

Quark-Gluon-Unterschiede

Im Gegensatz zu den Quarks, die sich hinsichtlich der starken Kopplung alle gleich verhalten (von Masseneffekten abgesehen), gibt es sehr wohl Unterschiede zwischen Quarks und Gluonen. An erster Stelle ist dafür die unterschiedliche Farbladung (Quarks eine Einheit, Gluonen zwei Einheiten) verantwortlich. Aber auch die unterschiedl. Farbfaktoren spielen eine Rolle ($|\text{tree}|^2 \sim C_F \alpha_s$, $|\text{tree}|^2 \sim T_R n_f \alpha_s$; $|\text{tree}|^2 \sim C_A \alpha_s$, wobei $C_F = \frac{4}{3} < T_R n_f = \frac{5}{2} < C_A = 3$).

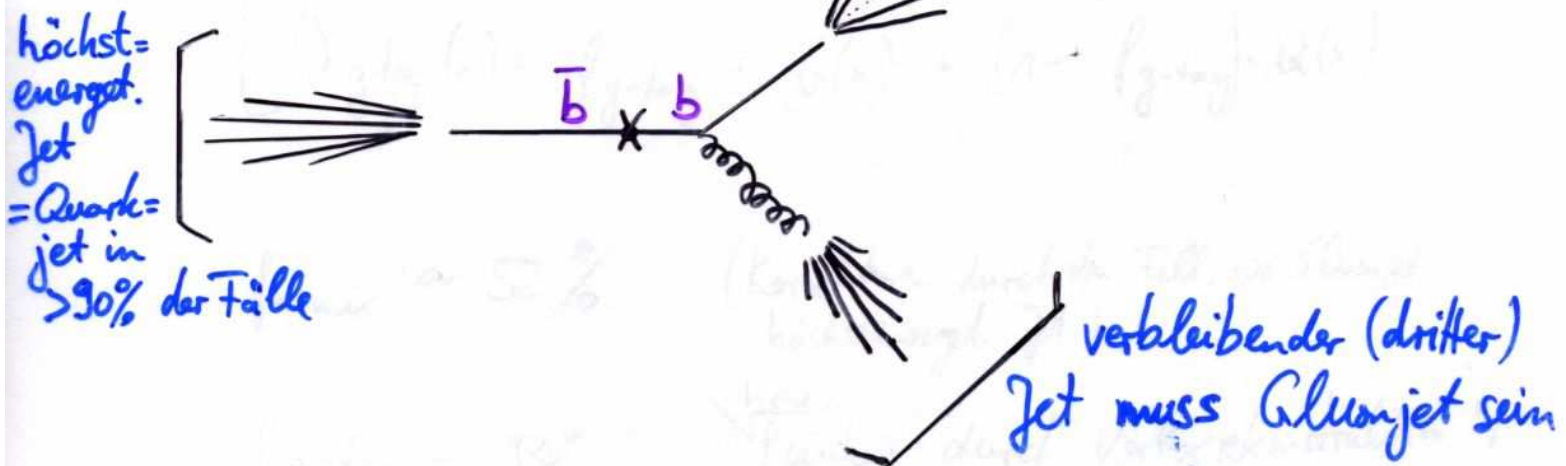
Die daraus abzuleitende, naive Erwartung ist:

- Gluonjets weisen eine große Gluonabstrahlhäufigkeit aus als Quarkjets,
- dadurch wird die verfügbare Energie auf mehr Partonen (\leadsto Teilchen) verteilt, die im Mittel niedrienerget. sind als Partonen im Quarkjet,
- diese Partonen werden im Gluonjet größere Winkel zum initierenden Gluon aufweisen als im Quarkjet zum initierenden Quark (u.a. auch wegen der Helizitätsstruktur im Dreifach-Gluonvertex m_{3g})

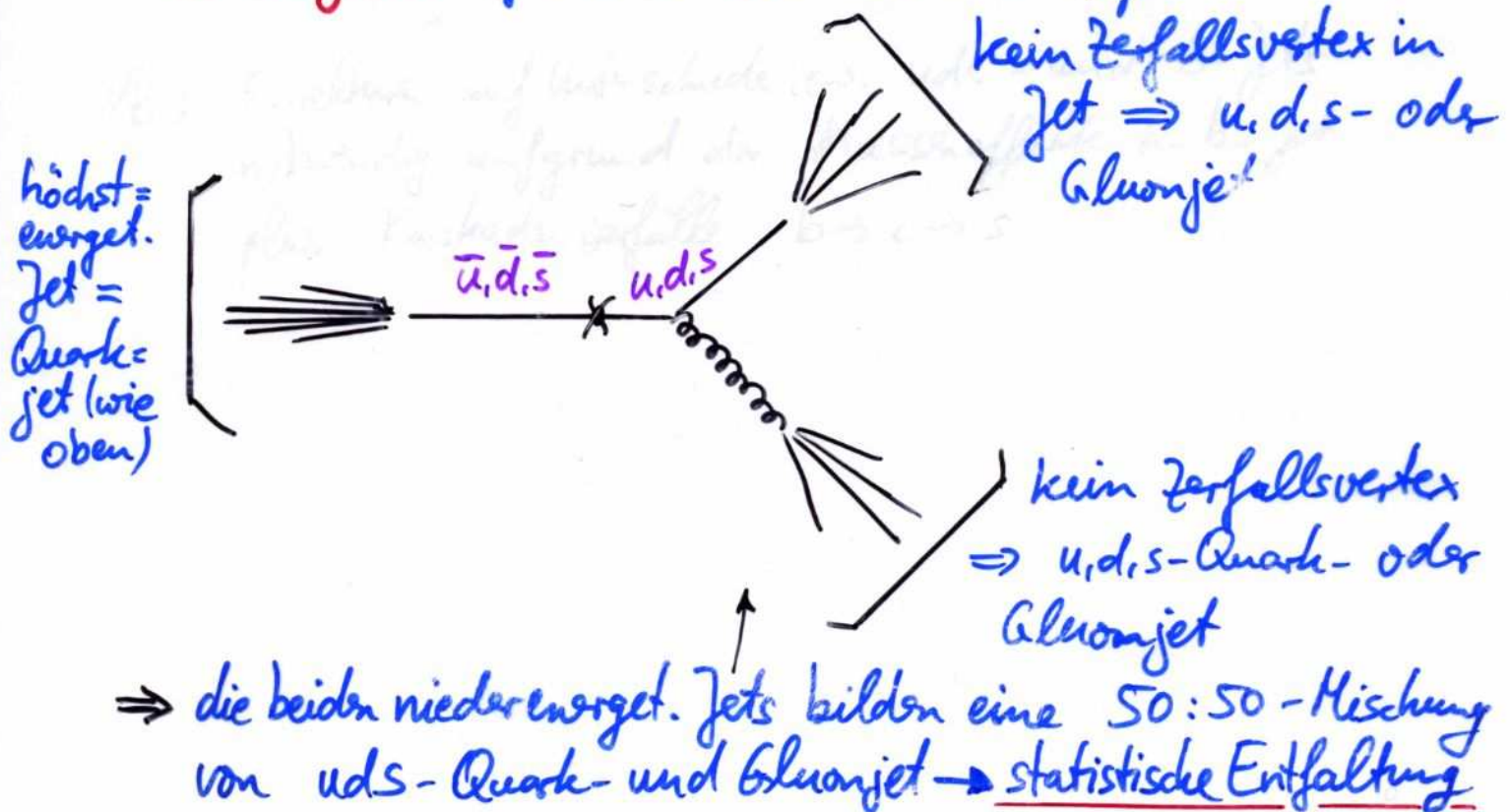
Identifikation von Quark- und Gluonjets

... nutzt hauptsächlich die inklusive Rekonstruktion durch Vertices:

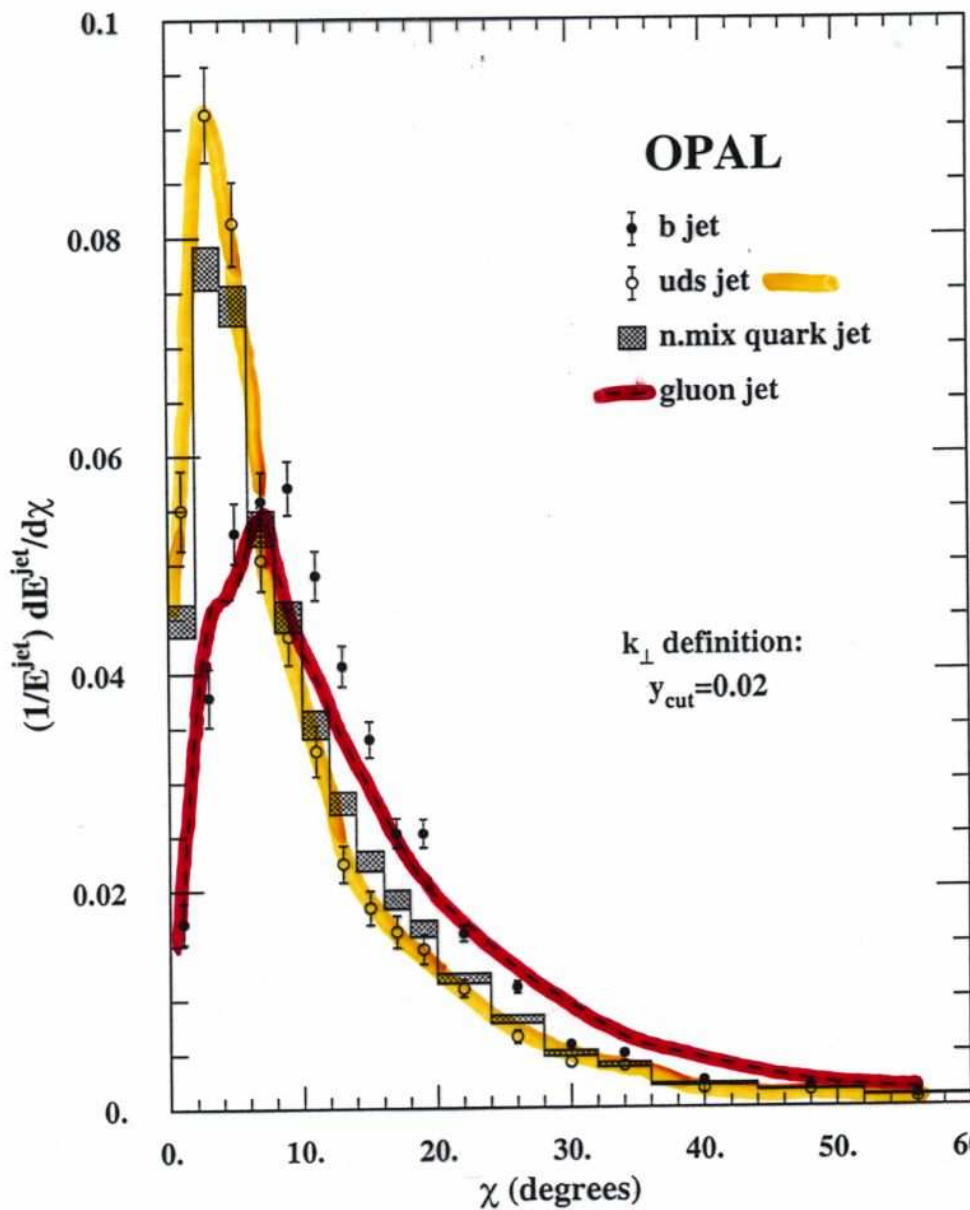
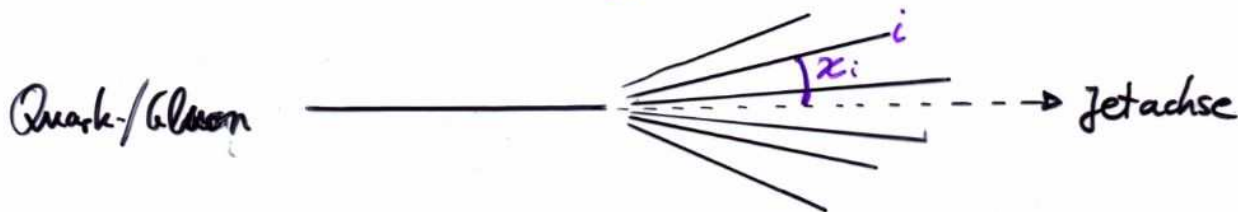
• Gluonjets:



• Quarkjets: für b-Quarks wie oben, für uds-Quarks:



Winkelverteilung der Teilchen um die Jetachse



• Gluonjets
viel breiter
als uds-
Quarkjets

• b-Quarkjets
~ so breit
wie Gluonjets

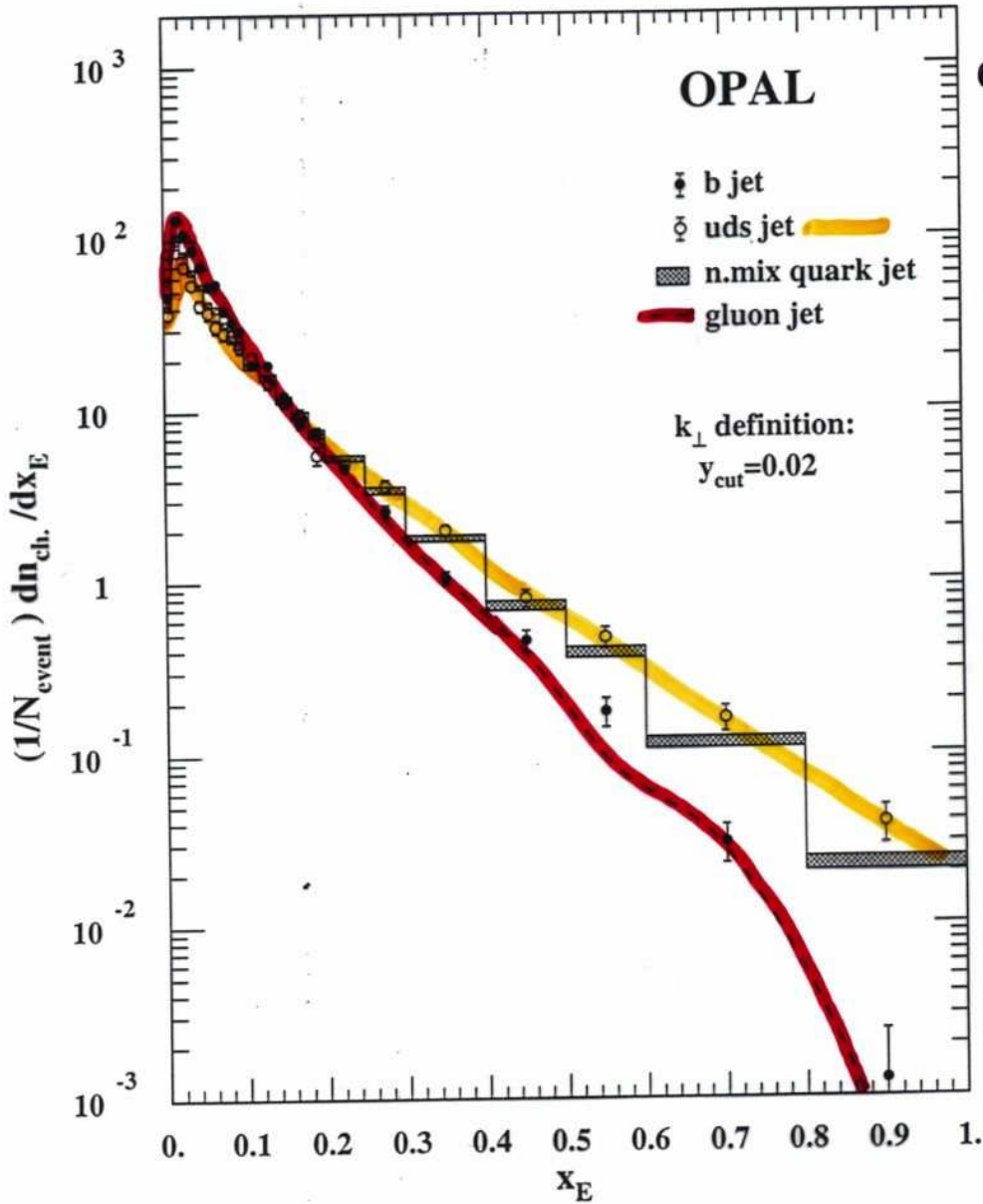
(Grund ist die Zerfallskaskade der B-Hadronen, also $b \rightarrow c \rightarrow s$. Dadurch werden in jedem Schritt der Kaskade viele $z_c =$ sätliche Teilchen erzeugt, die den jet breiter machen.)

Figure 22: Comparison of b jet, uds jet, normal-mixture quark jet and gluon jet data for the normalized distribution of jet energy with respect to the jet axis, defined using the k_{\perp} jet finder. The errors show the experimental statistical uncertainties.

NB: "n.mix quark jet" bezeichnet die bei $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}$ für $\sqrt{s} = M_{z_0}$ erzeugte normale Mischung der Quarkflavours u, d, s, c und b; ganz grob ist diese 17%:22%:22%:17%:22%, also ungefähr paritätisch)

Energiespektrum der Teilchen in Jets

$$x_E := 2 \cdot \text{Energie d. Teilchen} / \text{Schwerpunktenergie} \\ = 2 \cdot E / \sqrt{s}$$




• Gluonjet
mit mehr
niedrenerget.
Teilchen als
Quarkjet


• b-Quarkjet
≈ gleiches
Energiespektrum
wie Gluonjet
(Zerfallskaskade)

Figure 23: Comparison of b jet, uds jet, normal-mixture quark jet and gluon jet data for the charged particle fragmentation function, defined using the k_{\perp} jet finder. The errors show the experimental statistical uncertainties.

Teilchenmultiplizität in G -/ q -jets

Die für die Partonmultiplizität (Teilchenmultiplizität), d.i. die Anzahl von Partonen (Teilchen), die in einem Jet erzeugt werden, relevanten Prozesse sind:

• **Quarkjet:** 

• **Gluonjet:** 

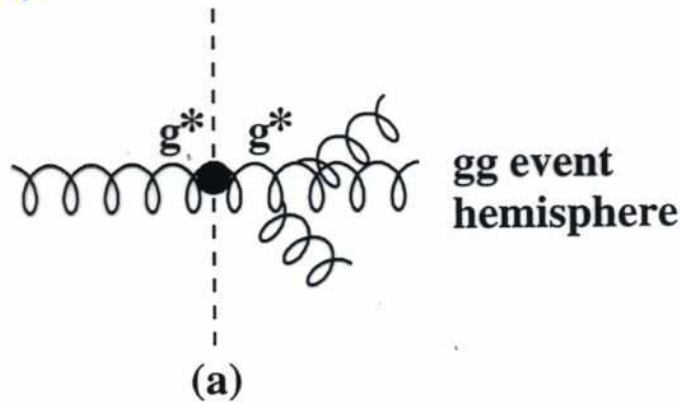
Daher sollte in naiver Überlegung gelten (für asymptot. hohe Energie):

$$\frac{\langle n_{\text{Gluon}} \rangle}{\langle n_{\text{Quark}} \rangle} \approx \frac{C_A}{C_F} = \frac{3}{4/3} = 2.25$$

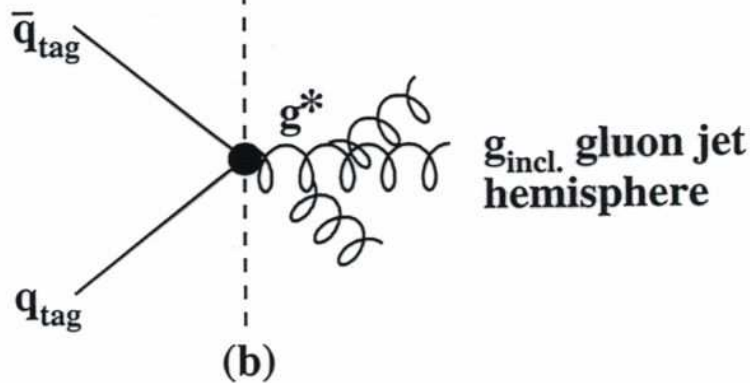
wobei $\langle n_{\text{Gluon}} \rangle$, $\langle n_{\text{Quark}} \rangle$ die mittlere Multiplizität der Partonen in einem gluon-, quark-initiierten Jet angeben. Da Jet-Algorithmen durch falsche Zuordnung von Teilchen zu Jets leicht zu systematischen Verzerrungen führen, muss eine andere Def. für G - und q -Jets gefunden werden: inklusive Hemisphären

Inklusive Gluonjets, inklusive Quarkjets

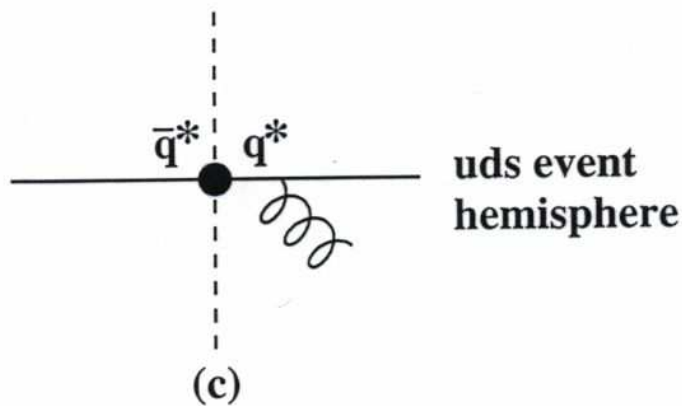
- Für Vergleich gewünscht:
gg-Reaktion von
punktförmiger
Farbsingulett-Quelle
(nicht in e^+e^- -Kollider
möglich)



- Alternative:
2 b-Vertex identif.
b-Jets in einer
Hemisphäre; andere
Hemisphäre $\approx \frac{1}{2}$ gg-
Reaktion



- zum Vergleich:
qq-Reaktion ohne
b-Vertex markierung
in einer Hemisphäre;
andere Hemisphäre
 $\hat{=}$ Quarkjet



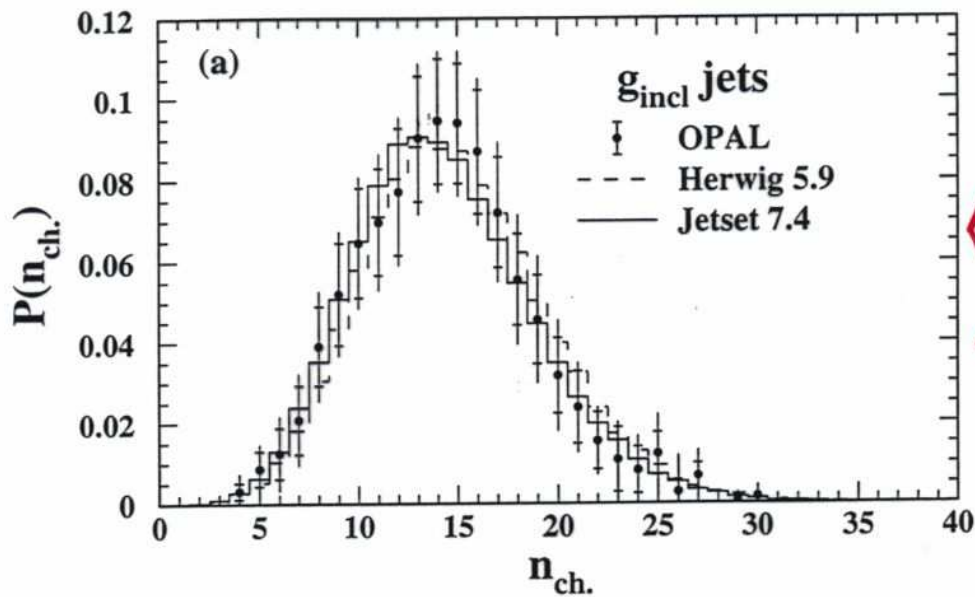
Diese so def.
Gluon- und
uds-Hemi-
sphären sind
nicht durch
die Wahl
eines Jet-
Algorithmus
beeinflusst
(z.B. keine Fehl-
Zuordnung von
Teilchen zu einem
Jet, etc.)

Figure 1: Event types pertinent to this analysis. The dashed vertical lines represent hemisphere boundaries, defined in our study by the plane perpendicular to the thrust axis, while the large solid dots represent a color singlet point source. (a) gg production. (b) $e^+e^- \rightarrow q_{\text{tag}} \bar{q}_{\text{tag}} g_{\text{incl.}}$: The quark jets q_{tag} and \bar{q}_{tag} are tagged b jets defined using a jet algorithm and are used only as a tool to identify the $g_{\text{incl.}}$ jet hemispheres. The $g_{\text{incl.}}$ jet hemispheres provide the gluon jet sample for our study. The $g_{\text{incl.}}$ jets yield virtually the same results for the experimental observables in our study as the hemispheres of gg events shown in part (a). (c) $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}$, with q a light (uds) quark: Hemispheres in these events provide the quark jet sample for our study.

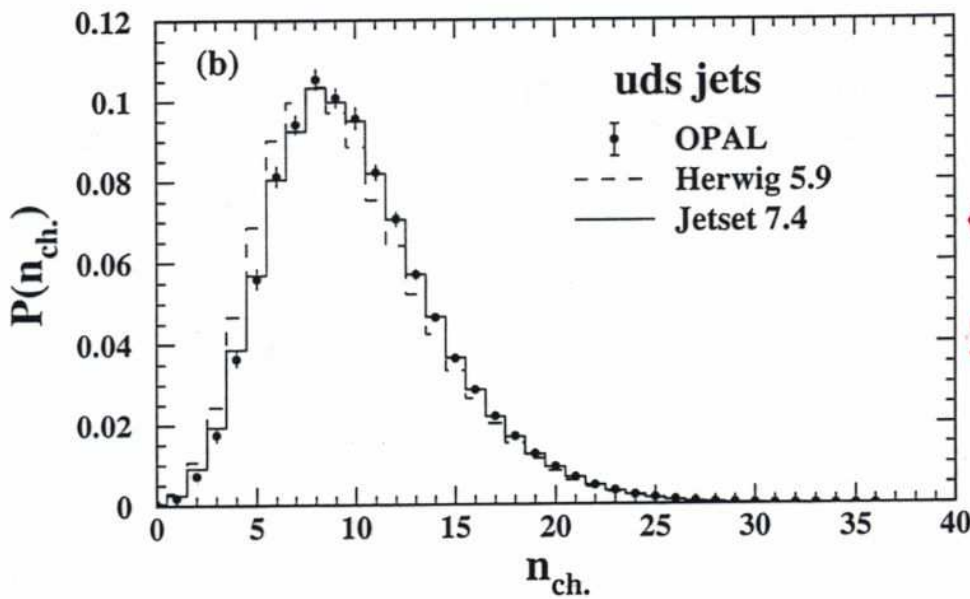
\Rightarrow Inklusive Hemisphären gestatten Zählung der in G- bzw. q-Jets erzeugten Teilchen ohne Verzerrung durch Jet-Algo.

Teilchenmultiplizität in Inklusion b -/ q -Hemisphären

NB: Gezählt werden nur geladene Teilchen, da neutrale Teilchen experimentell viel schwerer zu trennen sind; Man spricht daher auch von geladener Multiplizität



Mittelwert:
 $\langle n_g \rangle = 14.32 \pm 0.46$



Mittelwert:
 $\langle n_q \rangle = 9.74 \pm 0.18$

Figure 2: Corrected distributions of charged particle multiplicity for (a) 41.8 GeV g_{incl} gluon jets, and (b) 45.6 GeV uds quark jets. The total uncertainties are shown by vertical lines. The statistical uncertainties are indicated by small horizontal bars. (The statistical uncertainties are too small to be seen for the uds jets.) The uncertainties are correlated between bins. The predictions of the Herwig and Jetset parton shower event generators are also shown. Numerical values for these data are given in Table 1.

$$\Rightarrow \frac{\langle n_g \rangle}{\langle n_q \rangle} = 1.47 \pm 0.05$$

(QCD-Theorie: 1.7 nach Berücksichtigung von höheren Korrekturen)

was ungefähr der Theorie-Erwartung folgt.