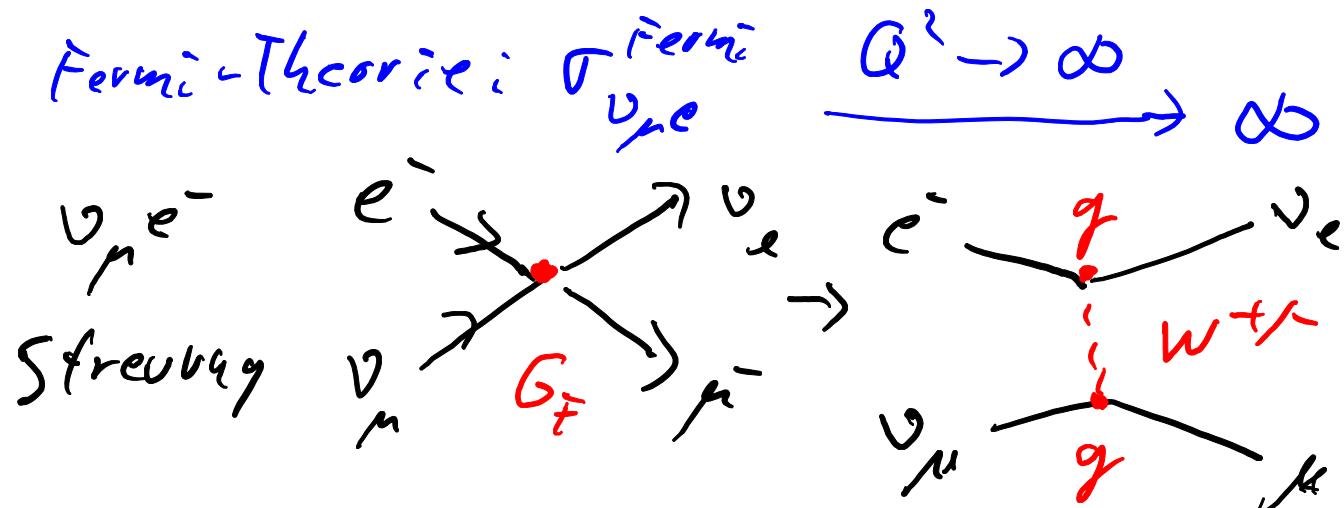


# 12. Elektroschwache Wechselwirkung

## 12.1 Fiktivmediane Vektorbosonen



$$|\langle \psi_f | H | \psi_i \rangle| \sim G_F |M_G| \rightarrow g \frac{1}{Q^2 c^2 + M_W^2 c^4} g$$

für  $Q^2 \gg 0$

$$G_F = \frac{1}{8} \frac{g^2}{M_W^2 c^4} \cdot (5c)^3$$

Verletzung der Unitaritätsgrenze

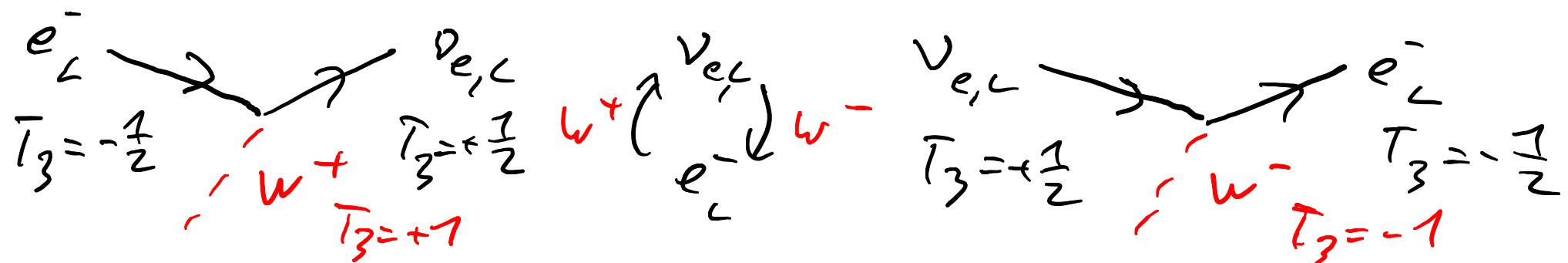
W: massive Austauschteilchen der schwachen WW

$$g \xrightarrow{Q^2 \rightarrow 0} \frac{g^2}{M_W^2 c^4}$$

$$M_W = 80,4 \text{ GeV}/c^2, \text{ Spur } 15$$

→ geringe Stärke der schwachen WW bei kleinen  $Q^2$  wegen großer W-Masse

## 72.7.7 Wechselwirkung des W-Bosons



$\rightarrow W^+/W^-$ -Bosonen wirken wie Auf-/Absteigende operatoren

$\rightarrow SU(2)$ -Symmetrie der schwachen WW

$\rightarrow$  Erhaltungsgruppe Schwacher Isospin  $T$

$W$ -Kopplung an Doppeltrios mit  $T = \frac{1}{2}$ ,  $T_3 = \pm \frac{1}{2}$

$$\left(\begin{matrix} \nu_e \\ e^- \end{matrix}\right)_L, \left(\begin{matrix} \nu_\mu \\ \mu^- \end{matrix}\right)_L, \left(\begin{matrix} \nu_\tau \\ \tau^- \end{matrix}\right)_L, \left(\begin{matrix} u \\ d' \end{matrix}\right)_L, \left(\begin{matrix} c \\ s' \end{matrix}\right)_L, \left(\begin{matrix} t \\ b' \end{matrix}\right)_L$$

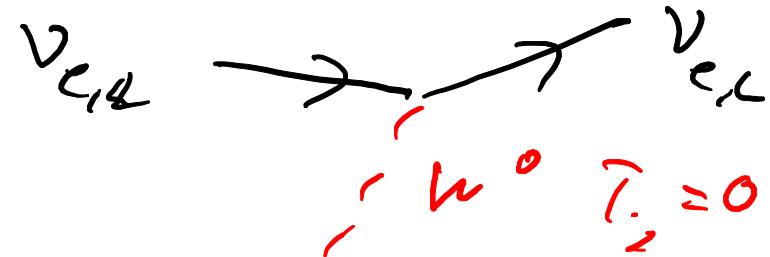
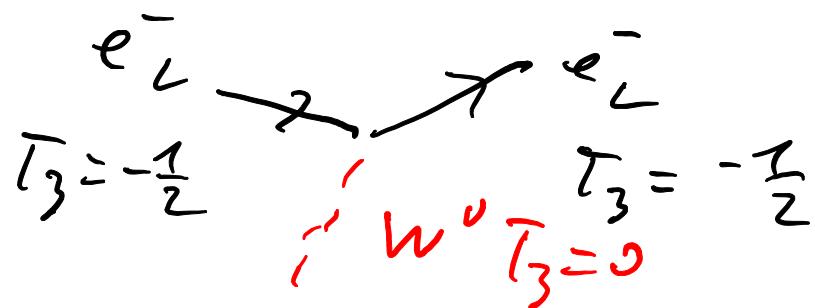
Quarkmixing:  $d' \approx d$ ,  $s' \approx s$ ,  $b' \approx b$

$$W^{+-}: T_3 = \pm \frac{1}{2} \Rightarrow T = \frac{1}{2}$$

$\rightarrow W^{+-}$  gehören zu schwachen Isospin-Triplett

### 3 12.1.2 $W^0$ -Boson

- $W^0$ : Austauschteilchen mit  $T=1, T_3=0$



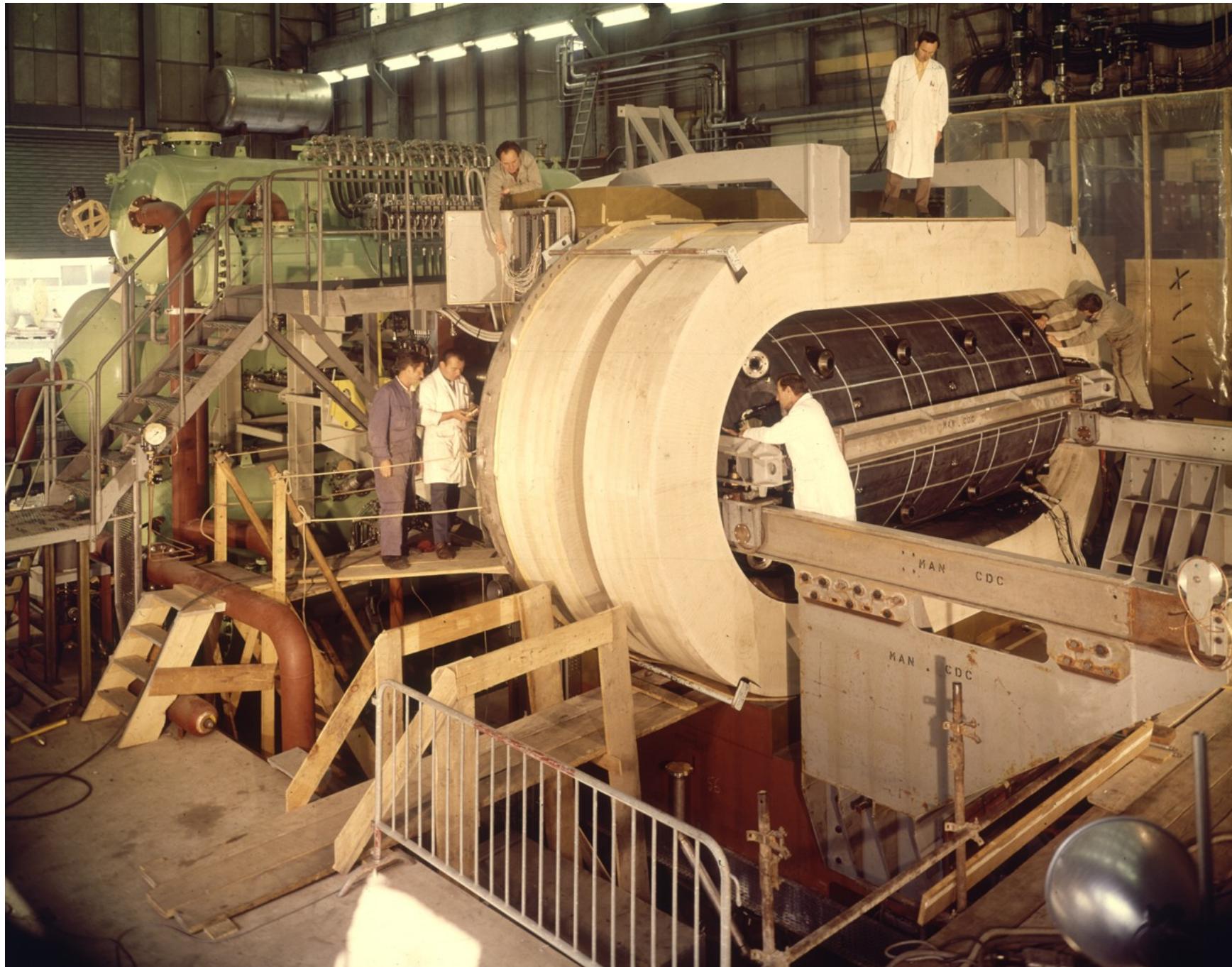
$W^0$ -Austausch: Neutraler Strom (NC)

$W^\pm$ -Austausch: Geladener Strom (CC)

- Experimenteller Nachweis von NC-Reaktionen durch  $\bar{\nu}_\mu$ -Streuung

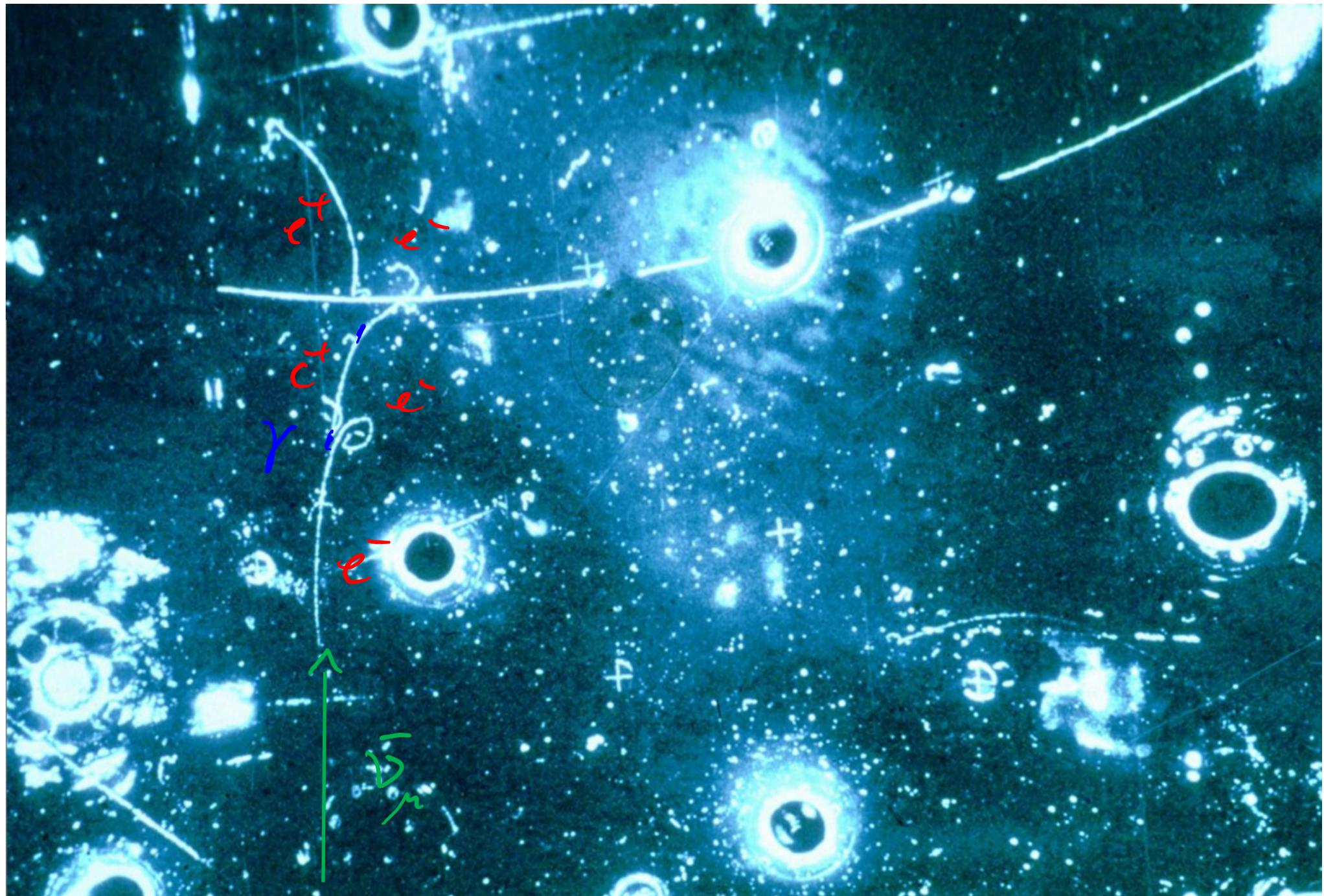


# Gargamelle - Experiment (CERN)



$\bar{\nu}_\mu$ -Studie  
auf  $12 \text{ m}^3$   
Flüssigpros  
Freon  
( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ )

# Erfste Beobachtung von NC-Reaktion (1973)



## 6 12.2 Vereinigung der elektromagn. und schwacher Wechselwirkung\*

### Glashow-Salam-Weinberg-Theorie

- $W$  koppelt an schwacher Isospin mit Stärke  $g T_3$
- Weiteres Austauschteilchen  $B^0$  mit  $I = T_3 = 0$
- $B^0$  koppelt an schwache Hyperladung mit Stärke  $g' \frac{Y}{2}$

$$Y = ?(Q \cdot T_3) \rightarrow Y_{\nu_L} = -1, Y_{\nu_R} = 0, Y_e = -1, Y_{e_R} = -2$$

- Mischung von  $W^0$  und  $B^0$  bildet experimentell beobachtete Austauschteilchen mit definierter Masse:

$$\langle Y \rangle = \sin \Theta_W \langle W^0 \rangle + \cos \Theta_W \langle B^0 \rangle \quad M_Y = 0$$

$$\langle Z^0 \rangle = \cos \Theta_W \langle W^0 \rangle - \sin \Theta_W \langle B^0 \rangle \quad M_Z = 91,2 \text{ GeV}$$

$Z^0$  koppelt an links- und rechtsähnliche Teilchen  
 $\Theta_W$ : schwacher Mischungswinkel / Weinberg-Winkel

## 12.2.1 Relationen der Kopplungsstärken

- $\gamma$ -Kopplung an  $V_L$ :

$$\sin \Theta_w g \left( +\frac{1}{2} \right) + \cos \Theta_w g' \left( -\frac{1}{2} \right) \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Rightarrow \sin \Theta_w g = -\cos \Theta_w g'$$

$$\Rightarrow \frac{g'}{g} = \tan \Theta_w$$

- $\gamma$ -Kopplung an  $e_R$ :

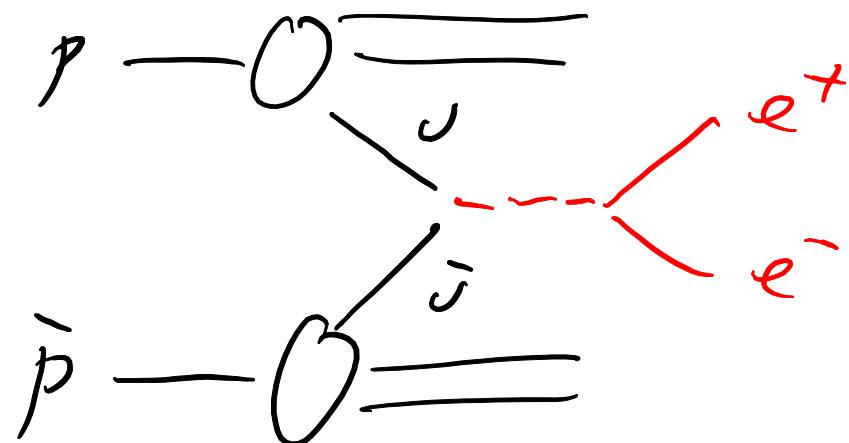
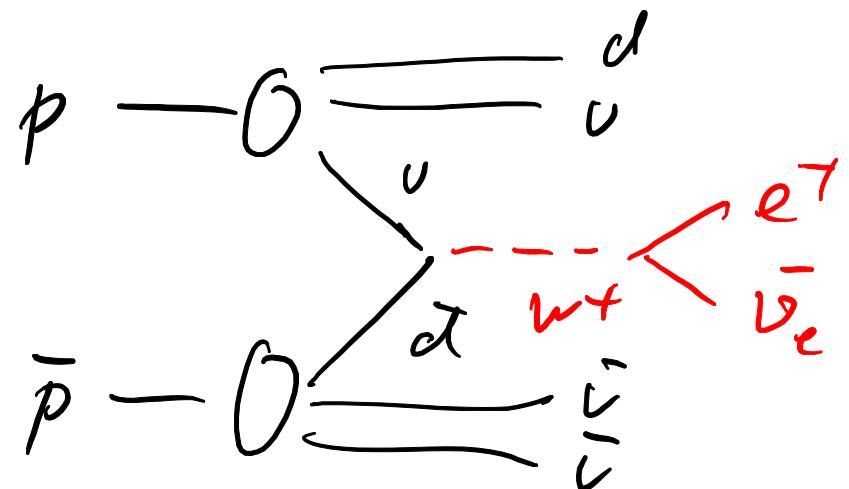
$$0 + \cos \Theta_w g' (-1) = -e$$

$$\Rightarrow g \sin \Theta_w = g' \cos \Theta_w = e$$

$$\sin^2 \Theta_w \approx 0,23 \rightarrow \Theta_w \approx 28,7^\circ$$

## 12.3 Entdeckung und Untersuchung von W- und Z Bosonen

- TPS-Beschleuniger am CERN:  $p \rightarrow \overleftarrow{p}$   $220 \text{ GeV} \quad 270 \text{ GeV}$



- Nachweis durch UA1 und UA2 (1982)
- Nobelpreis Rubbia und v.d. Meer 1983

9 LEP - Beschleuniger:  $e^+e^-$ , 27 km Umfang, 1989-2000

