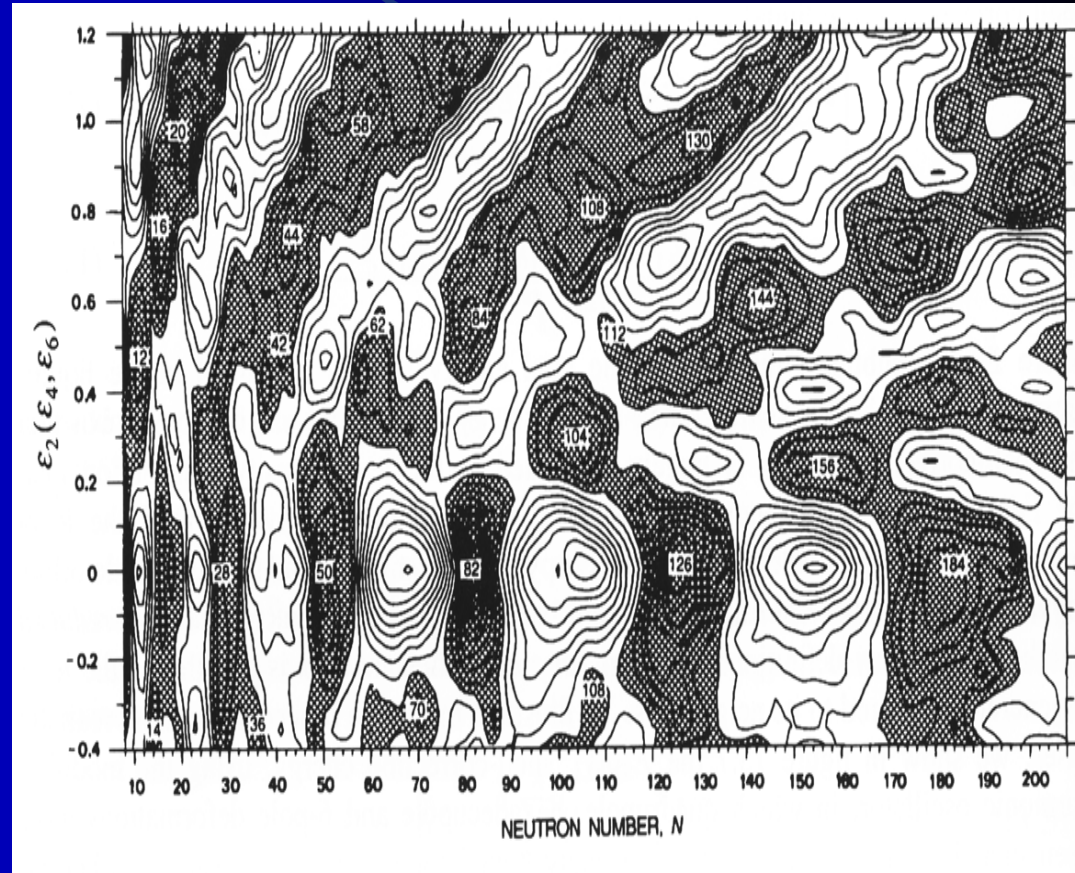
Die Schalenkorrekturen sind nicht auf das sphärische Schalenmodell beschränkt, sondern können genauso für das Nilsson-Modell eingesetzt werden.

Tröpfchenmodell
Superdeformation

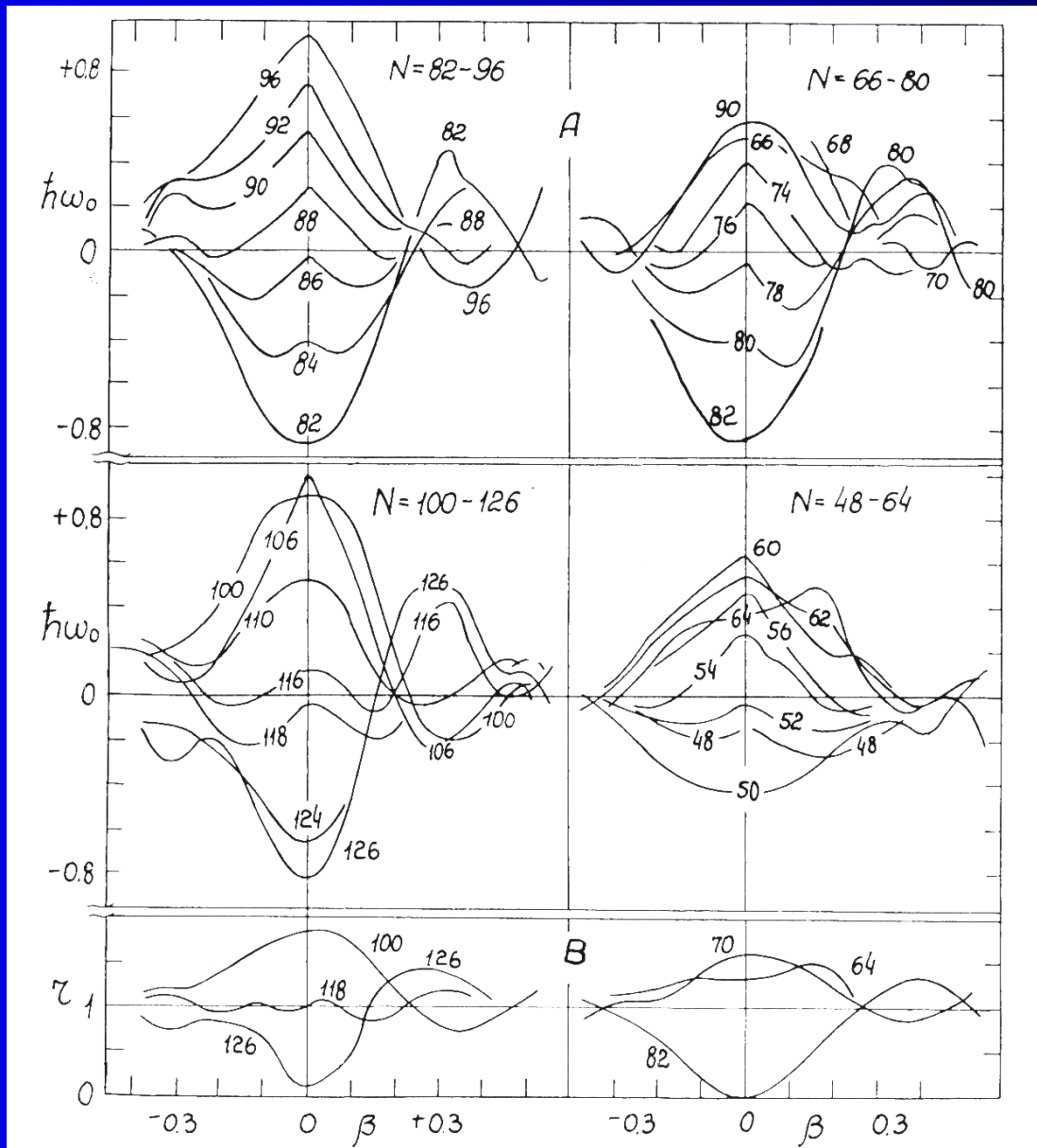


Deformation

Tröpfchenmodell +
Schalenkorrekturen



Strutinski Schalenkorrekturen

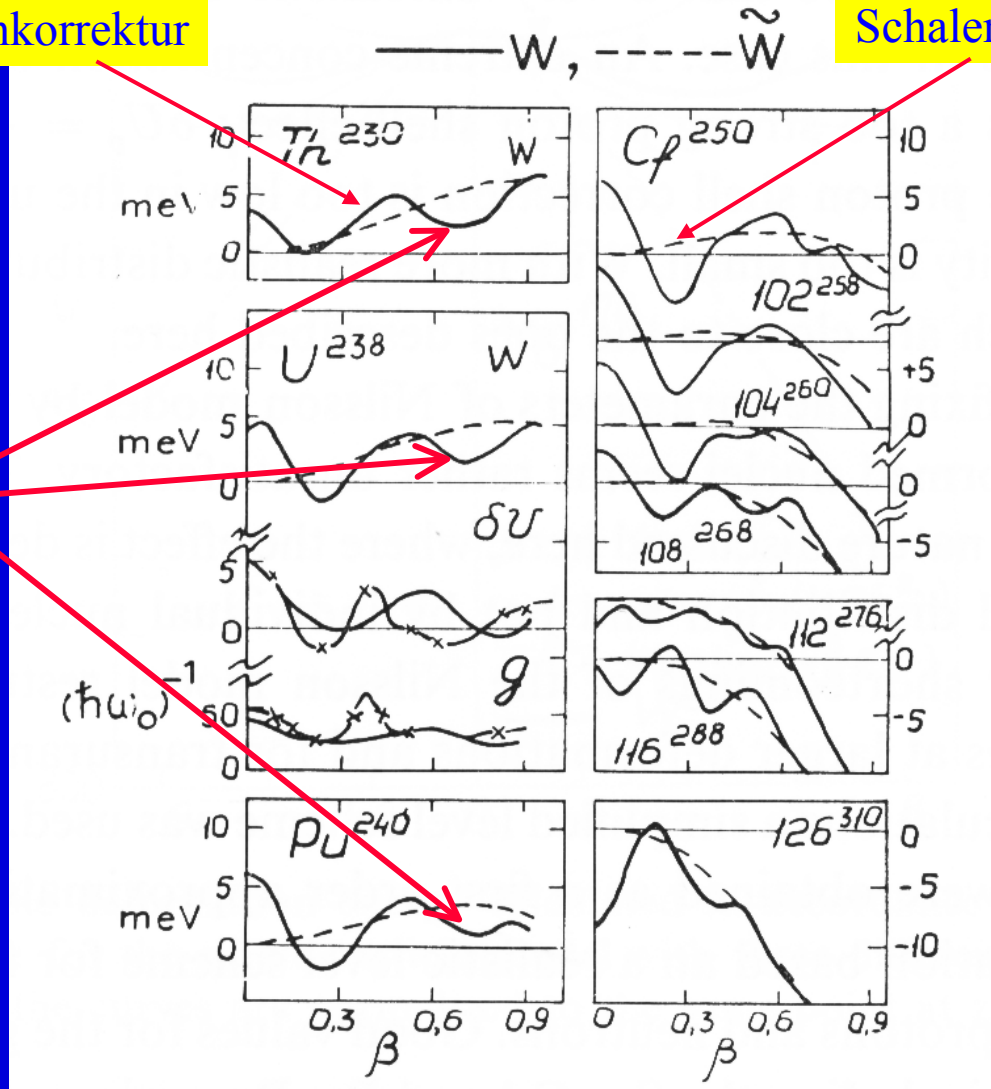


Strutinski,
Nuclear Physics A95
1967

Erste Vorhersagen von Superdeformation: Aktiniden

Mit
Schalenkorrektur

Ohne
Schalenkorrektur



Zweites
Minimum bei
großer
Deformation

Strutinski,
Nuclear Physics A95
1967

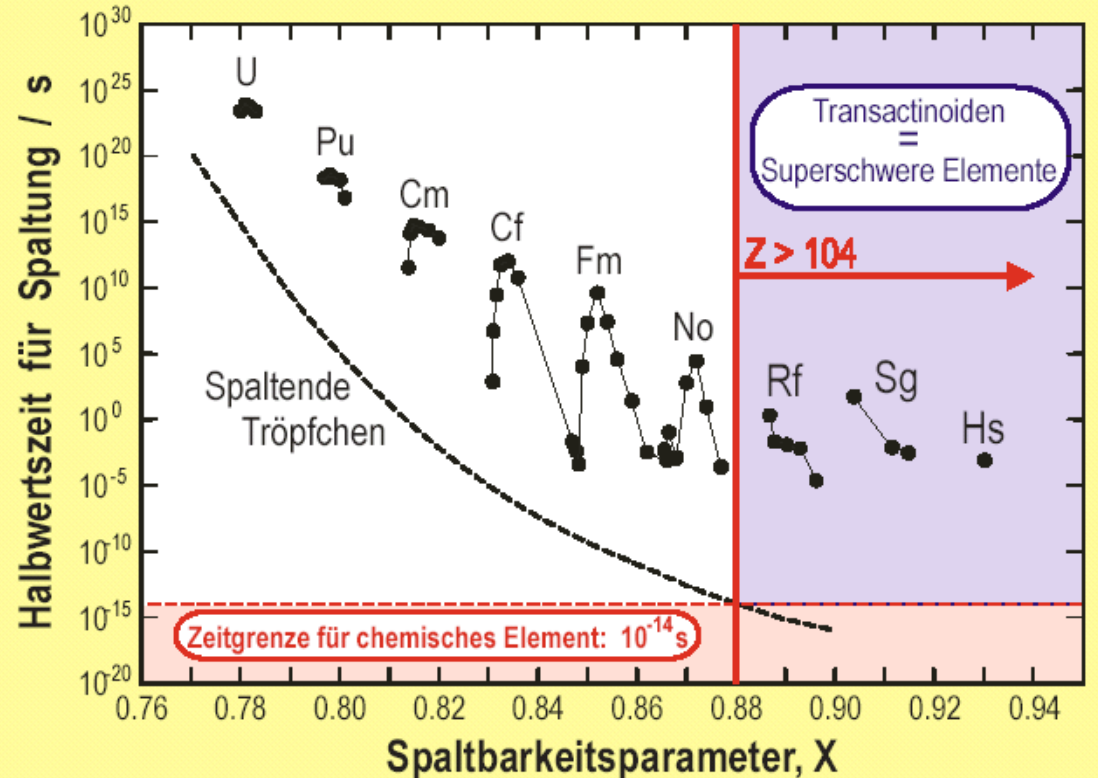
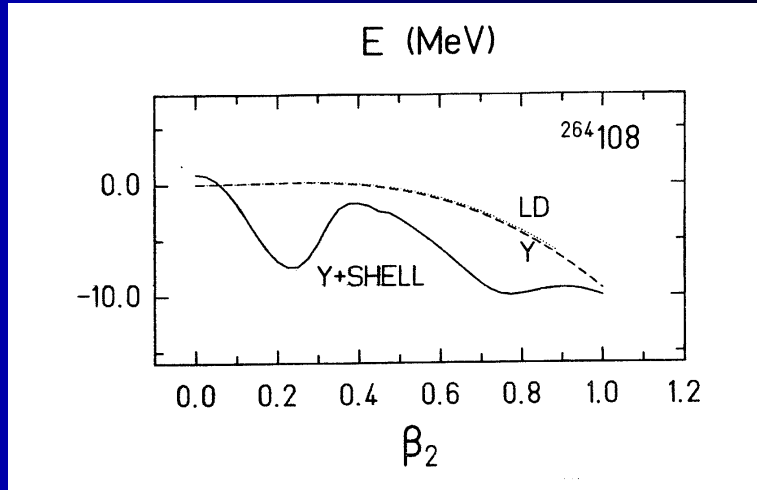
Stabilisierung superschwerer Elemente durch Schalenkorrekturen

Annahmen:

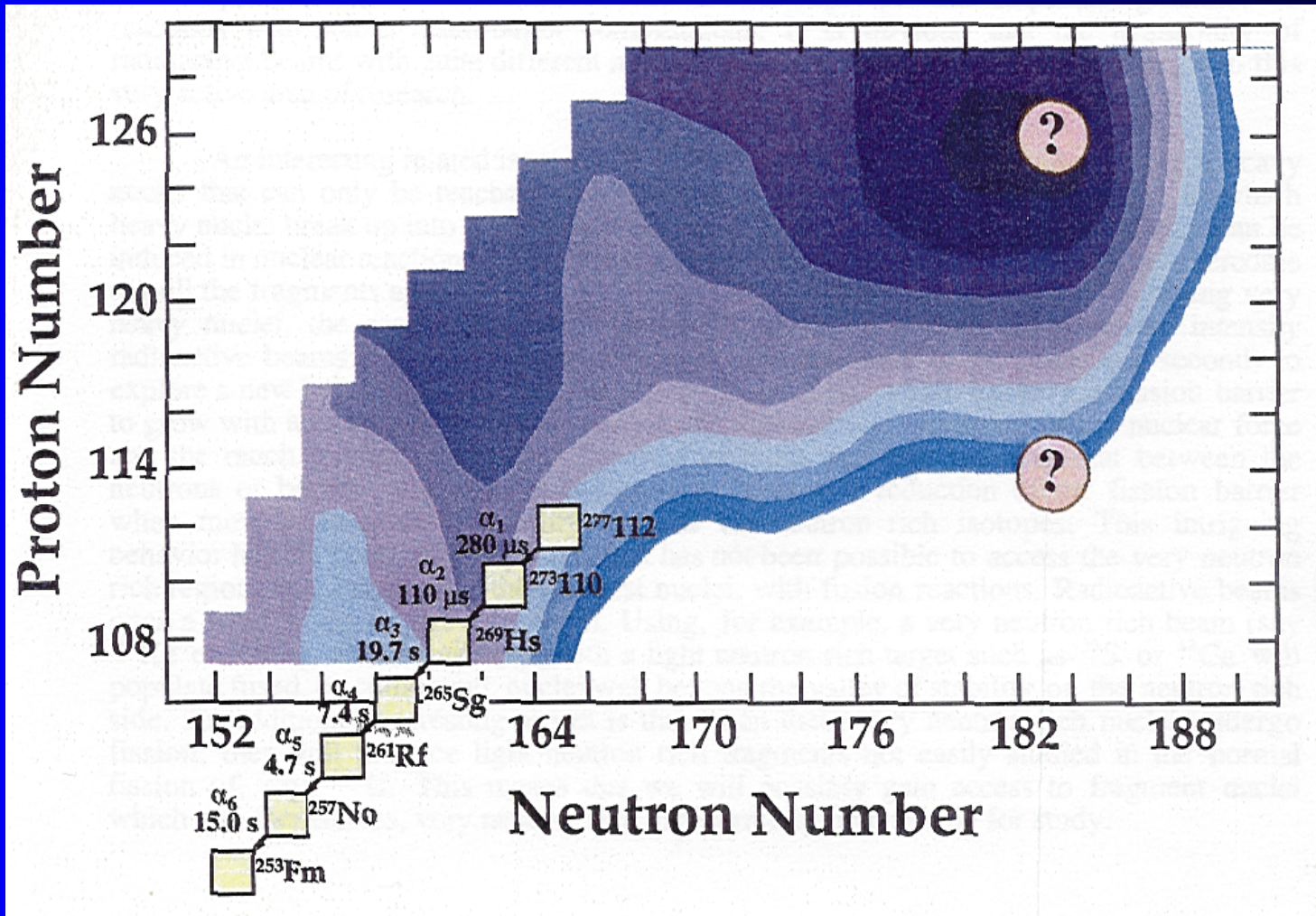
- 1.) "... composite nuclear systems that live less than about 10^{-14} seconds (the generally accepted upper limit for a compound nucleus lifetime) shall not be considered a new element."

B.G. Harvey et al. Science 193 (1976) 1271

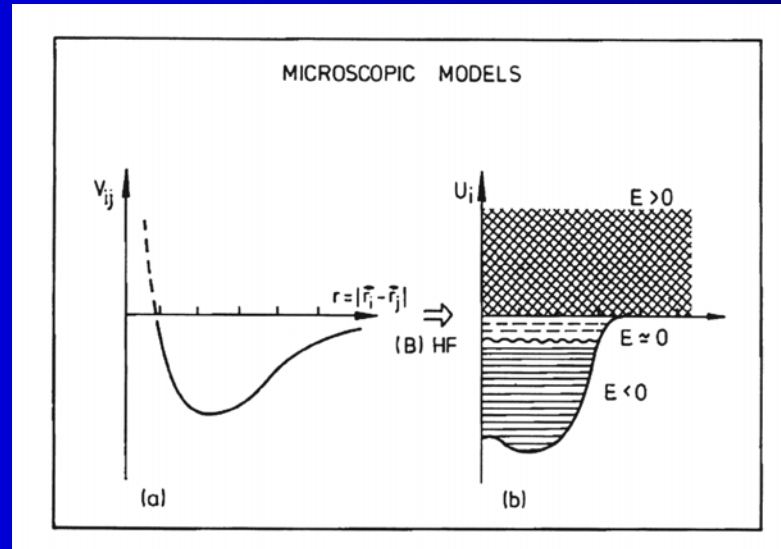
- 2.) "Superheavy Elements" ist ein Synonym für "Elemente, die nur auf Grund ihrer (mikroskopischen) Schalenstabilisierung existieren."



Wo ist der nächste doppelt magische Kern?



Mikroskopische Selbstkonsistente Mean-Field Modelle



$$H = \sum t_i + \frac{1}{2} \sum v_{ij}$$

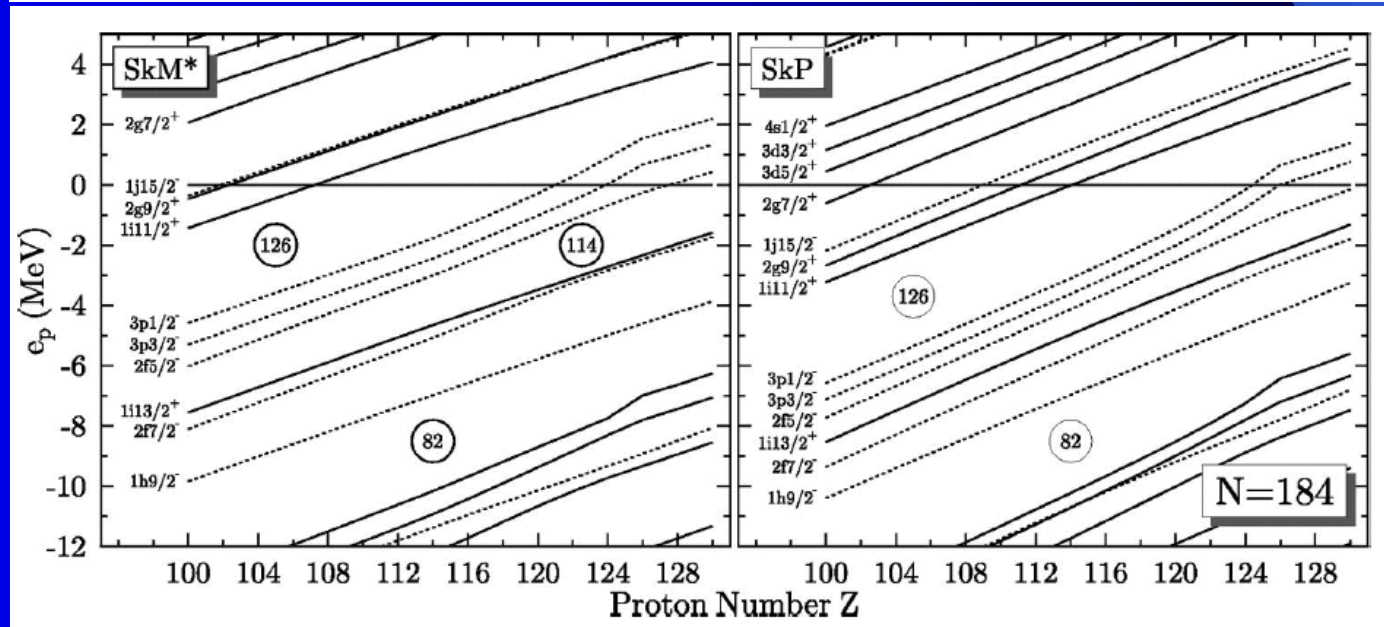
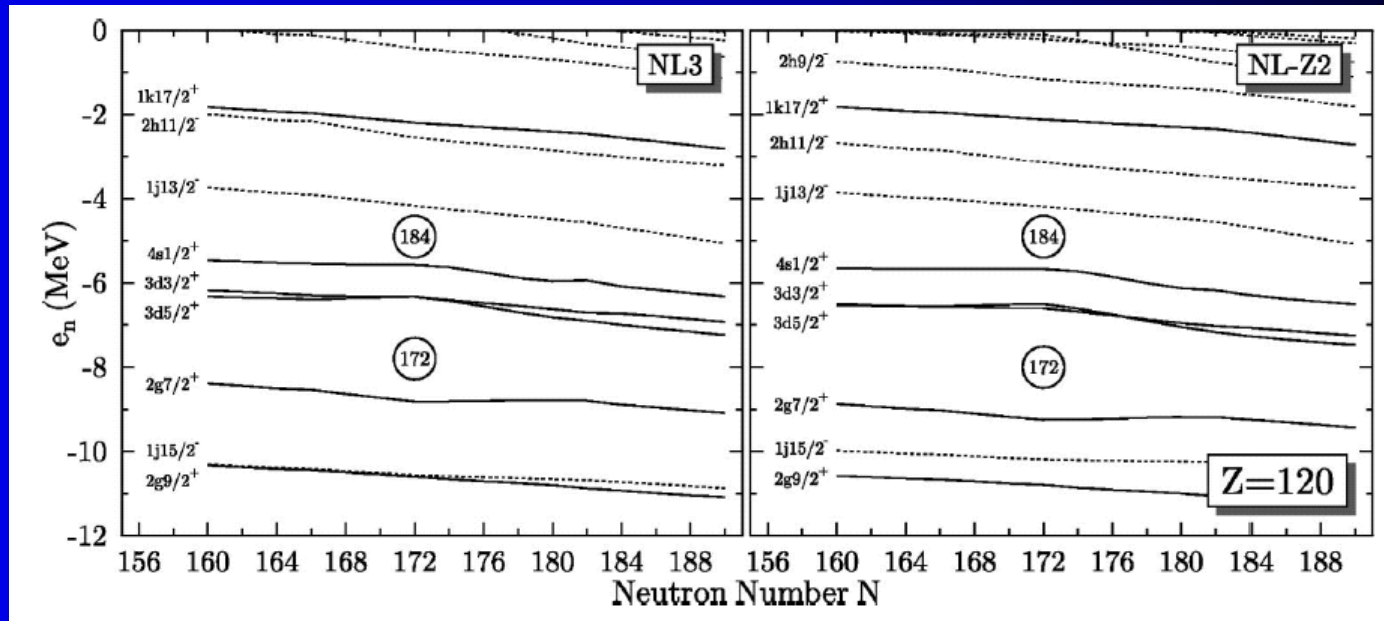
Jedes Teilchen spürt ein mittleres Feld $U_i(A-1)$
(erzeugt durch die anderen $A-1$ Teilchen)

$$H_{\text{mittel}}(i) = t_i + U_i(A-1) \quad \text{Mean-Field Hamiltonian}$$

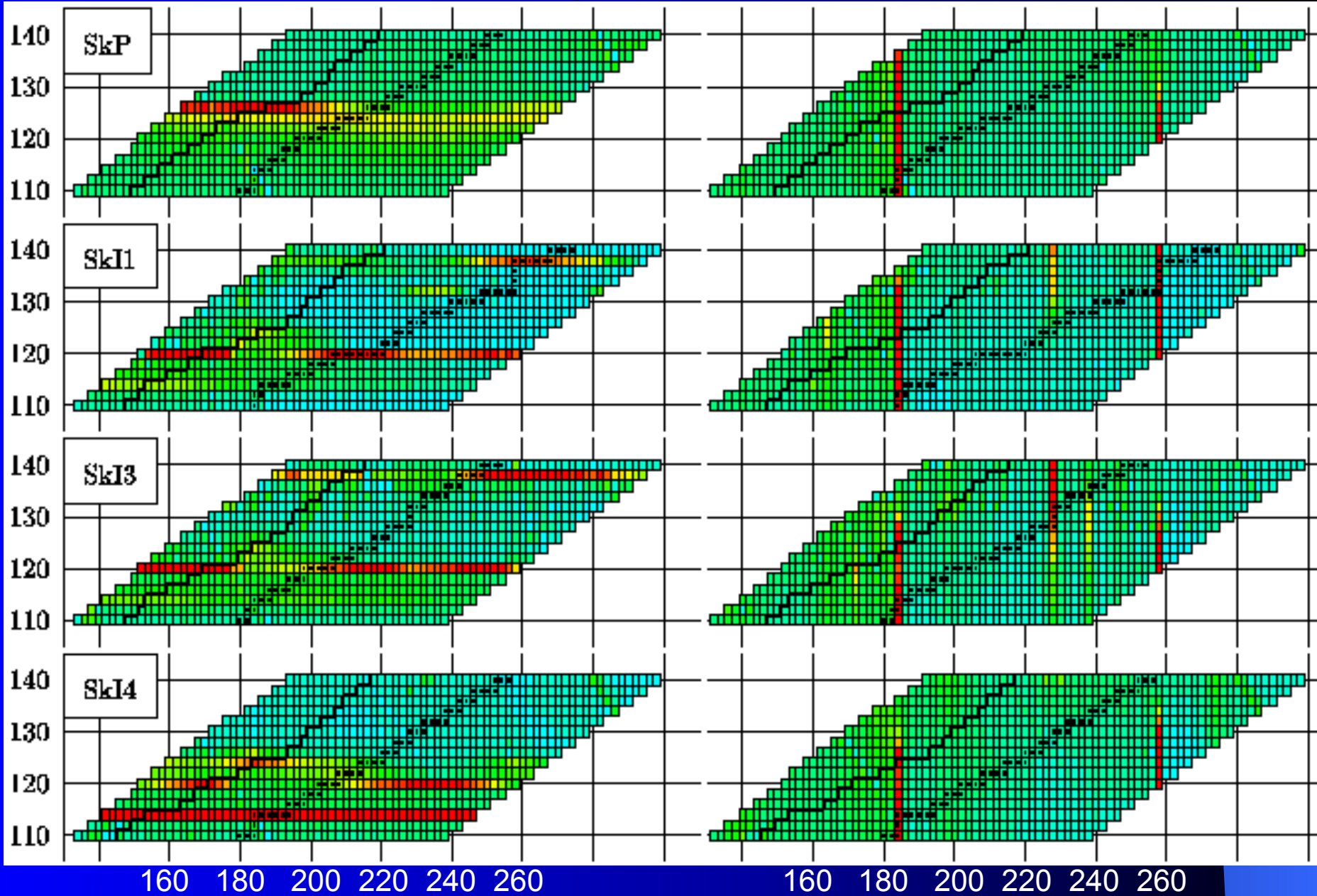
Primitivste Beschreibung des Verfahrens

- **Intelligente Wahl des mittleren Potentials $U_i(A-1)$** - z.B. Woods Saxon, H.O.+L²+LS
- Berechne Eigenfunktionen Φ_i des Hamiltonian $H_{\text{mittel}}(i)$
- Verwende Eigenfunktionen und **effektive NN-Wechselwirkung**, um das mittlere Potential $U_i(A-1)$ zu berechnen, das jedes Teilchen spürt. → **verbesserter Mean-Field Hamiltonian**
- Berechne verbesserte Eigenfunktionen
- Berechne neues mittleres Potential mit verbesserten Wellenfunktionen
- **Verfahren konvergiert zu selbstkonsistentem Potential und Wellenfunktionen mit minimierter totaler Energie für den Grundzustand**
- → **optimale Parameter für die effektive NN-Wechselwirkung**

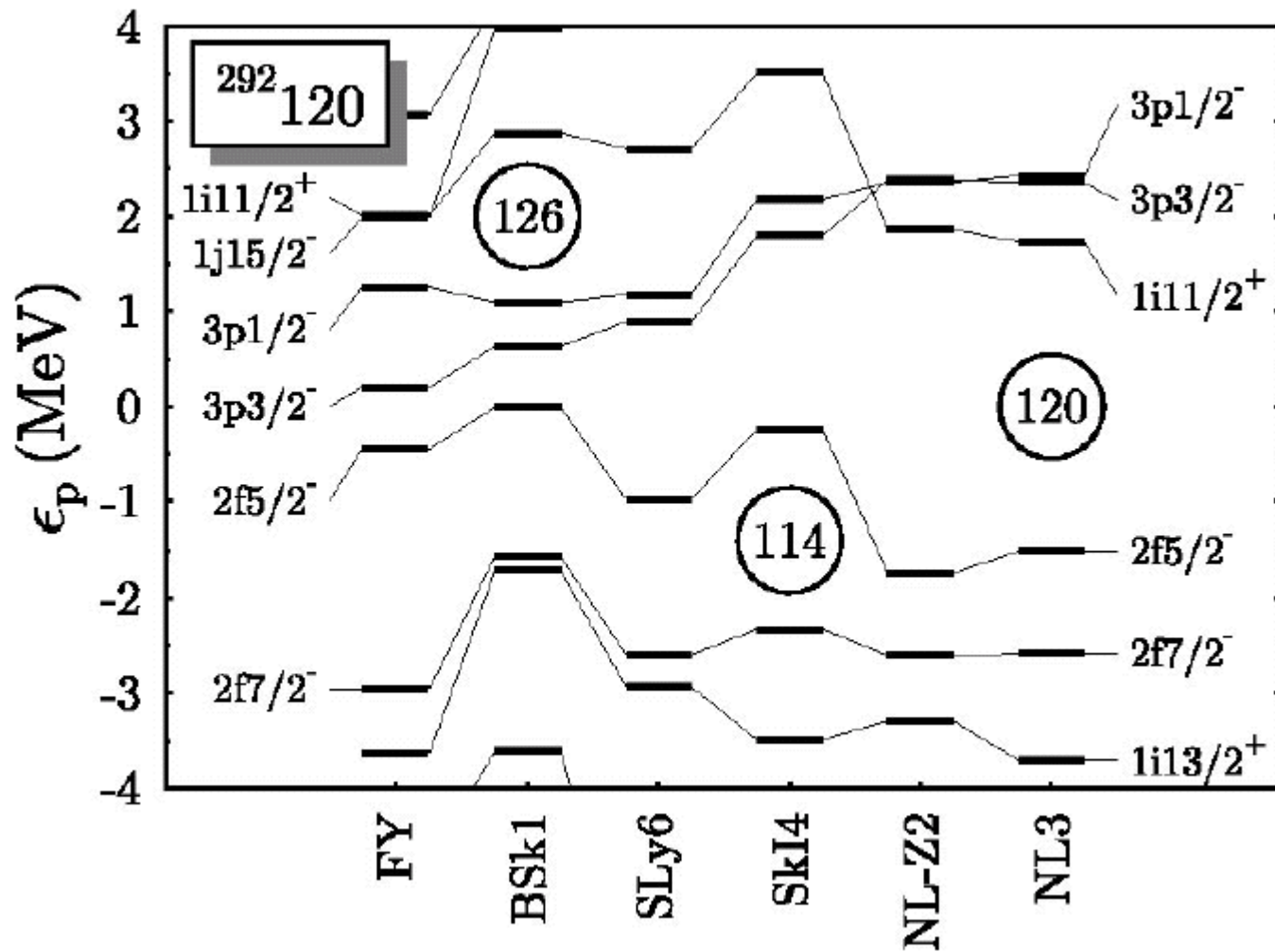
Einteilchenenergien für verschiedene Parametersätze



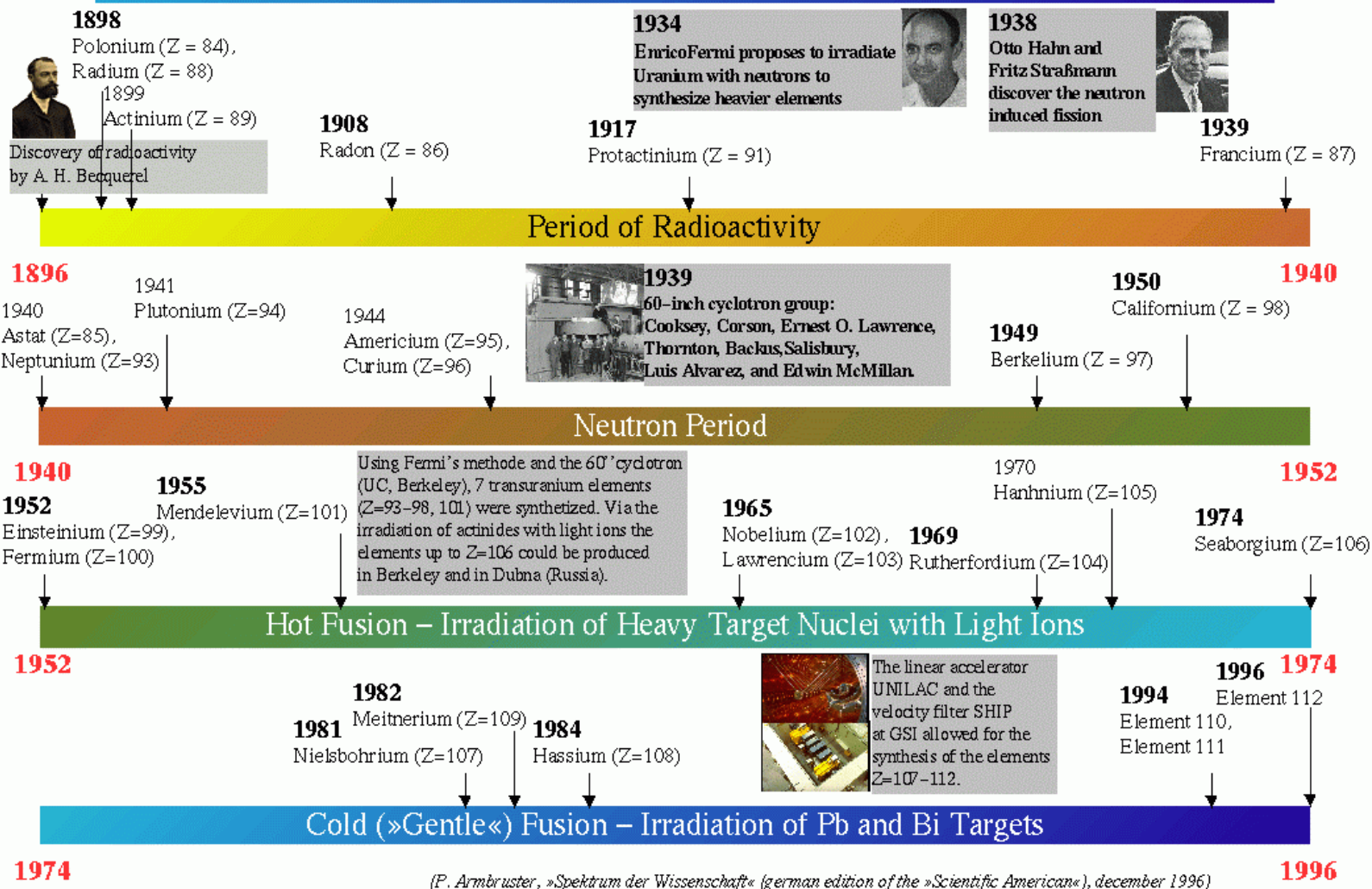
Verschiedene Vorhersagen für Schalenabschluss



Protonenenergien in verschiedenen Modelle



History of the Synthesis of Heavy Elements



Überlegungen zum Experiment

• Erwartete Zählrate

$$N = \sigma N_t N_p \varepsilon$$

Produktionsquerschnitt

$$\sigma = 1 \text{ pbarn} (10^{-35} \text{ cm}^2)$$

Anzahl der Projektile pro Sekunde

$$N_p = 5 \cdot 10^{12} \text{ s}^{-1}$$

Anzahl der Targetkerne

$$N_t = 10^{18} \text{ cm}^{-2}$$

Effizienz des Detektorsystems

$$\varepsilon = 50 \%$$

Rate nachgewiesener Teilchen :

$$N = 2.5 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1} \quad (\text{1 Atom pro 5 Tage})$$

• **Spaltungsquerschnitt** $\sigma = 100 \text{ mbarn}$ (**> 10¹¹ mal größer**)

• Gestreute Projektile oder Transferprodukte könne die gleiche Kinematik haben

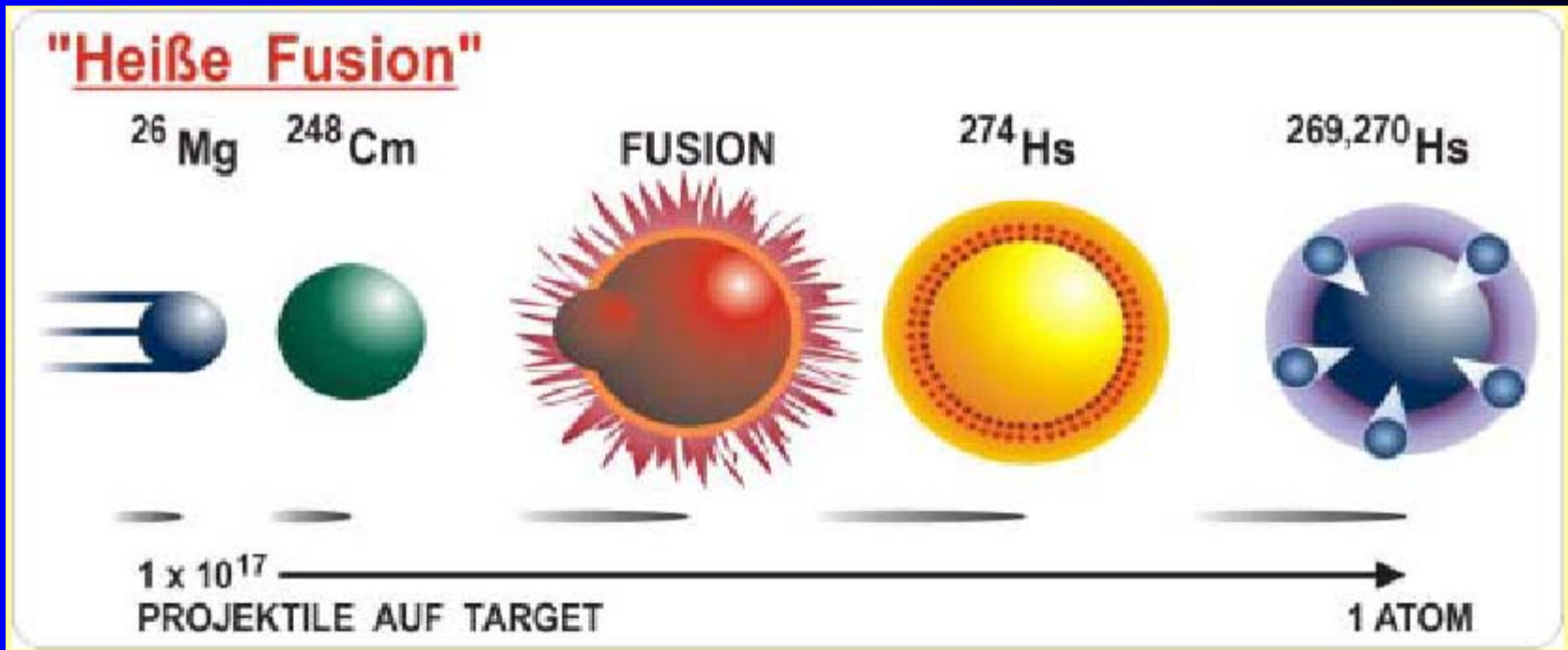
• **Wir brauchen eine gute Separation der Reaktionsprodukte**

• up to Z=104 : normale chemische Separation möglich

• Z ≥ 106: Separation im Flug

• **Wir brauchen auch eine eindeutige Identifikationsmethode**

Heiße Fusion



- leichtes Projektil auf Aktinidentarget
- hohe Anregungsenergie des Restkerns
- Abdampfung mehrerer Neutronen

Wahrscheinlichkeit für das „Überleben“ des Restkerns:

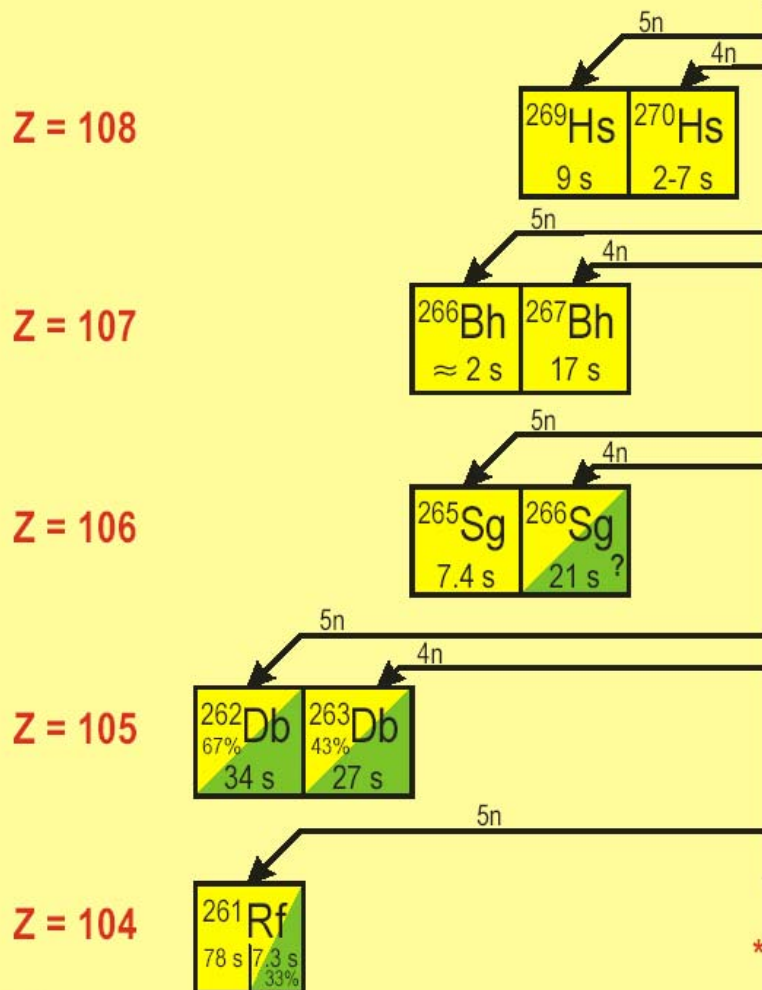
- bei der Abdampfung jedes Neutrons gibt es auch immer die Möglichkeit der Spaltung

$$P_N = \frac{\Gamma_N}{\Gamma_N + \Gamma_F}$$

$$P_{xN} = \prod_{i=1 \dots x} P_N^{(i)}$$

Produktion von Elementen Z=104 bis Z=108

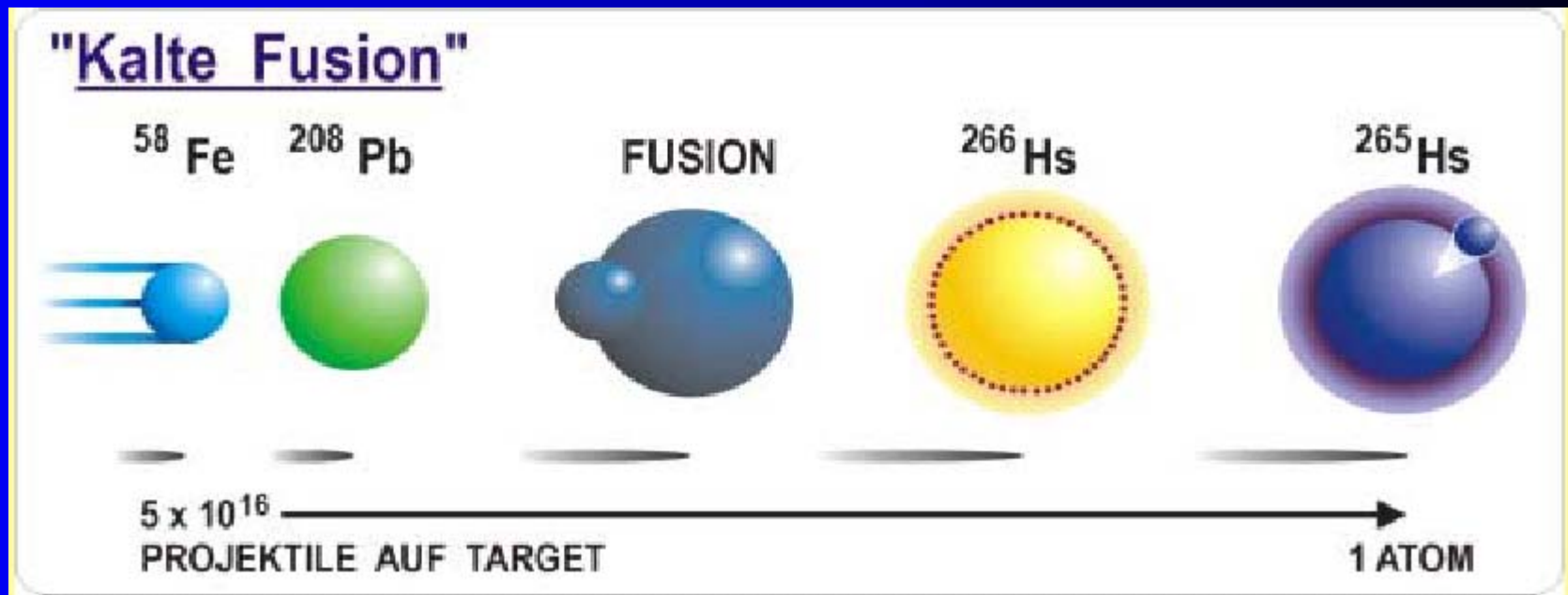
NUKLEARE SYNTHESSEN



Reaktion	Wirkungsquerschnitt	Produktionsrate*
$^{26}\text{Mg} + ^{248}\text{Cm}$	6 pb 4 pb	3 d^{-1} 2 d^{-1}
$^{22}\text{Ne} + ^{249}\text{Bk}$	$\approx 25\text{-}250 \text{ pb}$ $\approx 70 \text{ pb}$	1.5 h^{-1}
$^{22}\text{Ne} + ^{248}\text{Cm}$	$\approx 240 \text{ pb}$ $\approx 25 \text{ pb}$	5 h^{-1} 0.5 h^{-1}
$^{18}\text{O} + ^{249}\text{Bk}$	6 nb 10 nb	2 min^{-1} 3 min^{-1}
$^{19}\text{F} + ^{248}\text{Cm}$	1 nb	0.5 min^{-1}
$^{18}\text{O} + ^{248}\text{Cm}$	10 nb	3 min^{-1}
$^{22}\text{Ne} + ^{244}\text{Pu}$	3 nb	1 min^{-1}

* 0.8 mg/cm^2 Target, $3 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ Strahlteilchen

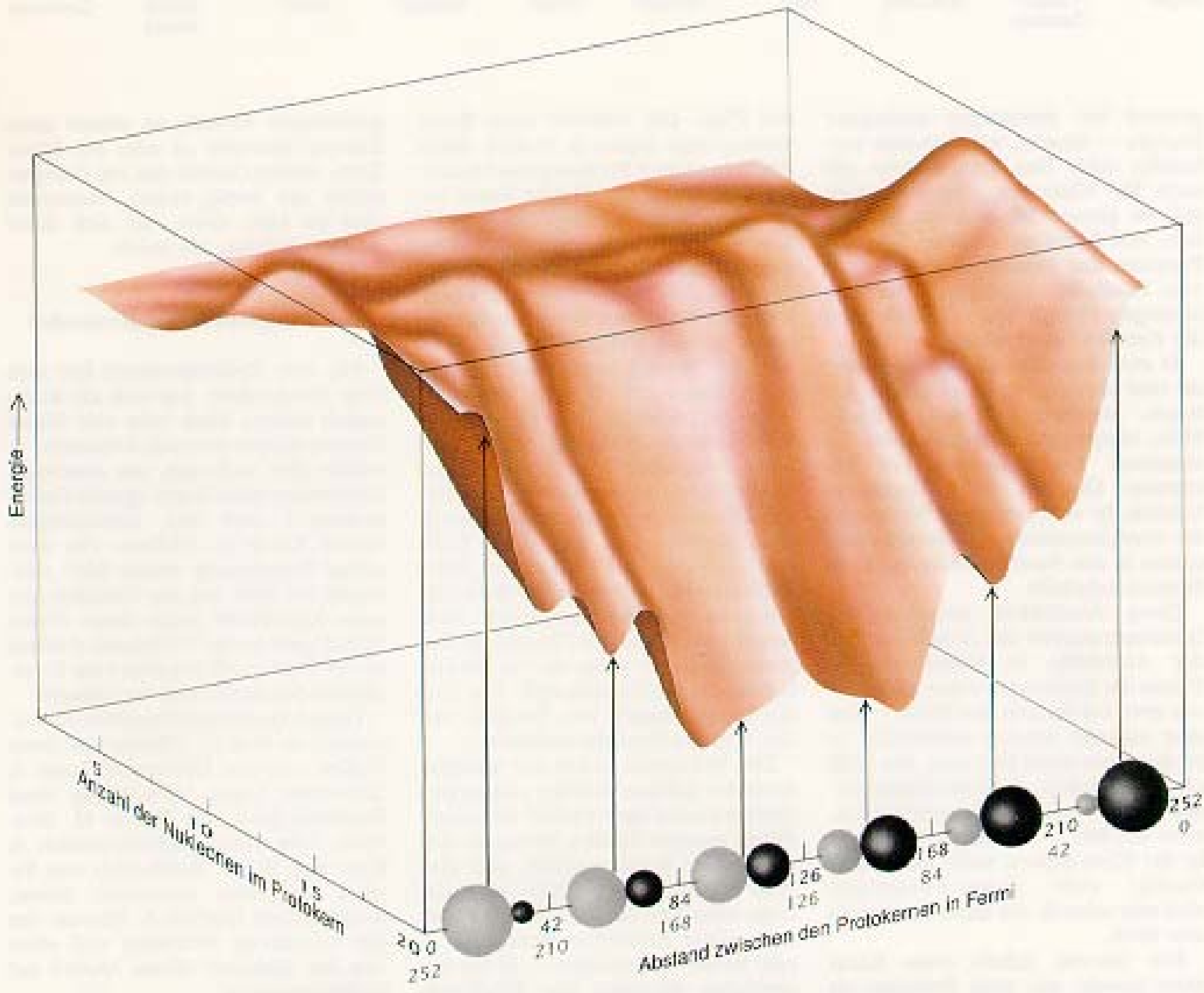
„Kalte“ Fusion



- mittelschweres Projektil auf doppelt magisches Target ^{208}Pb
- geringe Anregungsenergie des Restkerns
- Abdampfung nur eines Neutrons

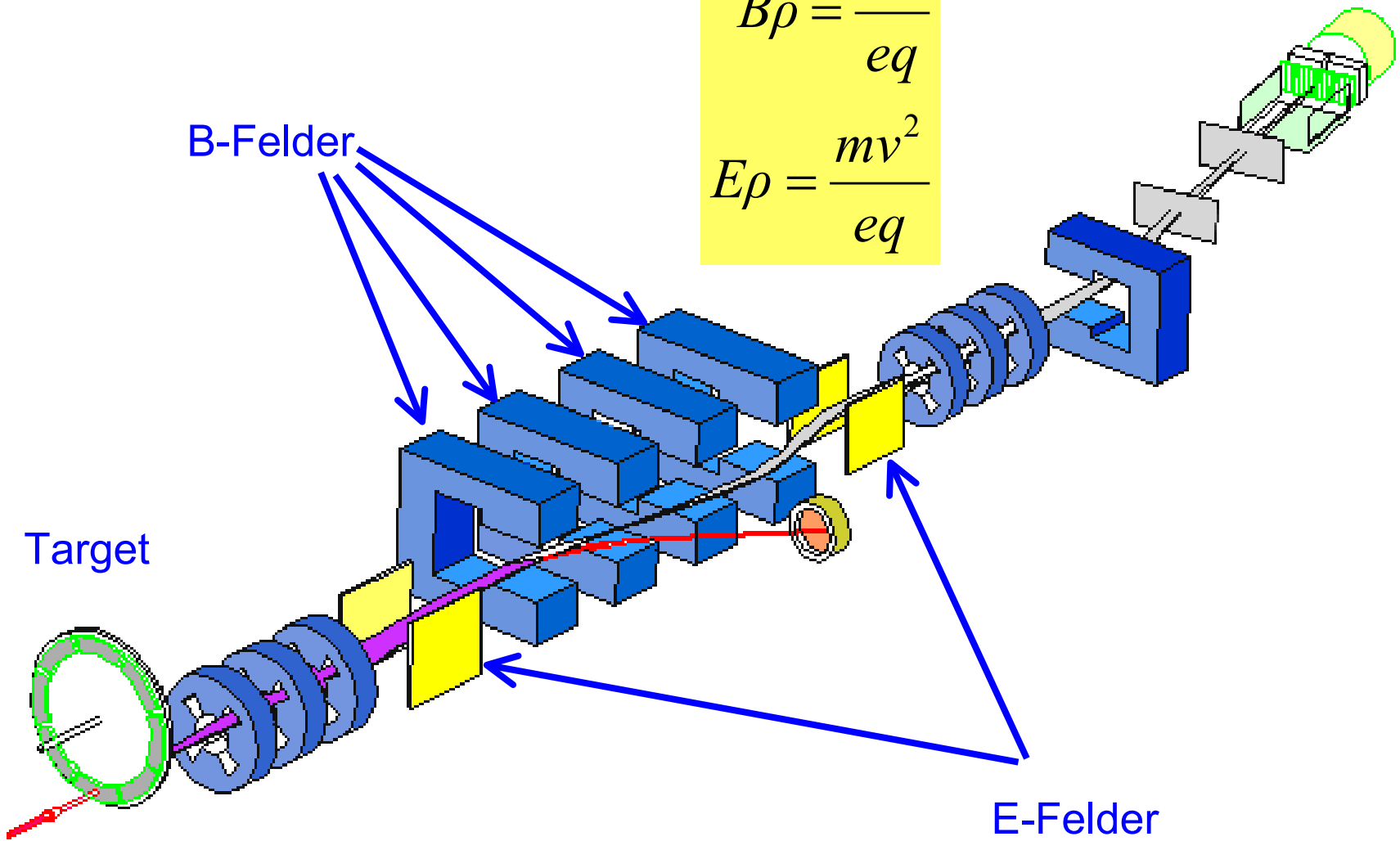
Die geringe Anregungsenergie kommt durch den Schalenabschluss des Targetkerns zustande.

Kalte Fusion durch Schaleneffekte (Kalte Täler)

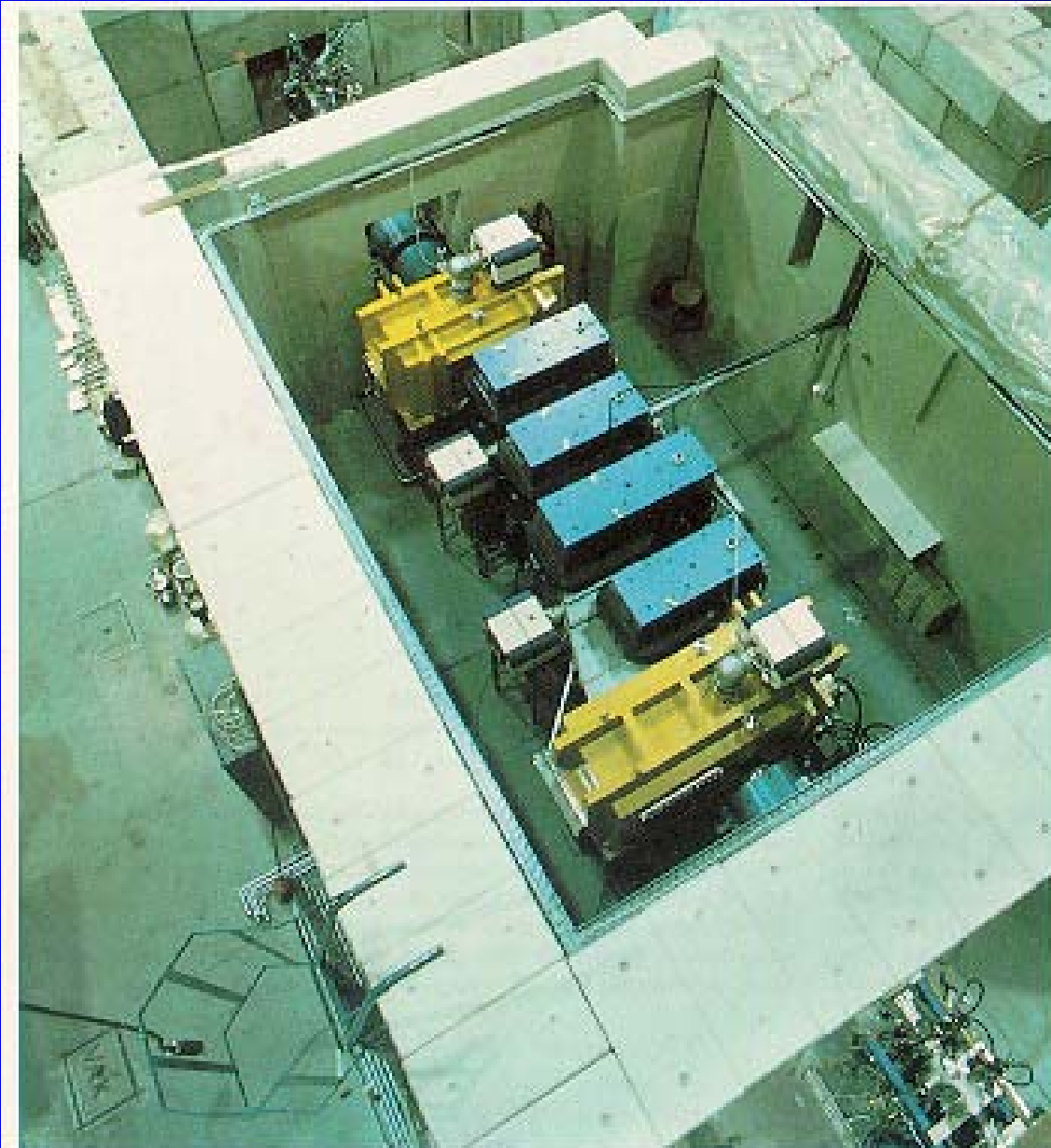


Geschwindigkeitsfilter

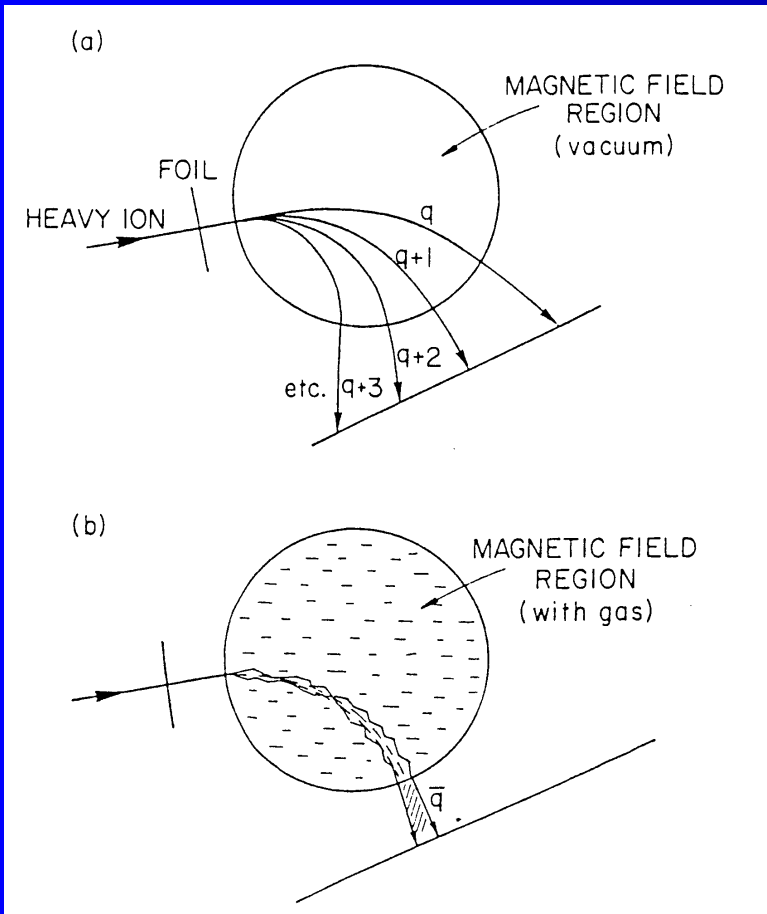
$$B\rho = \frac{mv}{eq}$$
$$E\rho = \frac{mv^2}{eq}$$



Der Geschwindigkeitsfilter SHIP der GSI Darmstadt



Gas-gefüllter Separator



$$B\rho = 0.0227 \text{ A } v/v_0 q^{-1}$$

$$q = v/v_0 Z^{1/3}$$

ρ - effektiver Radius der Trajektorie

q - mittlerer Ladungszustand

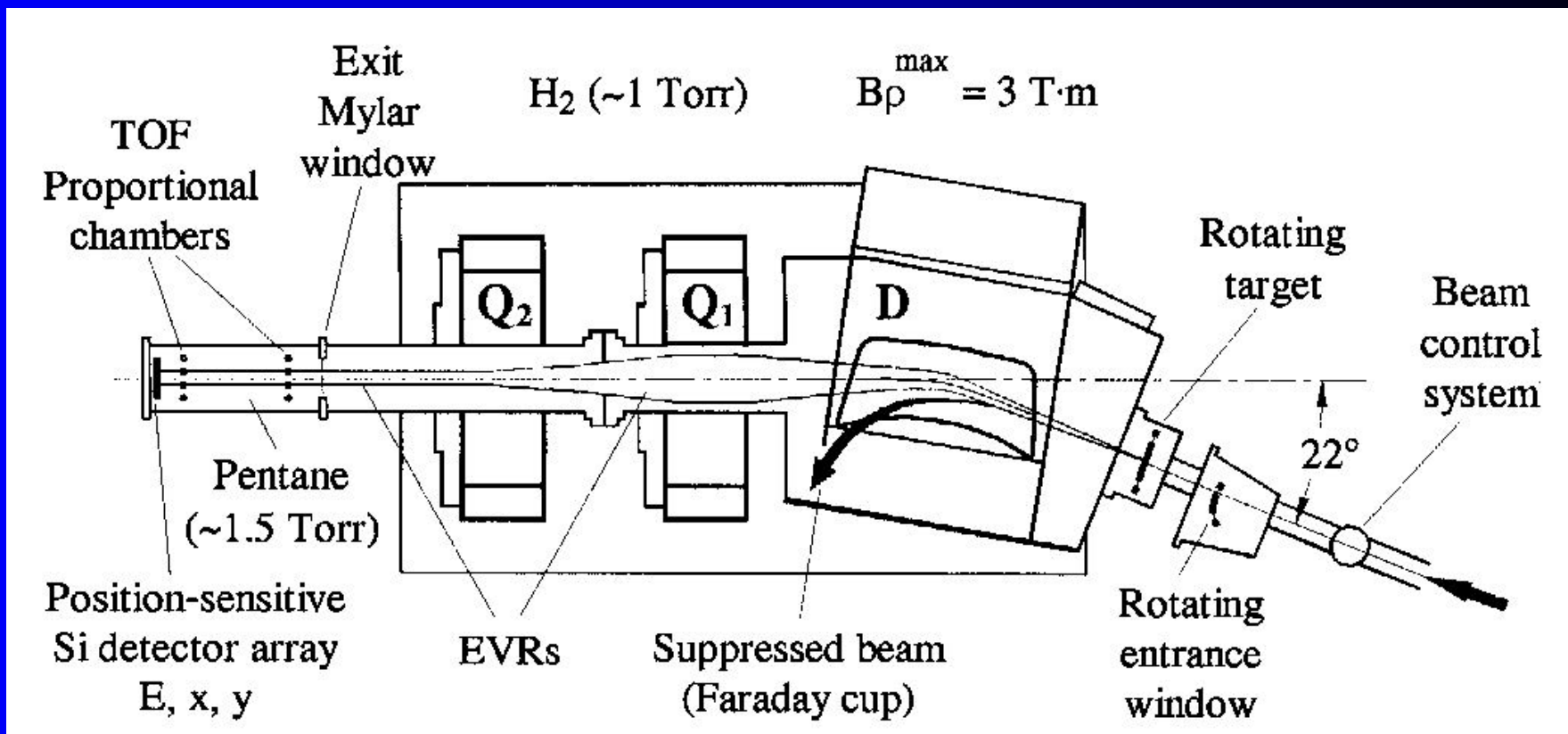
- Magnetfeldregion mit ~ 1 Torr He Gas gefüllt
- Schwerionen verlassen das Target mit Ladungsverteilung
- Streuung der Ionen mit dem Gas (Geschwindigkeit der Ionen etwa gleich groß wie die Geschwindigkeit der Elektronen)
 - \Rightarrow Ladungsaustauschstreuung
 - \Rightarrow schmale Ladungsverteilung um mittl. Ladungszustand
 - \Rightarrow höhere Akzeptanz des Systems da Vakuumsystem nur wenige Ladungszustände akzeptieren kann
- magnetische Steifigkeit $B\rho$ ist in erster Näherung von der Geschwindigkeit unabhängig da auch der mittlere Ladungszustand von der Geschwindigkeit abhängt

• **große Akzeptanz**

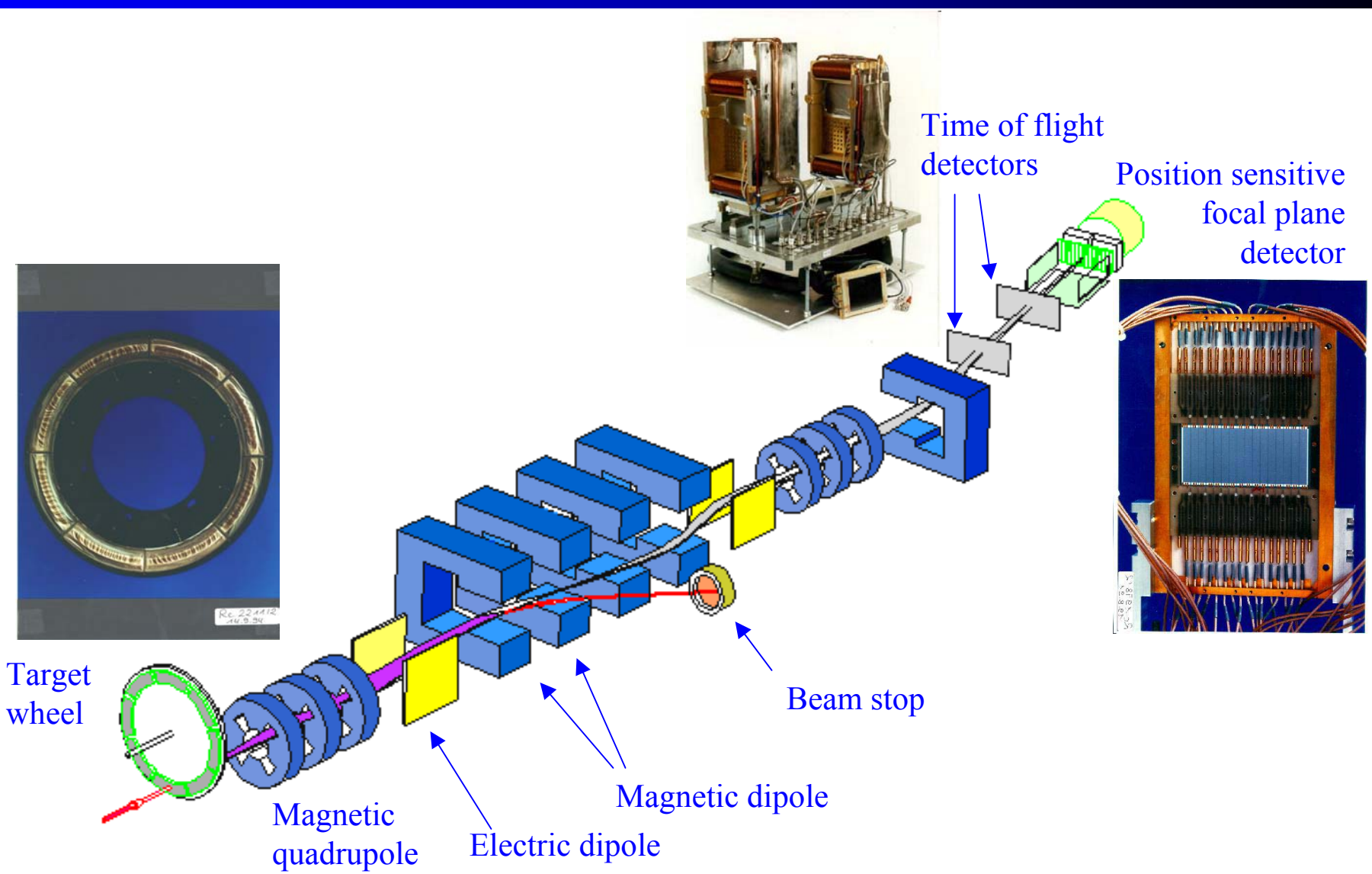
ABER

- geringere Auflösung
- geringere Untergrundunterdrückung

Dubna Gas-filled Separator

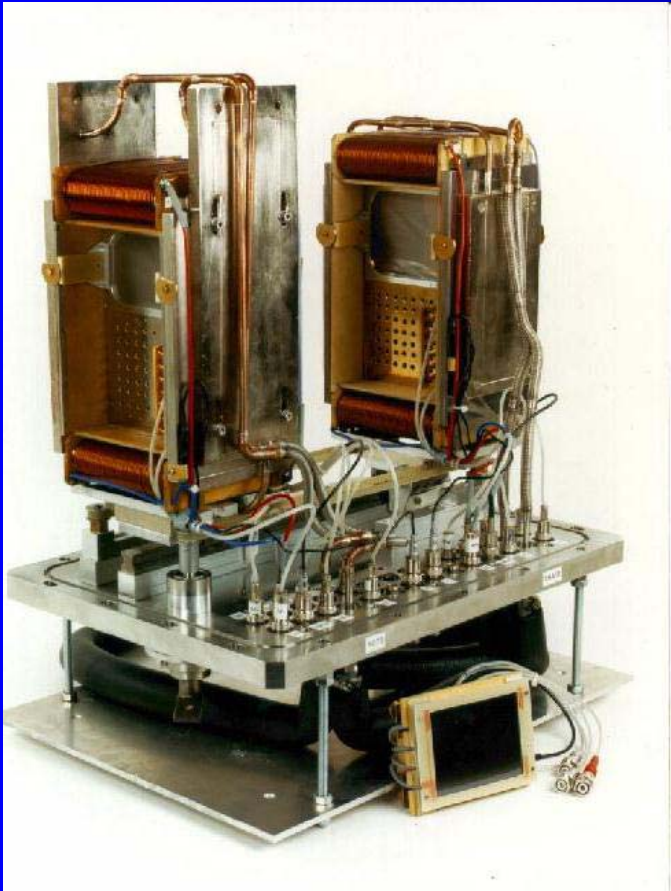


Das SHIP Experiment an der GSI Darmstadt



Maximal: 0.3 particle mA = $2 \cdot 10^{12}$ particles/s

Flugzeitzähler und Antikoinzidenz

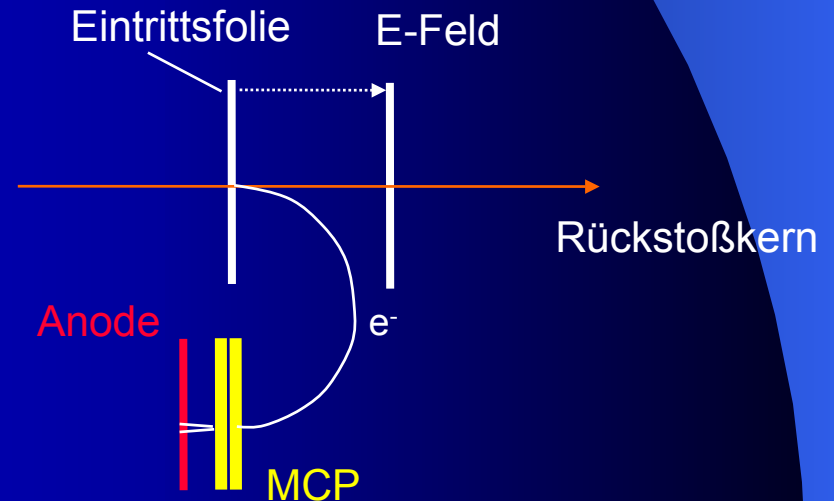


Microchannelplate Detektoren mit E und B Feldern

E-Feld in Strahlrichtung

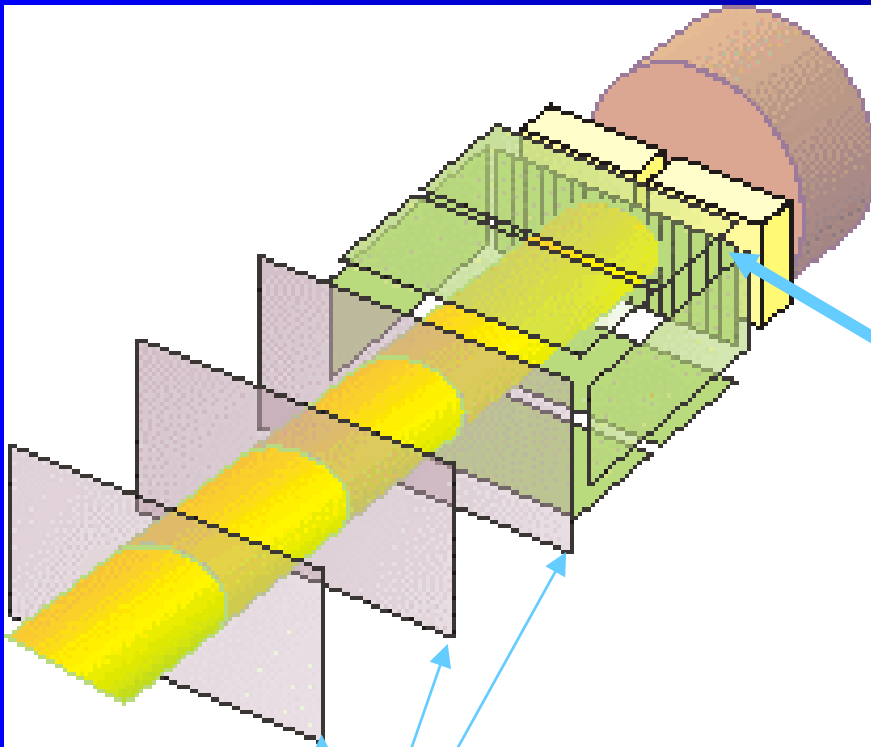
B-Feld senkrecht zur Strahlrichtung

- Elektronen werden in der Kohlenstofffolie produziert
- Beschleunigung und Ablenkung durch E- und B- Feld
- Verstärkung durch Channelplate
- Nachweis der Elektronen in der Andoe

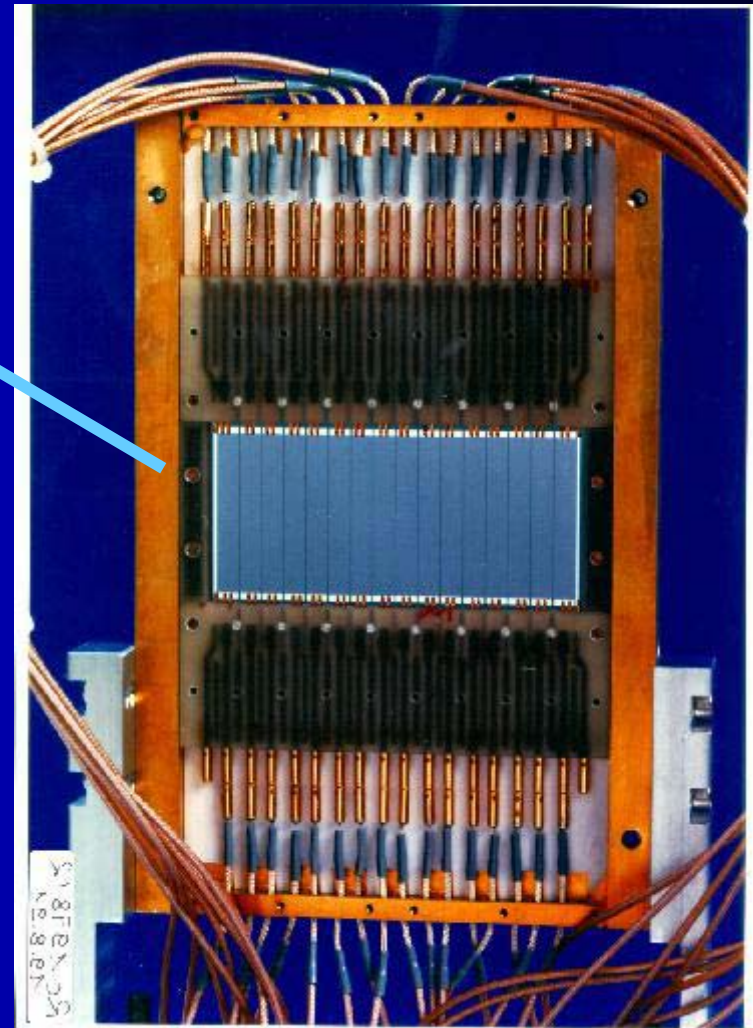


- Flugzeit ermöglicht grobe Massenmessung
- Antikoinzidenz:
Bei Alphazerfall im Implantationszähler darf kein MCP Singal vorliegen

Implantationszähler

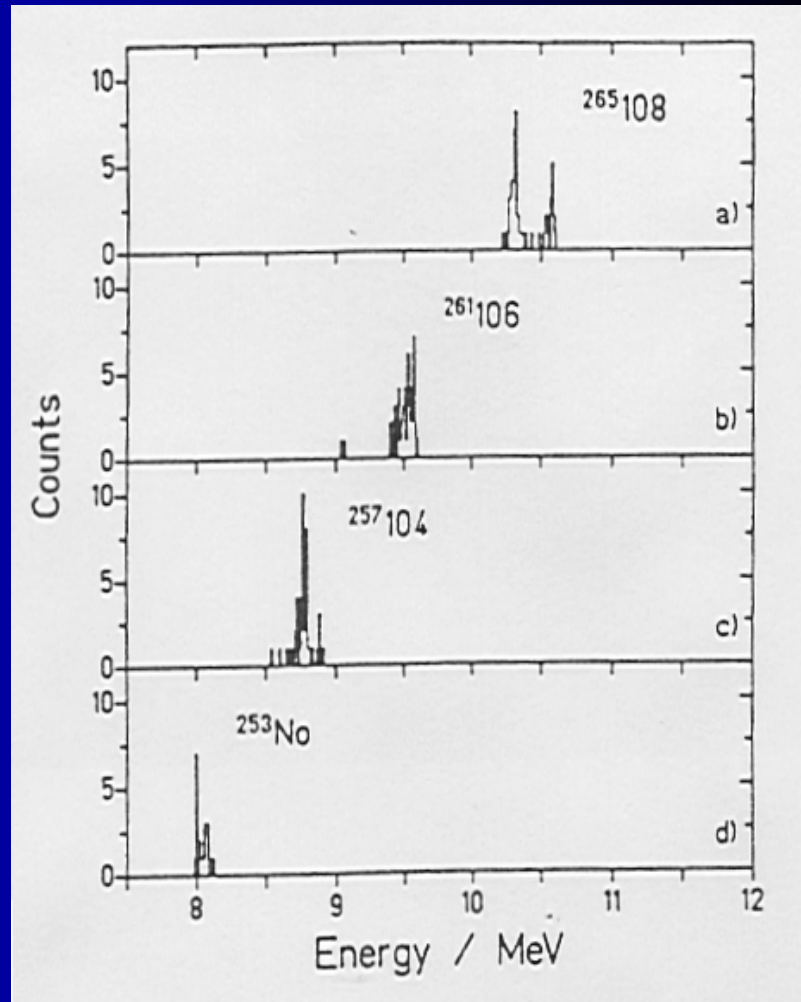
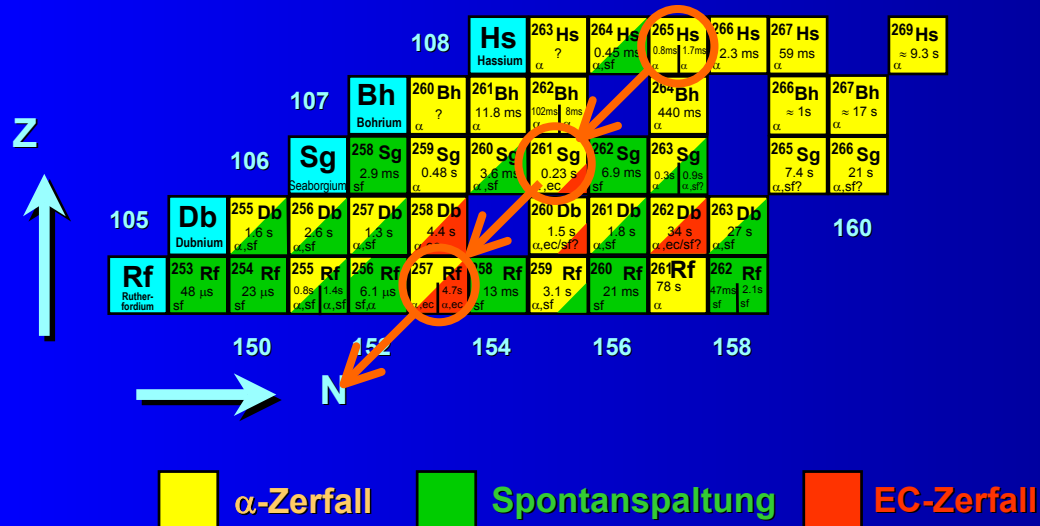


Flugzeit-Zähler



- Si-Streifenzähler (16 5mm breite vertikale Streifen)
- Vertikale Position über Ladungsteilung (1mm Auflösung)

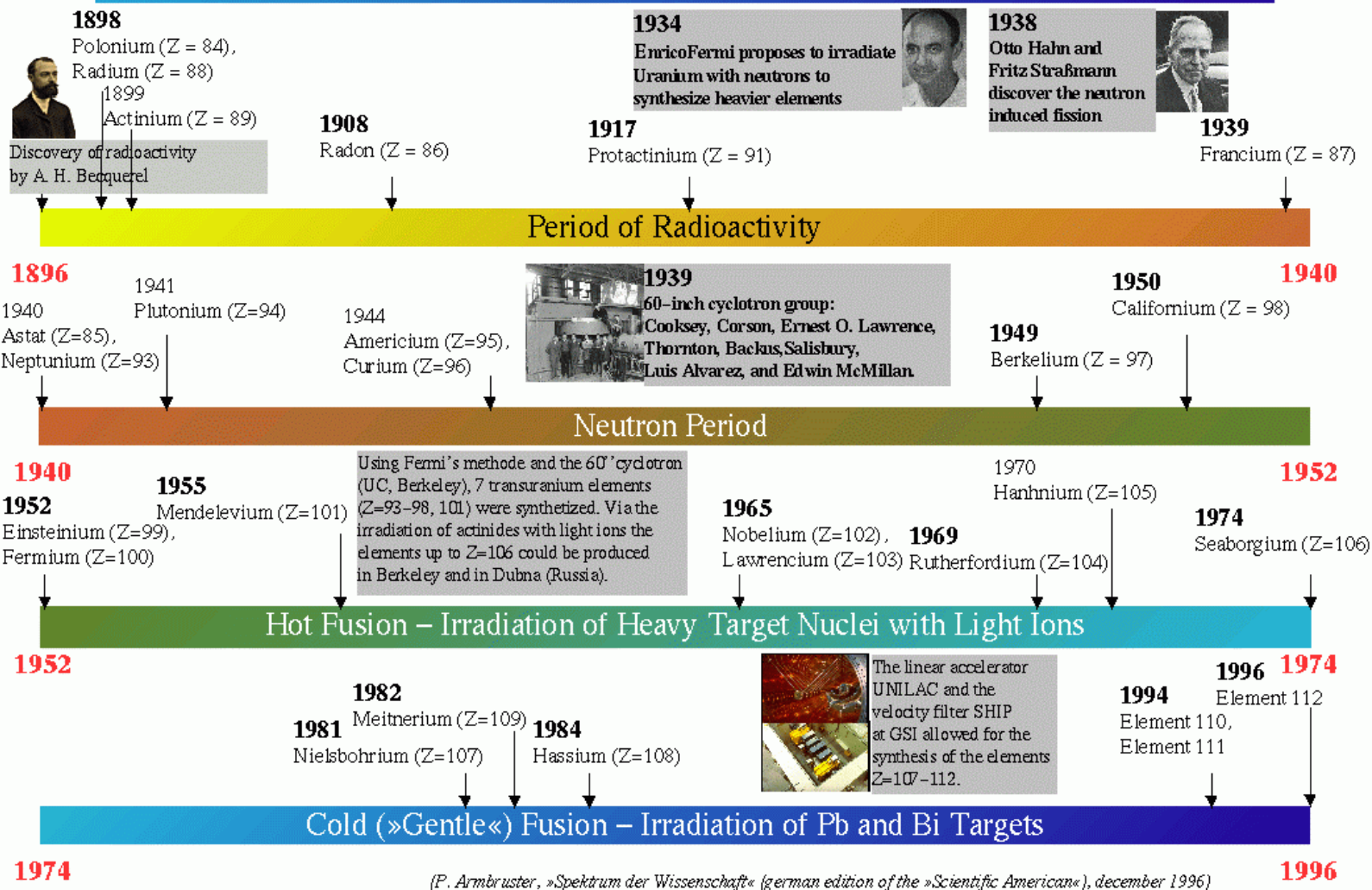
Zerfall von ^{265}Hs (Z=108)



Sukzessive Zerfälle müssen am gleichen Ort stattfinden

α -Energien müssen mit bekannten Energien übereinstimmen

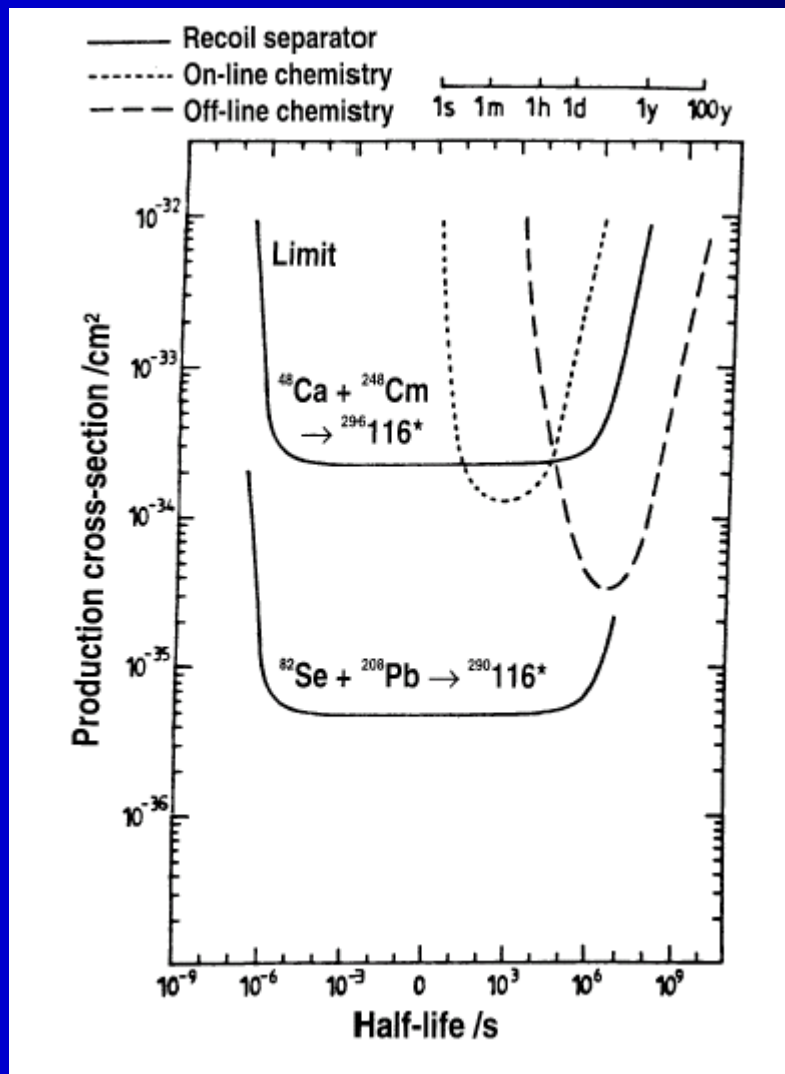
History of the Synthesis of Heavy Elements



Warum wurden 10 Jahre lang keine neuen superschweren Elemente produziert???

Versuche zur Produktion von $Z=116$ (1979 – 1985)

Experimente in
Dubna
Berkeley
GSI



1 pb = 10^{-36} cm^2

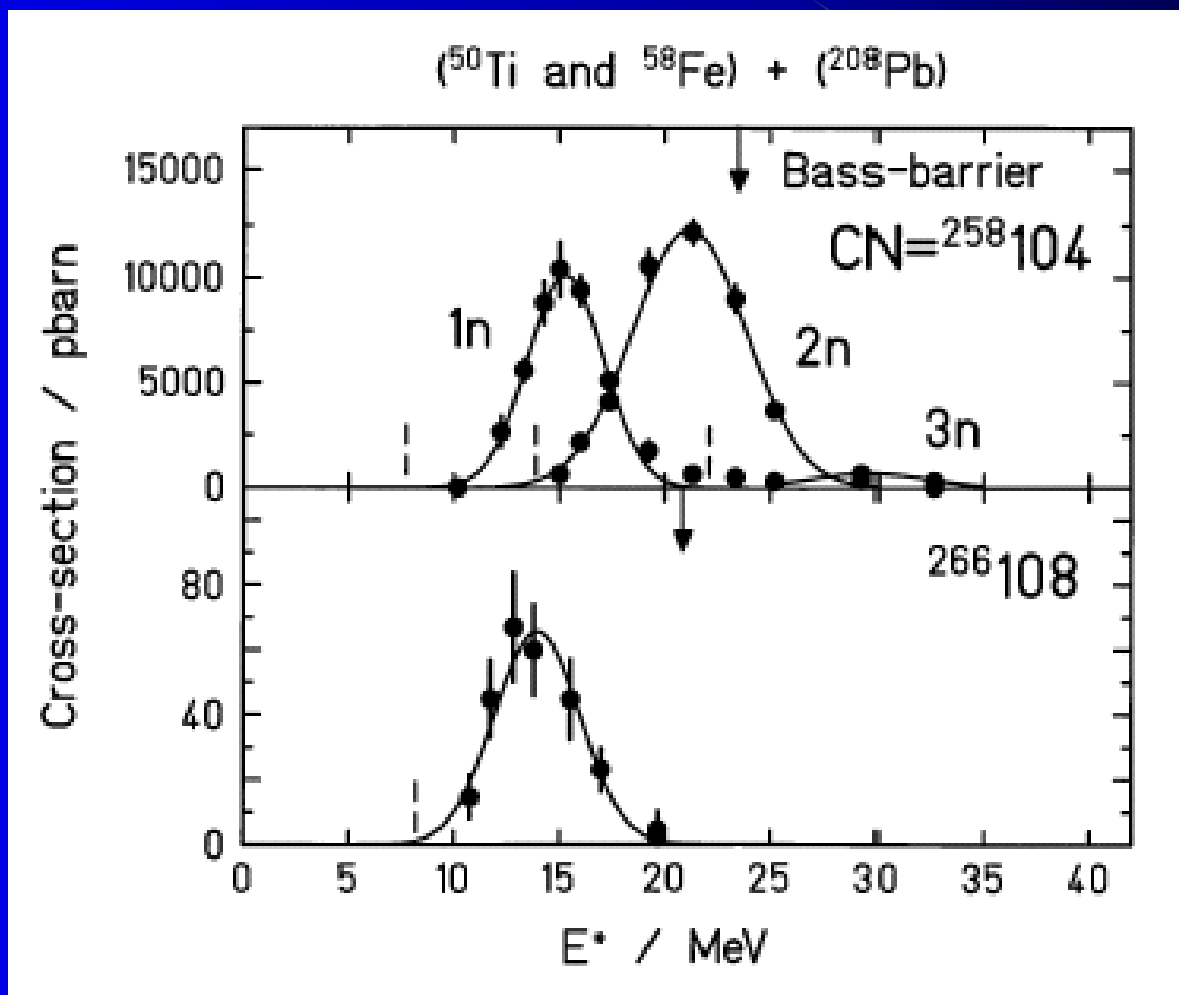
Upgrades am SHIP vom 1982 bis 1996

Vergleich für einen Wirkungsquerschnitt von 1pb

	SHIP (1982)	SHIP (1996)	Possible limits
Projectile current ($\text{p}\mu\text{A}$)	0.170	0.500	1.000
Target thickness ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	500	450	600
Separator transmission (%)	30	45	100
Detector efficiency (%)	72	100	100
Accelerator and experiment efficiency (%)	65	85	100
Background (during beam pulse) (counts s^{-1})	100	30	10
Time (days)	160	22	3.2

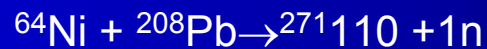
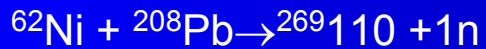
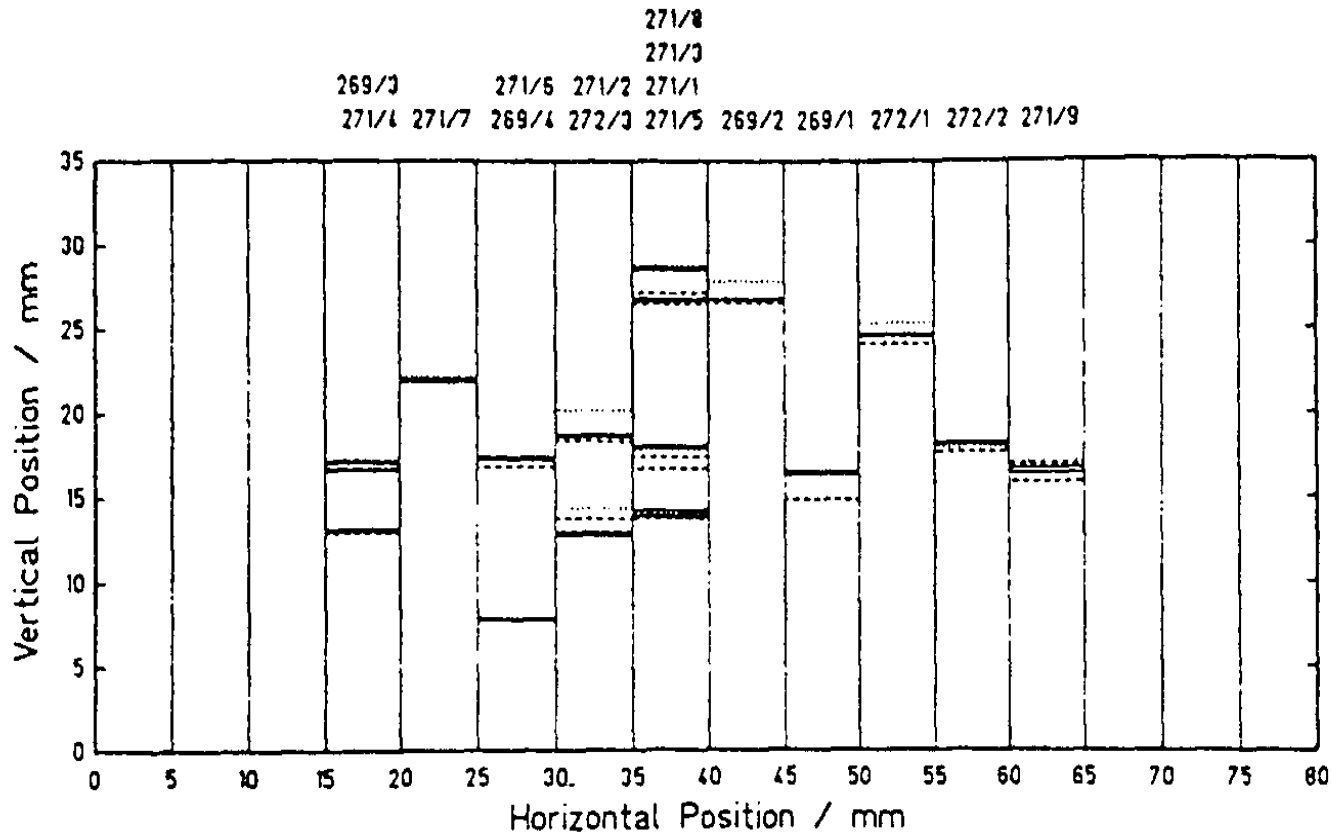
Anregungsfunktion

Um neue Experimente planen zu können, ist ein systematische Verständnis der Anregungsfunktion und Wirkungsquerschnitte notwendig!!

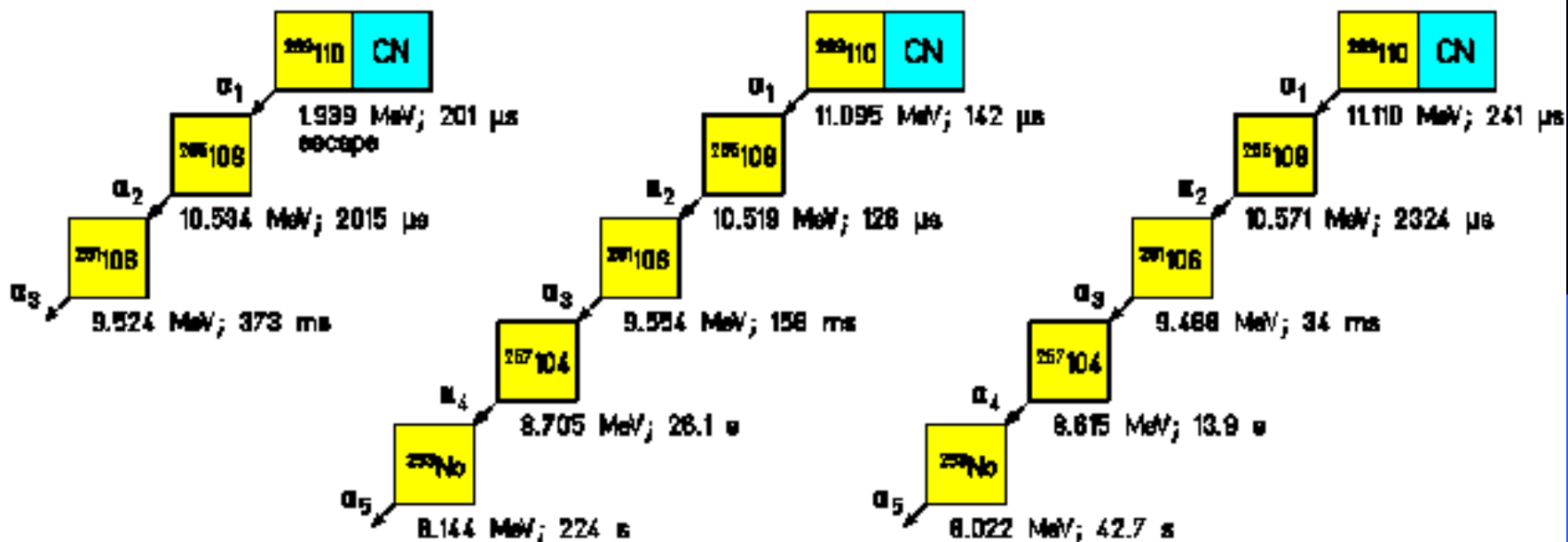
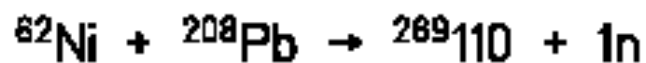


Ereignisse im Implantationsdetektor für Z=110 und 111

Positions of the 16 Decay Chains of $^{269}110$, $^{271}110$ and $^{272}111$



Alpha-Zerfallsketten für das Isotop 269110

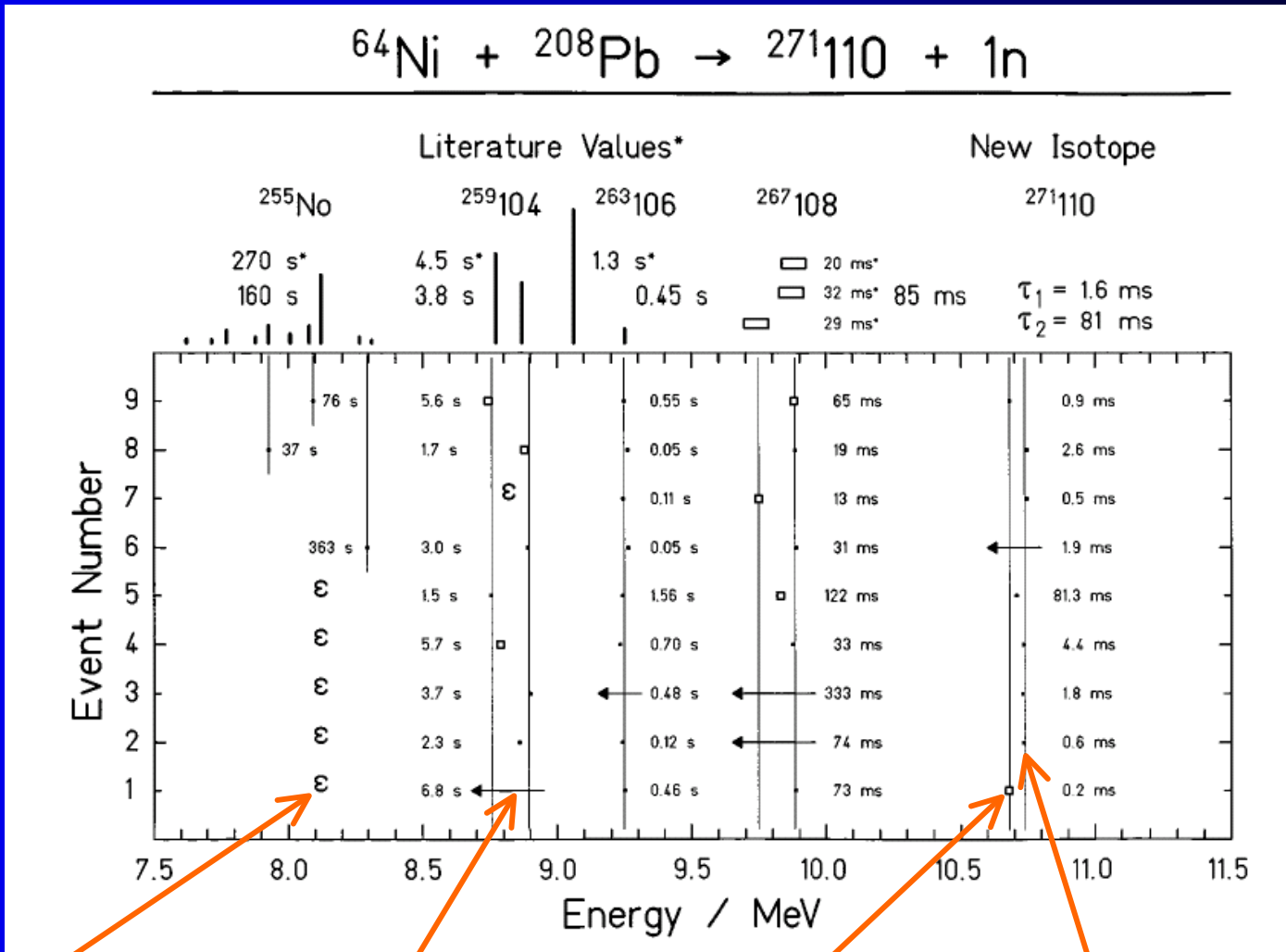
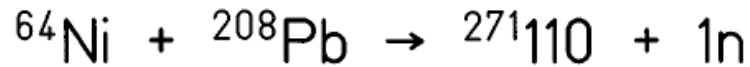


Date: 11-Nov-1994
Time: 11:17 h

Date: 12-Nov-1994
Time: 19:22 h

Date: 17-Nov-1994
Time: 11:50 h

Zerfallsketten für Isotop $^{271}\text{110}$



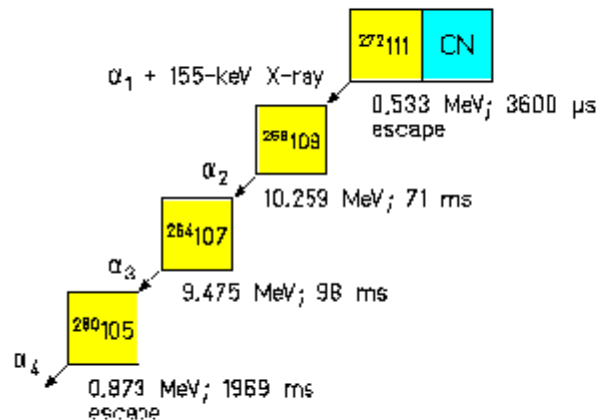
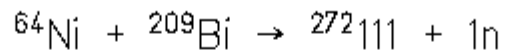
Kein Signal
→ β , EC Zerfall

Escape
(nur ΔE Signal)

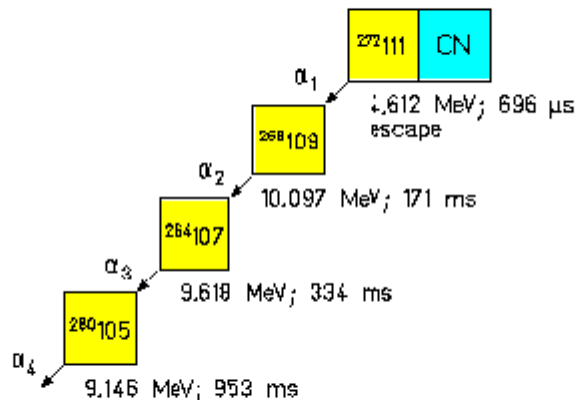
Zerfall in die
Rückwärtsbox
(Summenenergie)

Komplett absorbiert
im Implantationszähler

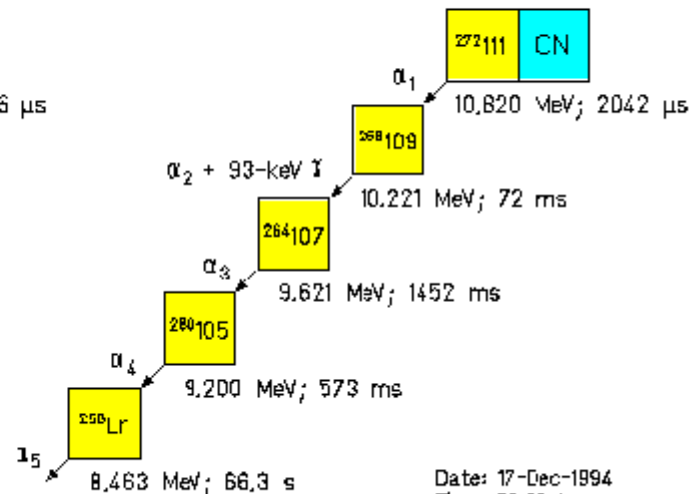
Alpha-Zerfallsketten für Element Z=111



Date: 08-Dec-1994
Time: 05:49 h



Date: 13-Dec-1994
Time: 06:20 h



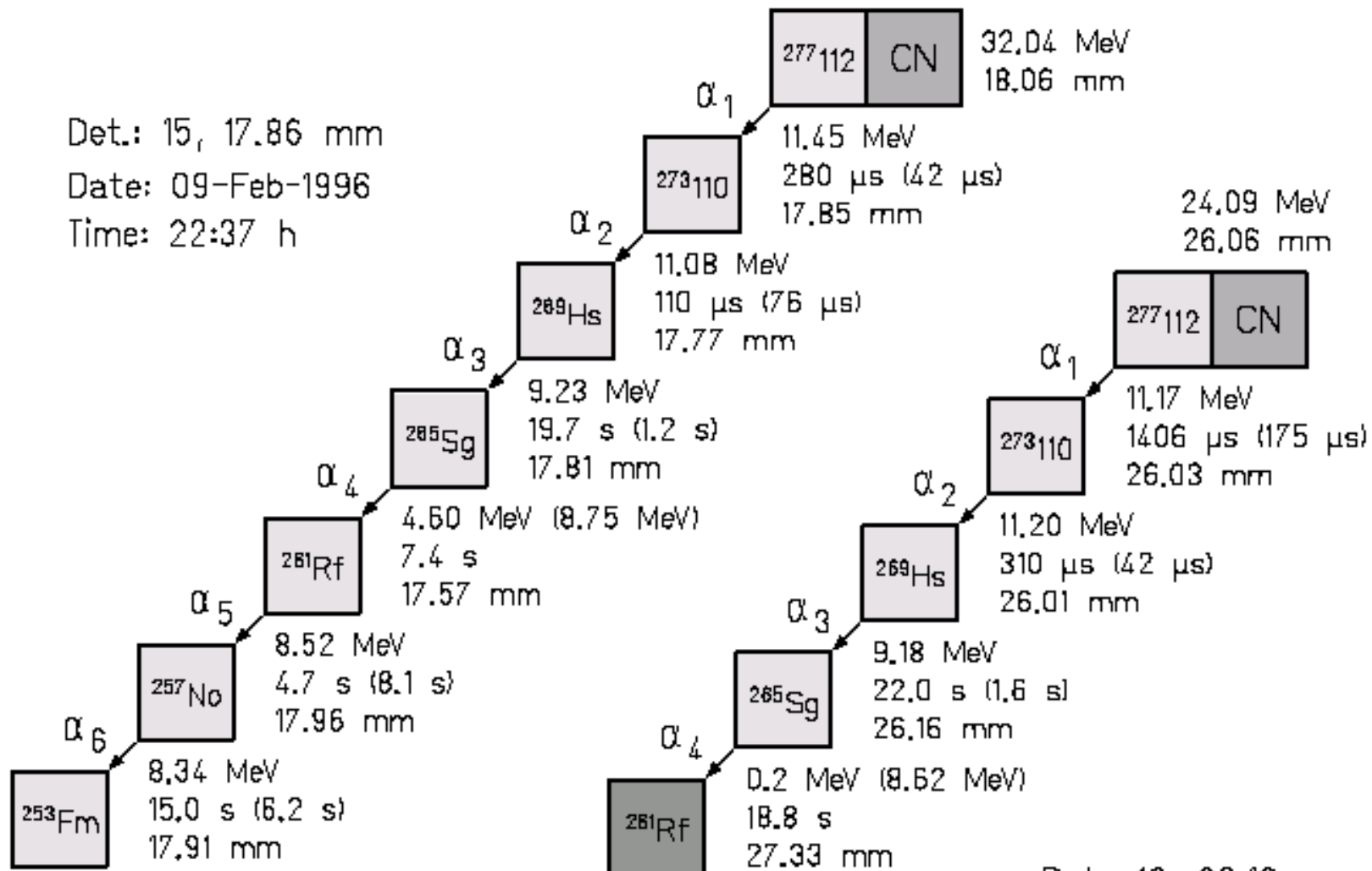
Date: 17-Dec-1994
Time: 06:03 h

Produktion des Elementes 112 durch $^{70}\text{Zn} + ^{208}\text{Pb}$

Det.: 15, 17.86 mm

Date: 09-Feb-1996

Time: 22:37 h



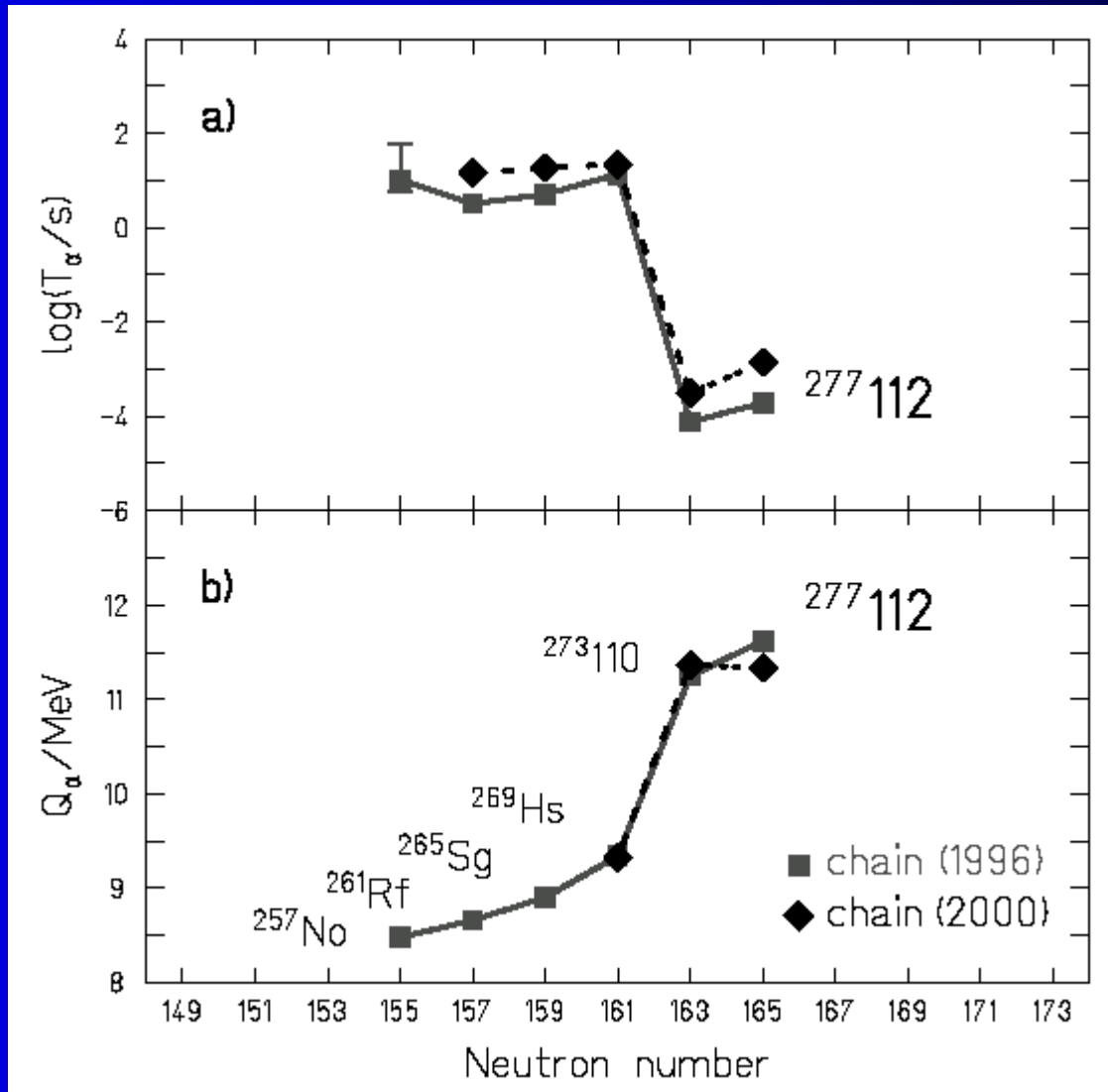
153 MeV fission
14.5 s
26.70 mm

Det.: 16, 26.19 mm

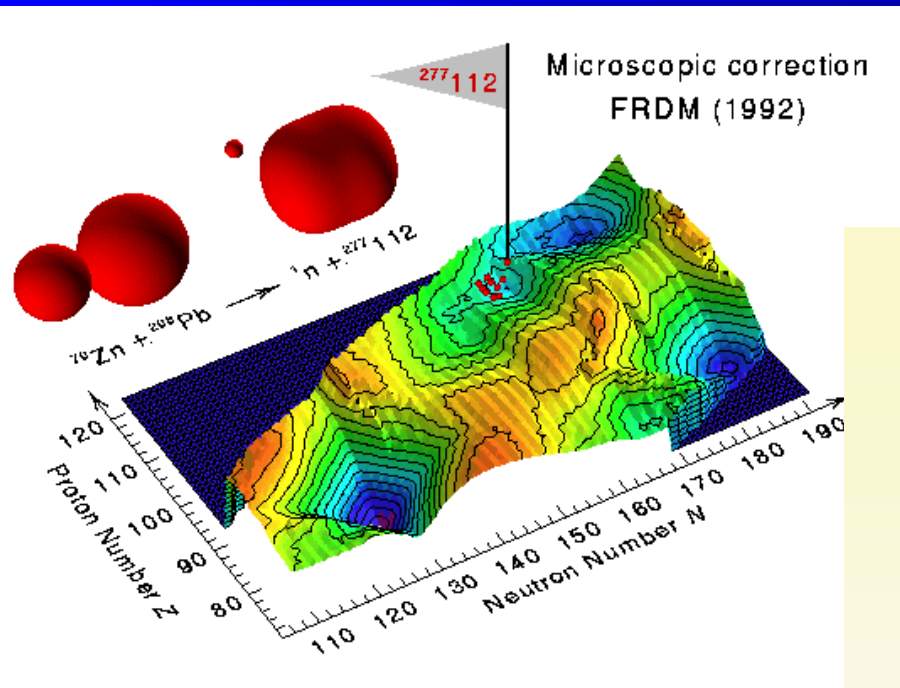
Date: 05-May-2000

Time: 18:12 h

Konsistenz der Experimente 1996 und 2000

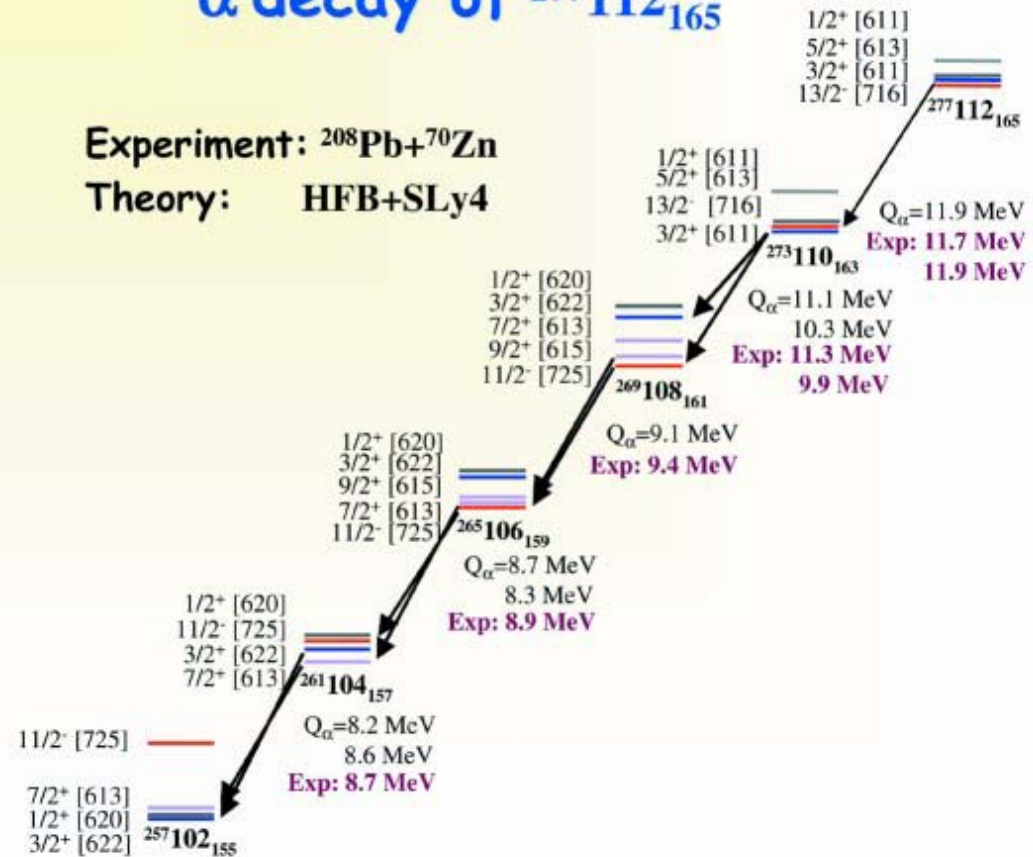


Element 112



α decay of $^{277}112_{165}$

Experiment: $^{208}\text{Pb} + ^{70}\text{Zn}$
Theory: HFB+SLy4

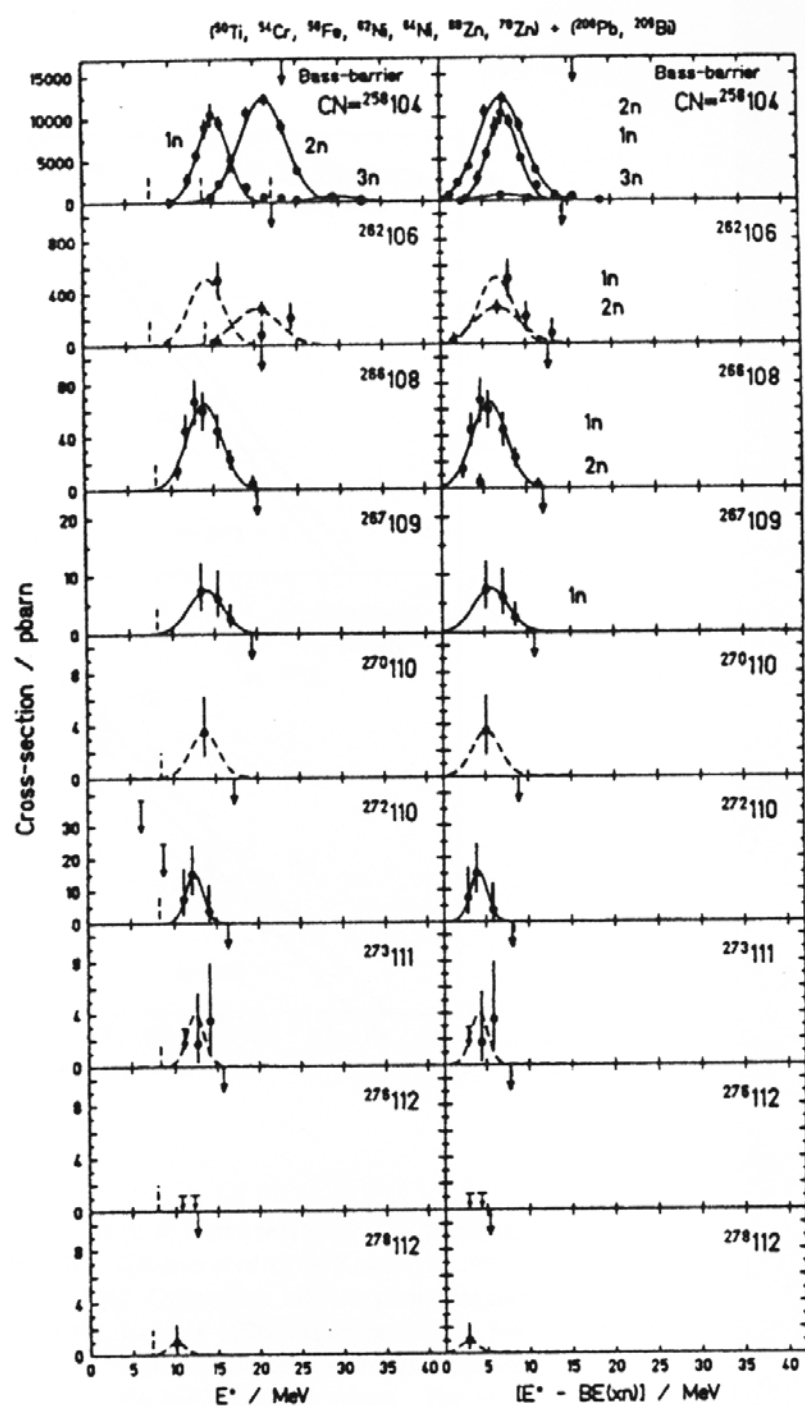


Messung der Anregungsfunktion

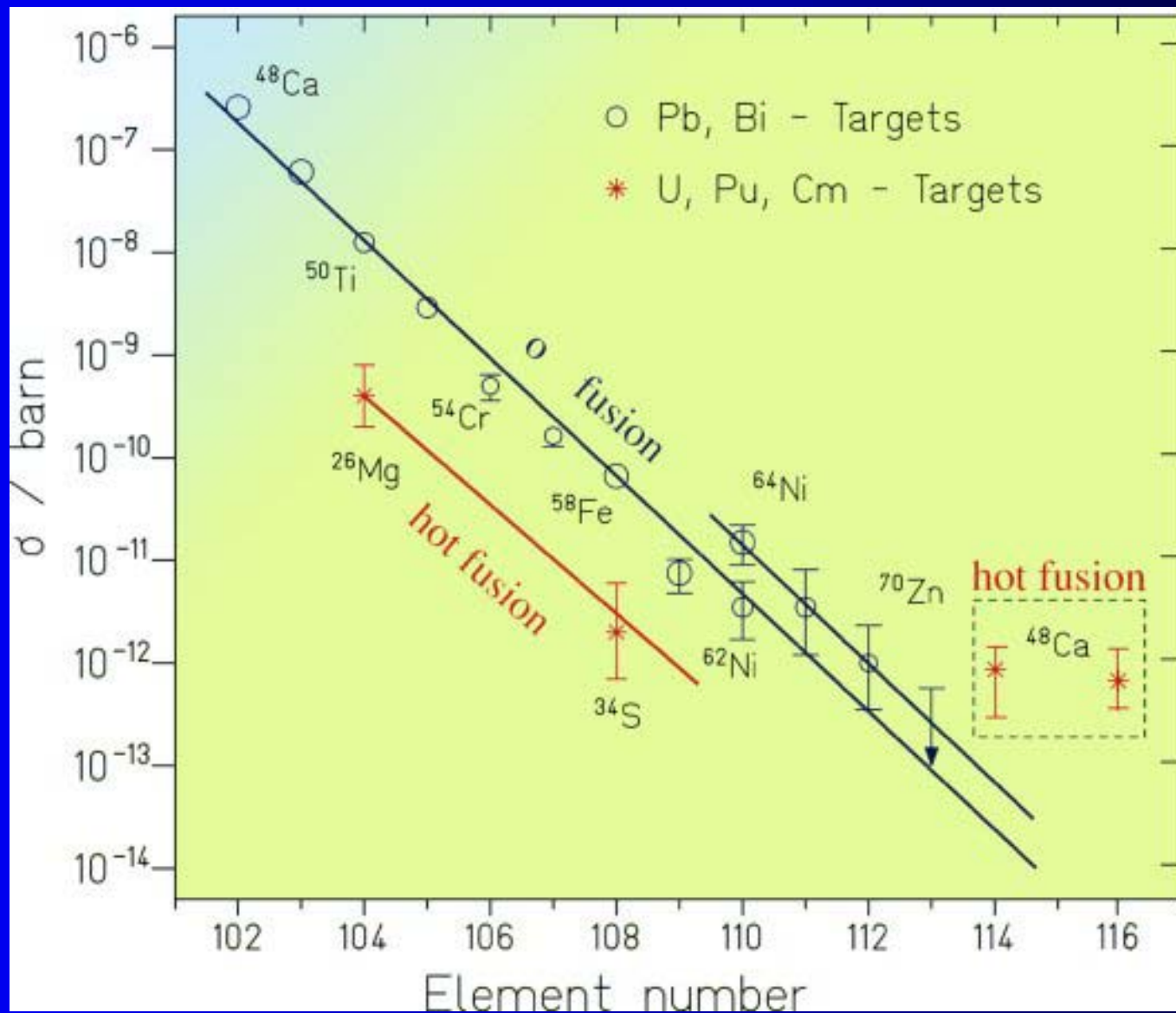


E_{proj} (MeV)	E^* (MeV)	Measuring time (days)	Ion dose (10^{18})	Observed events	σ (pb)
305.3	3.94	0.4	0.09	0	<38
308.6	6.49	0.6	0.15	0	<25
311.7	8.84	2.7	0.53	2	$7.4^{+9.4}_{-4.8}$
313.0	9.85	3.5	0.78	6	15^{+9}_{-6}
315.5	11.80	4.8	0.55	1	$3.6^{+6.8}_{-3.0}$

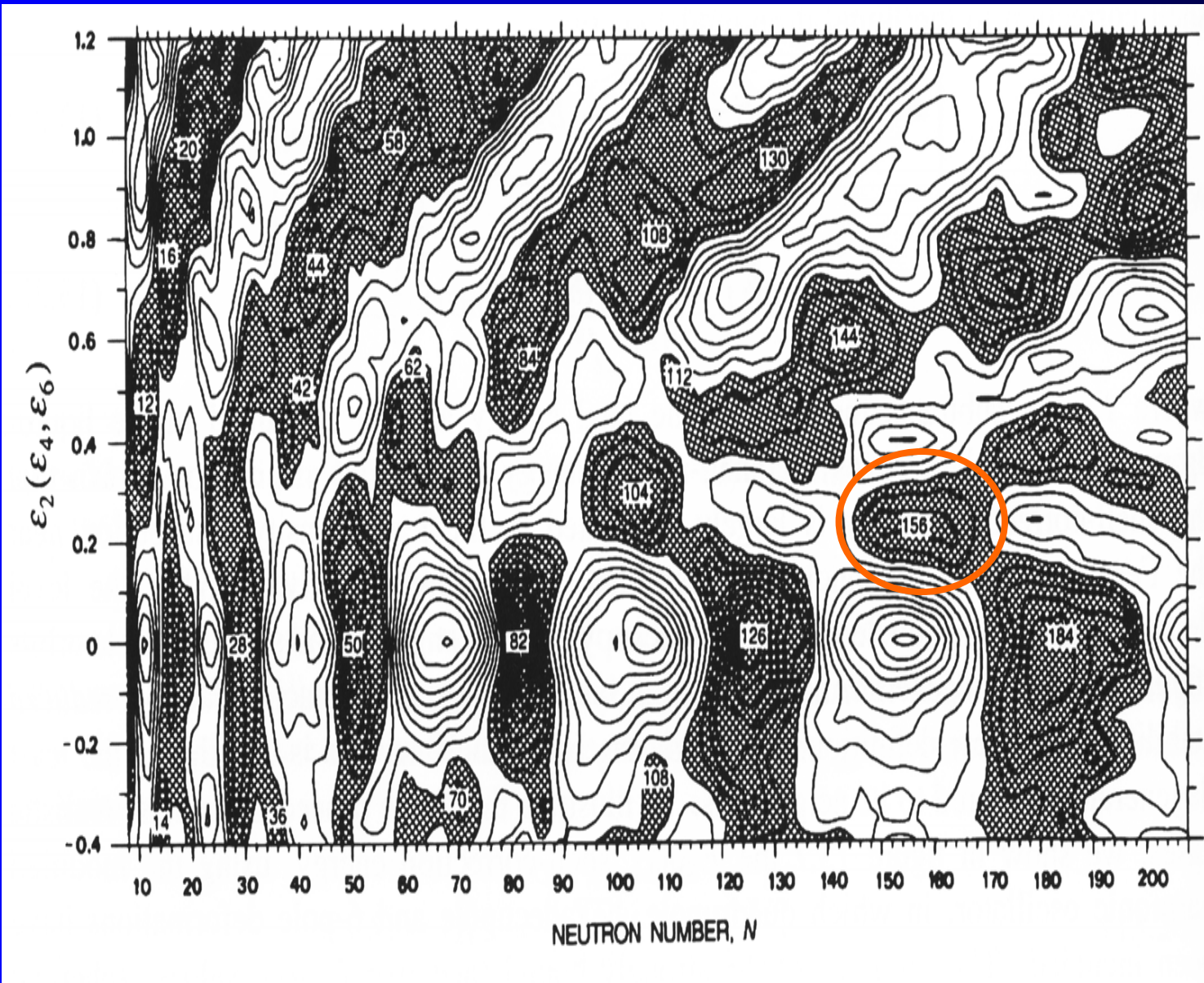
Anregungsfunktionen



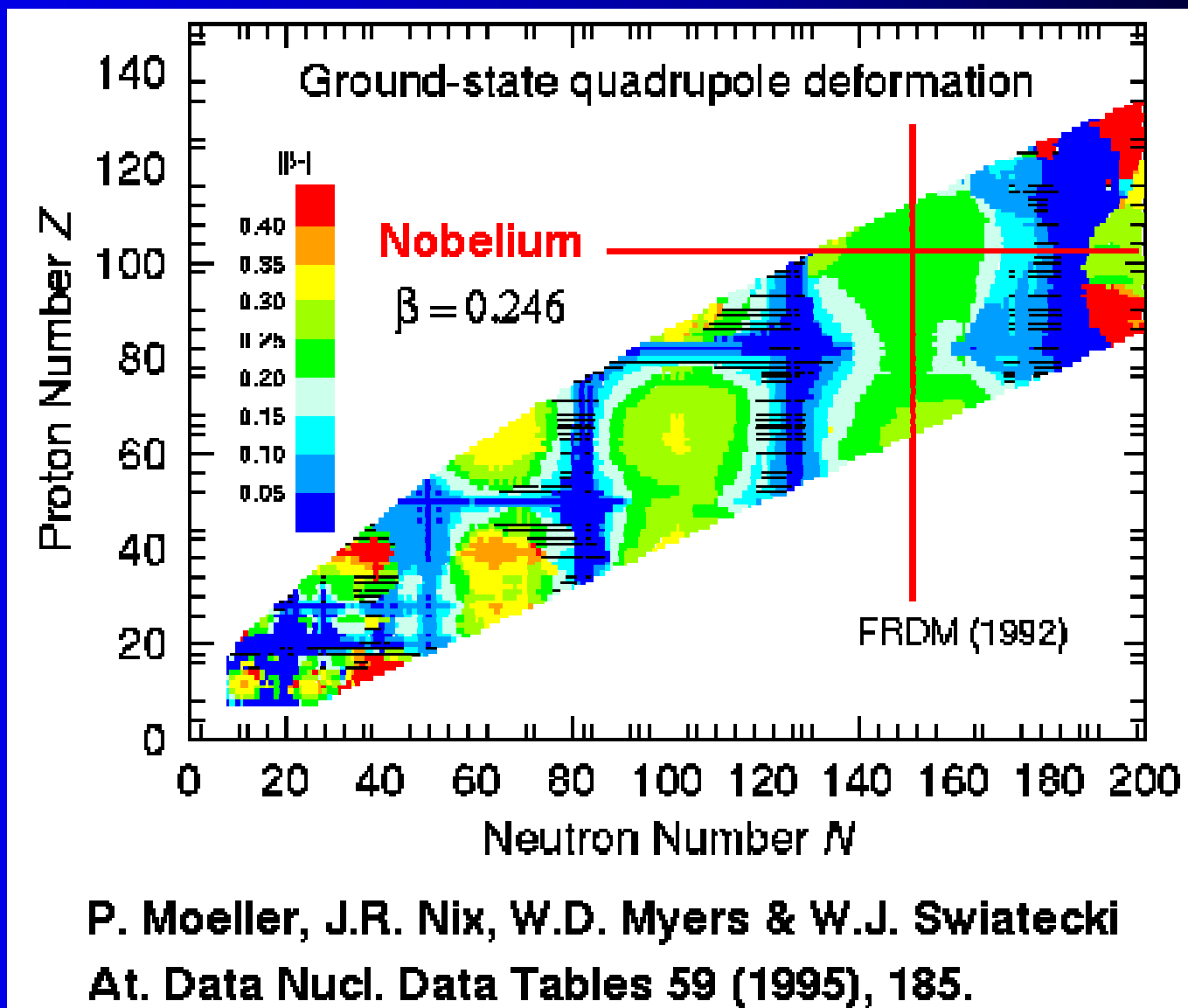
Wirkungsquerschnitte



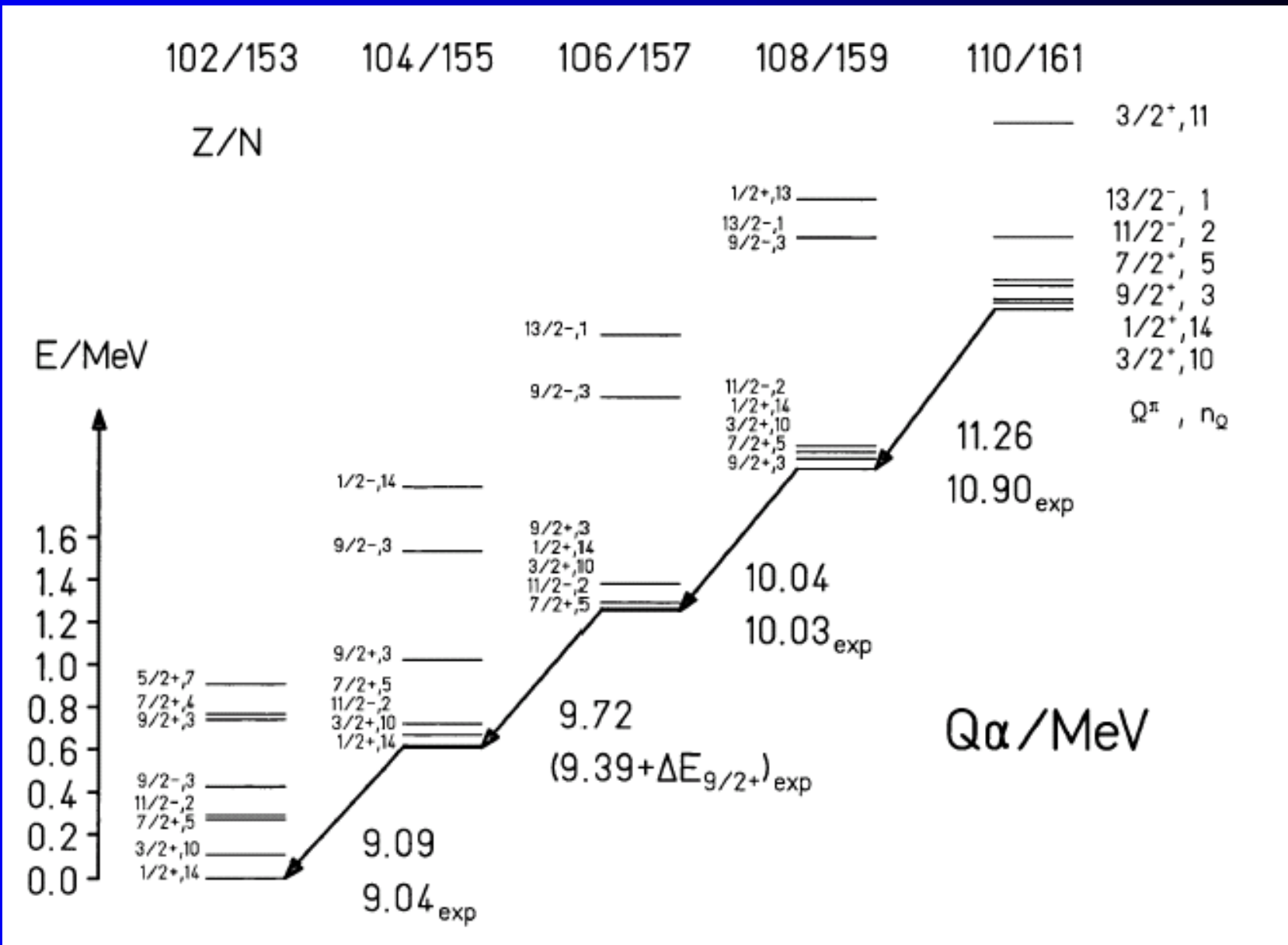
Schalenkorrekturen: Deformierte Schale um N=160



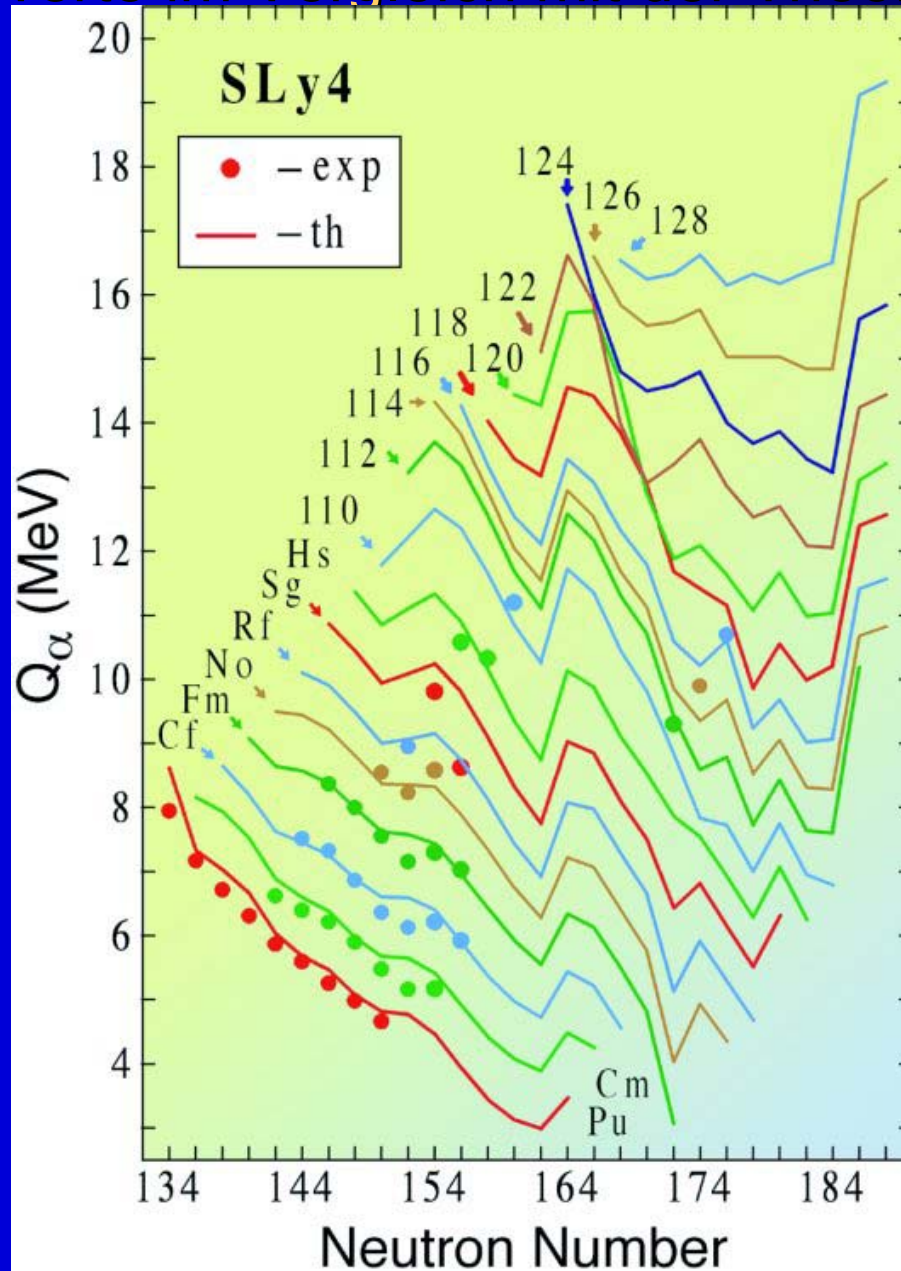
Vorhersage eine Deformierten Schale um N=152



Vergleich mit theoretischen Vorhersagen für $^{271}110$



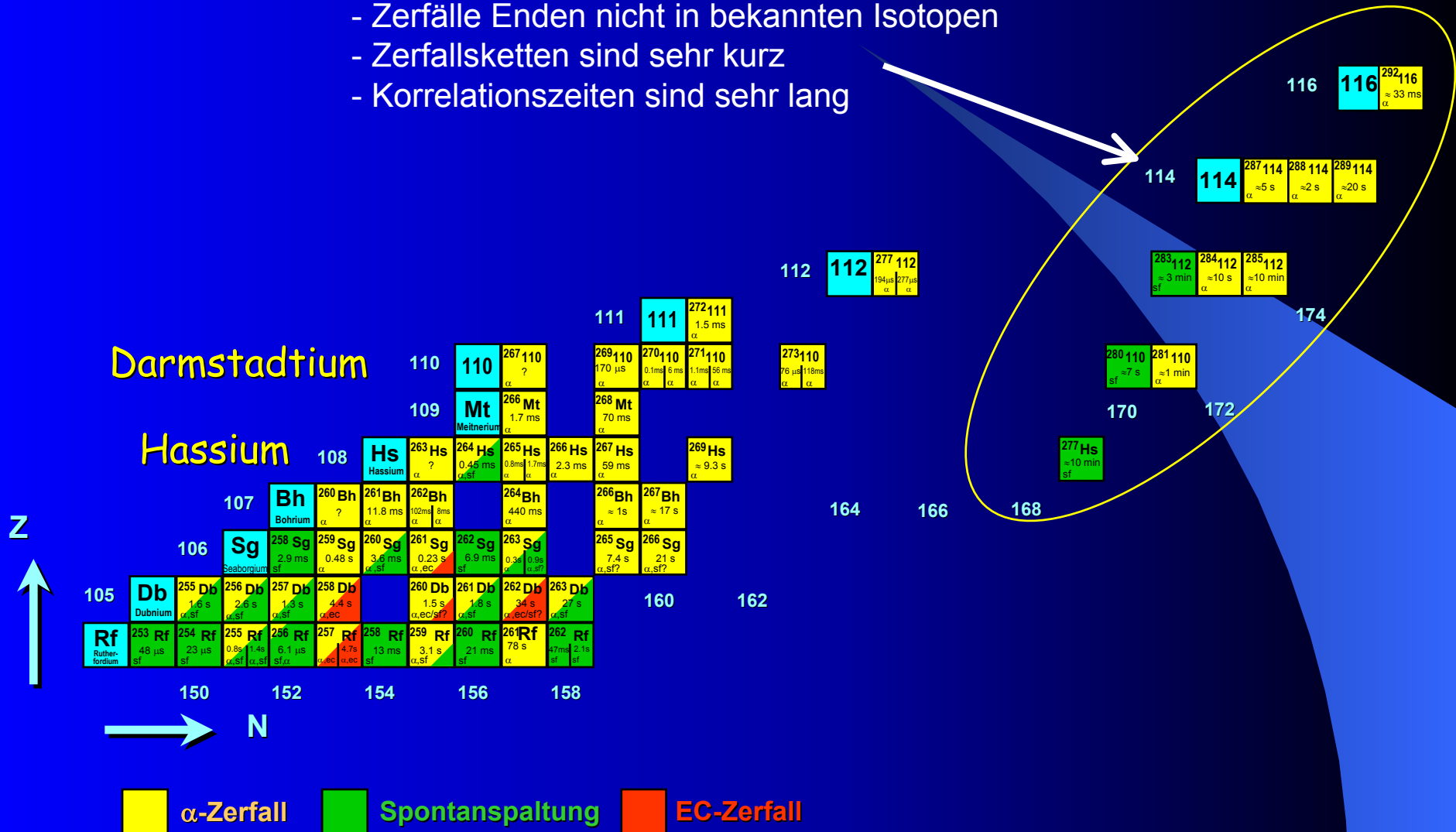
Alpha-Q-Werte im Vergleich mit der Theorie



Nuklidkarte der Transaktiniden 2001

Problem der Dubna Resultate:

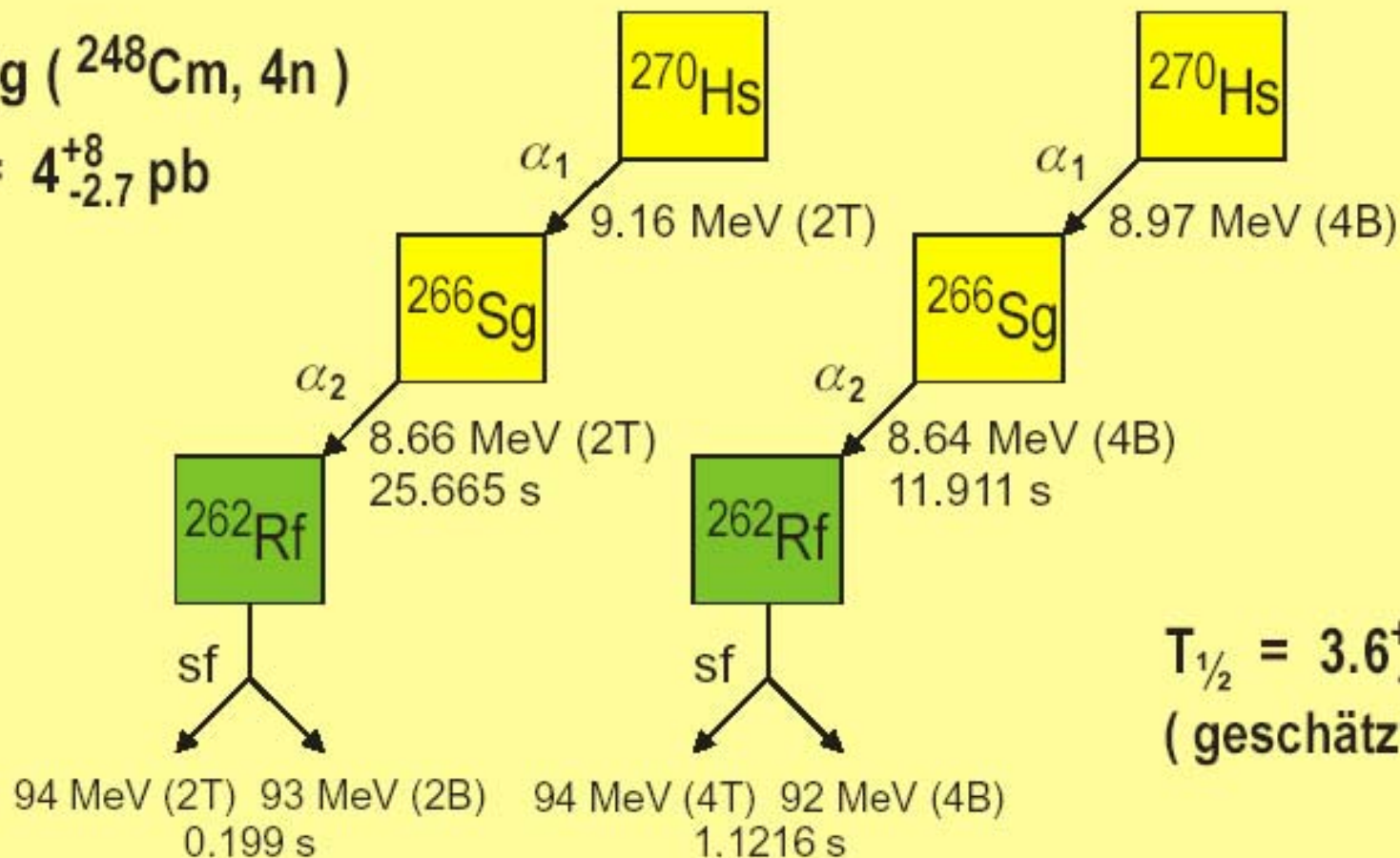
- Zerfälle Enden nicht in bekannten Isotopen
- Zerfallsketten sind sehr kurz
- Korrelationszeiten sind sehr lang



NACHWEIS DES NEUEN ISOTOPS ${}_{108}^{270}\text{Hs}_{162}$

${}^{26}\text{Mg} ({}^{248}\text{Cm}, 4n)$

$\sigma = 4^{+8}_{-2.7} \text{ pb}$

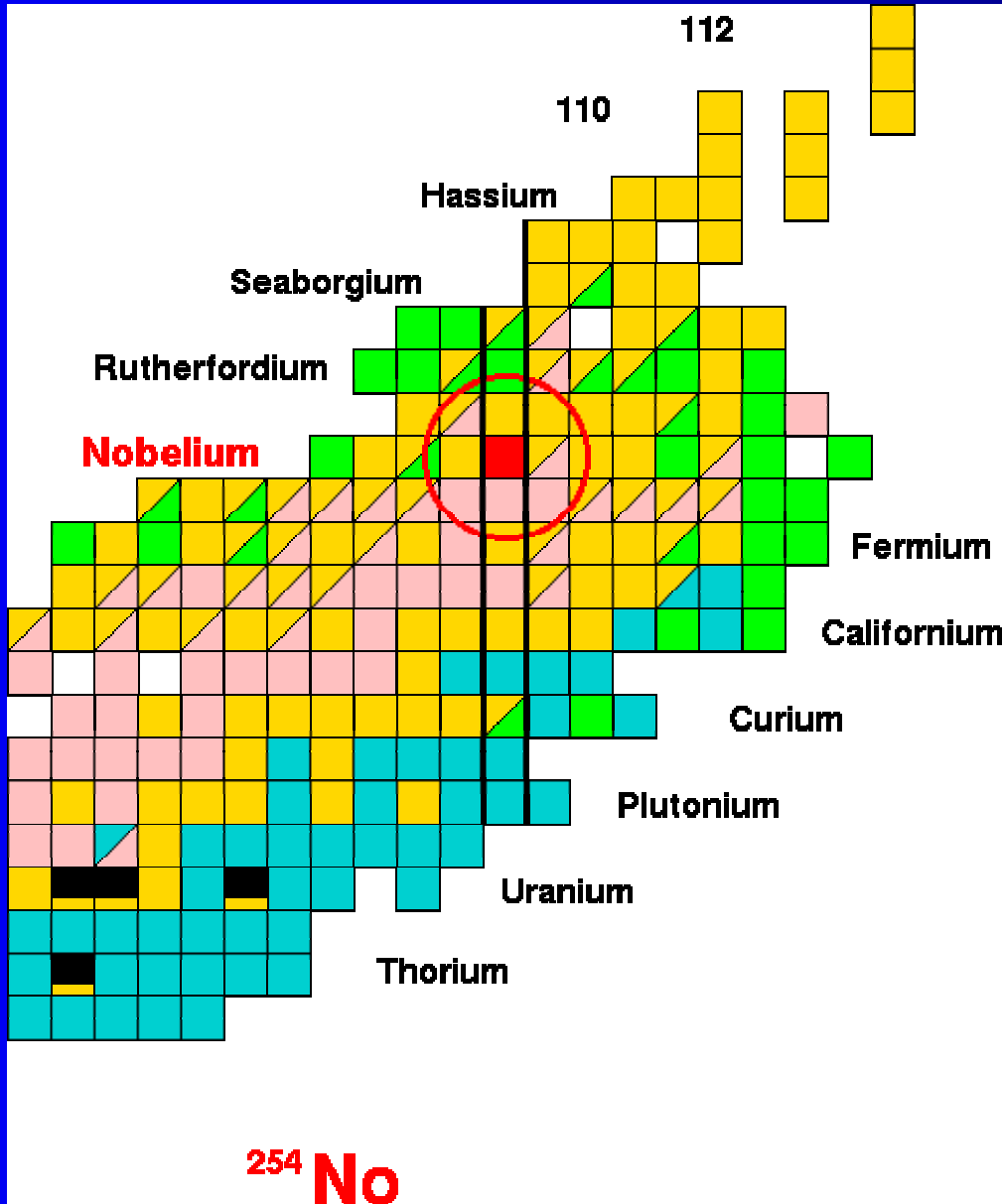


$T_{1/2} = 3.6^{+0.8}_{-1.4} \text{ s}$
(geschätzt nach E_{α})

Date: 12-May-2001
Time: 02:33:08

Date: 12-May-2001
Time: 17:09:09

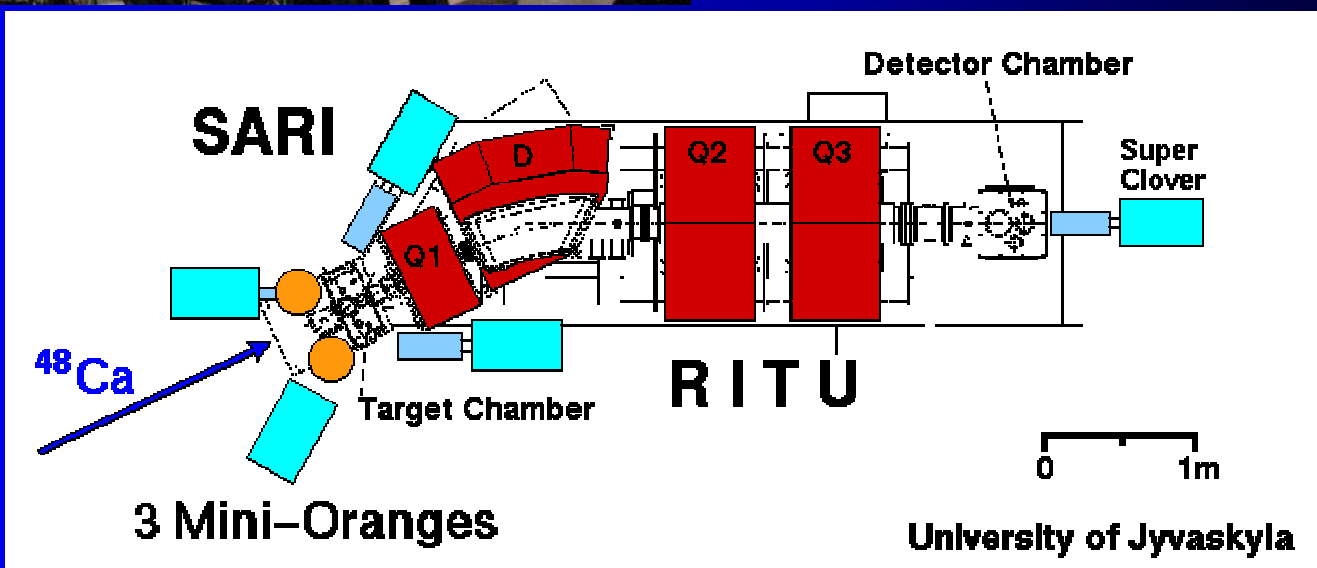
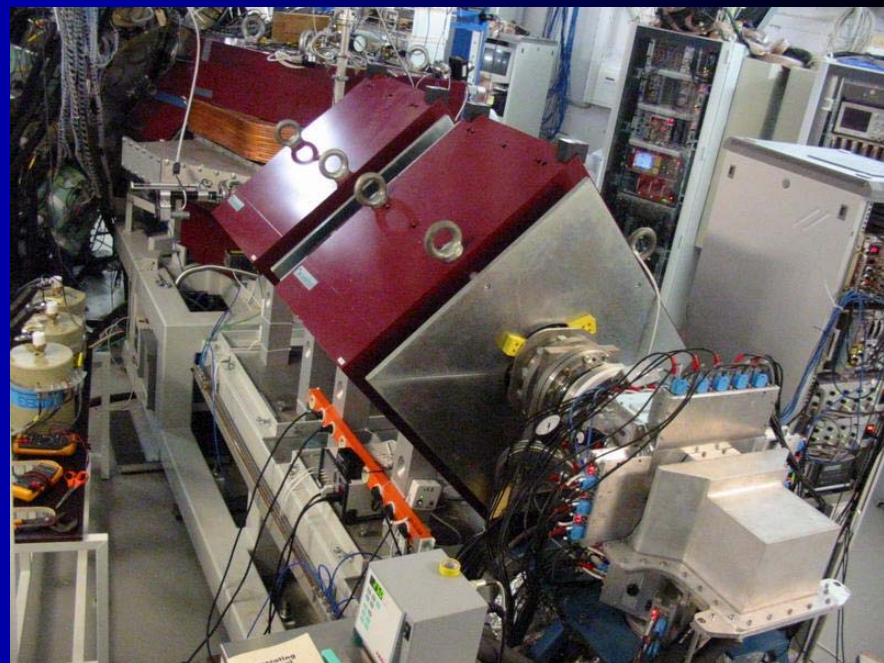
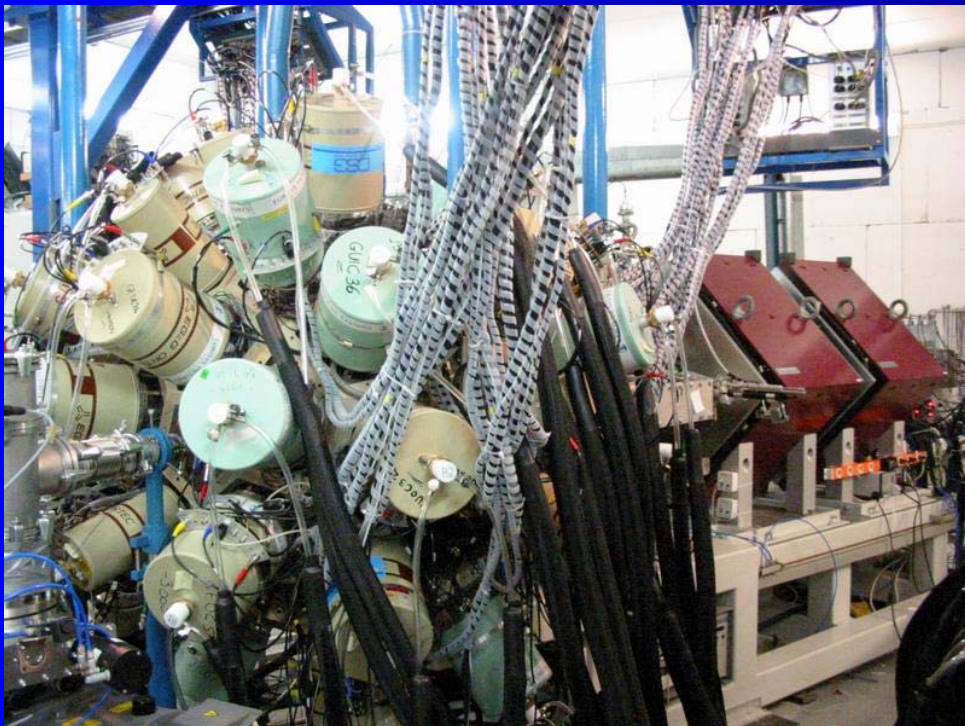
Spektroskopie von ^{254}No



Wirkungsquerschnitt: 5 nb

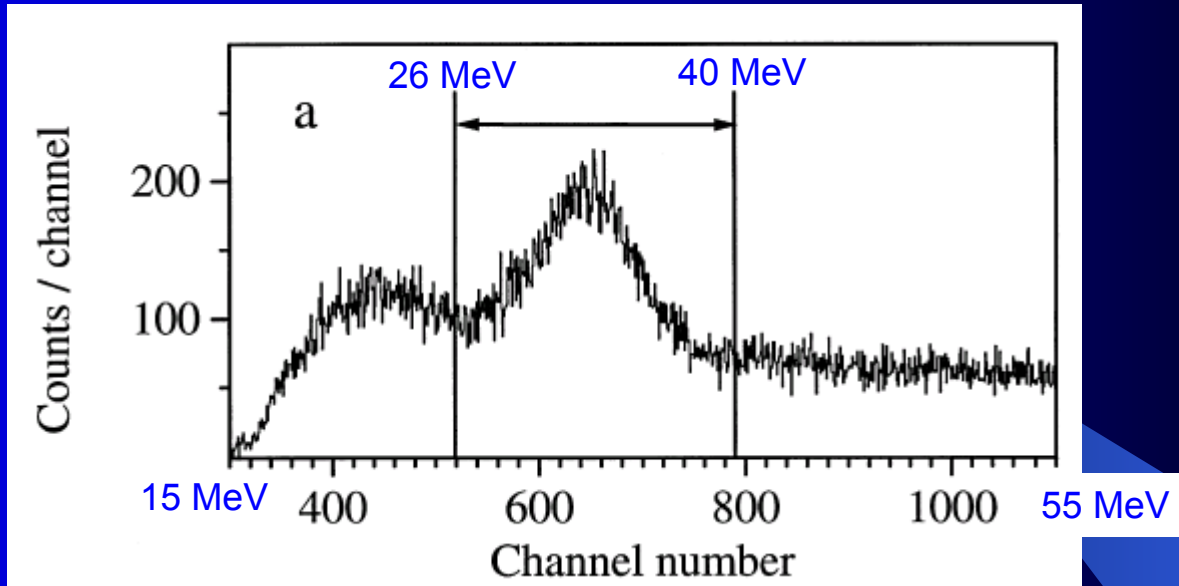
(groß wegen doppelt magischer Projektile- und Targetkerne)

Gammapektroskopie von ^{254}No an RITU

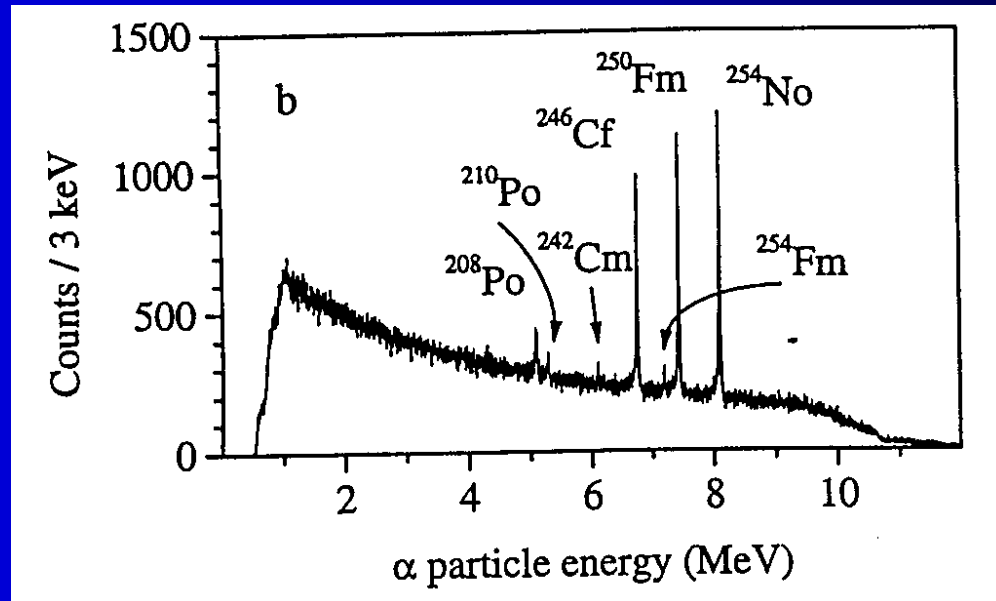


Identifikation von ^{254}No über Alpha-Zerfallsketten

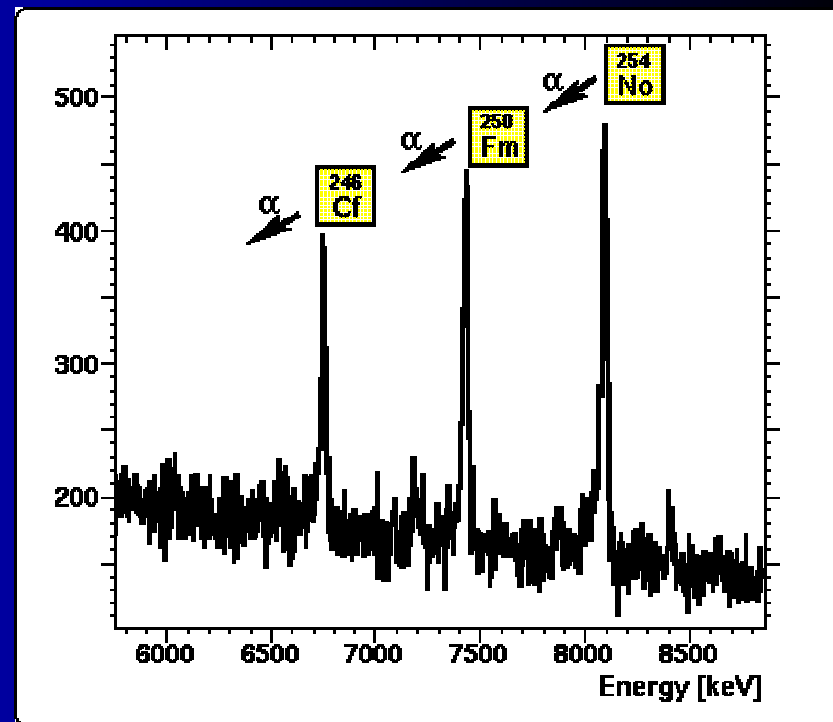
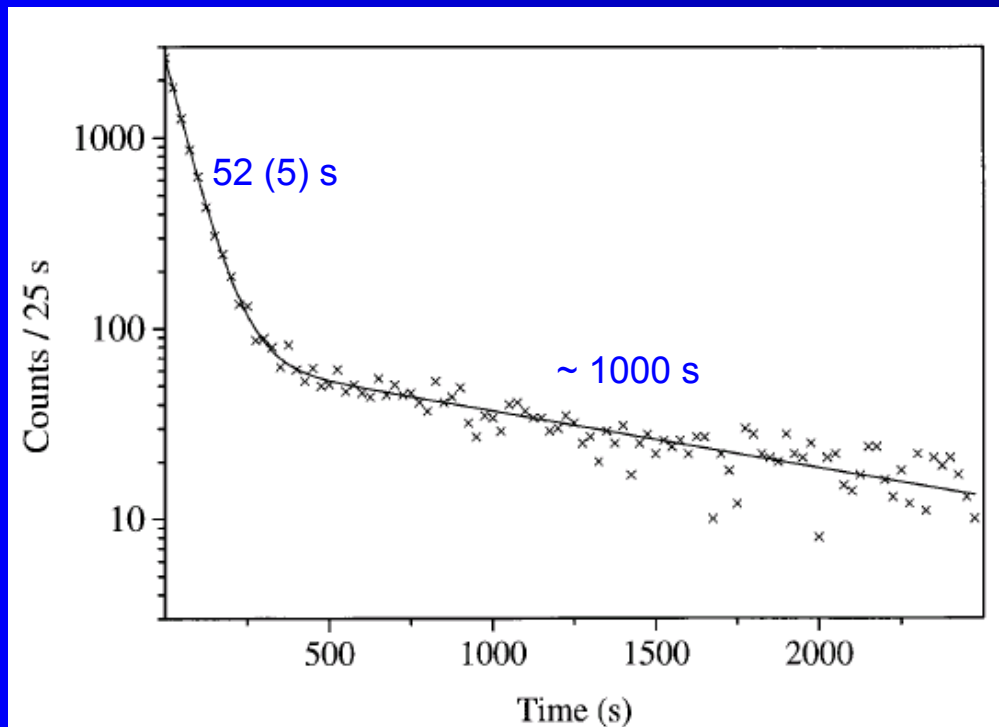
Implantation



Alphazerfall



Zerfallskurve



Alpha spectra taken at RITU focal plane

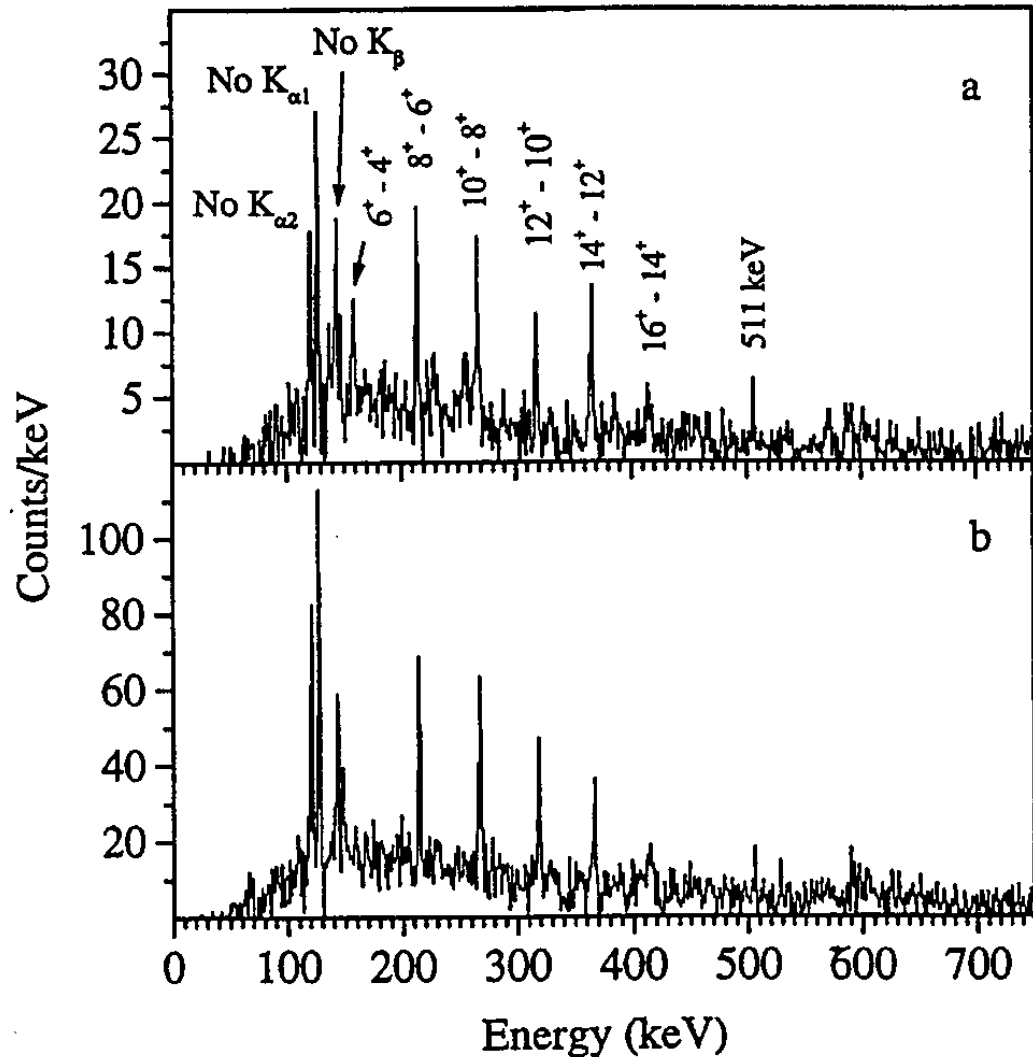
Halflife: No: 55 s

Fm: 30 m

Cf: 35.7 h

Rotationsspektren in ^{254}No

Am Target emittierte Gammas

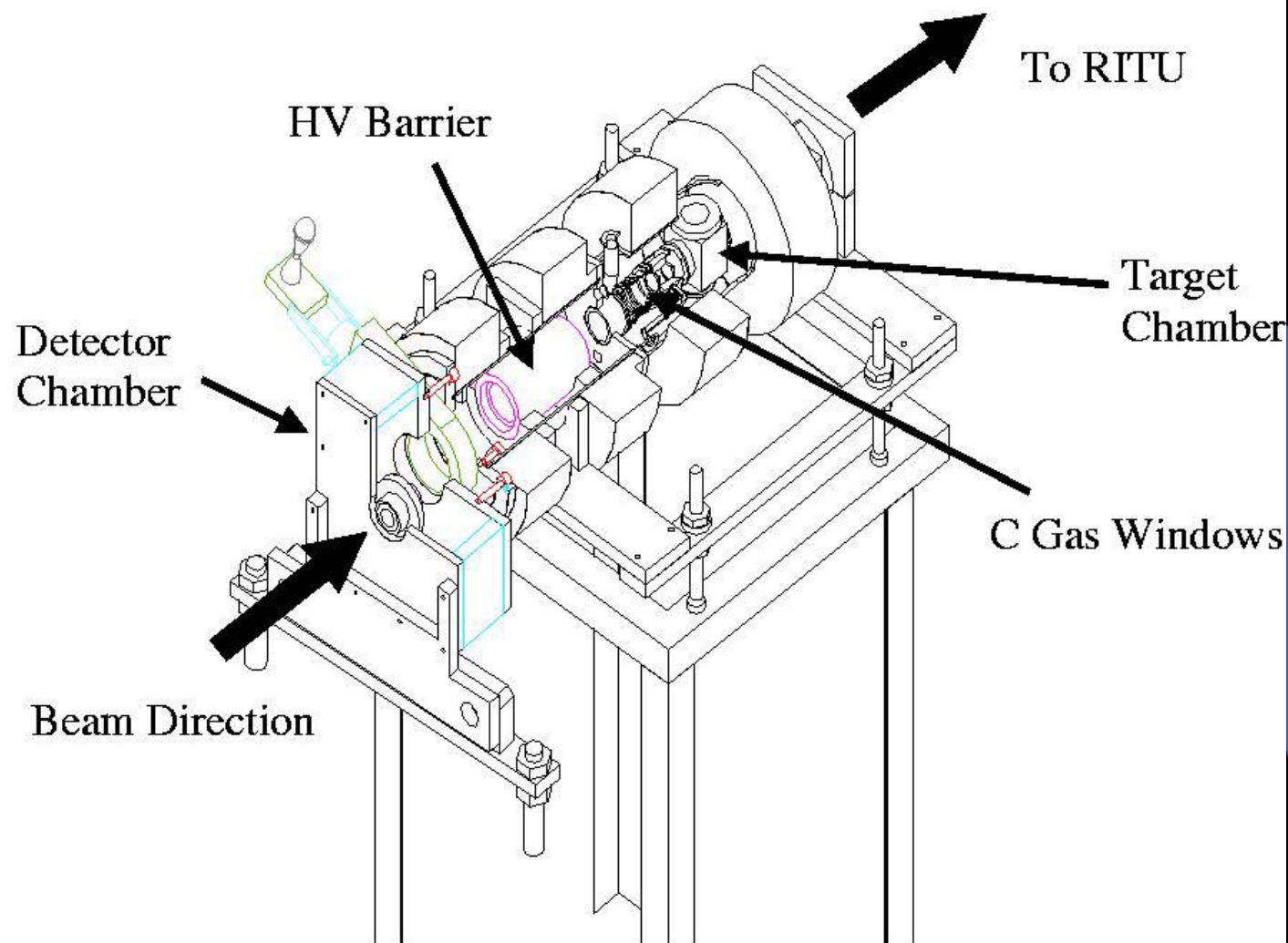


In Koinkidenz mit
nachgewiesenen
Rückstoßkernen

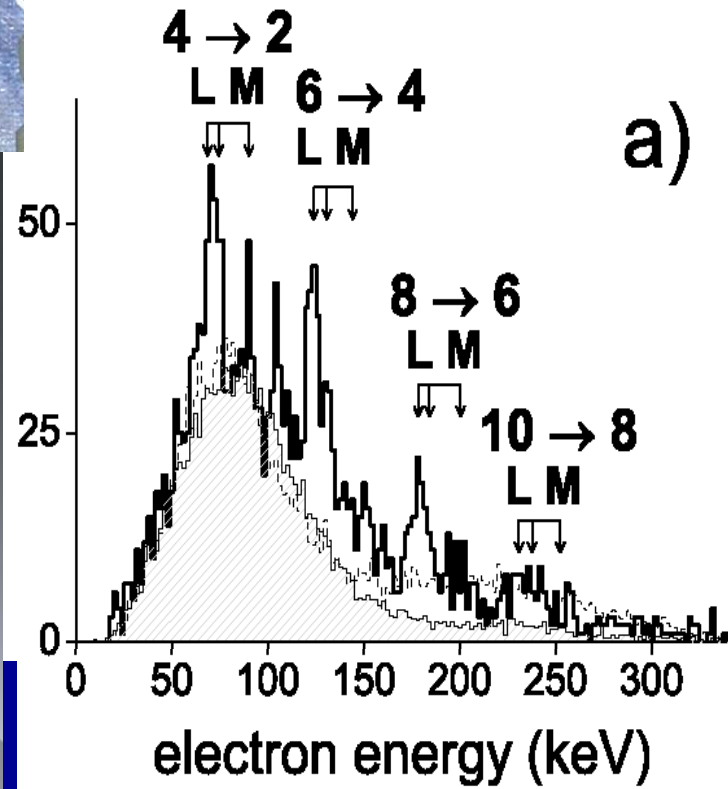
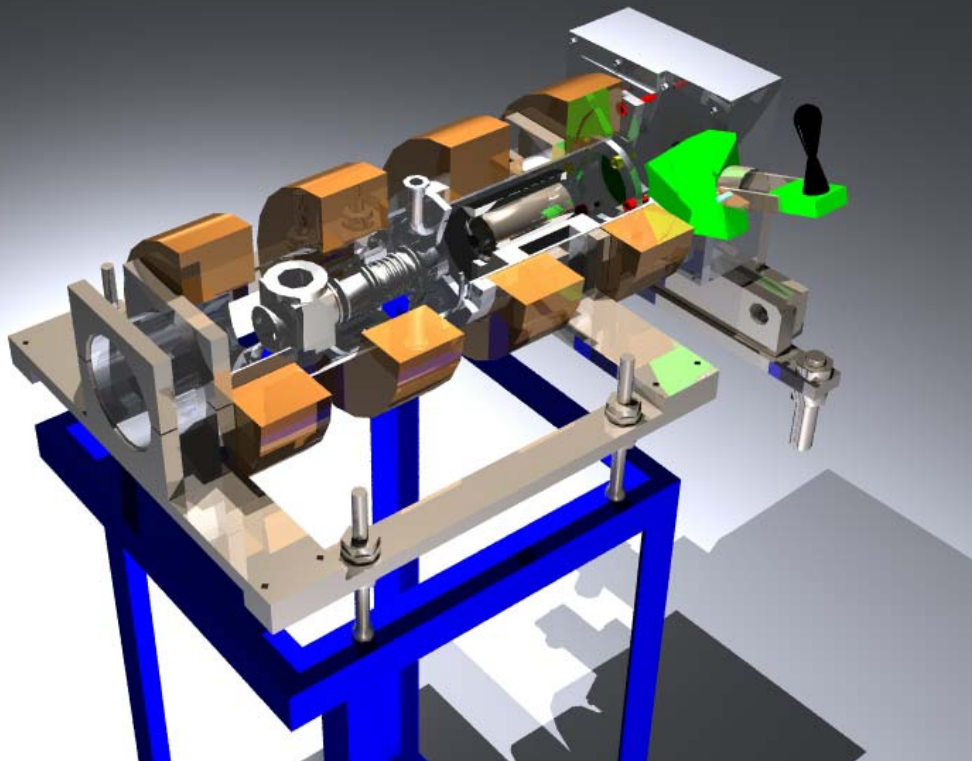
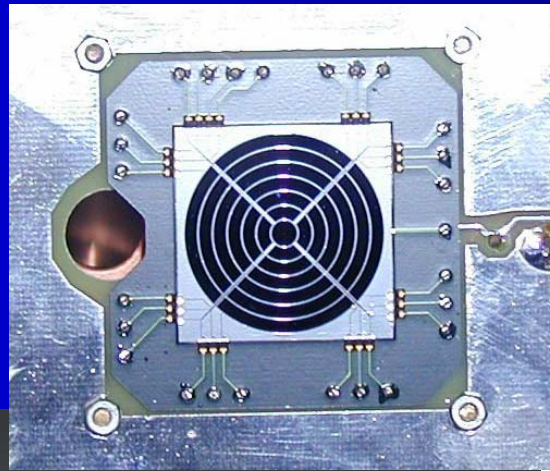
In Koinkidenz mit
Alphazerfallslinien
der ^{254}No Zerfallskette

Konversionselektronenspektroskopie

SACRED plus RITU – Collinear Conversion Electron Spectroscopy

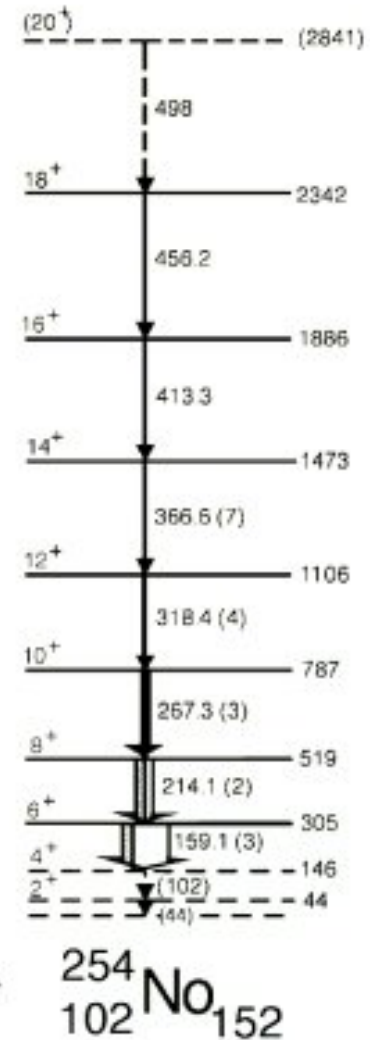
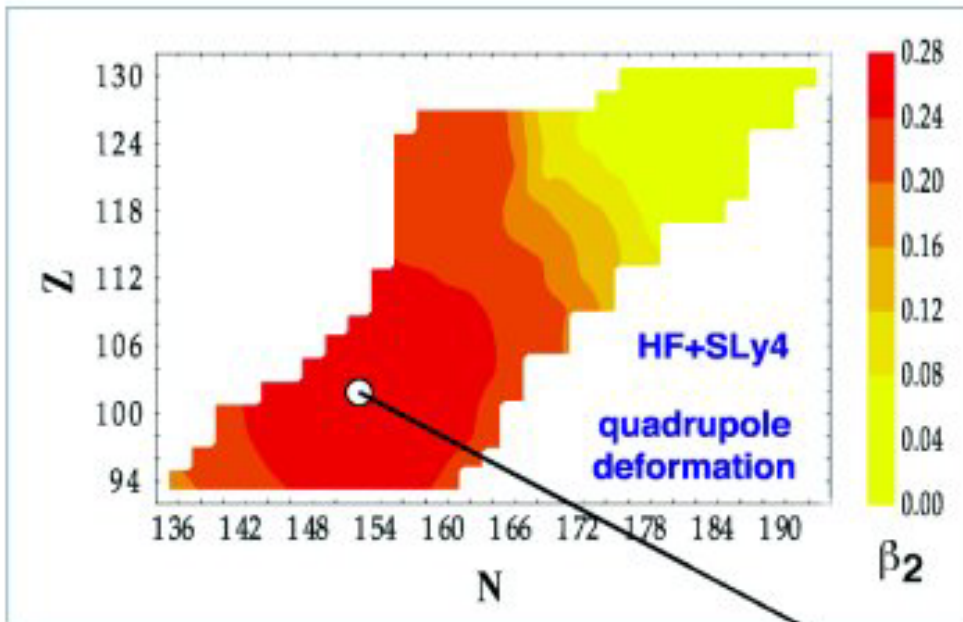


SACRED

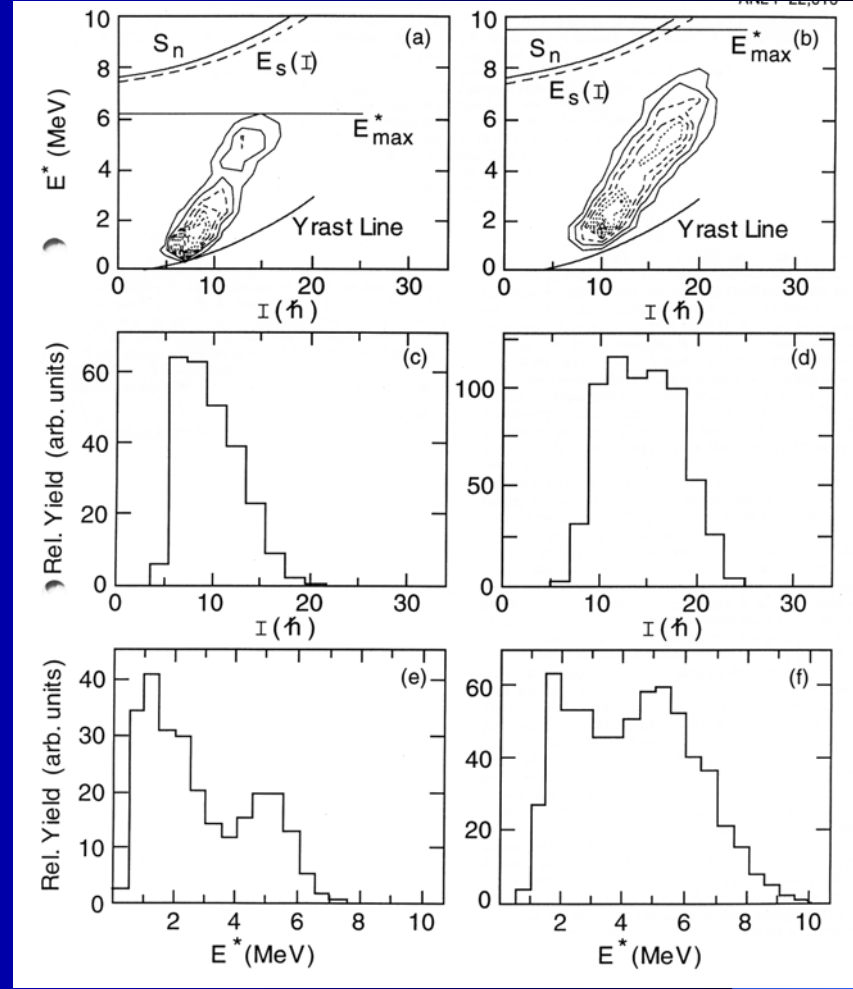
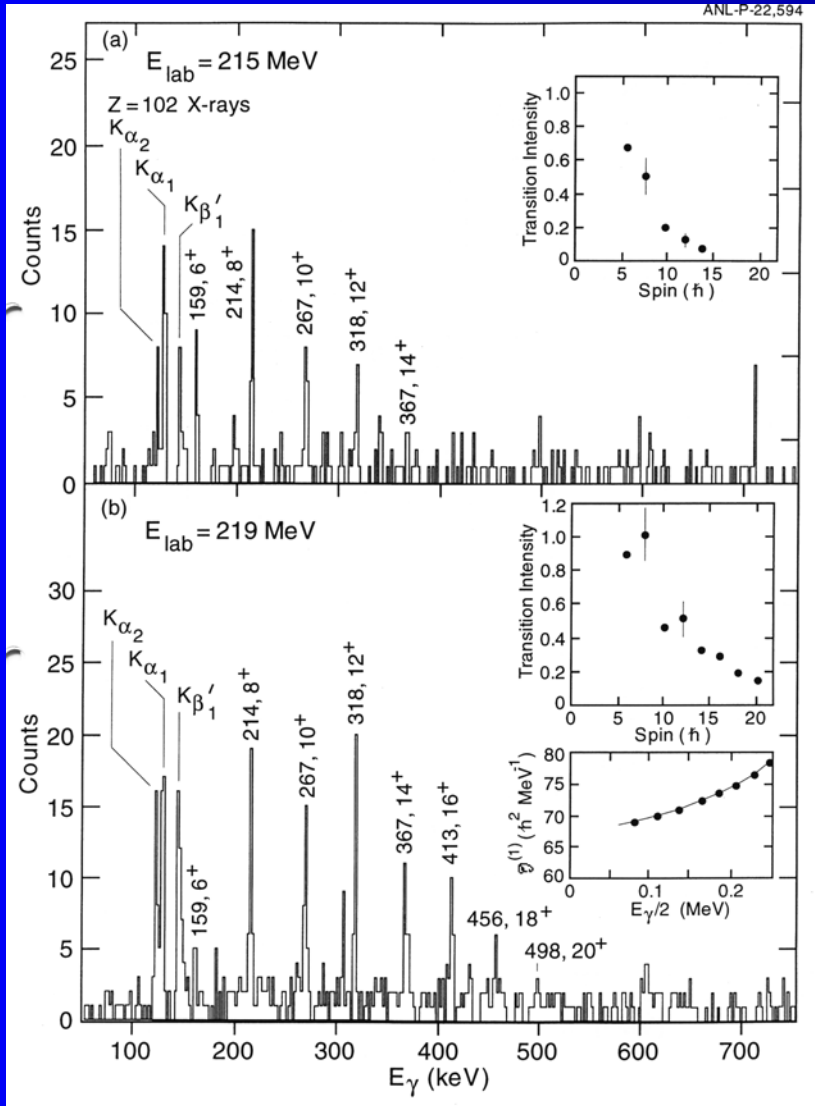


Deformation von ^{254}No bestätigt

Spinning the heaviest elements



Spaltbarriere

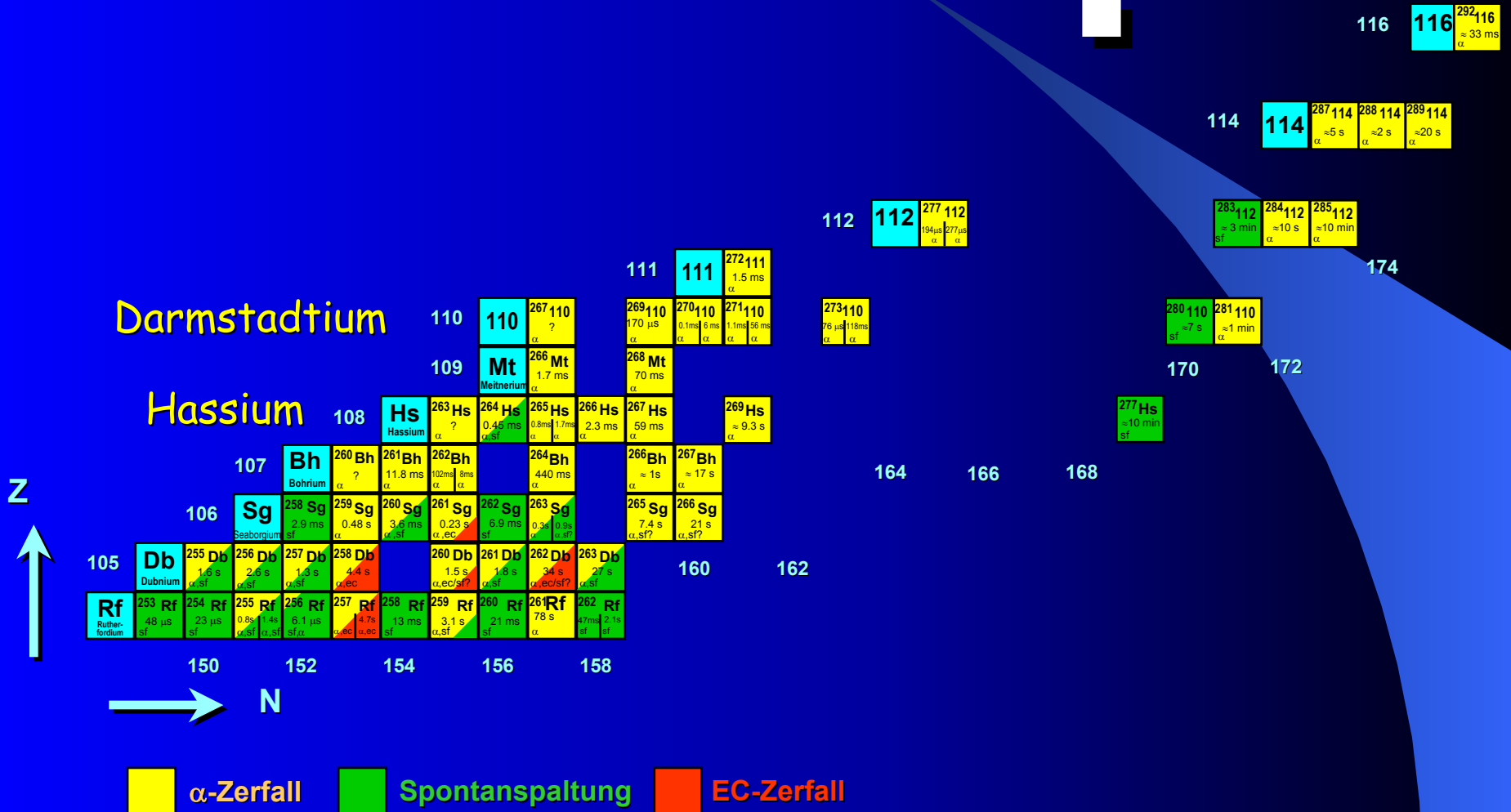


Überraschend hohe Drehimpulse!!

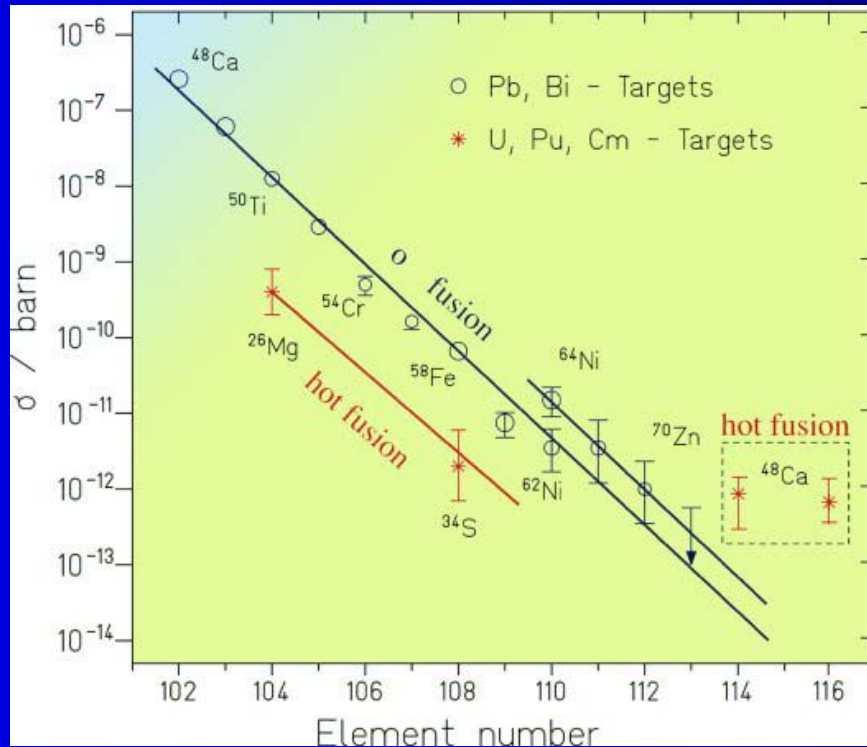
Widerspruch zur bisherigen Annahme, dass die Schaleneffekte mit dem Drehimpuls exponentiell abnehmen.

Wie geht es weiter ?

Nuklidkarte der Transactiniden



Vorhersagen für Wirkungsquerschnitte

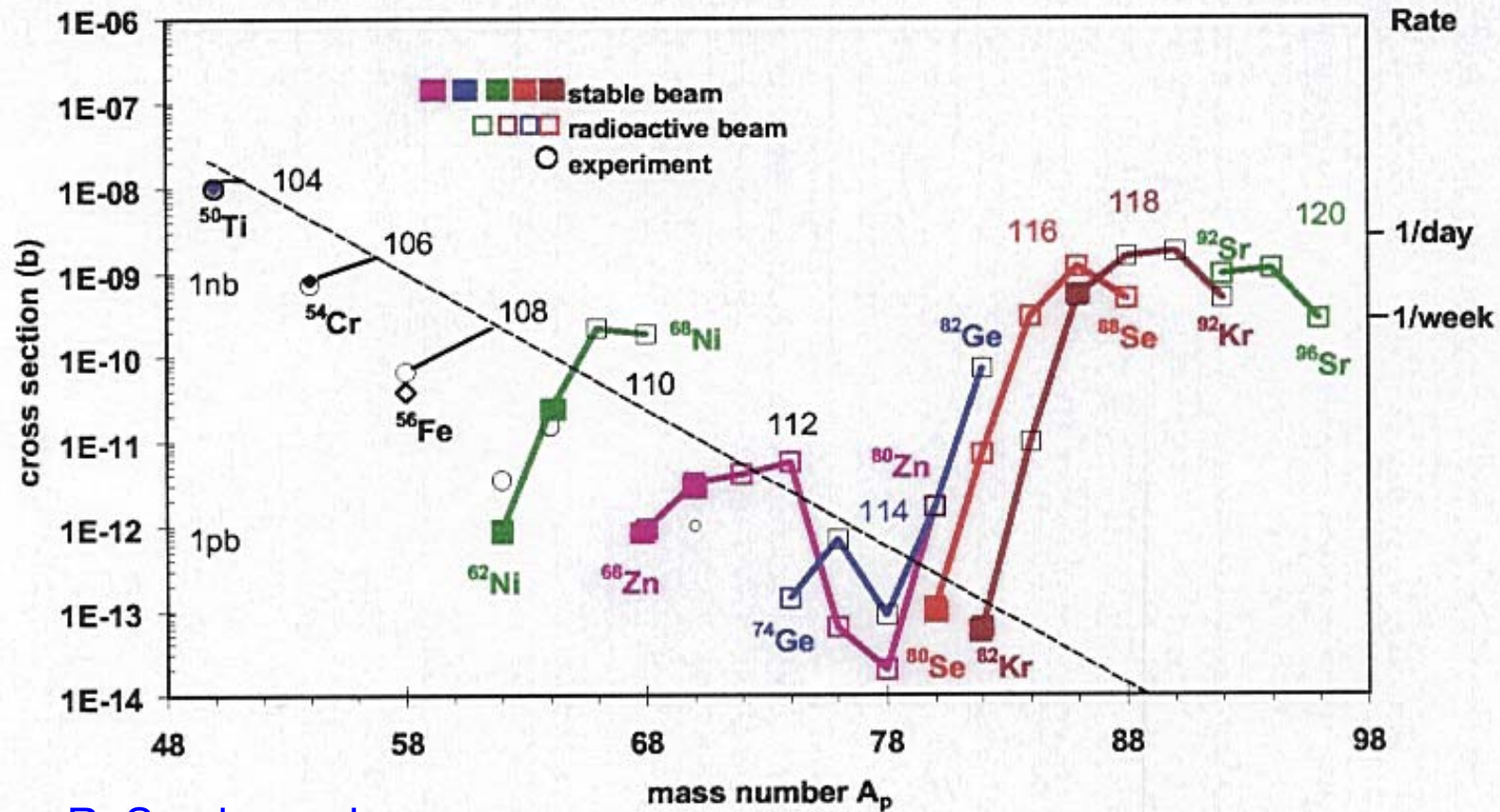


Die theoretische Vorhersage von Wirkungsquerschnitten in der Größe von pb ist sehr schwierig!

Spaltung mehrere Größenordnungen stärker!

Sehr genaues Verständnis des Fusionsprozessen notwendig!

Durchaus fragwürdige Vorhersagen



R. Smolanczuk

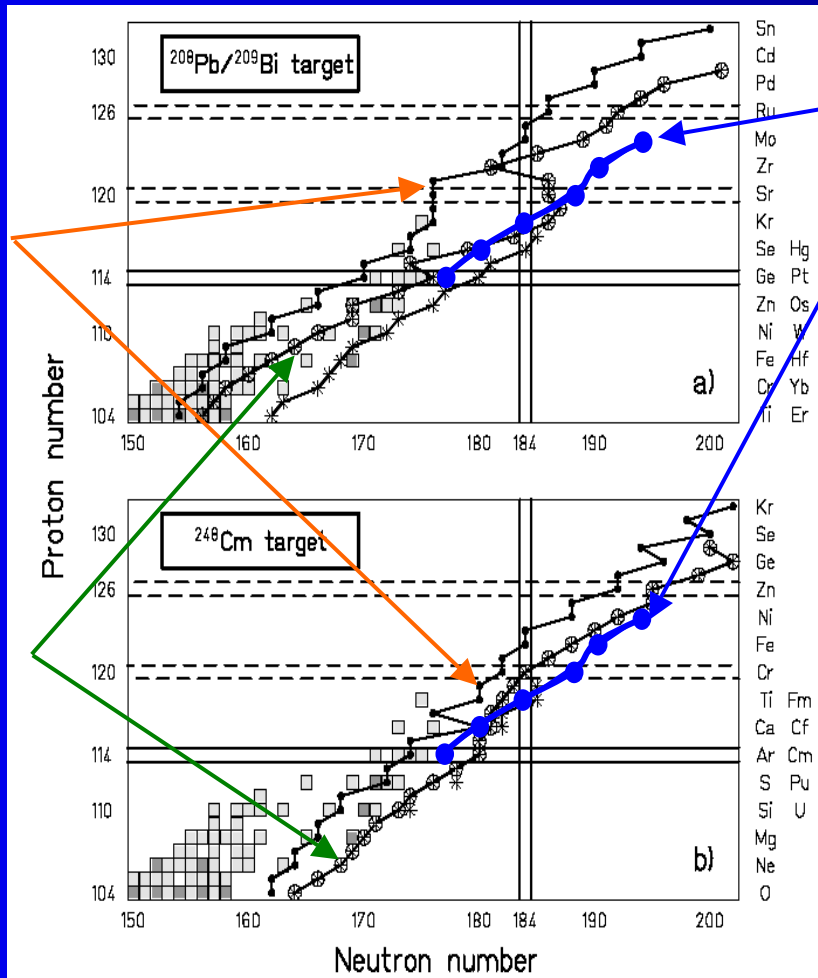
Schön, wenn es war wäre!!!

ABER: Modell ist sehr vereinfachend!!!

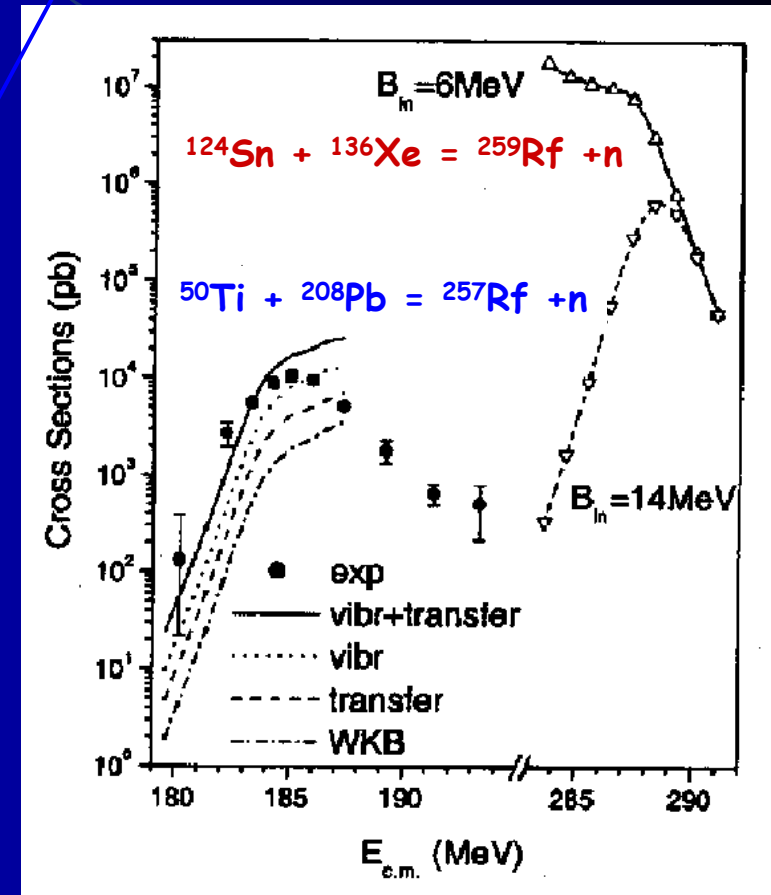
Produktion von SHE in symmetrischen Reaktionen

stable beams

10⁹/sec
RIA
beams



¹³²Sn
beam



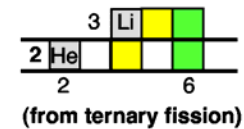
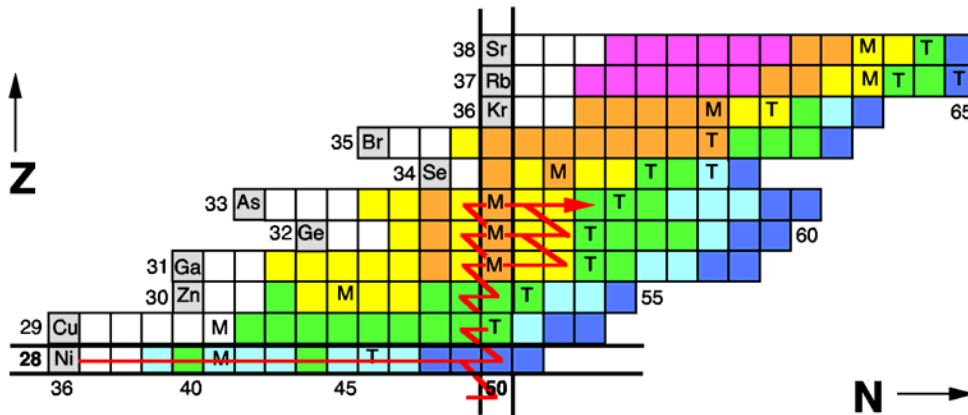
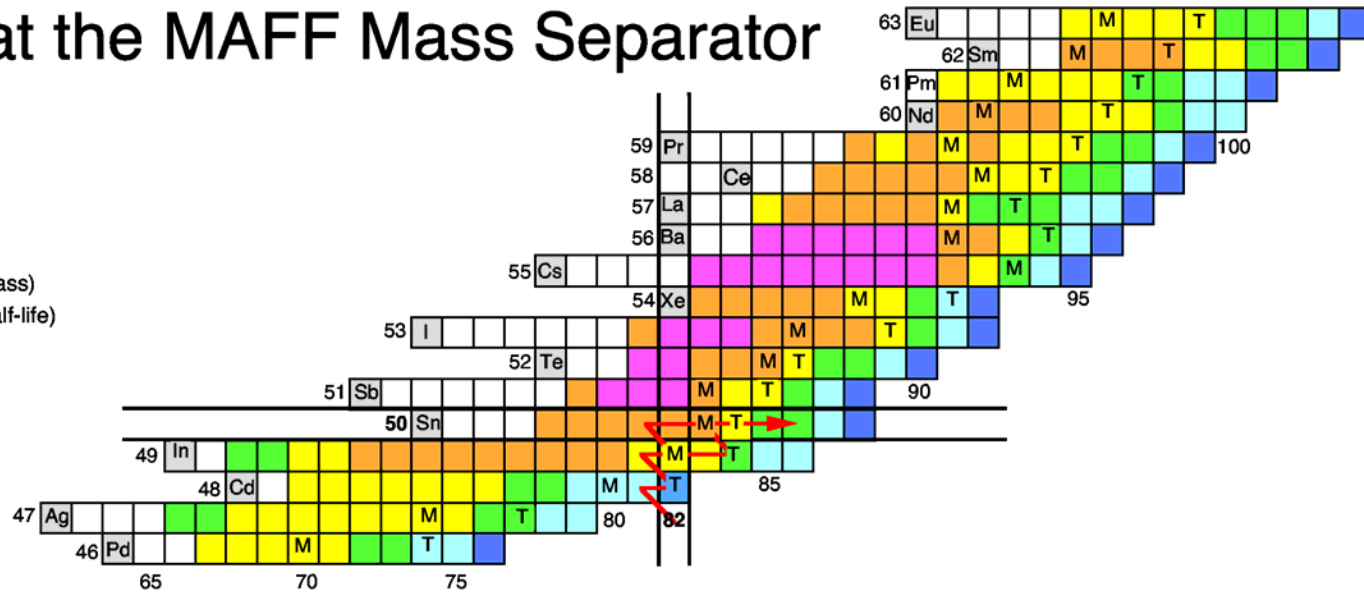
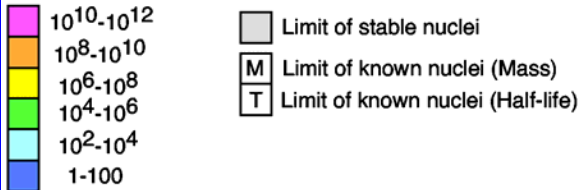
S. Hofmann, EPJA 15, 195 (2002)

V.Yu. Denisov, Prog. Nucl. Part.
Phys. 46, 303 (2002)

Strahlintensitäten mit MAFF

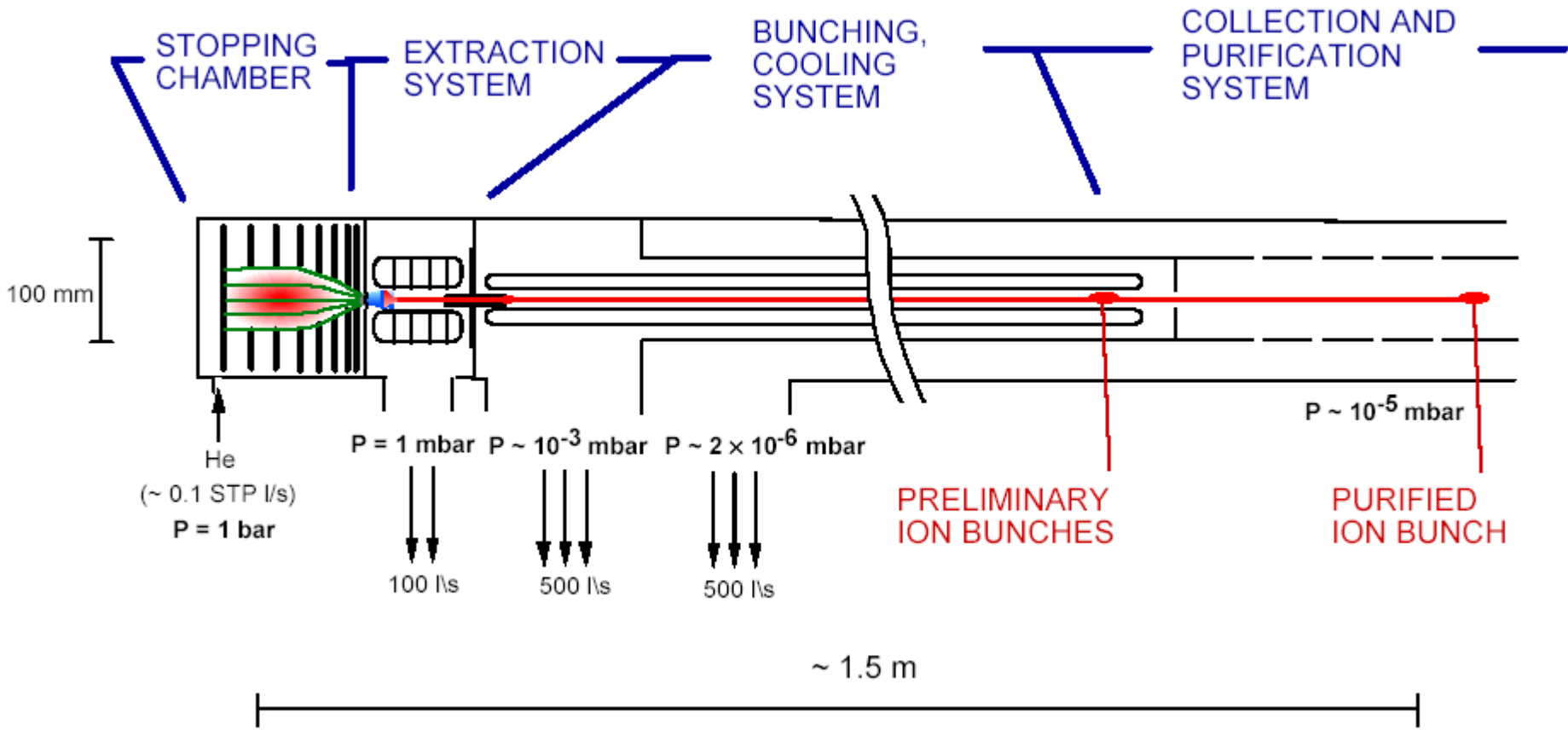
Beam Intensities at the MAFF Mass Separator

$1^+ \text{-Ions (s}^{-1}\text{)}$

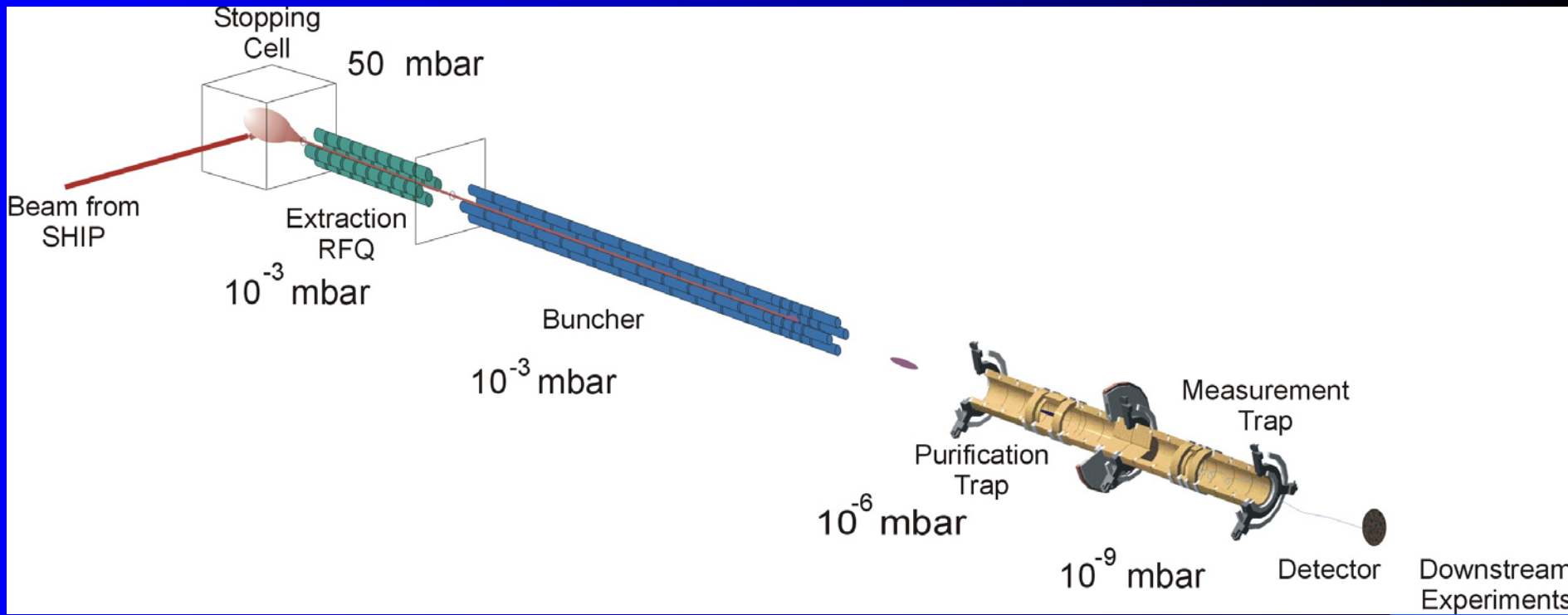


N →

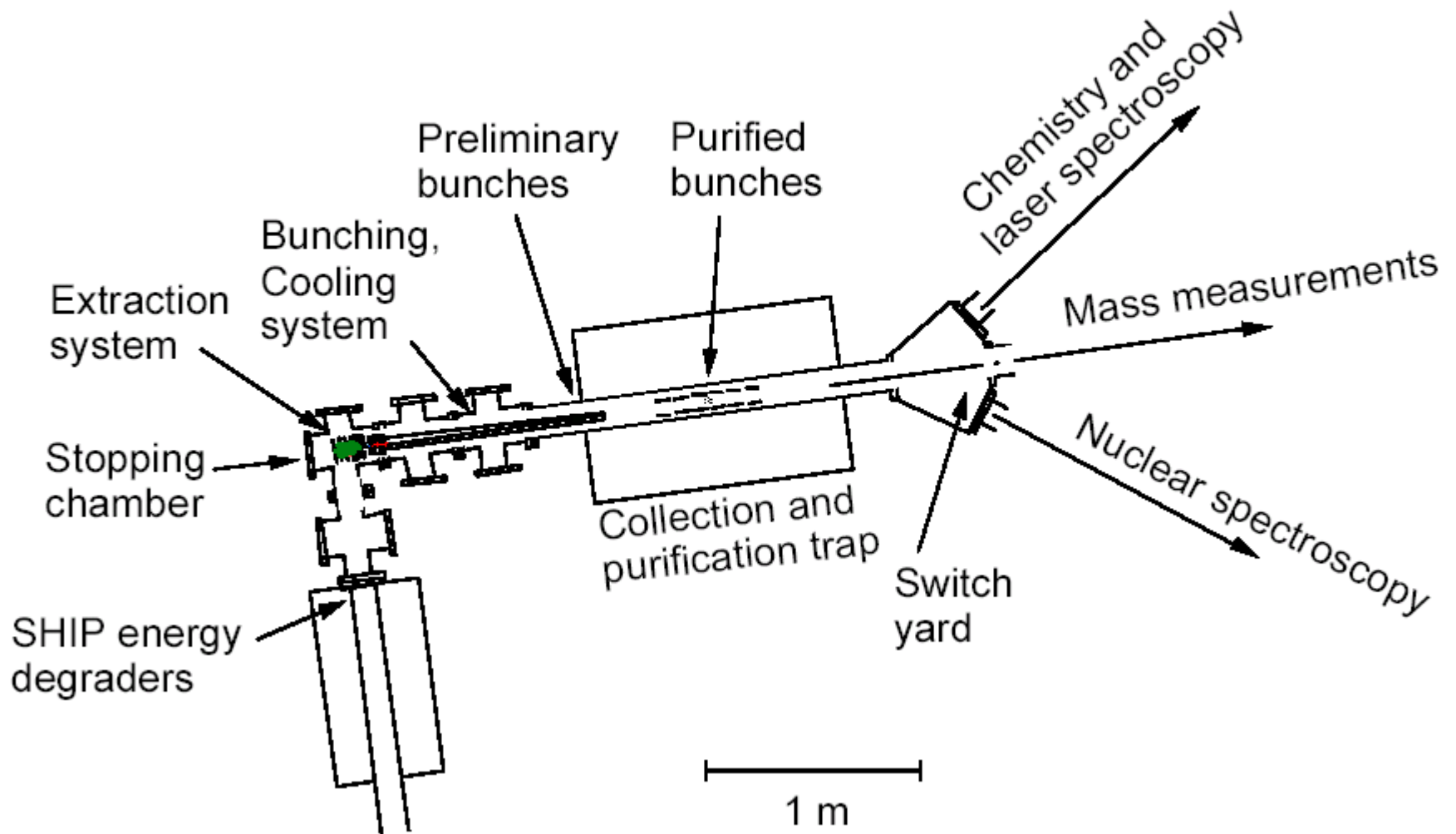
Gasstopper und Buncher



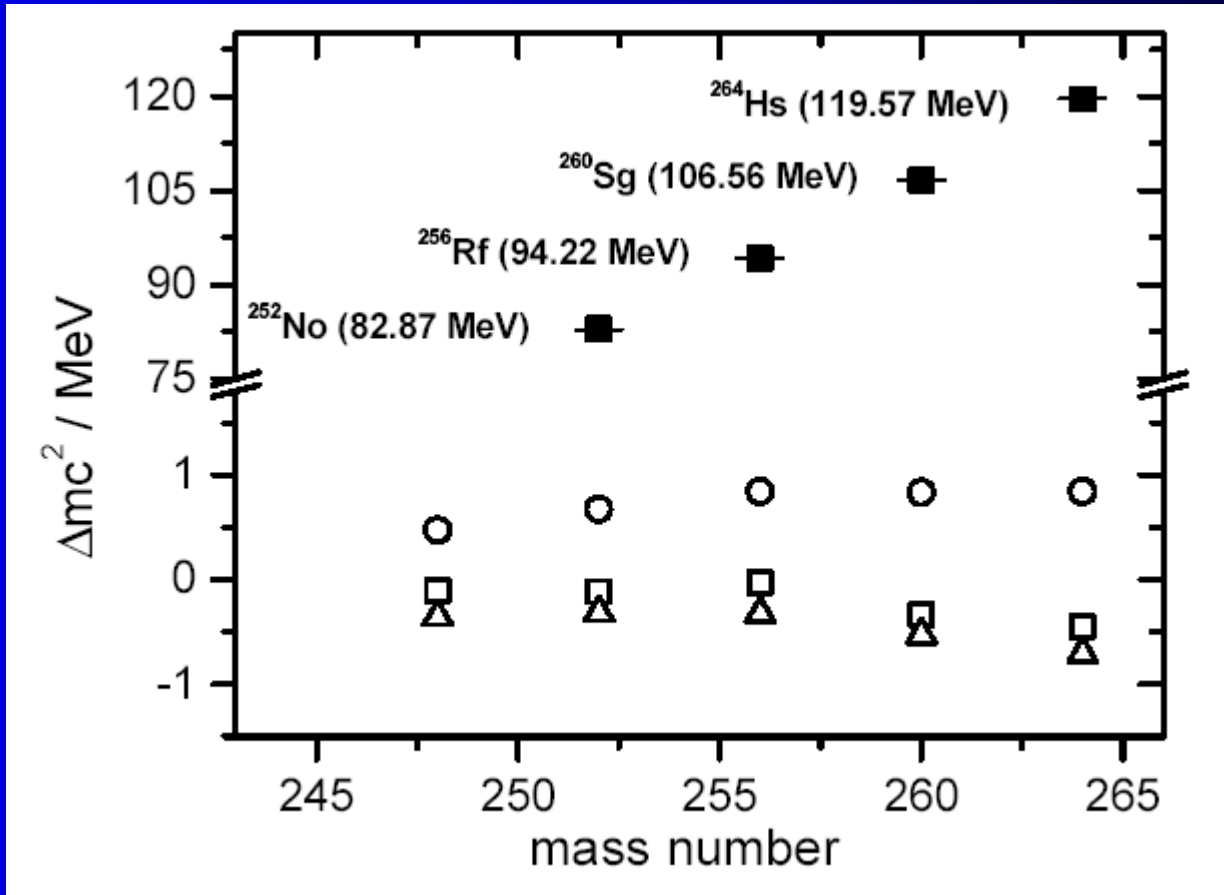
Das Gesamtkonzept für SHIPTRAP



Experimente



Massenmessungen



Einordnung ins Periodensystem – Chemie der SHE

Situation vor hundert Jahren

PERIODENSYSTEM DER ELEMENTE

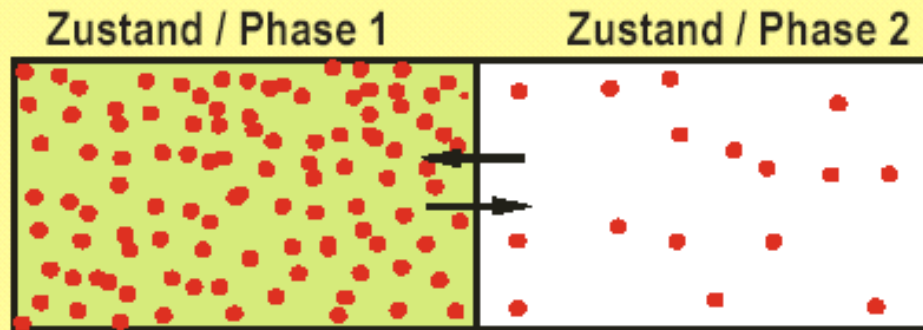
1																	18							
1 H																	2 He							
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne							
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar							
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr							
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo						44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe			
55 Cs	56 Ba	57 La*			73 Ta	74 W						76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	86 Rn			
		88 Ra	89 Ac ⁺	90 Th																86 Rn				

58 Ce	59 Pr	60 Nd
----------	----------	----------

62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Chemie mit einzelnen Atomen

"KLASSISCH" - CHEMIE VIELER ATOME



Konzentration, $c_1 \gg$ Konzentration, c_2

"ATOM - AT - A - TIME"

Zeit	Zustand / Phase 1	Zustand / Phase 2
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7	Wahrscheinlichkeit, $P_1 \gg$ Wahrscheinlichkeit, P_2	

Gas-chromatographie

(CRYO-) THERMO-CHROMATOGRAPHIE FLÜCHTIGER VERBINDUNGEN

MAKROSKOPISCHE MENGEN

Gasförmig \longrightarrow Flüssig* \longrightarrow Fest*

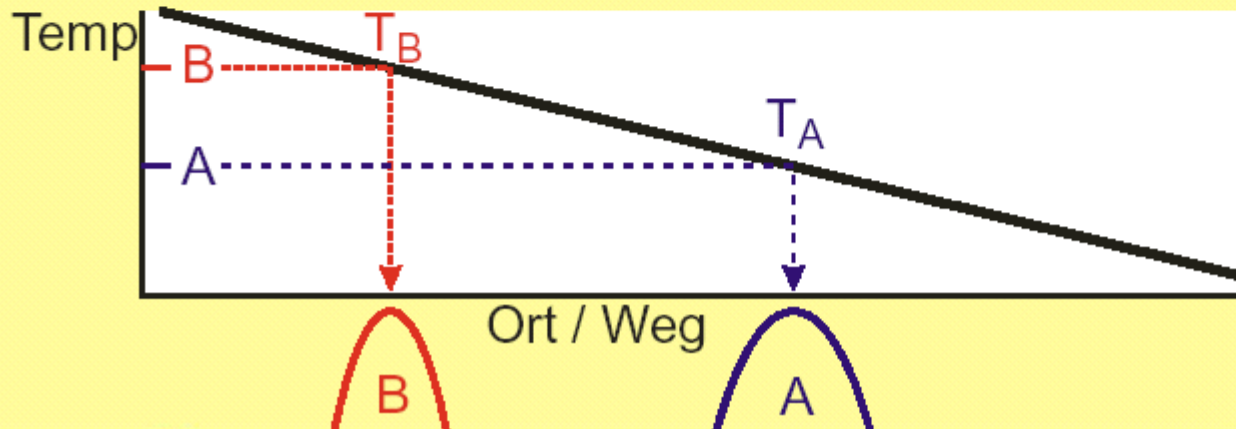
* Wechselwirkung zwischen den einzelnen Atomen/Molekülen

“ATOM – AT – A – TIME“ - CHEMIE EINZELNER ATOME

vorwiegend in der Gasphase

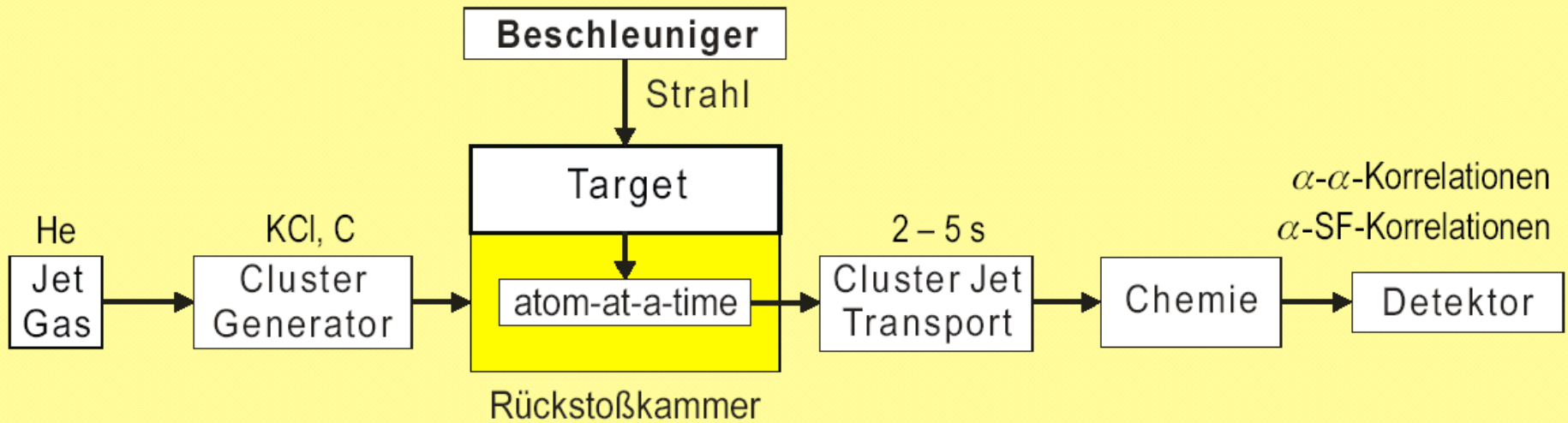
vorwiegend an der Wand **

Gas \rightarrow **heiss** **kalt**



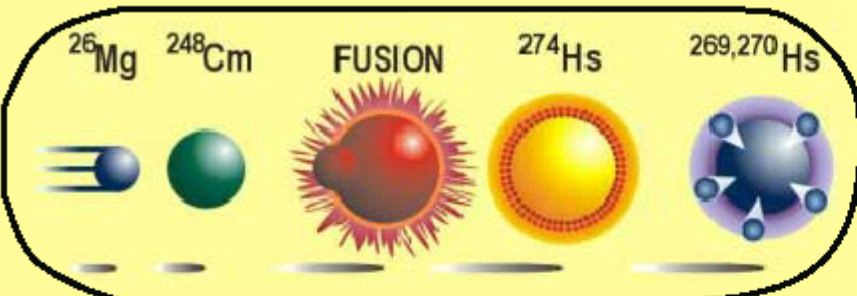
** "chemische" Wechselwirkung zwischen Atomen/Molekülen und Wand - nicht nur Temp !

Prinzip des Experimentes

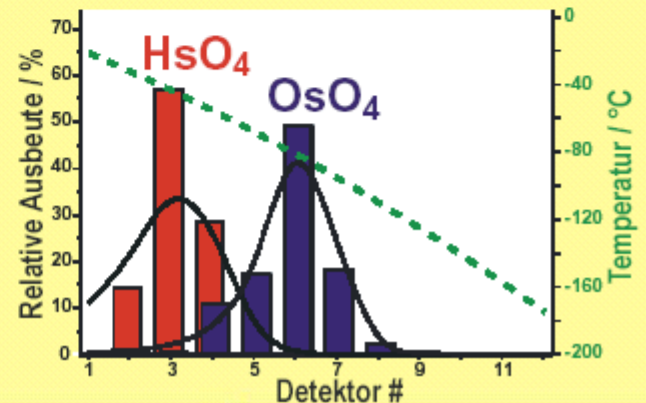
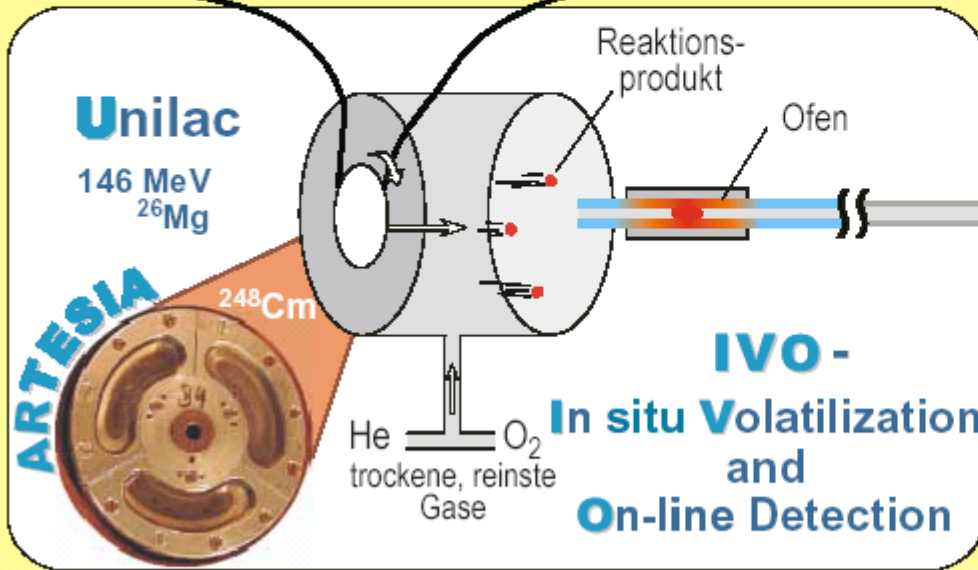


Chemie am Element Z=108

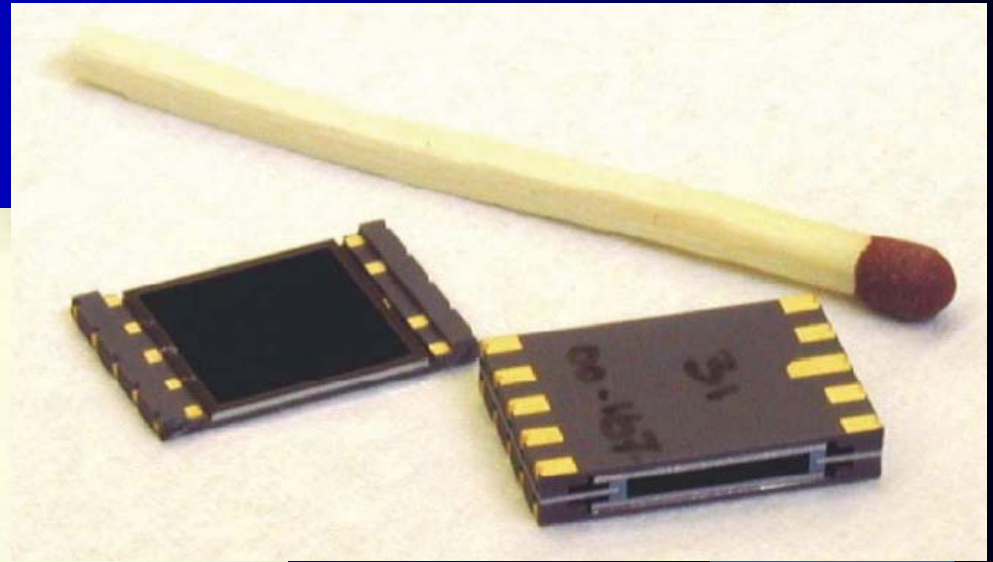
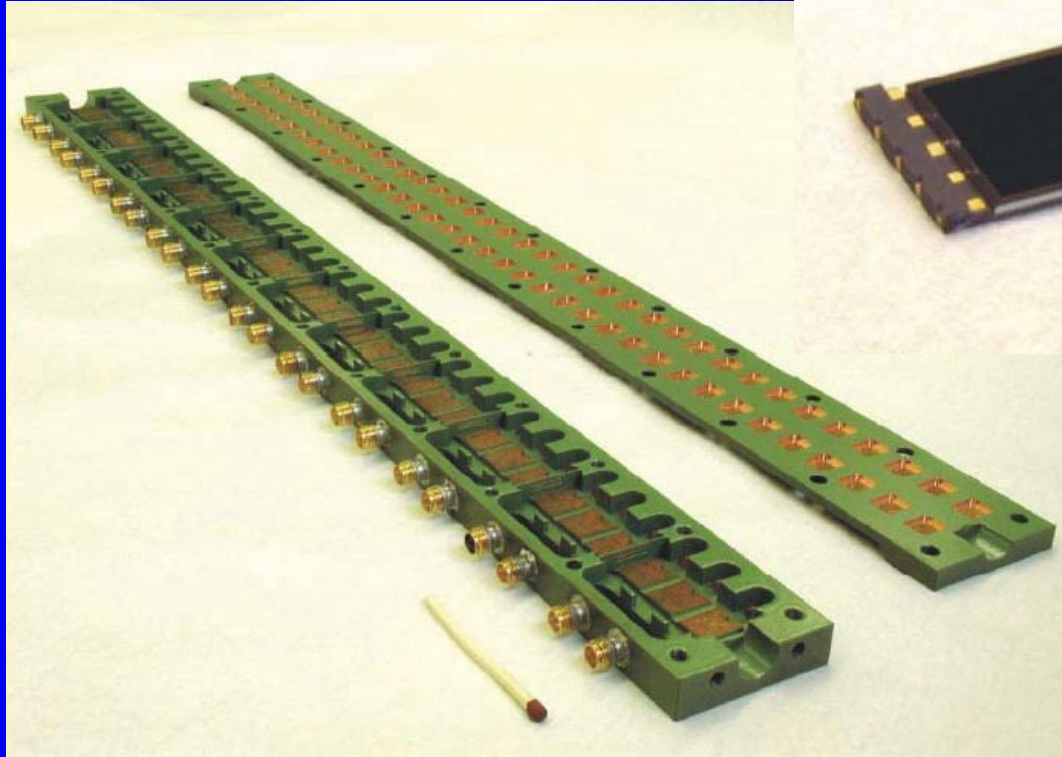
ELEMENT 108, HASSIUM, CHEMIE



6	7	8
Cr	Mn	Fe
Mo	Tc	Ru
W	Re	Os
Sg	Bh	Hs



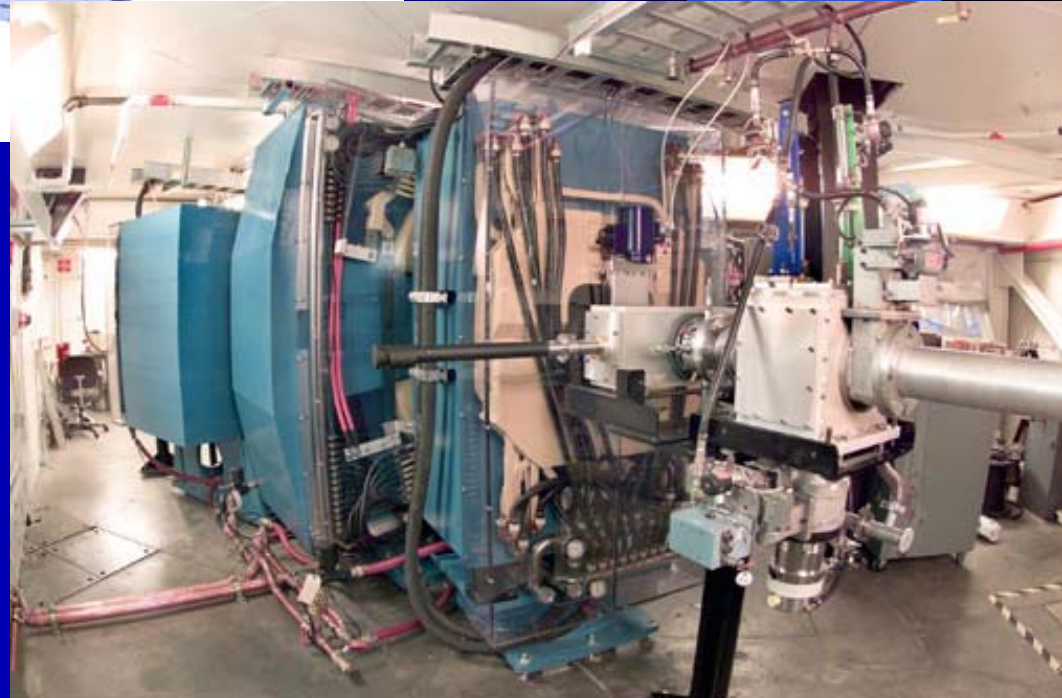
Detektorsystem von PIN Dioden



DAS PERIODENSYSTEM DER ELEMENTE

1																	18
H 1											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	
Li 3	Be 4											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
Na 11	Mg 12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Cs 55	Ba 56	La* 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
Fr 87	Ra 88	Ac ⁺ 89	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	<div style="border: 2px solid red; padding: 2px;">Mt 110 111 112</div>				<div style="border: 2px solid red; padding: 2px;">114</div>		<div style="border: 2px solid red; padding: 2px;">116</div>			
+ Actinoiden		Th 90	Pa 91	<div style="color: red; font-weight: bold;">Transactinoiden = Superschwere Elemente</div>													
		U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				
* Lanthanoiden		Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71		

Das Berkeley Experiment zu Z=118



Observation of Superheavy Nuclei Produced in the Reaction of ^{86}Kr with ^{208}Pb

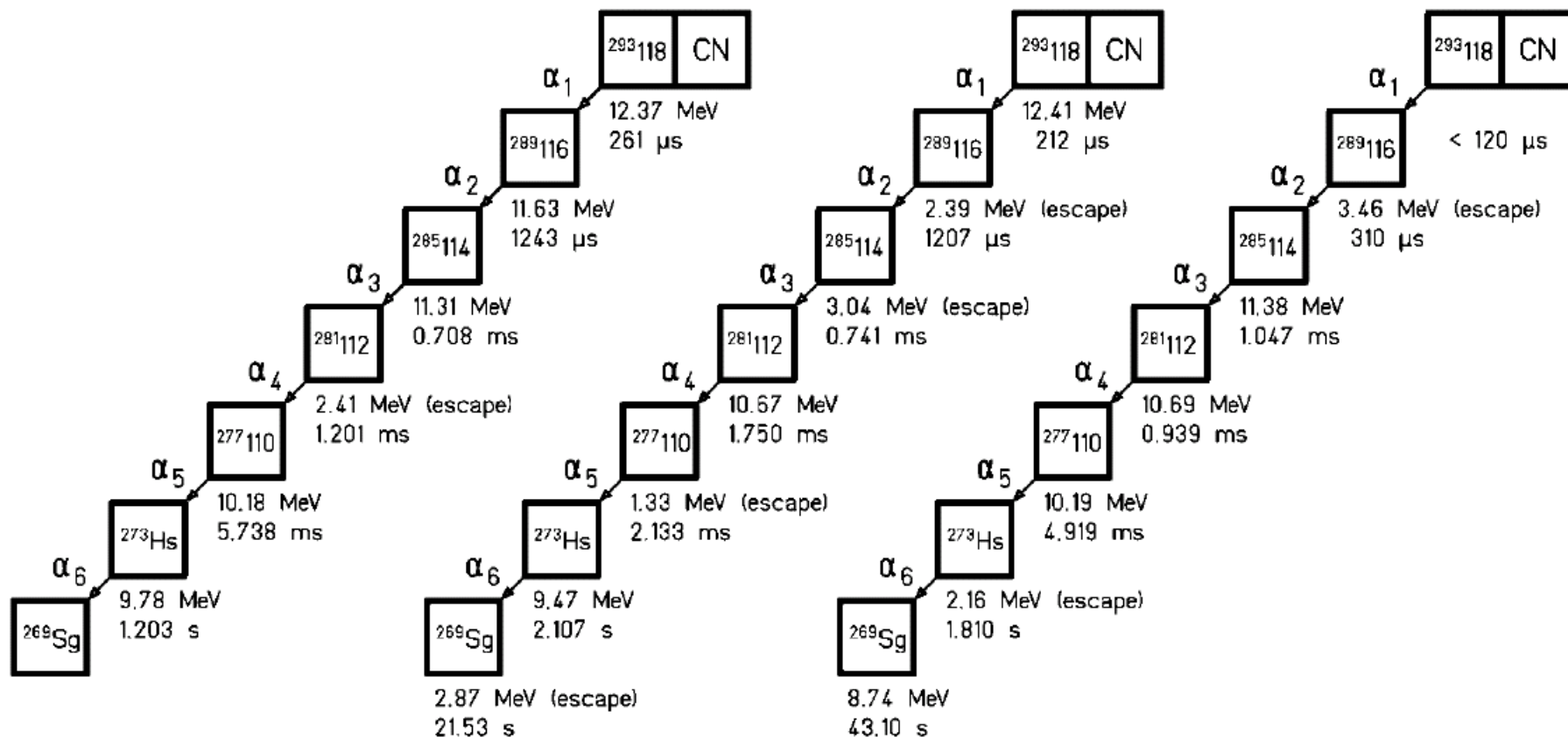
V. Ninov,¹ K. E. Gregorich,¹ W. Loveland,² A. Ghiorso,¹ D. C. Hoffman,^{1,3} D. M. Lee,¹ H. Nitsche,^{1,3} W. J. Swiatecki,¹
 U. W. Kirbach,¹ C. A. Laue,¹ J. L. Adams,^{1,3} J. B. Patin,^{1,3} D. A. Shaughnessy,^{1,3} D. A. Strellis,¹ and P. A. Wilk^{1,3}

¹Nuclear Science Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California 94720

²Department of Chemistry, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331

³Department of Chemistry, University of California, Berkeley, California 94720

(Received 27 May 1999)



**Editorial Note: Observation of Superheavy Nuclei Produced in the Reaction of ^{86}Kr with ^{208}Pb
[Phys. Rev. Lett. 83, 1104 (1999)]**

V. Ninov, K. E. Gregorich, W. Loveland, A. Ghiorso, D. C. Hoffman, D. M. Lee, H. Nitsche, W. J. Swiatecki,
U. W. Kirbach, C. A. Laue, J. L. Adams, J. B. Patin, D. A. Shaughnessy, D. A. Strellis, and P. A. Wilk
(Received 26 July 2001; published 1 July 2002)

DOI: 10.1103/PhysRevLett.89.039901

PACS numbers: 25.70.Jj, 27.90.+b, 99.10.+g

All but one of the authors of the original Letter have asked us to publish the following retraction:

In our Letter, we reported the synthesis of element 118 in the $^{208}\text{Pb}(^{86}\text{Kr},n)$ reaction based upon the observation of three decay chains, each consisting of an implanted heavy atom and six sequential high-energy alpha decays, correlated in time and position. Prompted by the absence of similar decay chains in subsequent experiments [1–4], we (along with independent experts) reanalyzed the primary data files from our 1999 experiments. Based on these reanalyses, we conclude that the three reported chains are not in the 1999 data.

We retract our published claim for the synthesis of element 118.

- [1] S. Hofmann and G. Münzenberg, *Rev. Mod. Phys.* **72**, 733 (2000).
- [2] K. Morimoto *et al.*, in *Tours Symposium on Nuclear Physics IV, Tours, 2000*, AIP Conf. Proc. No. 561 (AIP, New York, 2001), p. 354.
- [3] C. Stodel *et al.*, in Ref. [2], p. 344.
- [4] K. E. Gregorich *et al.* (to be published).

New results on elements 111 and 112

S. Hofmann^{1,2}, F.P. Heßberger¹, D. Ackermann¹, G. Münzenberg¹, S. Antalic², P. Cagarda², B. Kindler¹, J. Kojouharova¹, M. Leino³, B. Lommel¹, R. Mann¹, A.G. Popeko⁴, S. Reshitko¹, S. Šaro², J. Uusitalo³, and A.V. Yeremin⁴

¹ Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), D-64220 Darmstadt, Germany

² Department of Nuclear Physics, Comenius University, SK-84248 Bratislava, Slovakia

³ Department of Physics, University of Jyväskylä, FIN-40351 Jyväskylä, Finland

⁴ Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR, RU-141 980 Dubna, Russia

In order to prove consistency of the results from the earlier analysis and the presently used one, we also re-analyzed all our data measured since 1994. In the course of that work we reviewed a total of 34 decay chains, four of $^{269}110$, eight of $^{270}110$, thirteen of $^{271}110$, six of $^{272}111$ and three of $^{277}112$. In two cases (the second chain of $^{269}110$ measured in 1994 and the first chain of $^{277}112$ measured in 1996) we found inconsistency between the original raw data, stored in binary files on magnetic tape (which were used for re-analysis), and the event-by-event text files (which were used at the time as the basis for the assignment). For reasons not yet known to us the contents of these text files had been modified for the case of the two events so that event chains were spuriously created.

We performed a re-analysis of our data measured since 1994 in order to confirm the previously obtained results and to prove consistency with the presently used computer programs. In the course of this work we reviewed 34 decay chains, four of $^{269}\text{110}$, eight of $^{270}\text{110}$, thirteen of $^{271}\text{110}$, six of $^{272}\text{111}$ and three of $^{277}\text{112}$. In two cases (second chain of $^{269}\text{110}$ measured in 1994 and first chain of $^{277}\text{112}$ measured in 1996) we found inconsistency of the data, which led to the conclusion, that for reasons not yet known to us, part of the data used for establishing these two chains were spuriously created. In all other cases the previously obtained data are exactly reproduced.