DFG–FORSCHERGRUPPE

Quantenfeldtheorie, Computeralgebra und Monte-Carlo-Simulation

ÜBERBLICK

$\boxed{\text{Zielsetzung}}$

Störungstheoretische Behandlung der QFT (SM + SUSY, Multi-Loop) mit Blick auf experimentelle Konsequenzen

Weiterentwicklung computeralgebraischer Techniken

Monte-Carlo-Methoden für Hochenergie-Reaktionen

1) Umfeld

   (a) Personelle Voraussetzungen,

   (b) verwandte Projekte,
   internationale Zusammenarbeit

2) Zeitlicher Ablauf

3) Zielsetzungen

4) Fortsetzungsantrag

1) Umfeld

a) personelle Voraussetzungen

Landesstellen:	Th. Gehrmann	TTP
	Kilian	TTP
	Hahn	TP
	Weiglein	TP
	Jikia	Freiburg
Umfeld:	A. Gehrmann	(GK)
	Melnikov	(BMBF)
	Sumino	(Humboldt Stip.)
	Kanemura	(Humboldt Stip.)
	Remiddi	(Humboldt Pr.)
FG (1.6.99):	Chetyrkin	TTP
	Harlander	TTP
	van Ritbergen	TTP
	Fliegner	AI
	Guasch	TP
	Vicini	TP
	Tausk	Freiburg

15 Doktoranden (Stipendien)

zwar abnehmende Zahl von Studenten, aber relativ hohe Zahl von Diplomen und Vordiplomen:

Vordiplome ('98/'99)		Diplome ('98/'99)	
Heidelberg	98	Heidelberg	189
Bonn	69	Karlsruhe	144
Karlsruhe	60	Aachen	131
Aachen	56	TUM	120

b) verwandte Projekte,
internationale Zusammenarbeit

GK Teilchenphysik an Beschleunigern
(bis IX.2001)

BMBF (2$\times$)

VW Stiftung (mit Mainz, Moscow Univ.,
INR of Russ. Acad. Sc.)

INTAS (KA, Leiden, Zeuthen, 2$\times$Moskau,
Dubna)

NATO (Michigan, Freiburg)

Acad. Res. Council (Durham, Freiburg)

EURO-DAPHNE (EU-Netzwerk)

Physics at Colliders (EU-Netzwerk,
beantragt)

Kooperationsabkommen mit JAPAN
(Reisemittel)
(Tsukuba/KEK, Tohoku Univ.)

Kooperation mit Polen (Krakau, Katowice)
(BMBF)

Tichy (Fak. Informatik):
ParaStation-Software

Forschungsvereinbarung mit DEC

experimentelle Gruppen in Karlsruhe:

DAPHNE, DELPHI, CDF, CMS;
KARMEN, KASKADE

2) Zeitlicher Ablauf

Laufzeit ab 1.1.97

- '97: Aufbau der Gruppe
  volle Besetzung ab Sommer '97

- Verbrauch bis Ende '99:
  177 von 213 bewilligten
  Mann-Monaten

- Kooperationszusage von Vermaseren, VIII.96
  Freigabe Projekt 8, IV.97
  Bereitstellung des FORM Source-Codes, VI.97

- Abkommen mit DEC, X.97

- Beschaffung von 8 ALPHA STATIONS
  + Vernetzung II.98/IX.98

3. Zielsetzung

4) Fortsetzungsantrag

Personalmittel

'97 – '99	'00 – '02
Projekt 1 (Kühn)	
Projekt 2 (Hollik)	
Projekt 3 (Hollik/Kühn)	
Projekt 4 (van der Bij)	
Projekt 5 (Mannel)	
Projekt 8 (Staudenmeier)	
Projekt 9 (Kühn)	(Mannel/Kühn)

8 Stellen (5 Antragsteller)

Reise- und Gästemittel: 40 000,–/Jahr

Rechnerausstattung: 250 000,–
einmalig (2000)

80 000,–/Jahr
(2001/02)

KÜHN

Projekt 1:

Multiloop–Rechnungen in der QCD

Projekt 3b:

Automatisierte Berechnung von Feynman–Diagrammen

- Resultate
- Neue Ziele

Resultate ('97–'99)

endl. Teil von (n-1)–Loop massive Vakuum- und masselose Prop.-Diagr.	$\longrightarrow$ (einfache Kombinatorik)	div. Teil von n-Loop

(Chetyrkin) $\Rightarrow$ (R in $\mathcal{O}(\alpha_s^4)$)

Decoupling und Matching
Anomale Dimensionen
(Chetyrkin, Steinhauser)

Effektive starke Wechselwirkung eines pseudoskalaren Bosons in 3-Schleifen-Näherung
(Bardeen, Chetyrkin, Kniehl, Steinhauser)

Schwellenentwicklung ($\rightarrow$ Formel)
Positronium: Spektrum, . . .
(Czarnecki, Melnikov)

OPE für $\langle jj \rangle$ in $\mathcal{O}(\alpha_s^3 m^4)$
(Chetyrkin, Harlander, K) ($\rightarrow$ Formel)

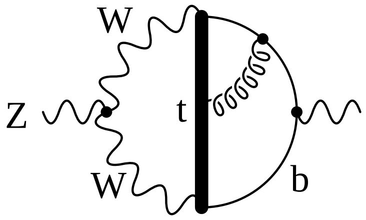
Large Momentum Expansion (3-Loop!)
(Harlander) ($\rightarrow$ Fig)

Entwicklung der Vector-, Axial-, Skalar-, und Pseudoskalaren Korrelatoren (Re + Im!) nach $(m^2/q^2)^n$ bis $n = 6$! (LMP); R ($\rightarrow$ Fig), $H \rightarrow t\bar{t}$, ...

$\Gamma(Z \rightarrow q\bar{q})$ in $\mathcal{O}(g^2_{\text{weak}}\alpha_s^2)$
(Czarnecki + K)
$\Gamma(Z \rightarrow b\bar{b})$ (Harlander, Seidensticker, Steinhauser)

gemischte, nicht-faktorisierende Beiträge (bestätigt von Fleischer et al.)

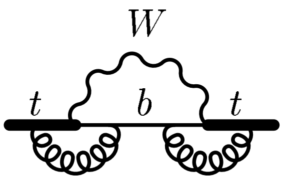
Entwicklungen:



- entwickle in $z = \frac{q^2}{M_W^2} \ll 1$
- extrapoliere $z \to \frac{M_Z^2}{M_W^2} \sim 1$

andere Anwendungen:

$\Gamma(t \to bW)$



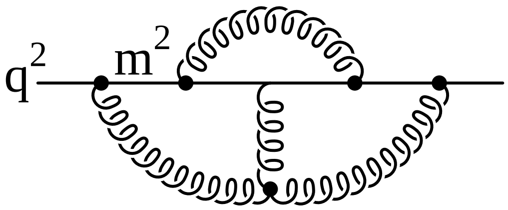
Entwicklung in $z = q^2/m^2 \ll 1$

$z \to 1$

(Chetyrkin, Harlander, Seidensticker, Steinhauser)

$m_{\text{Pol}} \leftrightarrow m_{\overline{\text{MS}}}$ in $\mathcal{O}(\alpha_s^3)$; (Chetyrkin, Steinhauser)

$\Rightarrow m_{\text{Pol}}^2 =$ Formel



(Anwendungen!)

andere Resultate:

- $\Gamma(\tau \to \nu s\bar{u})$ $\to m_s^2$ Abhängigkeit in $\mathcal{O}(\alpha_s^2)$

  und $\mathcal{O}(\alpha_s^3)$

  $m_s = 200 \pm 40 \pm 30$ MeV

  (Chetyrkin, K, Pivovarov)

- QCD Potential in NNLO (Peter)

- $b \to c + e\nu$ in $\mathcal{O}(\alpha_s^2)$ . . . . . .

  V_{cb}

  $t \to Wb$ (Czarnecki, Melnikov)

- $\mu \to e\nu\bar{\nu}$ in $\mathcal{O}(\alpha^2)$

  $b \to ue\nu$ in $\mathcal{O}(\alpha_s^2)$

  (van Ritbergen)

- Tachyon gluon mass in two point correlators: $\lambda^2 = -0.5$ GeV

  (Chetyrkin, Narison, Zakharov)

LMP (Harlander) (PERL)

Zwei Skalen: $q^2 \gg m^2$

Propagatoren

Drei Schleifen

EXP (Seidensticker)

Multi-Skalen-Probleme

hard mass und large momentum expansion

Geschachtelte Entwicklungen

GEFICOM

Diagramme

$+$ Entwicklung

$+$ Auswertung

Anwendungen: s.o.!

Ziele: Projekt 1

i) Quarkmassen und QCD

- $\text{Im}\Pi(q^2) \widehat{=} R(s)$
  in $\mathcal{O}(\alpha_s^3)$, einschließlich m^6/s^3, m^8/s^4
  (analog zu $\alpha_s^3 m^4$: Klassifikation der Operatoren der Dim 6,8 in OPE)

- Momente $\Pi(q^2 = 0)$, $\Pi'(q^2 = 0)$
  in $\mathcal{O}(\alpha_s^3)$ $\Rightarrow \sim R$ in $\mathcal{O}(\alpha_s^3)$

- Anwendungen: α_{QED}, Summenregeln

- nichtdiagonale Ströme

- β–Funktion im MOM-Schema (3 Schleifen)

  Entwicklung in p^2/q^2

- polarisierte Strukturfunktion (Momente): Hardware!

ii) Elektroschwache Wechselwirkung

- $\Gamma(\mu \to e\nu\bar{\nu})$ in 2-Schleifen-Näherung mittels Entwicklungen

- ρ-Parameter in $\mathcal{O}((G_F m_t^2)^3)$ (+ van der Bij)

  (internes γ_5)

Ziele: Projekt 3b

- Optimierung von GEFICOM und EXP
  Ausdehnung auf Vertexfunktionen
  $\Rightarrow$ höhere Momente: $\Pi^{(n)}(0) \quad n > 8$!

- Implementierung des Algorithmus

  $$\begin{pmatrix} \text{(n-1)-Loop} \\ \text{Prop + Vakuumdiagr.} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} \text{div Teil von} \\ \text{n-Loop} \end{pmatrix}$$

- Anwendungen!

- ? R_{had} in $\mathcal{O}(\alpha_s^4)$?
  Rekursionsformeln
  Master-Integrale
  Teilklassen: $\sim n_f^3$, n_f^2
  (auch: Baikov, Remiddi)

Projekt 9

Weiterentwicklung von Monte-Carlo-Programmen

Resultate (1/2 Stelle)

- Azimuthale Jet-Verteilungen
  und Zwei-Jet-Erzeugungsrate bei DIS
  (Mirkes + Willfahrt)

- Asymmetrien und Masseneffekte
  bei Zwei-Jet-Ereignissen bei
  polarisierter Elektron-Proton-Streuung
  (Mirkes + . . .)

- Ladungsasymmetrie bei der
  hadronischen Erzeugung schwerer
  Quarks
  (K + Rodrigo)