



▶ **QED-Lagrangedichte:** $\mathcal{L}_{\text{QED}} = \bar{\psi}(i\cancel{\partial} - m_0)\psi - \frac{1}{4}(F^{\mu\nu})^2 - e_0\bar{\psi}\gamma^\mu\psi A_\mu$

▶ nackte Fermion-Masse: m_0

▶ nackte Ladung: e_0

▶ renormierte Felder: $\psi_R = Z_2^{-\frac{1}{2}}\psi$, $A_R^\mu = Z_3^{-\frac{1}{2}}A^\mu$

▶ **Def.:** $Z_1 = 1 + \delta_1$, $Z_2 = 1 + \delta_2$, $Z_3 = 1 + \delta_3$, $Z_2 m_0 = m + \delta m$

▶ physikalische Fermion-Masse: m

▶ physikalische Ladung: $e = Z_1^{-1} Z_2 Z_3^{-\frac{1}{2}} e_0$

$\Rightarrow \mathcal{L}_{\text{QED}} = \bar{\psi}_R(i\cancel{\partial} - m)\psi_R - \frac{1}{4}(F_R^{\mu\nu})^2 - e\bar{\psi}_R\gamma^\mu\psi_R A_{R\mu} + \mathcal{L}_{\text{QED}}^{\text{CT}}$

enthält nur physikalische Massen und Ladungen und renormierte Felder

▶ **Counter-Terme:**

$$\mathcal{L}_{\text{QED}}^{\text{CT}} = \bar{\psi}_R(i\delta_2\cancel{\partial} - \delta m)\psi_R - \frac{1}{4}\delta_3(F_R^{\mu\nu})^2 - e\delta_1\bar{\psi}_R\gamma^\mu\psi_R A_{R\mu}$$

→ **zusätzliche Feynman-Regeln**

Counterterm-Renormierung der QED



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- ▶ zunächst unbestimmte neue Parameter: $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta m$
 - ↔ unbestimmte alte Parameter: e_0, Z_2, Z_3, m_0



- ▶ zunächst unbestimmte neue Parameter: $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta m$
↔ unbestimmte alte Parameter: e_0, Z_2, Z_3, m_0
- ▶ Renormierungsbedingungen:
 1. Die Masse des Elektrons bleibt bei m .
 2. Das Residuum des Elektrons-Propagators bleibt unverändert.
 3. Das Residuum des Photon-Propagators bleibt unverändert.
 4. Die Ladung des Elektrons bleibt am Renormierungspunkt bei e .

- ▶ zunächst unbestimmte neue Parameter: $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta m$

↔ unbestimmte alte Parameter: e_0, Z_2, Z_3, m_0

- ▶ Renormierungsbedingungen:

1. Die Masse des Elektrons bleibt bei m :

$$S^{-1}(p) = \not{p} - m - \Sigma(p) + i\varepsilon, \quad \Sigma(p)|_{\not{p} \rightarrow m} \stackrel{!}{=} 0$$

2. Das Residuum des Elektrons-Propagators bleibt unverändert:

$$\frac{d}{d\not{p}} \Sigma(p)|_{\not{p} \rightarrow m} \stackrel{!}{=} 0$$

3. Das Residuum des Photon-Propagators bleibt unverändert.

4. Die Ladung des Elektrons bleibt am Renormierungspunkt bei e .



- ▶ zunächst unbestimmte neue Parameter: $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta m$

↔ unbestimmte alte Parameter: e_0, Z_2, Z_3, m_0

- ▶ Renormierungsbedingungen:

1. Die Masse des Elektrons bleibt bei m :

$$S^{-1}(p) = \not{p} - m - \Sigma(p) + i\varepsilon, \quad \Sigma(p)|_{\not{p} \rightarrow m} \stackrel{!}{=} 0$$

2. Das Residuum des Elektrons-Propagators bleibt unverändert:

$$\frac{d}{d\not{p}} \Sigma(p)|_{\not{p} \rightarrow m} \stackrel{!}{=} 0$$

3. Das Residuum des Photon-Propagators bleibt unverändert:

$$D_{\mu\nu}(q^2) = \frac{-g_{\mu\nu}}{q^2(1-\Pi(q^2))+i\varepsilon} + \text{eichabh. longitud. Terme}, \quad \Pi(q^2 = 0) \stackrel{!}{=} 0$$

4. Die Ladung des Elektrons bleibt am Renormierungspunkt bei e :

$$\Gamma^\mu(p, p) \stackrel{!}{=} \gamma^\mu$$