

QCD und Technicolor bei **fast konstanter** Kopplung



R.Alkofer, H. Sanchis-Alepuz, M. Adrien, *F. Zierler*

Karl-Franzens Universität Graz

Kopplungskonstante einer \mathcal{L} agrangedichte

$$\mathcal{L}_{\text{QED}} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \bar{\psi} (i\gamma_{\mu} \partial^{\mu} - e\gamma_{\mu} A^{\mu} - m) \psi$$

- Kopplung e nur Parameter der Lagrangedichte.
- Physikalische Energieskala nach Renormierung

$$\mathcal{L}_{\text{QED}}^r = \frac{-1}{4} F_{\mu\nu}^r F^{r,\mu\nu} + \bar{\psi}_r (i\gamma_{\mu} \partial^{\mu} - e_r \gamma_{\mu} A_r^{\mu} - m_r) \psi$$

- e_r skalenabhängig!

Skalenabhängigkeit in der QCD

- Kopplung verschwindet bei hohen Energien
- Störungstheoretisch zugänglicher Bereich

Allgemein u.a. abhängig von:

- Anzahl der Fermionen N_f
- Darstellung der Fermionen
- Anzahl der Farbladungen N_c

Die QCD Beta-Funktion

$$\beta(g) = \frac{\partial g(\mu)}{\partial \log(\mu)}$$

- auf Einschleifenniveau:

$$\beta(g) = -\frac{g^3}{16\pi^2} \frac{11}{3} N_c + \frac{g^3}{16\pi^2} \frac{4}{3} C(N_f) = -bg^3$$

$$g^2(\mu) = \frac{g_0^2}{1 + bg_0^2 \log(\mu/\mu_0)}$$

- Asymptotische Freiheit für $b > 0!$

Technicolor

- Ansatz für das Hierarchieproblem
- Higgs-Teilchen als Bindungszustand neuer fundamentaler Felder
- Neue $SU(N_c^T)$ Eichgruppe \rightarrow neue Eichbosonen
- N_f^T zusätzliche masselose Fermionen
- Experimentell so gut wie möglich ausgeschlossen

Kopplung in Technicolor-Theorien

- Muss elektroschwache Phänomene erklären
- konstante Kopplung über den elektroschwachen Energiebereich

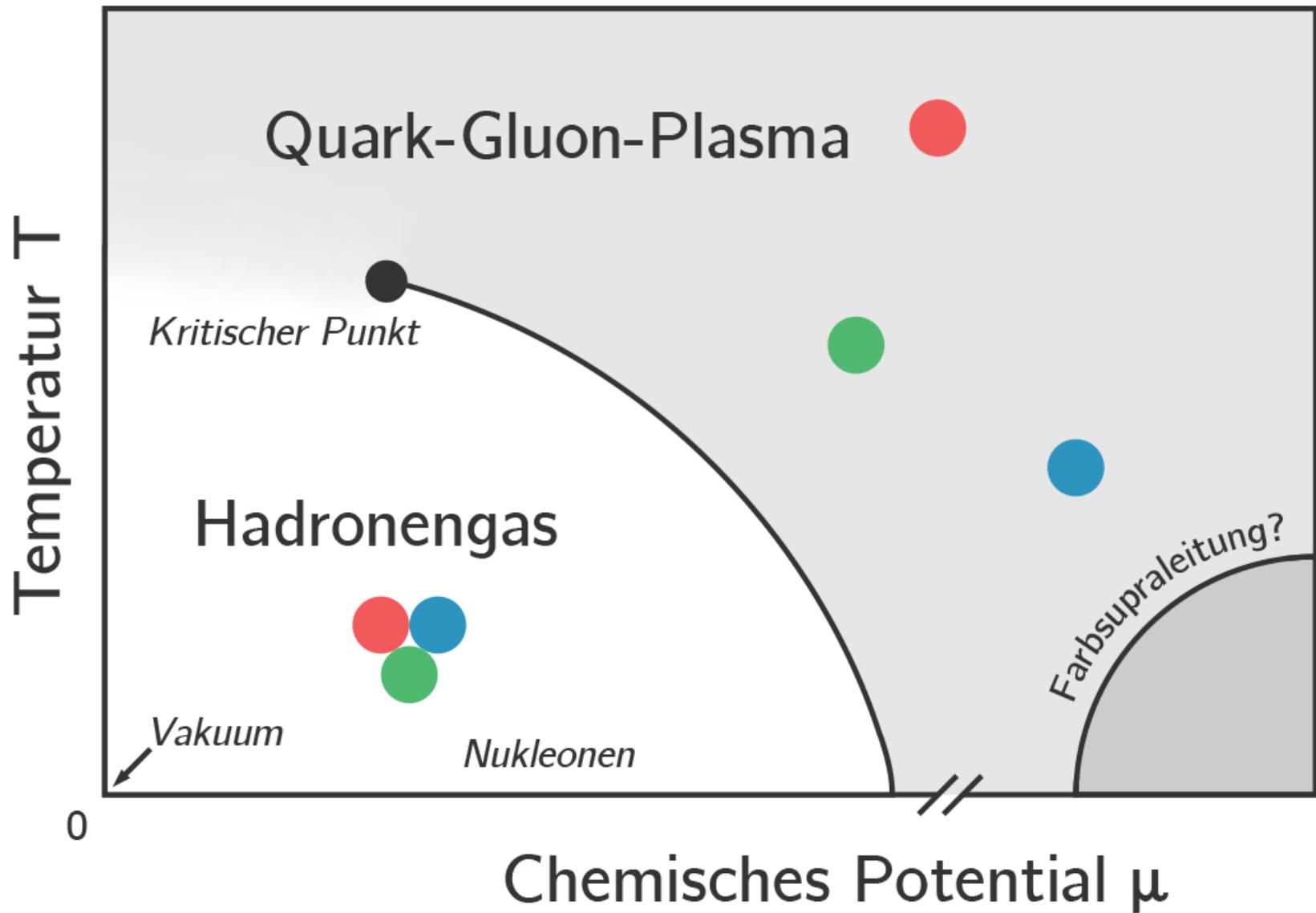
Ist dies überhaupt möglich?

Banks-Zaks Kopplung:

- 2-Schleifen- β -Funktion: Nullstelle
- Starke N_f -Abhängigkeit
- Änderung der Kopplung ist klein
- Asymptotische Freiheit bleibt erhalten
- In der Nähe von $\beta(g) = 0 \rightarrow$ gesuchte Kopplung

Fast-konstante Kopplung in QCD

- Übergang existiert auch für $N_c = 3$ mit fundamental geladenen Fermionen
- Exakter Wert für N_f^{crit} unbekannt
- Stellt chirale Symmetrie wieder her
- Phasendiagramms der QCD hat ähnlichen Übergang

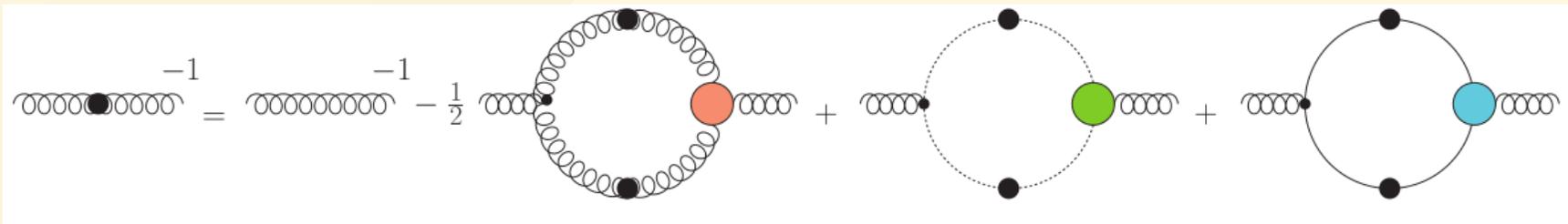


Dyson-Schwinger Gleichungen

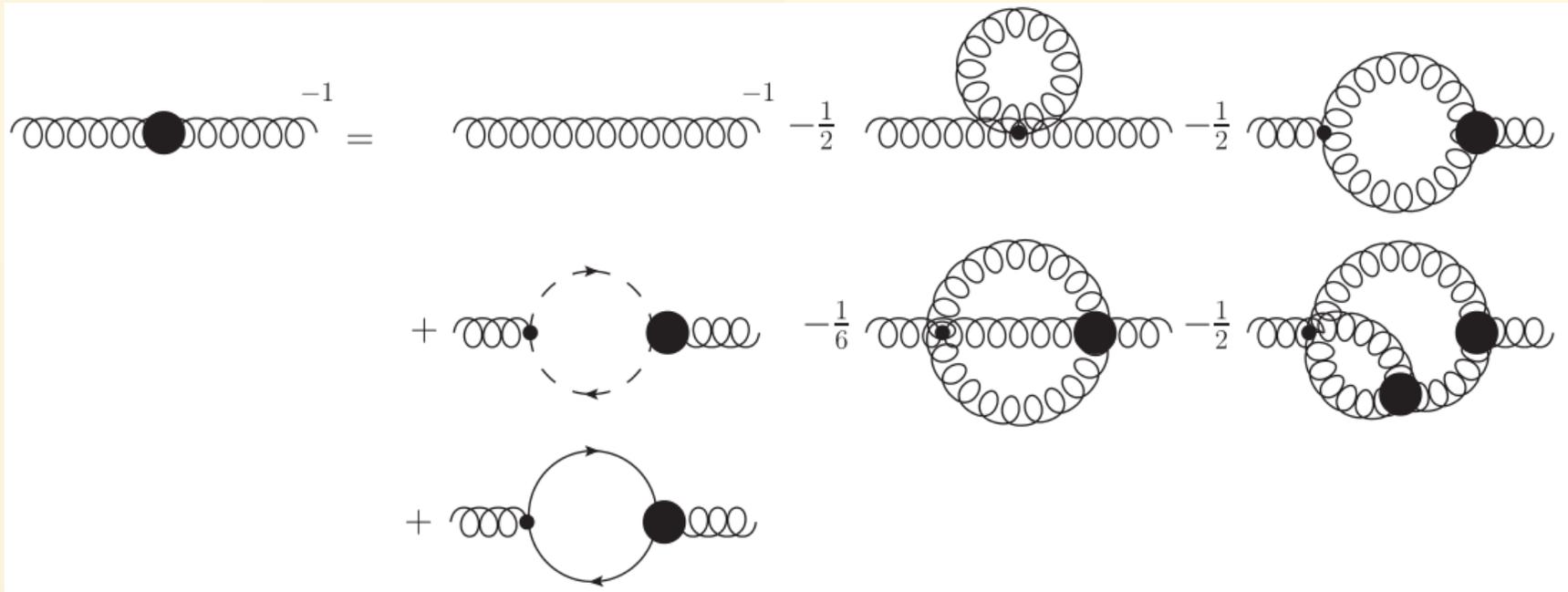
- Integralgleichungen der Korrelationsfunktionen direkt aus dem Pfadintegral (nicht-perturbativ)

$$Z[J] = \int D[\phi] e^{-S_{\text{QCD}} + (\phi_i, J_i)}$$

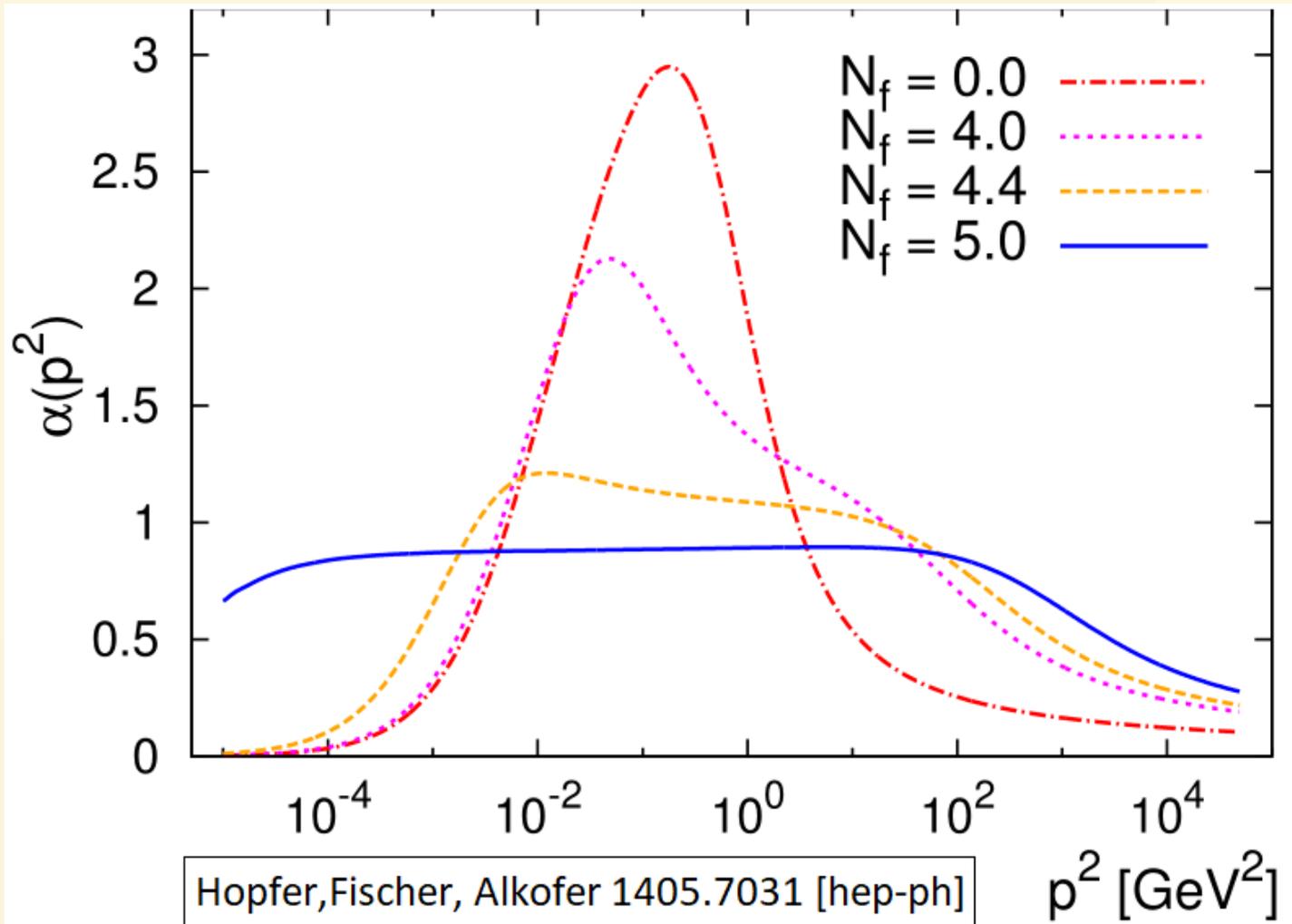
- Unendlich viele Gleichungen \rightarrow Trunkierung nötig



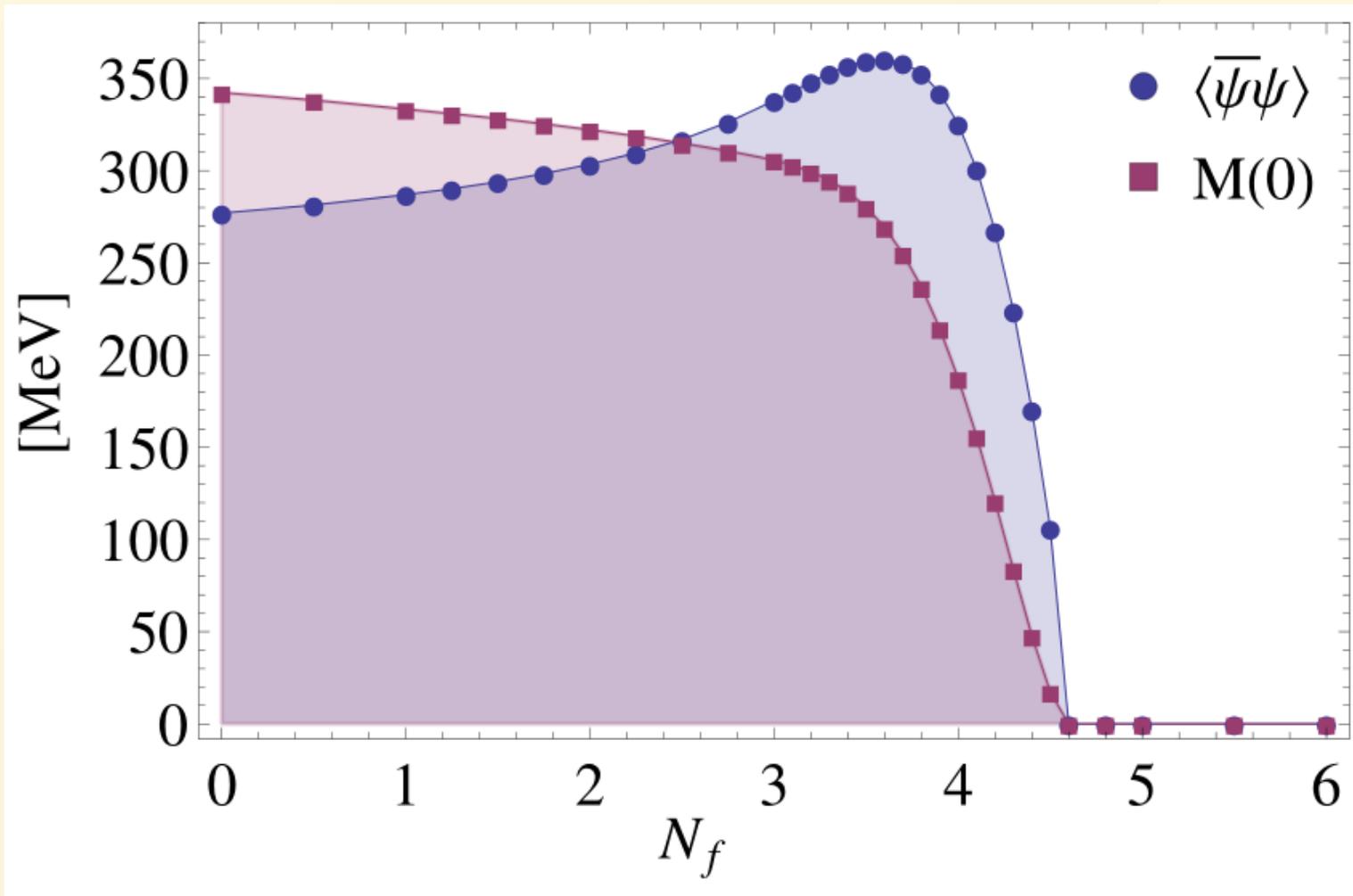
Propagatoren in Landau-Form:



Kopplung für $N_f > 0$



Ordnungsparameter:



Rückblick

- QCD-artige Theorien ermöglichen fast-konstante Kopplung
- Qualitatives Verhalten via Dyson-Schwinger-Gleichungen erkennbar
- Relevanter Phasenübergang auch für QCD

Ausblick

- Bindungszustände & Universalitätsklassen