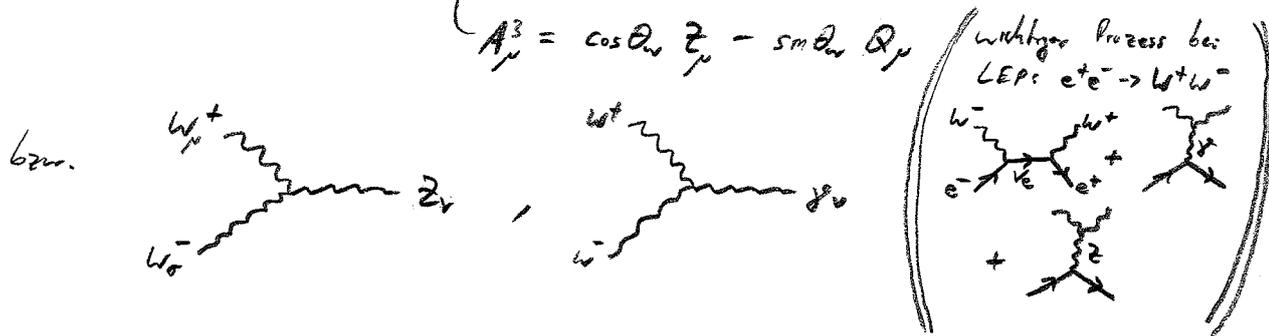
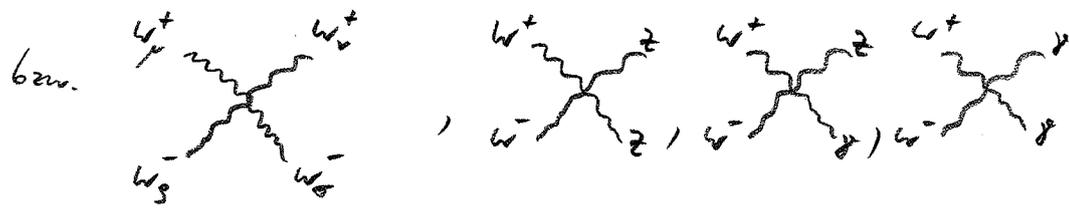


$$\textcircled{2}'_a \Rightarrow \mathcal{L}_{\text{Eich}} \ni \mathcal{L}_{A^3} = -ig_w \left\{ (\partial_\mu A_\nu^3) W_{\mu 3}^+ W_{\nu 4}^- + A_4^3 (\partial_\mu W_2^+) W_3^- + A_3^3 W_4^+ (\partial_\mu W_2^-) \right\} [g^{\mu_1 \mu_2} g^{\mu_3 \mu_4} - g^{14} g^{23}]$$



$$\textcircled{2}'_b \Rightarrow \mathcal{L}_{\text{Eich}} \ni \mathcal{L}_{A^4} = \frac{g_w^2}{4} \left\{ W_{\mu 1}^+ W_{\mu 2}^+ W_{\mu 3}^- W_{\mu 4}^- - 2 W_{\mu 1}^+ W_{\mu 2}^- A_3^3 A_4^3 \right\} + [2g^{\mu_1 \mu_2} g^{\mu_3 \mu_4} - g^{13} g^{24} - g^{14} g^{23}]$$



→ haben nun alle U_W -Terme explizit aufgeschrieben.

was bleibt? restliche quadratische Terme: ((in "Feynman-Gleichung", $\mathcal{L}_{\text{GF}} = -\frac{1}{2}(\partial_\mu \phi)^2$))

- $\textcircled{2}'_c \Rightarrow \mathcal{L}_{\text{Eich}, A^2} = -\frac{1}{4}(\partial_\mu Z_\nu - \partial_\nu Z_\mu)^2 - \frac{1}{2}(\partial_\mu W_\nu^+ - \partial_\nu W_\mu^+)(\partial^\mu W_\nu^- - \partial^\nu W_\mu^-) - \frac{1}{2}(\partial_\mu Q_\nu)^2$
- $\textcircled{4}'_d \Rightarrow \mathcal{L}_{\text{Ferm}, F^2} = \sum_F \bar{\psi}_F i \gamma^\mu \partial_\mu \psi_F$

→ freie Parameter des SM: messen! (s. PDG); verstehen?? (s. 357)

wie können sie hier zumindest zählen:

- (3 Teilchen-Generationen)
- 2 : g_s, θ ; 2 Parameter der starken U_W
- 3 · (2+1) : m_u, m_d, m_e + 2. + 3. Gen.; 9 Fermion-Massen
- 4 : g_u, g_r, v, λ ; 4 Kopplungen aus elektroschwach + Higgs Sektor
- (3-1)² : 4 Parameter in V_{CKM}
- 3 · 1 : m_ν + 2. + 3. Gen.; 3 Neutrino-Massen
- (3-1)² : 4 Parameter in V_L ((falls Majorana: +2 Phasen))

26 zu viele?! (beschreibt tausende hochpräzise Experimente!)

Ausblicke / Herausforderungen / offene Fragen

- Majorana ($\bar{\nu} = \nu$) vs. Dirac-Neutrinos?
 → experimentell beantwortbar! $0\nu 2\beta$ -Zerfall; selten: $\tau \sim 10^{26}$ Jahre

- SUSY (Supersymmetrie)?

theor. Argument: Teilchenmassen ändern sich durch Schleifen-Quantenkorrekturen

Skalarfeld (Higgs): $m_H \xrightarrow{\text{Schleifen}} 10^{16} \text{ GeV} ?!$ $H \cdots \text{Schleife} \cdots H$
 fordern Symmetrie! Bos \leftrightarrow Fer, $H \cdots \text{Schleife} \cdots H$ } Summe = 0
Schleifen-Quantenkorrekturen
Stopp

- (Kern) Higgs? $\Delta \chi^2_{SM}$? GUT-, SUSY-, ...-Teilchen entdecken?

aktuell: SLAC (USA), KEK (Japan) : B-Physik

Fermilab (USA) : 1+1 TeV p+p; Higgs-Suche

Brookhaven (USA) : $\frac{100 \text{ GeV}}{\text{Nobelen}}$ Au+Au; QCD-Plasma

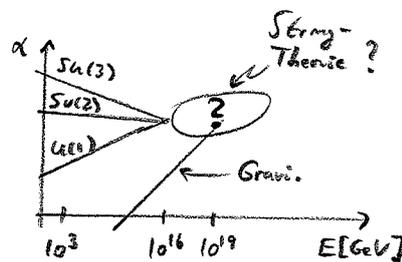
LHC (CERN, Sai) : 3.5+3.5 TeV p+p (später: 7+7 TeV)
 \varnothing 8.5 km $3+3 \frac{\text{TeV}}{\text{Mikron}}$ Pb+Pb

zukünftig(?): ILC [International Linear Collider] : 1 TeV e^+e^- , Länge 30 km

VLHC [Very Large Hadron Collider] : 60 TeV p+p, \varnothing 20 km

Muon-Collider, $\mu^+\mu^- @ 1 \text{ TeV}$

- BSM. woher kommen die 4 Kräfte?
 warum sehen wir die verschiedenen Teilchen?
 woher kommen deren Massen und Ladungen?
 warum leben wir in 4D?
 was ist die Struktur von Raumzeit + Gravi.?



[Vorlesung: SS]

- Gravi-Expt.: Gravitationswellen! z.B. LISA (NASA, ESA), ≈ 2018 [Stu#4?]
 (5 M km Interferometer)

[Vorlesung: SS] →

- Kosmologie / Astroteilchenphysik

"Kosmol. Standard-Modell" ((konsistente Beschreibung aller Beobachtungsdaten))

Energie-/Masse-Dichte des Universums { $\approx 5\%$ "normale" Materie
 $\approx 25\%$ "dunkle" Materie
 $\approx 70\%$ "dunkle Energie" }
"Sieht" man nur via Gravi.
 V's: $\lesssim 1\%$
 → WIMPs? Neutrinos?
 (SUSY)

Wie geht es konkret weiter?

- Theorie: Quantenfeldtheorie! [Vorlesung: SS; Master]
- Teildiplomphysik-Prüfungen: Termine mit VS absprechen
 - ↳ 7.2. - 11.2.
 - 17.2. - 25.3.
 PDG-Booklet mitbringen
- BA-Arbeiten
- Bewerbung für Auslandssemester etc
DAAD, Fulbright, Erasmus, ... [Info: International office DO]