

Separation von QCD- und vollhadronischen SUSY-Ereignissen in Analysen für CMS

Christian Autermann, Sergei Bobrovskiy, Benedikt Mura, Christian Sander,
Peter Schleper, Torben Schum
Universität Hamburg

DPG Frühjahrstagung, 10. März 2009



1. Motivation
2. Helizitätsamplituden
3. Näherung für spezielle Helizitätsamplituden
4. Antennenvariablen
5. Anwendung: Unterdrückung des Untergrunds
6. Anwendung: Bestimmung des Untergrunds
7. Zusammenfassung und Ausblick

- Es ist äußerst wichtig, die QCD an einem Hadronen-Beschleuniger zu verstehen.
- QCD ist der dominierende Untergrund für die Suche nach den SUSY-Ereignissen im vollhadronischen Kanal.
- Es wurde versucht, neue Variablen zu konstruieren, um insbesondere die QCD Multijet Ereignisse beschreiben zu können. Die Form der Variablen ist motiviert durch die Kenntnisse über die QCD-Matrixelemente.

- Einführung der Weyl-Spinoren

right-handed: $(\lambda_i)_\alpha = u_+(k_i)$
 $h = +1/2$

left-handed: $(\tilde{\lambda}_i)_{\dot{\alpha}} = u_-(k_i)$
 $h = -1/2$

$$\varepsilon^{\alpha\beta} (\lambda_i)_\alpha (\lambda_j)_\beta = \langle ij \rangle$$

$$\varepsilon^{\dot{\alpha}\dot{\beta}} (\tilde{\lambda}_i)_{\dot{\alpha}} (\tilde{\lambda}_j)_{\dot{\beta}} = [ij]$$

Always obey

$$\langle ij \rangle [ji] = s_{ij}$$

$$s_{ij} = 2(k_i \cdot k_j) = (k_i + k_j)^2 \text{ lichtartige Vektoren}$$

- Berechnung der Helizitätsamplituden

Alle Teilchen werden als ausgehend betrachtet

Notation:
 $k_i \equiv i$

$$A_n = \frac{\langle ij \rangle^4}{\langle 12 \rangle \langle 23 \rangle \dots \langle n1 \rangle}$$

Parke-Taylor; Mangano, Parke, Xu; Berends, Giele (1986-1987)



Speziellen Helizitätsamplituden

Näherung für QCD Matrixelemente auf Born-Niveau

Annahmen von SPHEL

- Konfigurationen mit spezieller Helizität sind typisch für alle anderen möglichen Konfigurationen. Nur diese werden explizit berechnet. Die Beiträge anderer nicht verschwindender Amplituden werden mit Hilfe eines kombinatorischen Faktors berücksichtigt.
- Nur Beiträge führender Farbordnung werden berücksichtigt.

SPHEL im Falle reiner Gluonen-Streuung :

$$|\bar{\mathcal{M}}|^2 \propto \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} (i \cdot j)^4 \sum_{P(2 \dots k)} \frac{1}{(1 \cdot 2)(2 \cdot 3) \dots (k \cdot 1)}$$


 Antennen-Struktur

Notation:
 $k_i \equiv i$

Die vollständige SPHEL Näherung berücksichtigt Beiträge von Diagrammen mit bis zu zwei Quark-Paaren

Konstruktion von Observablen aus gemessenen Jets

rekonstruiert mit dem kt-Algorithmus

Näherung:

- Unterschiede zwischen rein gluonischen Ereignissen sowie Ereignissen mit Quarks werden vernachlässigt.
- Zur Berechnung werden gemessene Jet-Impulse verwendet.
- Die Impulse der ankommenden Partonen werden approximiert.

$$1^m \equiv k_1 = \frac{\sqrt{s}}{2} (x_1, 0, 0, x_1)$$

$$2^m \equiv k_2 = \frac{\sqrt{s}}{2} (x_2, 0, 0, -x_2)$$

$$x_1 = \frac{1}{\sqrt{s}} \sum_i m_i^T (e^{y_i})$$

$$x_2 = \frac{1}{\sqrt{s}} \sum_i m_i^T (e^{-y_i})$$

$$m_i^T = \sqrt{m_i^2 + p_i^{T2}}$$

Hoffnung: Sensitivität der Variablen im Bezug auf QCD, entstehend durch unterschiedliche Ereignis-Topographien von QCD und SUSY

- **Einfaches Beispiel: nJet*-Antenne**

- Untersucht werden nur Ereignisse mit genau n Jets (definiert mit dem kt-Algorithmus R=0.4)
- Es werden alle Jets zur Berechnung der Variable verwendet

$$A_{n*} \propto \log_{10} \left(\sum_{1 \leq i \leq j \leq (n+2)} (i^m \cdot j^m)^4 \sum_{P(2\dots n)} \frac{1}{(1^m \cdot 2^m)(2^m \cdot 3^m) \dots ((n+2)^m \cdot 1^m)} \times GeV^{2*(n-2)} \right)$$

Schwierigkeit: Nicht genügende Statistik in jeder einzelnen n-Jet Zelle

- **Noch einfacher: 3jet-Antenne**

- Untersucht werden alle Ereignisse mit mindestens 3 Jets
- Es werden nur die 3 führenden Jets zur Berechnung der Variable verwendet

$$A_3 \propto \log_{10} \left(\sum_{1 \leq i \leq j \leq 5} (i^m \cdot j^m)^4 \sum_{P(2\dots 5)} \frac{1}{(1^m \cdot 2^m)(2^m \cdot 3^m) \dots (5^m \cdot 1^m)} \times GeV^2 \right)$$

3 Jets reichen möglicherweise nicht aus, um die QCD-Multijet Ereignisse zu beschreiben

• 3plus-Antenne

- Untersucht werden alle Ereignisse mit mindestens 3 Jets
- Es werden die 2 führenden Jets und die Vektorsumme aller anderen Jets im Ereignis zur Berechnung der Variable verwendet

$$A_{3plus} \propto \log_{10} \left(\sum_{1 \leq i \leq j \leq 5} (i^m \cdot j^m)^4 \sum_{P(2...5)} \frac{1}{(1^m \cdot 2^m)(2^m \cdot 3^m) \dots (5^m \cdot 1^m)} \times GeV^2 \right)$$

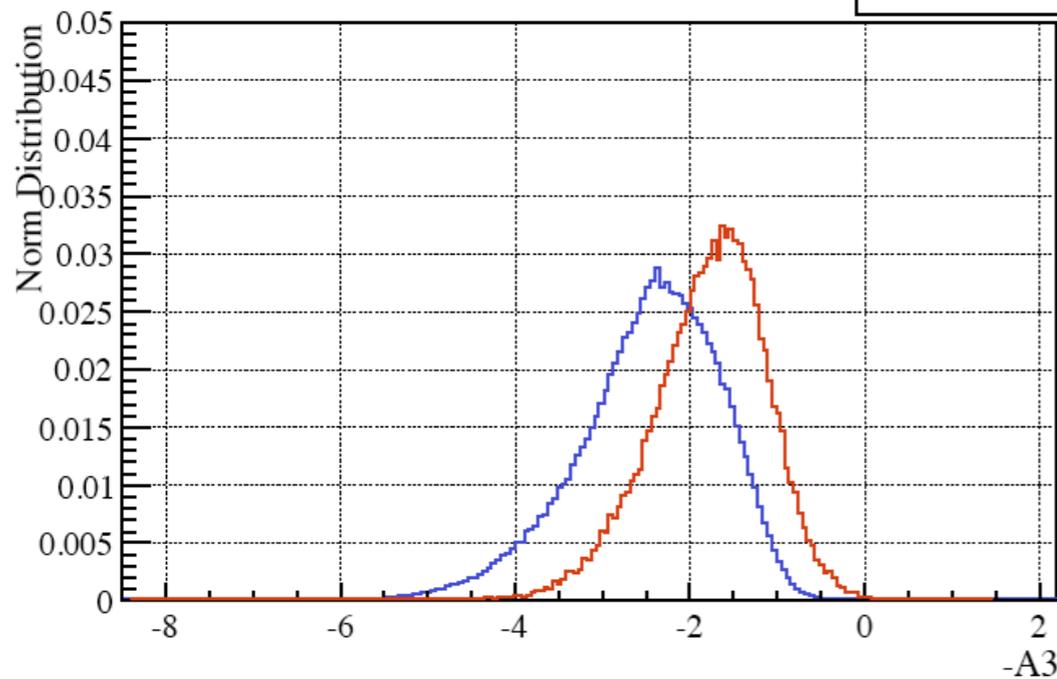
$$3^m = \sum_{k_i=3}^n k_i, \quad n - \text{total number of jets}$$

• 6jet-Antenne

- Untersucht werden alle Ereignisse mit mindestens 6 Jets
- Es werden die 6 führende Jets zur Berechnung der Variable verwendet

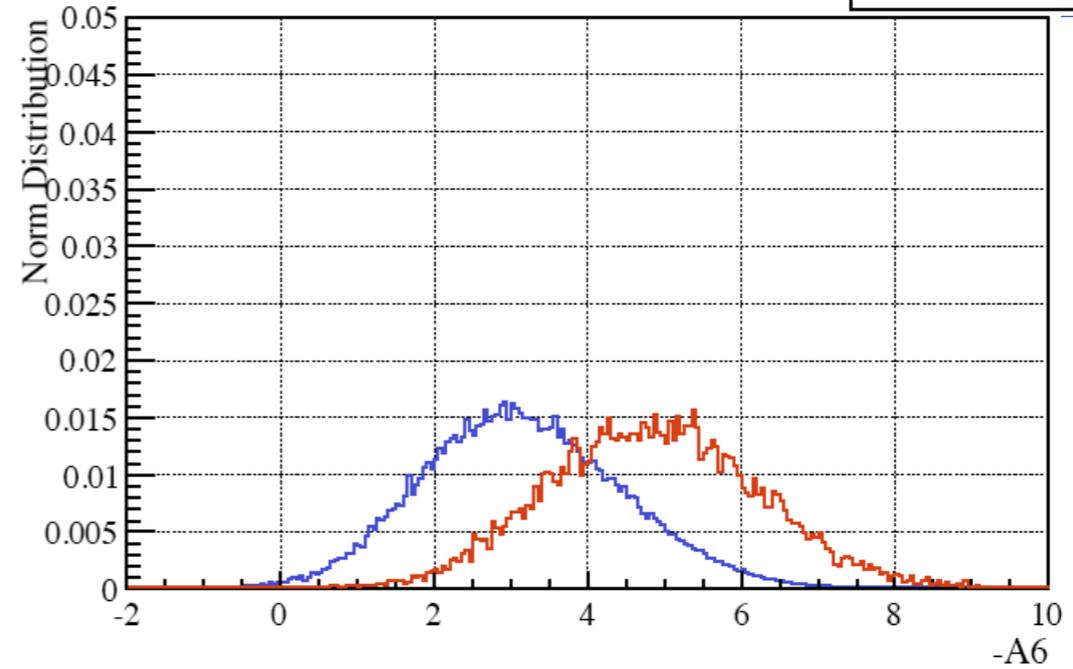
$$A_6 \propto \log_{10} \left(\sum_{1 \leq i \leq j \leq 8} (i^m \cdot j^m)^4 \sum_{P(2...n)} \frac{1}{(1^m \cdot 2^m)(2^m \cdot 3^m) \dots (8^m \cdot 1^m)} \times GeV^8 \right)$$

3jet-Antenne



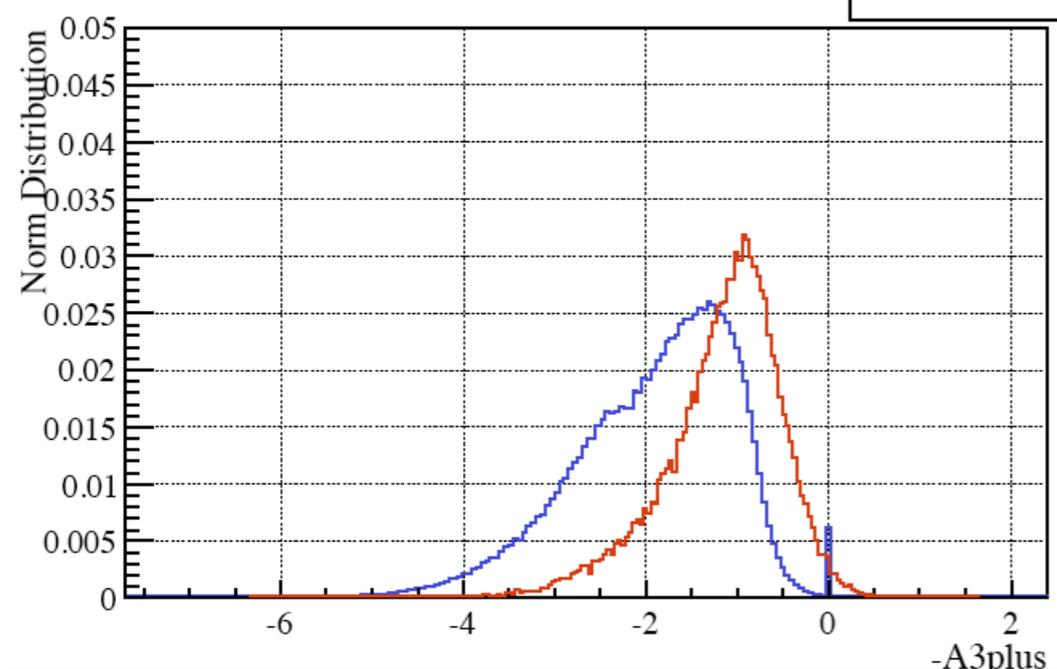
— Background: QCD (Gumbo)
— Signal: SUSY (LM1)

6jet-Antenne



— Background: QCD (Gumbo)
— Signal: SUSY (LM1)

3plus-Antenne

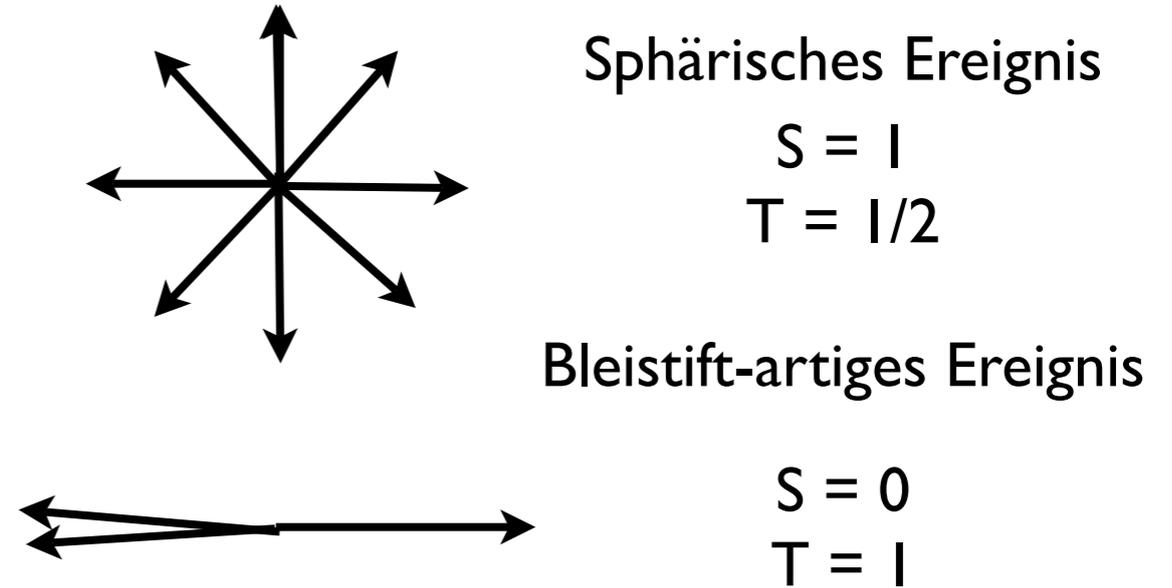
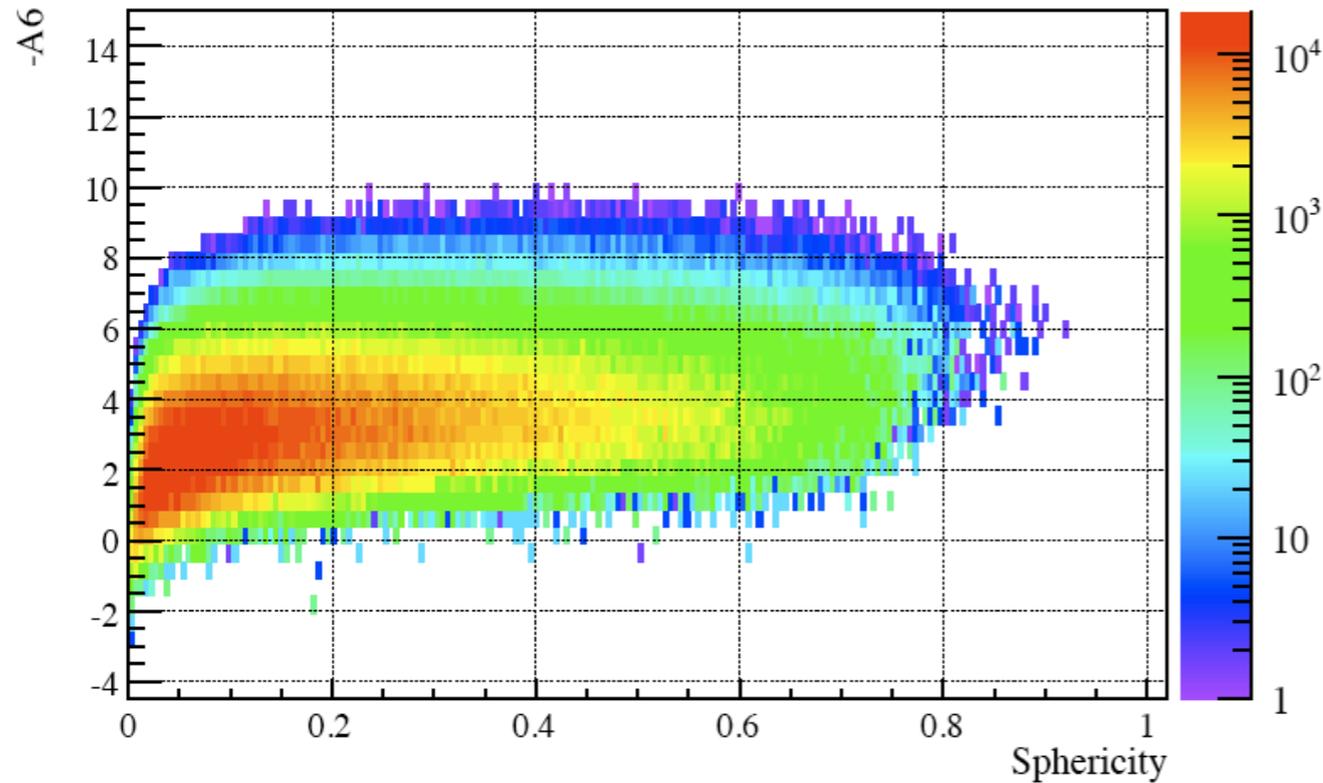


— Background: QCD (Gumbo)
— Signal: SUSY (LM1)

Schnitte:

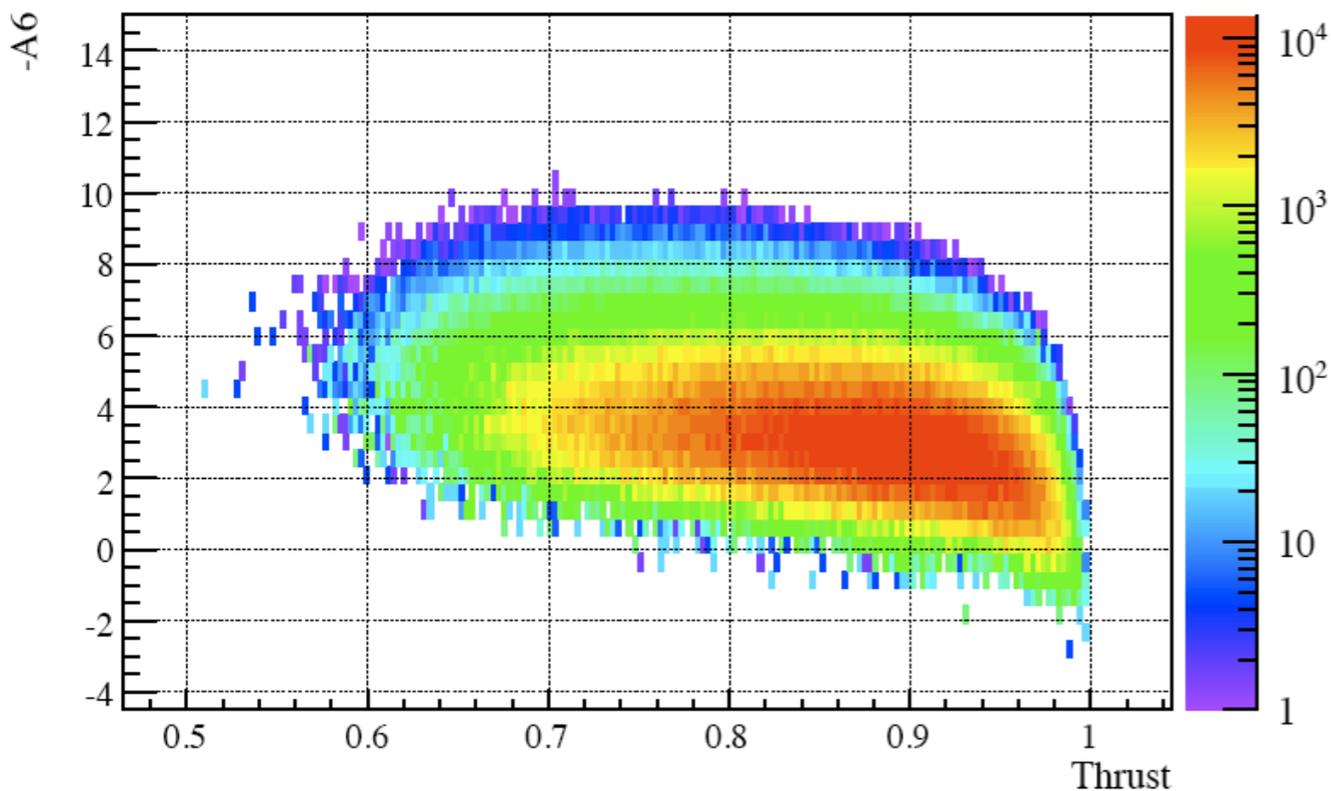
- Veto auf Leptonen
- Mindestens 3 oder 6 Jets mit:
- 1. Jet: $E_t > 200 \text{ GeV}$, $|\eta| < 1.5$
- 2. Jet: $E_t > 150 \text{ GeV}$, $|\eta| < 3.0$
- 3. Jet: $E_t > 20 \text{ GeV}$, $|\eta| < 3.0$
- ...
- (6. Jet: $E_t > 20 \text{ GeV}$, $|\eta| < 3.0$)

6jet-Antenne als Ereignis-Gestalt Variable (QCD)



Die Variablen sind abhängig von der Gestalt der Ereignisse, wobei diese sich im Allgemeinen von QCD zu SUSY unterscheidet.

Antennen Variablen zeigen keine Korrelationen zur Haupttrichtung (Thrust) und Sphärizität über weite Bereiche ihres Spektrums
 - neue Ereignis-Gestalt Variablen



Signal : SUSY (LMI)

Schnitte:

- Veto auf Leptonen
- Mindestens 3 oder 6 Jets mit:
- 1. Jet: $E_t > 200 \text{ GeV}$, $|\eta| < 1.5$
- 2. Jet: $E_t > 150 \text{ GeV}$, $|\eta| < 3.0$
- 3. Jet: $E_t > 20 \text{ GeV}$, $|\eta| < 3.0$
- ...
- (6. Jet: $E_t > 20 \text{ GeV}$, $|\eta| < 3.0$)
- $HT > 800$

Vergleichsvariablen

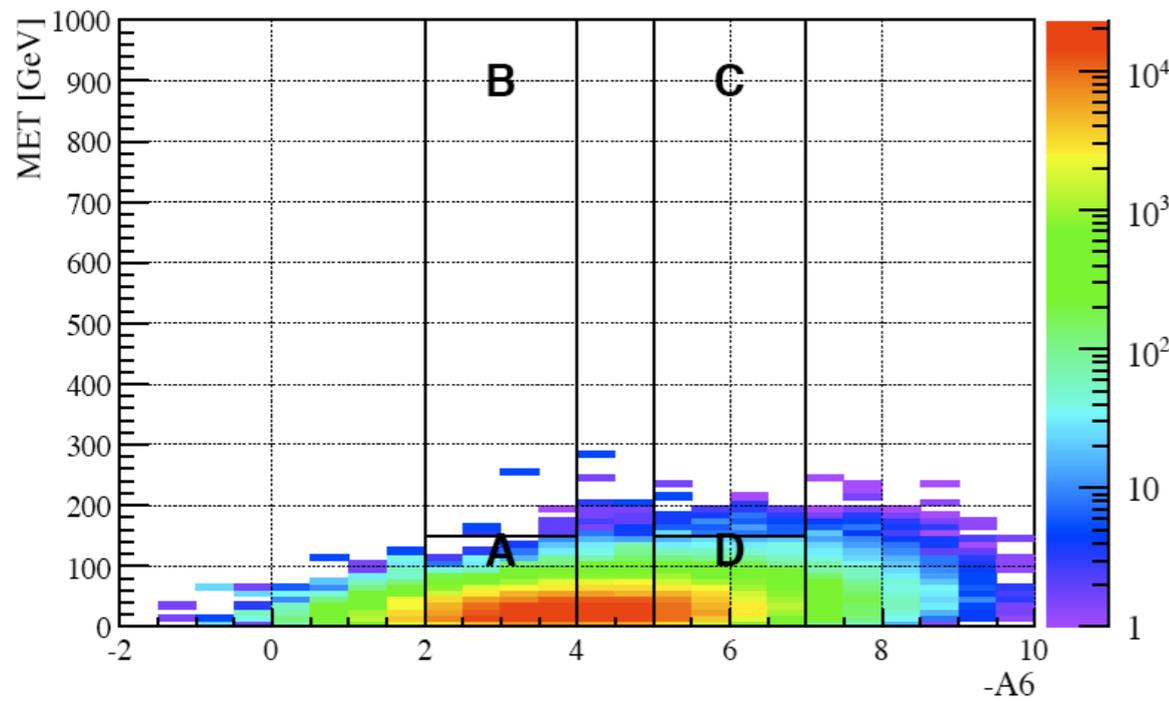
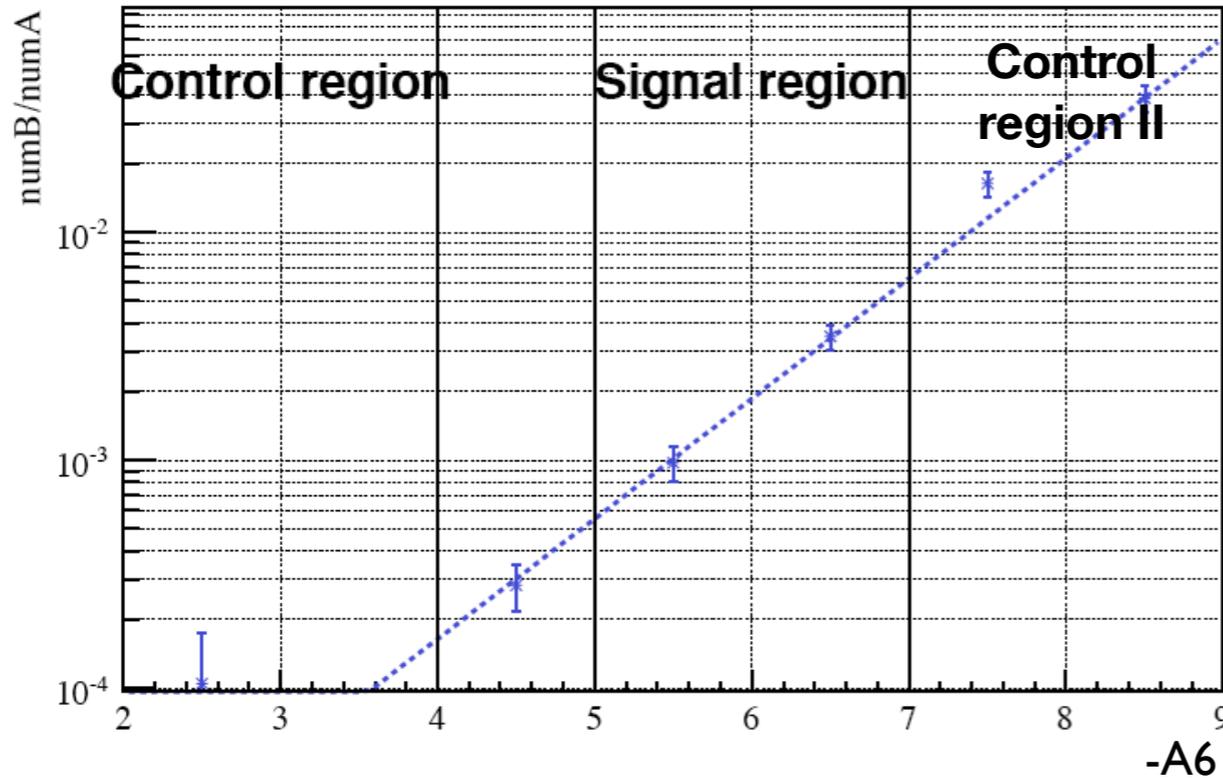
$$S^* = \frac{S}{\sqrt{B}}; \quad A = \frac{S}{B}$$

$$S_a^* = S_{ant.cut}^*; \quad A_a = A_{ant.cut}$$

$$Q = \frac{S_a^*}{S^*}; \quad R = \frac{A_a}{A}$$

	A3	A3plus	A6
Schnitt bei:	-1	-0.5	5
R	2.79	3.86	3.07
Q	0.65	0.86	1.28

Zusätzlicher Schnitt auf $\Delta\varphi > 0.7$



Variablen:

- A6
- Fehlende transversale Energie (MET)

Korrelation mit MET

Lösung:

Verwendung von der erweiterten Abschätzungsmethode des Untergrunds, welche aus zwei Kontrollregionen eine Fit-Funktion in die Signalregion *interpoliert*.

Wahre QCD	Abgeschätzte QCD	Abweichung
152	147	-4%

- In diesem Ansatz wird versucht, neue Variablen zu konstruieren, welche auf den Kenntnissen der QCD Prozesse basieren.
- Die Konstruktion solcher Variablen ist möglich, und sie zeigen Unterschiede zwischen QCD-Multijet- und SUSY-Ereignissen auf.
- Die Variablen sind verbunden mit der Gestalt der Ereignisse.
- Detaillierte Untersuchungen der Abhängigkeit der Variablen von verschiedenen MonteCarlo Generationsmethoden und der Korrelationen mit anderen kinematischen Variablen werden durchgeführt.
- Es ist möglich, die Variablen in der datengestützten Abschätzung des QCD-Untergrunds zu verwenden, wobei sie die Interpolation des Untergrunds ermöglichen.