

Seminar WS 2003/04 RWTH:

Neutrinos

Hebbeker, Hoepfner,
Mnich, Pooth, Roth,
Tonutti, Wallraff

- Elementarteilchenphysik/Astrophysik
- Seminarthemen
- Organisation

Neutrinoquellen: Supernovae!

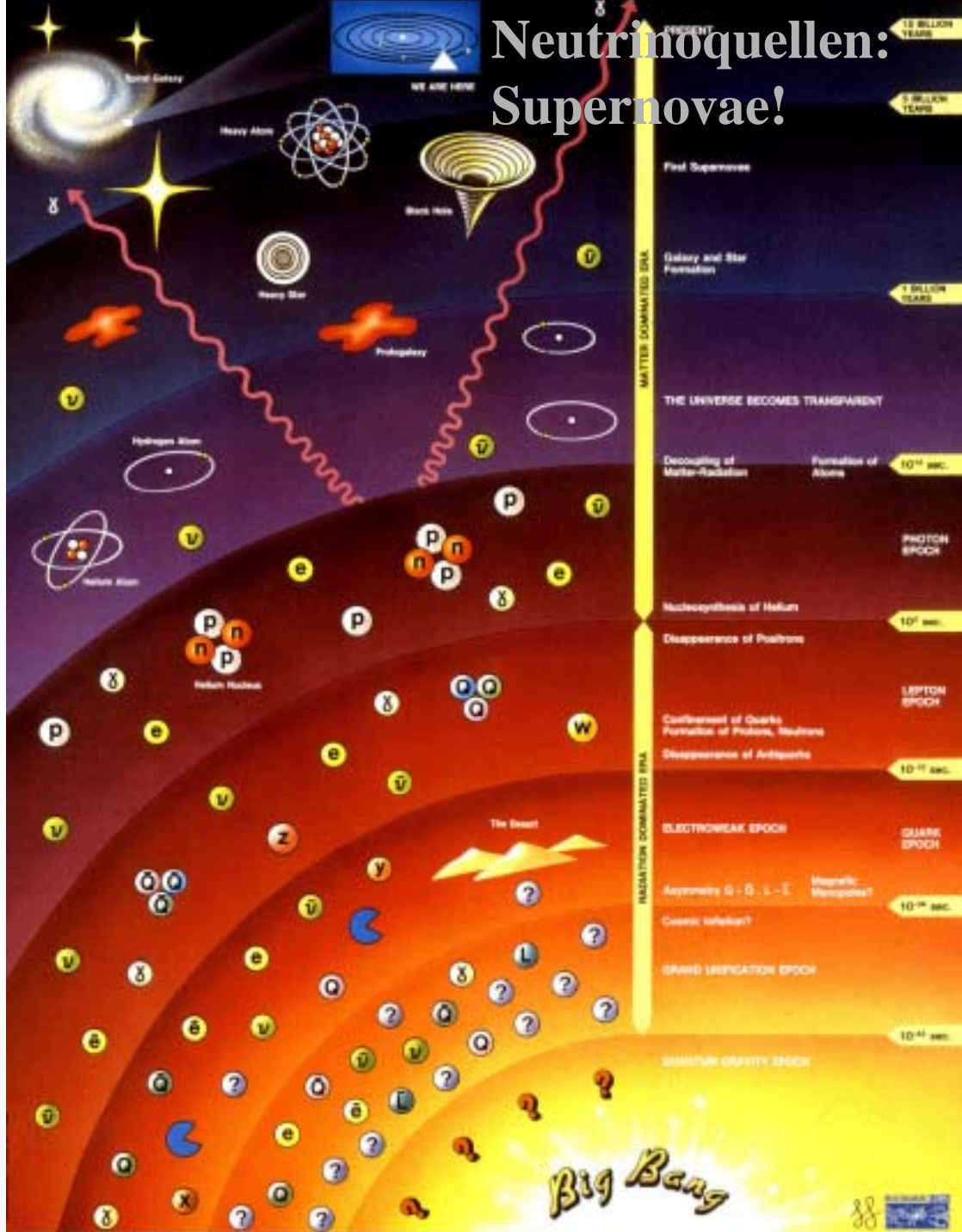
Dunkle Materie =
Neutrinos ? ($300 / \text{cm}^3$)



Neutrinos
“entkoppeln”

Teilchenbeschleuniger
untersuchen Prozesse
 10^{-10} s nach dem Urknall

Teilchenphysik und Astrophysik

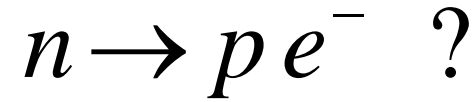


Zeit: Mo 8:30-10:00 ODER Di 8:30-10:00

No	Thema	Sprecher	Termin
1	Beta-Zerfall und Paulis Hypothese		
2	Projekt Poltergeist – Neutrino-Nachweis	Hof	
3	Myon-Neutrino und Tau-Neutrino	Jacobi	
4	Entdeckung der neutralen Ströme		
5	Standardmodell der Teilchenphysik	Indenhuck	
6	Neutrinoquellen im Kosmos (Supernovae)	Davids	
7	Neutrinos aus dem Big-Bang	Slabu	
8	Solare Neutrinos	Moll	
9	Atmosphärische Neutrinos	Oracz	
10	Doppelter Beta-Zerfall		
11	Neutrino-Masse	Altenhöfer	
12	Zukünftige Neutrino-Experimente	P. Roloff	

1) Der Beta-Zerfall und Paulis Hypothese

Anfang 20. Jahrhunderts:



(im Kern)

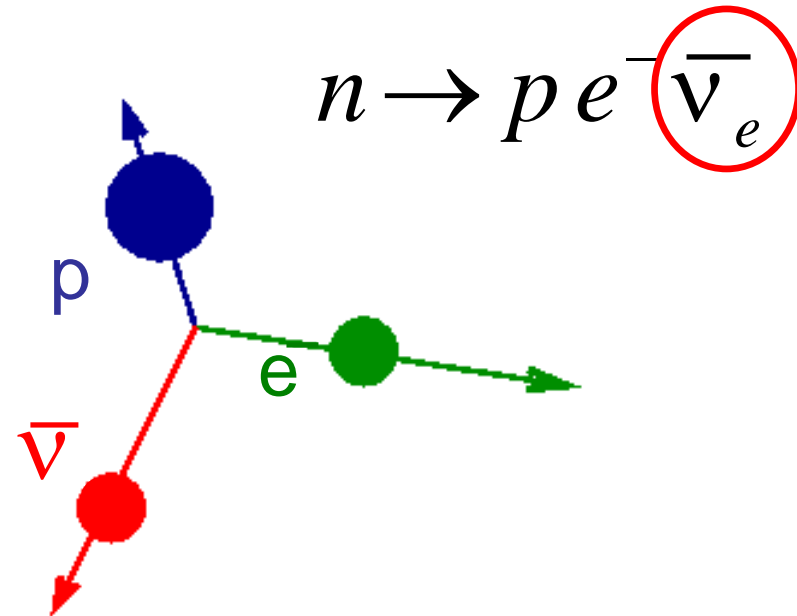
etwa die Hälfte der kinetischen Energie fehlt !

W. Pauli, 1930:

Liebe Radioaktive Damen und Herren!

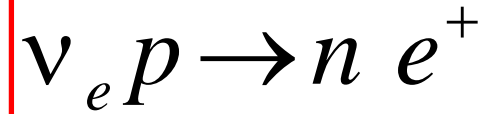
... es könnten elektrisch neutrale
Teilchen, die ich **Neutrinos** nennen
will, in den Kernen existieren ...

... dass mit dem Elektron jeweils noch
ein Neutrino emittiert wird, derart, dass
die Summe der Energien von Neutrino
und Elektron konstant ist.

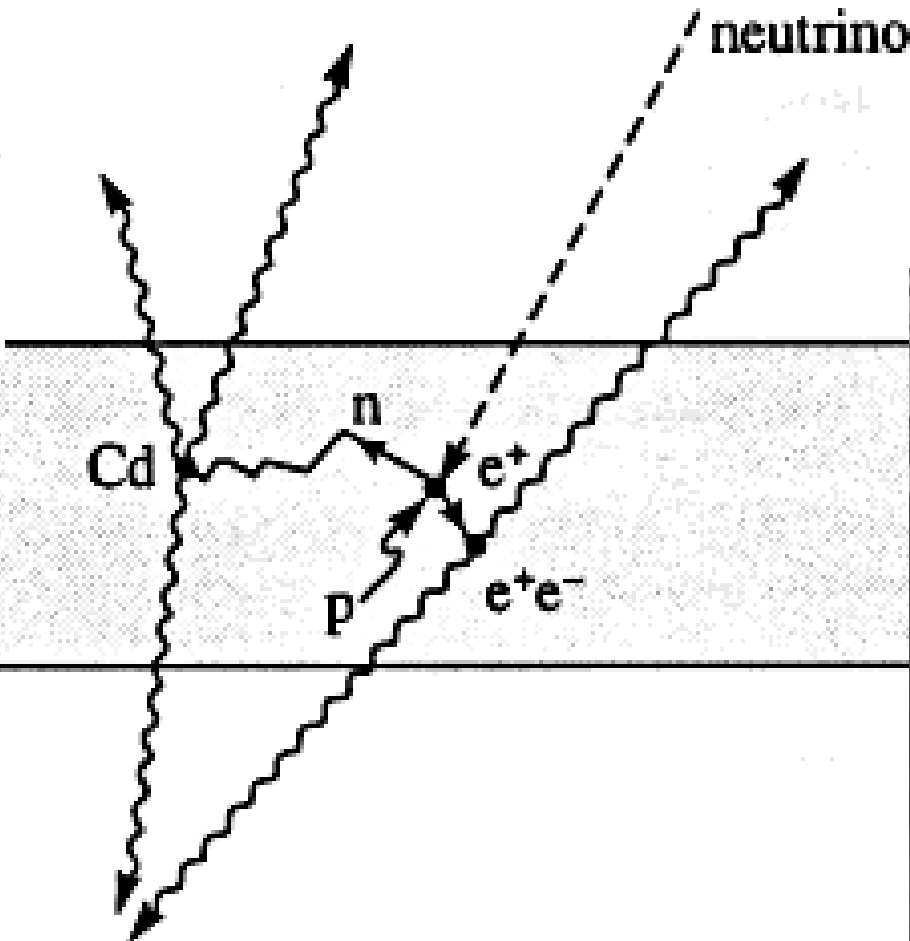


2) Projekt Poltergeist und Neutrino-Nachweis

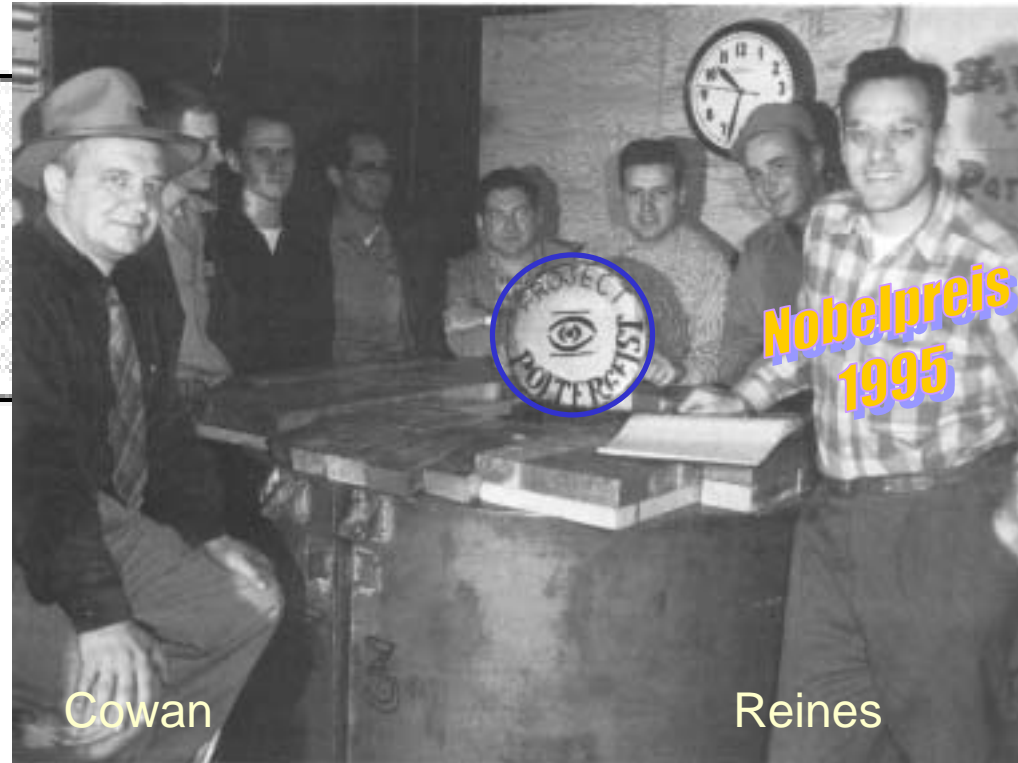
1956: C. Cowan, F. Reines et al:



Kernreaktor



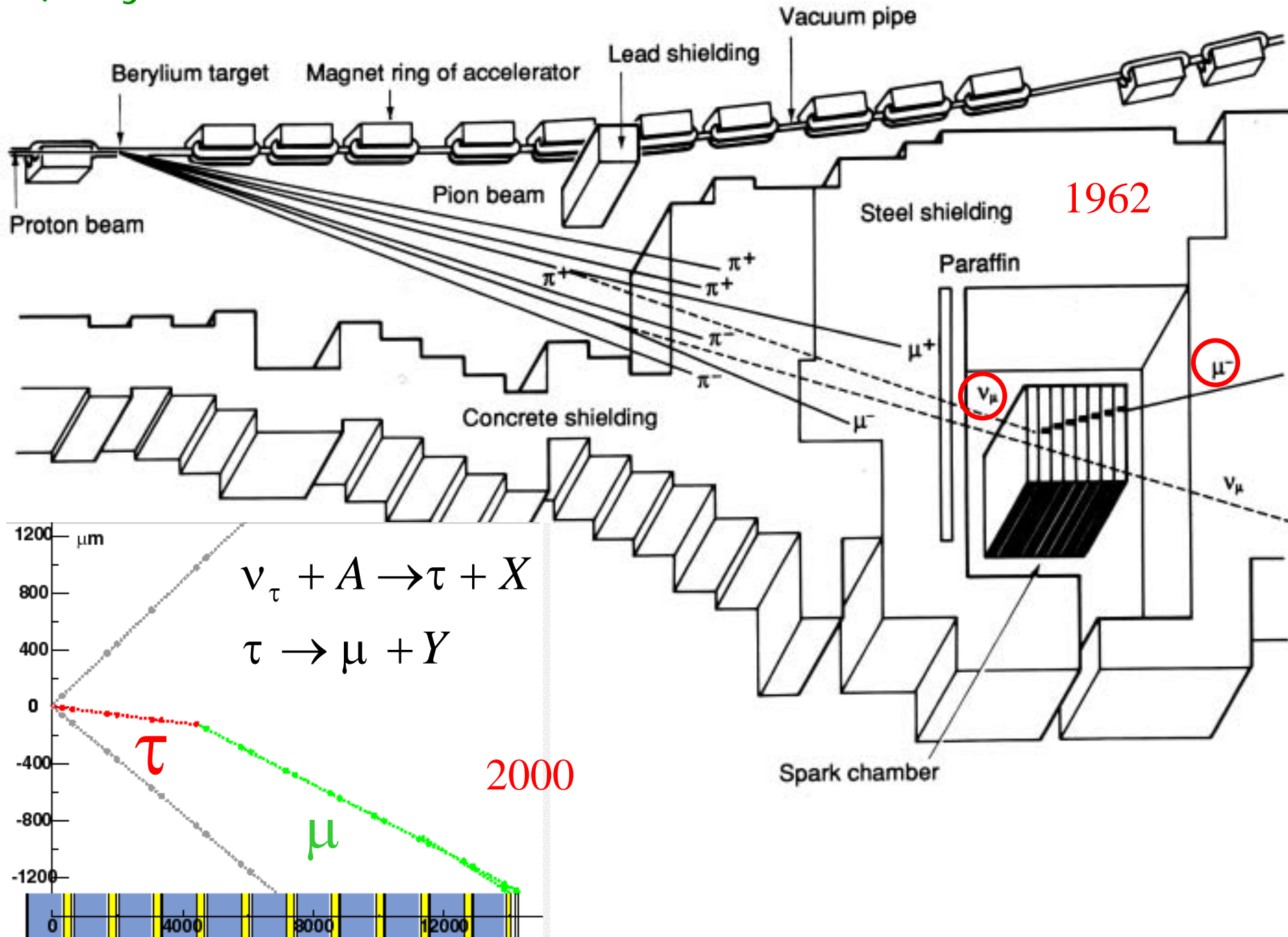
„Project
Poltergeist“



Cowan

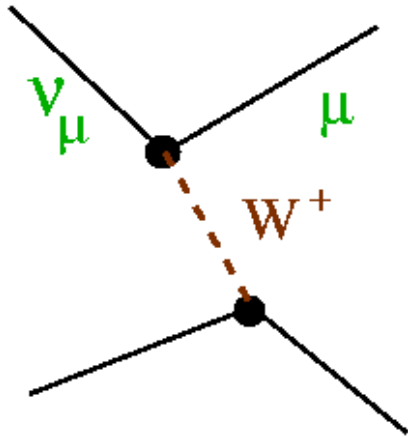
Reines

3) Myon- und Tau-Neutrinos

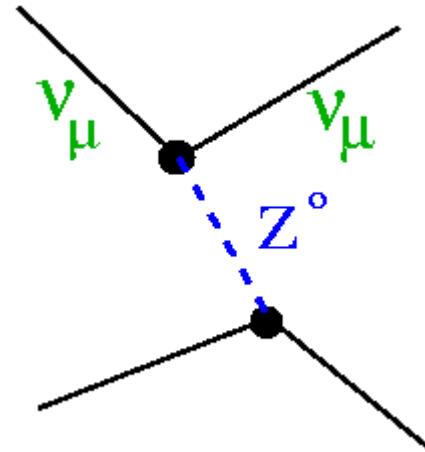


4) Entdeckung der „neutralen Ströme“

Bisher: „geladene Ströme“:

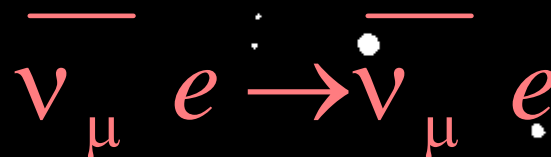


Neu (1973): „neutrale Ströme“:



Gargamelle-
Blasenkammer

1973



(Aachen)

5) Das Standardmodell der Teilchenphysik

Materie: Spin $\frac{1}{2}$ - Fermionen:

Leptonen: $\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{pmatrix}$

Quarks: $\begin{pmatrix} u u u \\ d d d \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} c c c \\ s s s \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} t t t \\ b b b \end{pmatrix}$

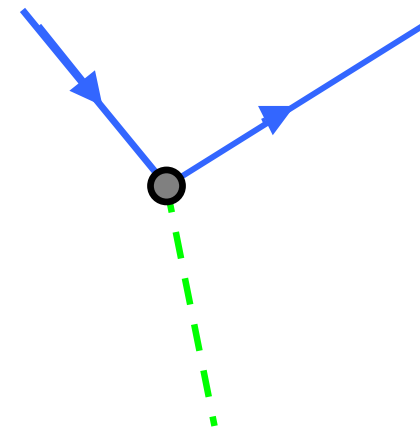
Wechselwirkungen: Spin 1 – Eichbosonen:

elektroschwach:

Photon	γ	masselos
Z-Boson	Z	91 GeV
W-Boson	W^+ W^-	80 GeV

stark:

Gluon	g	masselos
-------	---	----------



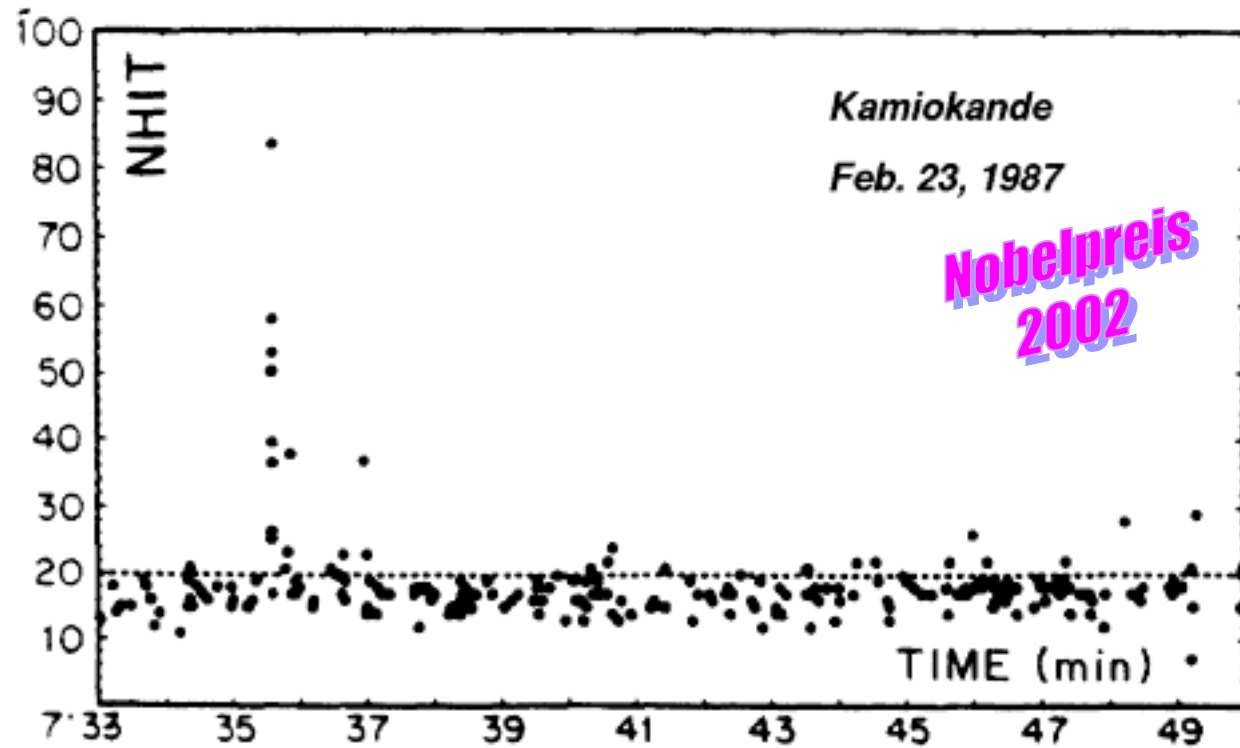
(Fast) alle experimentellen Daten werden akkurat beschrieben!

6) Neutrinos aus dem Universum

aus Supernovae: **SN 1987A** (Magellansche Wolke)



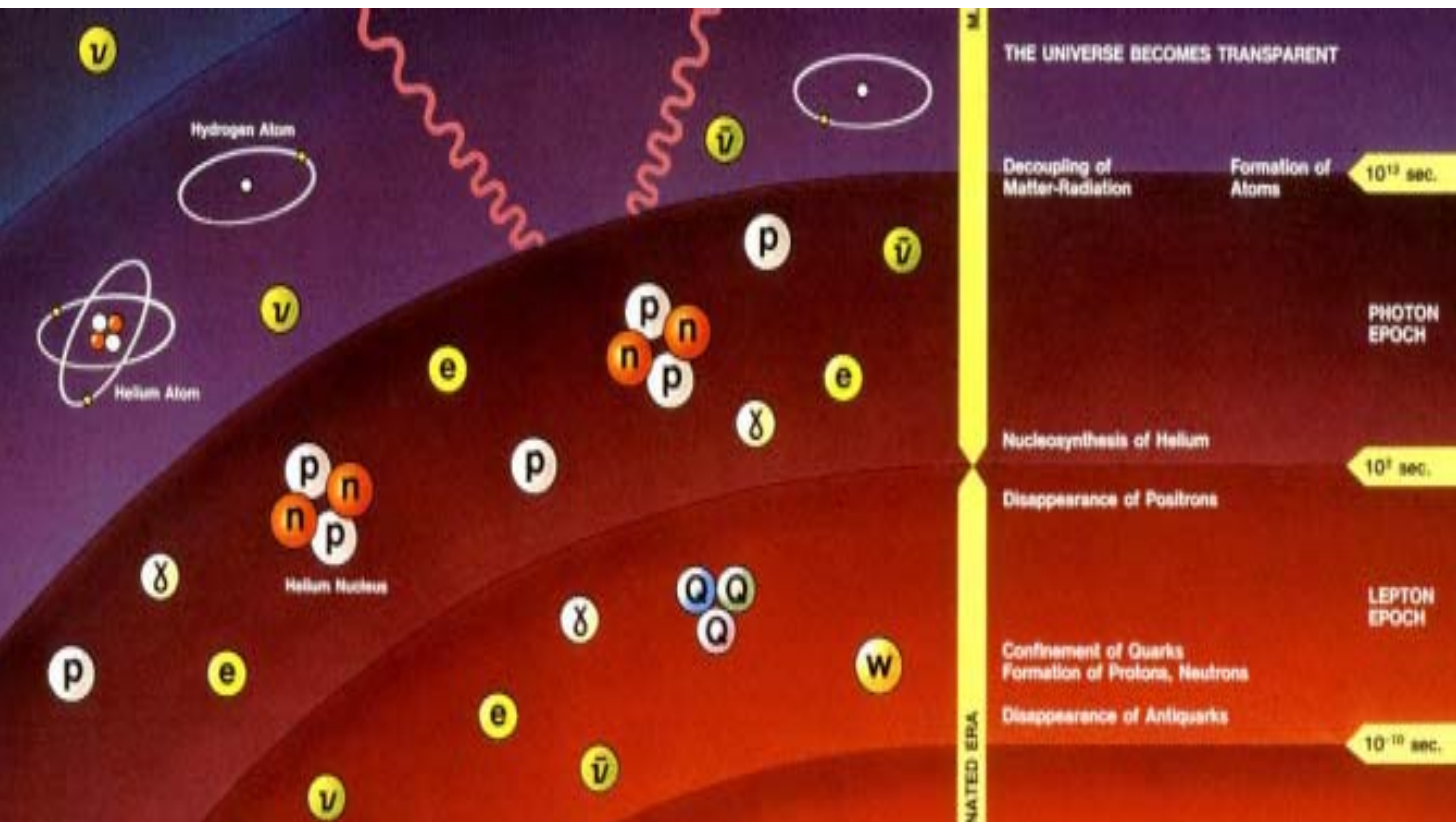
2002



aus der Sonne (Thema 8)

aus anderen kosmischen Quellen ?

7) Neutrinos aus dem Big-Bang



400 000 a:
Photonen
entkoppeln

1 s:
Neutrinos
entkoppeln

Photonen heute: „kosmische Hintergrundstrahlung“

$400/\text{cm}^3$ 3K

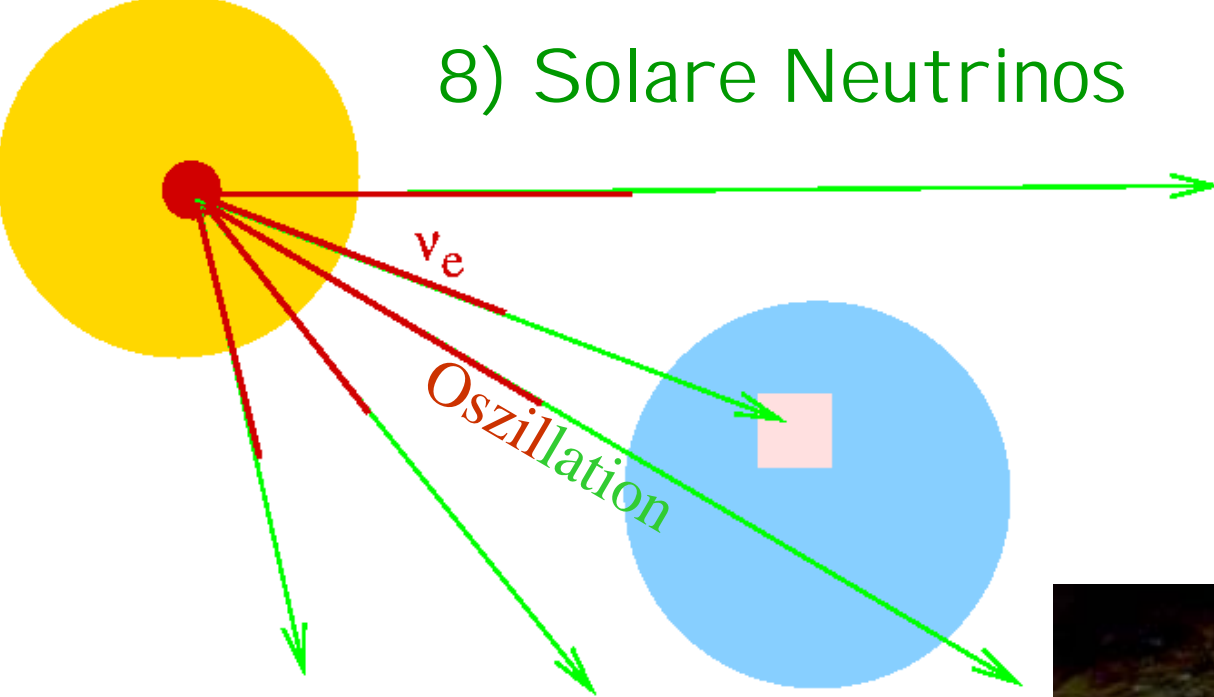
(1964)

Neutrinos heute: „Neutrino-Hintergrundstrahlung“

$300/\text{cm}^3$ 2K

Nachweis ?

8) Solare Neutrinos



Neutrinoquelle Sonne:



Erde:

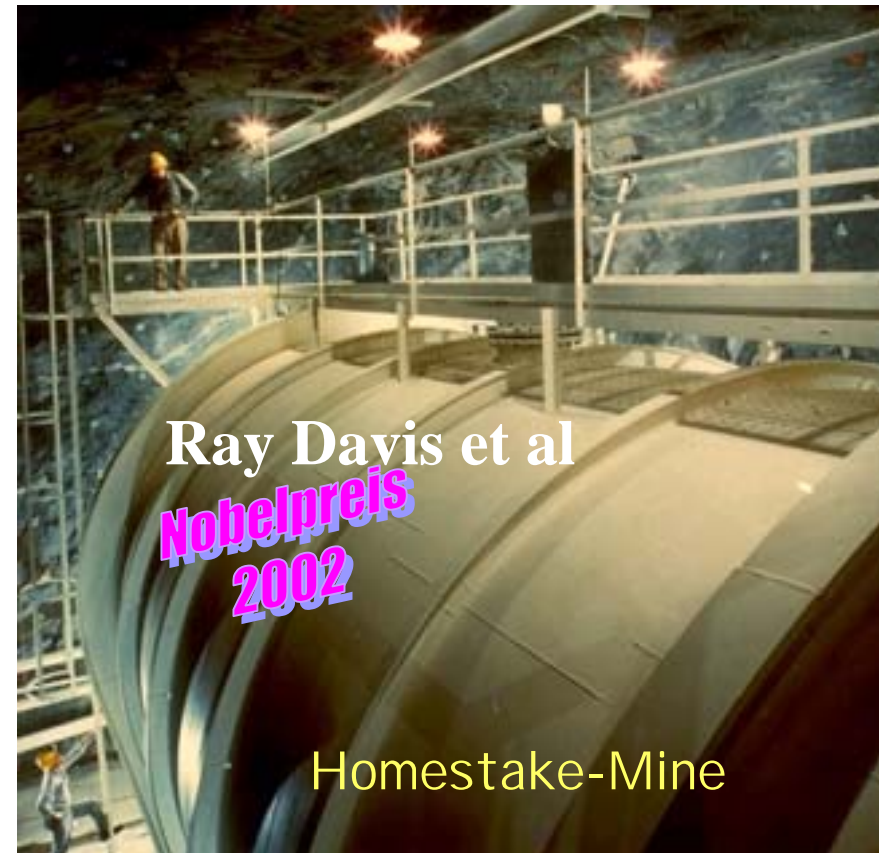
$$6 \cdot 10^{14} \nu_e / m^2 / s \quad ?$$

Nachweis (Beispiel):



Ergebnis:

< 50% kommen auf Erde an !

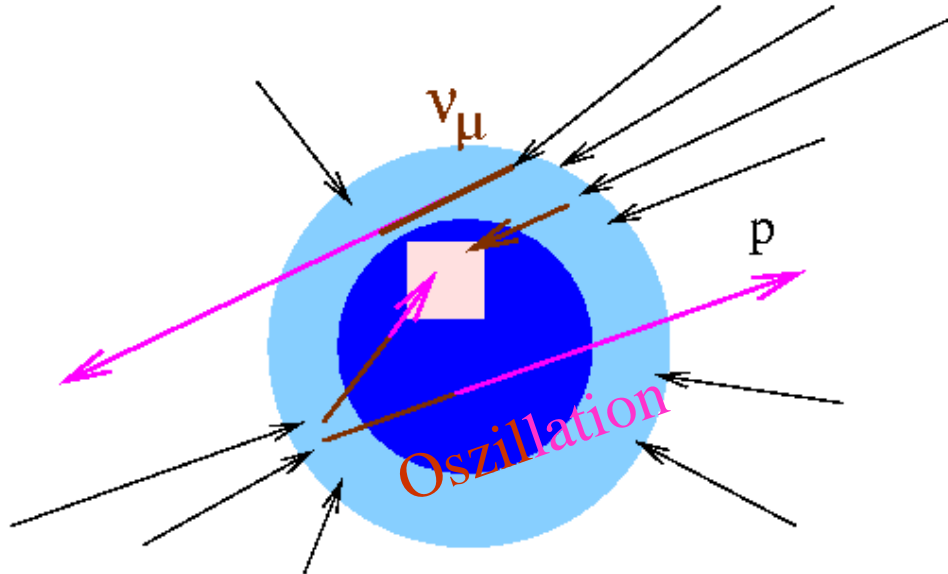


Ray Davis et al

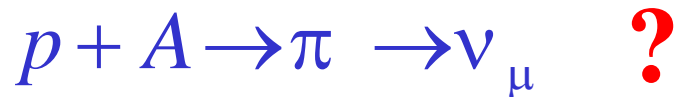
Nobelpreis
2002

Homestake-Mine

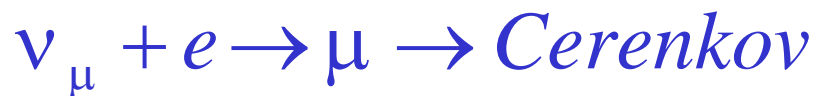
9) Atmosphärische Neutrinos



Erdatmosphäre:



Nachweis:



Ergebnis:

Rate `zu klein' !



M. Koshiba et al.

Nobelpreis
2002

Super-

Kamiokande

EPS conference High Energy Physics Aachen 2003

Nobelprize
2002

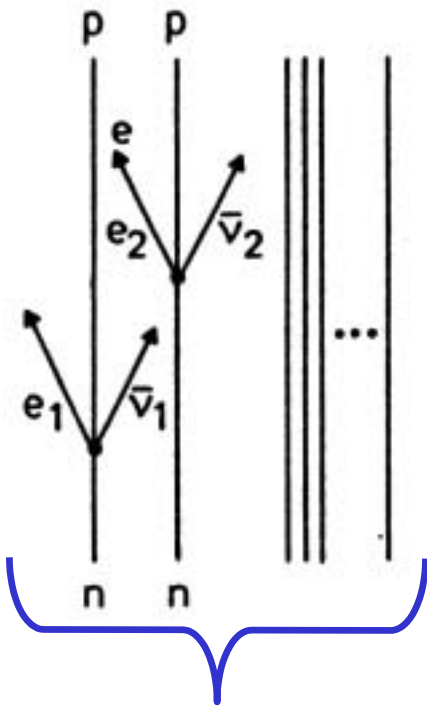


Prof. Masatoshi Koshiya:

The birth of neutrino astrophysics

Monday July 21 11:00-11:30 Karman Auditorium, FO1

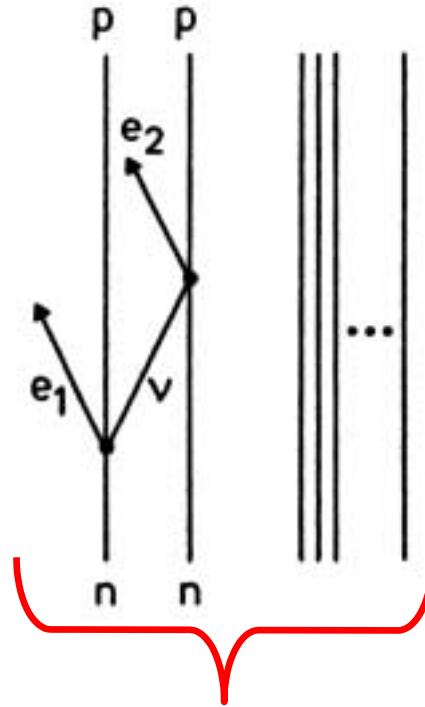
10) (Neutrinoloser) Doppel-Beta-Zerfall ?



„Dirac“-
Neutrino

$$\nu \neq \bar{\nu}$$

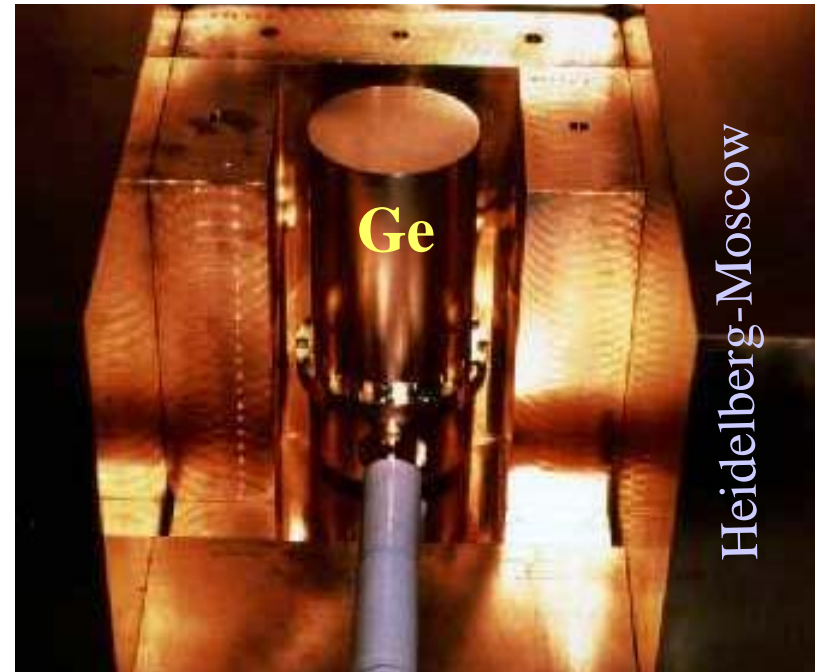
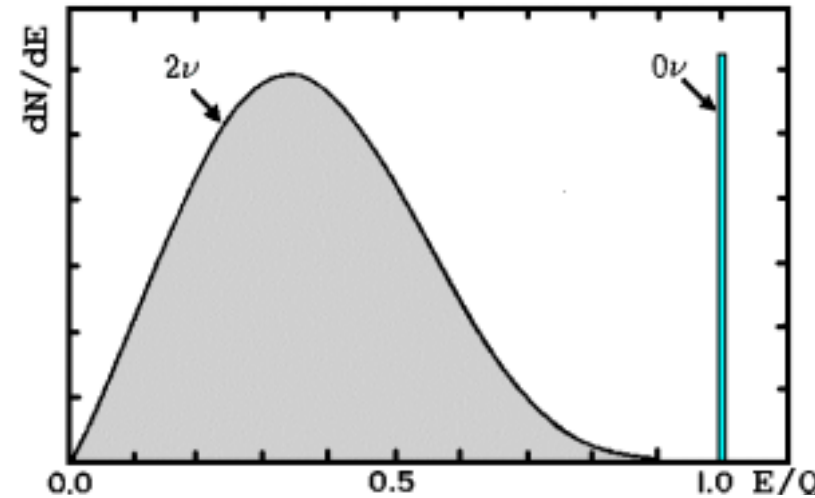
beobachtet
(1987)



„Majorana“-
Neutrino

$$\nu = \bar{\nu}$$

???



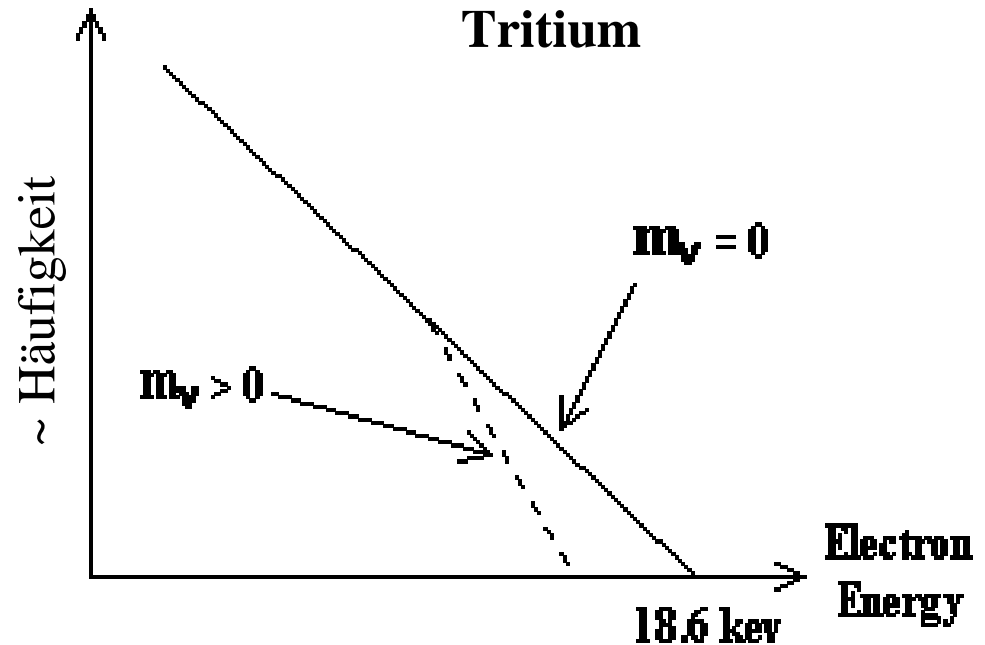
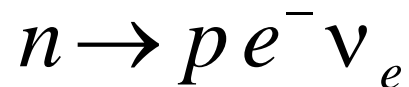
11) Neutrino-Masse ?



Wichtig für Teilchenphysik und Kosmologie!

Massenbestimmung:

- a) Genaue Messungen
des Beta-Zerfalls



- a) Neutrino-Oszillationen ?



Wahrscheinlichkeit = $f(\Delta m^2)$

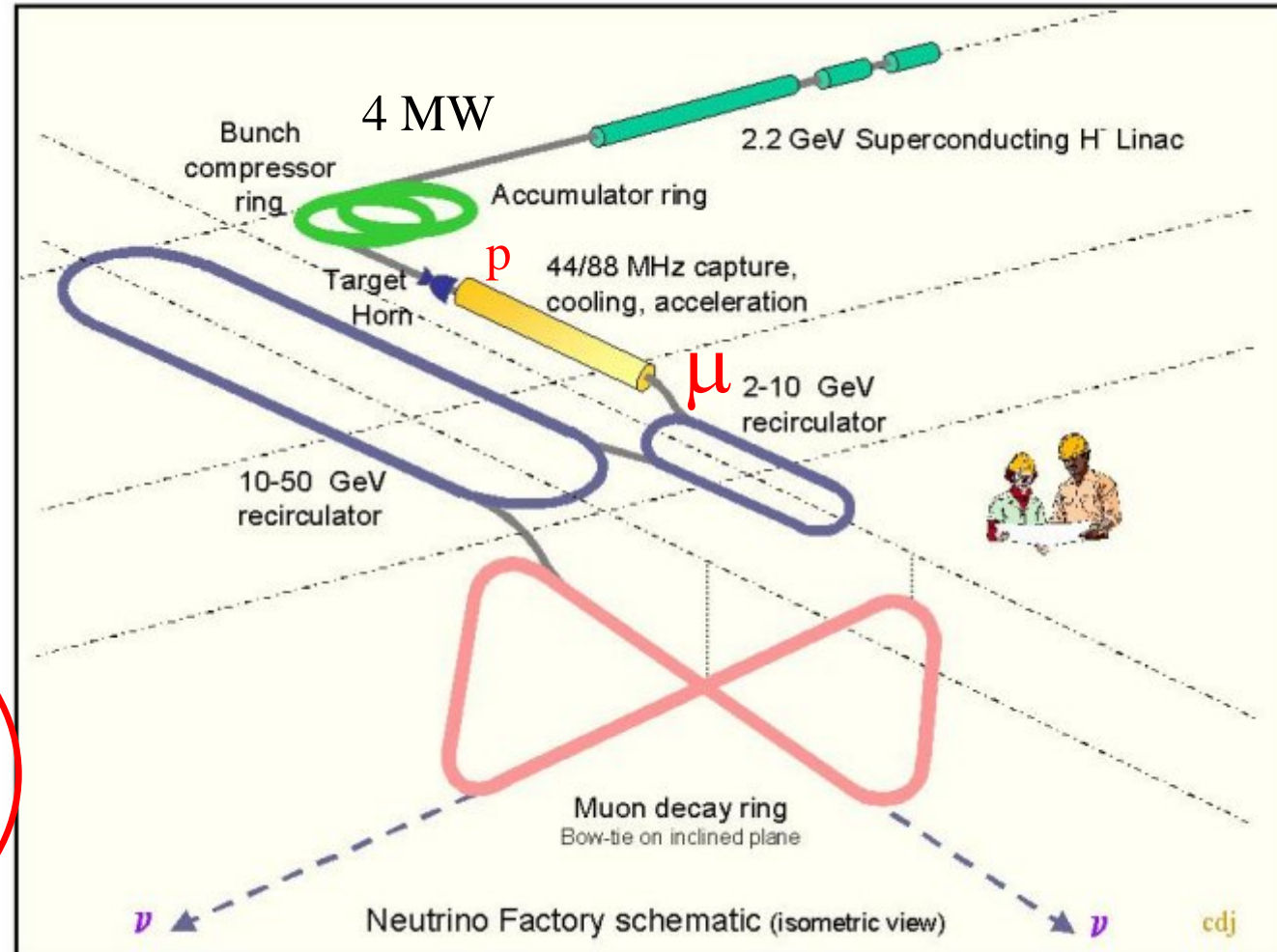
12) Zukünftige Neutrino-Experimente

Beispiel:

Neutrino-Fabrik
am CERN
(201X)

$> 10^{20} \nu / \text{Jahr}$

Kleine
Strahldivergenz



Oszillationsexperimente,

Messung von Neutrino-Antineutrino Asymmetrien