

# HepMCAnalysis Tool

Cano Ay, Judith Katzy, Zhonghua Qin

Sebastian Johnert

DPG-Tagungen, München 09.-13.03.2009

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT  
GÖTTINGEN



HELMHOLTZ  
| GEMEINSCHAFT



# HepMCAnalysis Tool

- Framework für Generatorvalidierung und –vergleiche mit Standardprozessen
- deckt verschiedene Aspekte der Ereignisgeneration ab: harter Prozess, Partonschauer, UE, ...
- deckt viele physikalische Prozesse ab:  $pp \rightarrow t\bar{t}$ ,  $pp \rightarrow Z \rightarrow \tau\tau$ ,  $pp \rightarrow \text{Dijets}$ ,  $pp \rightarrow W/Z + \text{Jets}$ , ...
- technische Ziele:
  - robust: minimale Abhängigkeit von anderen Softwarepaketen, minimales Framework
  - einfach: leicht zu verstehender Code
  - skalierbar: einfach erweiterbar für private Analysen oder andere Anwendungen
- regelmäßige Release, aktuell: Version 2.4



# Komponenten und Aufbau

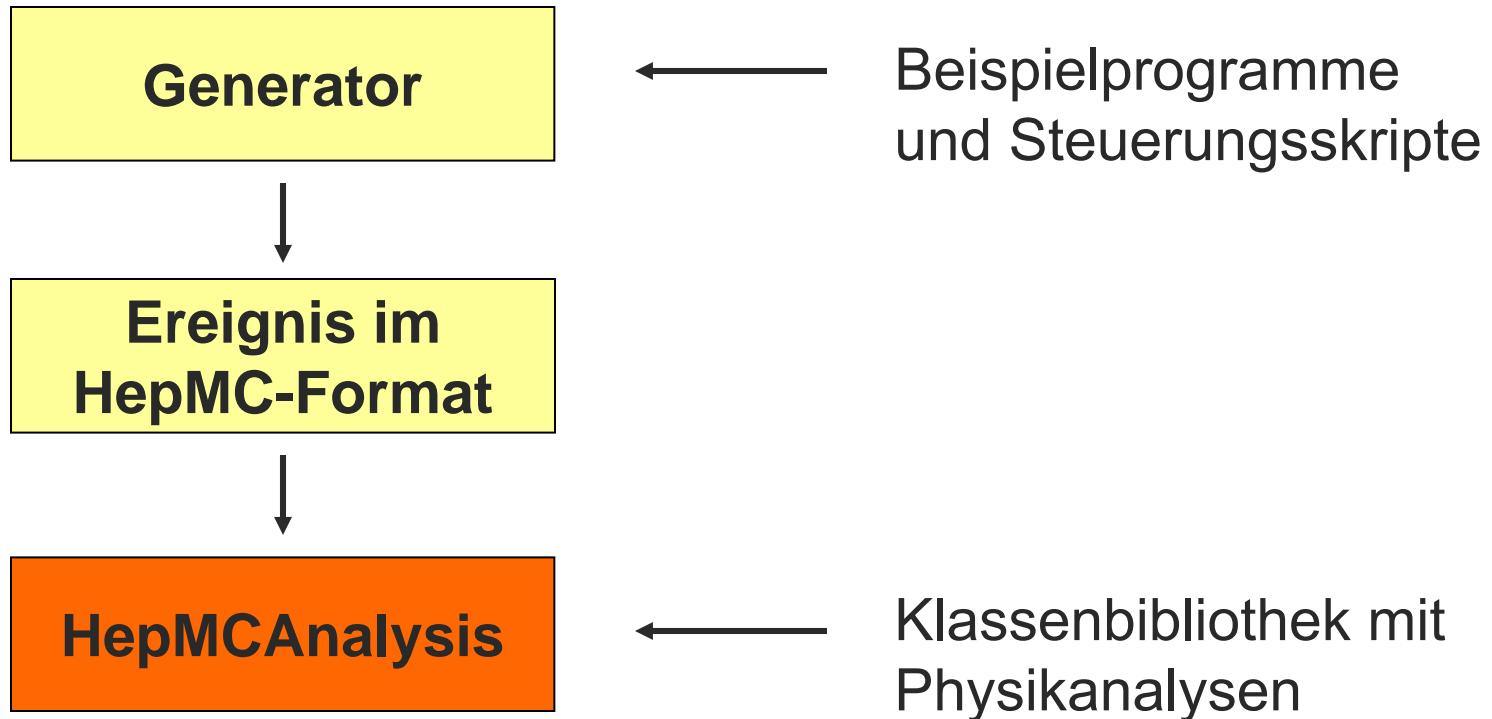
**Generator**

← Beispielprogramme  
und Steuerungsskripte

↓  
**Ereignis im  
HepMC-Format**

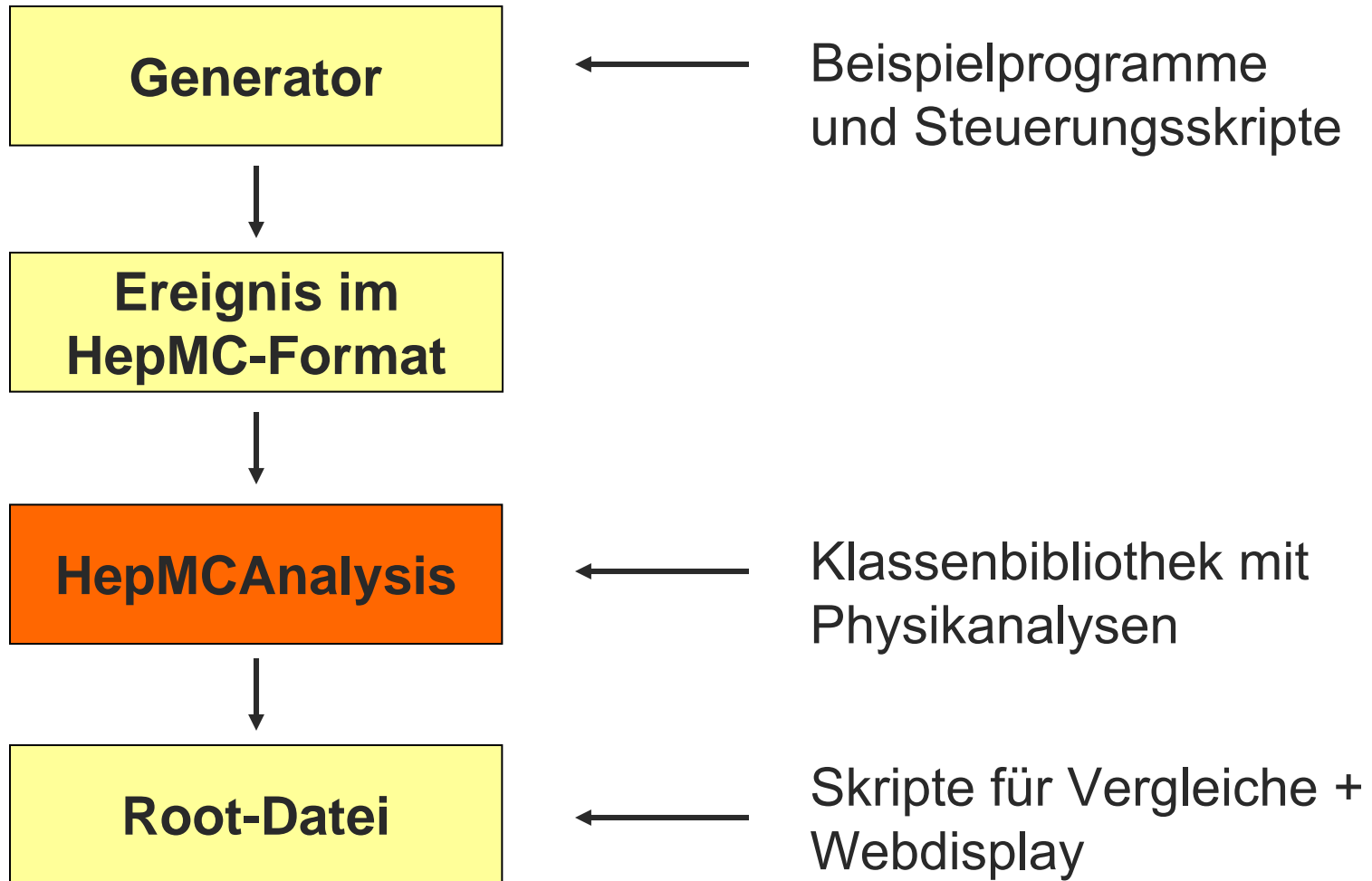


# Komponenten und Aufbau



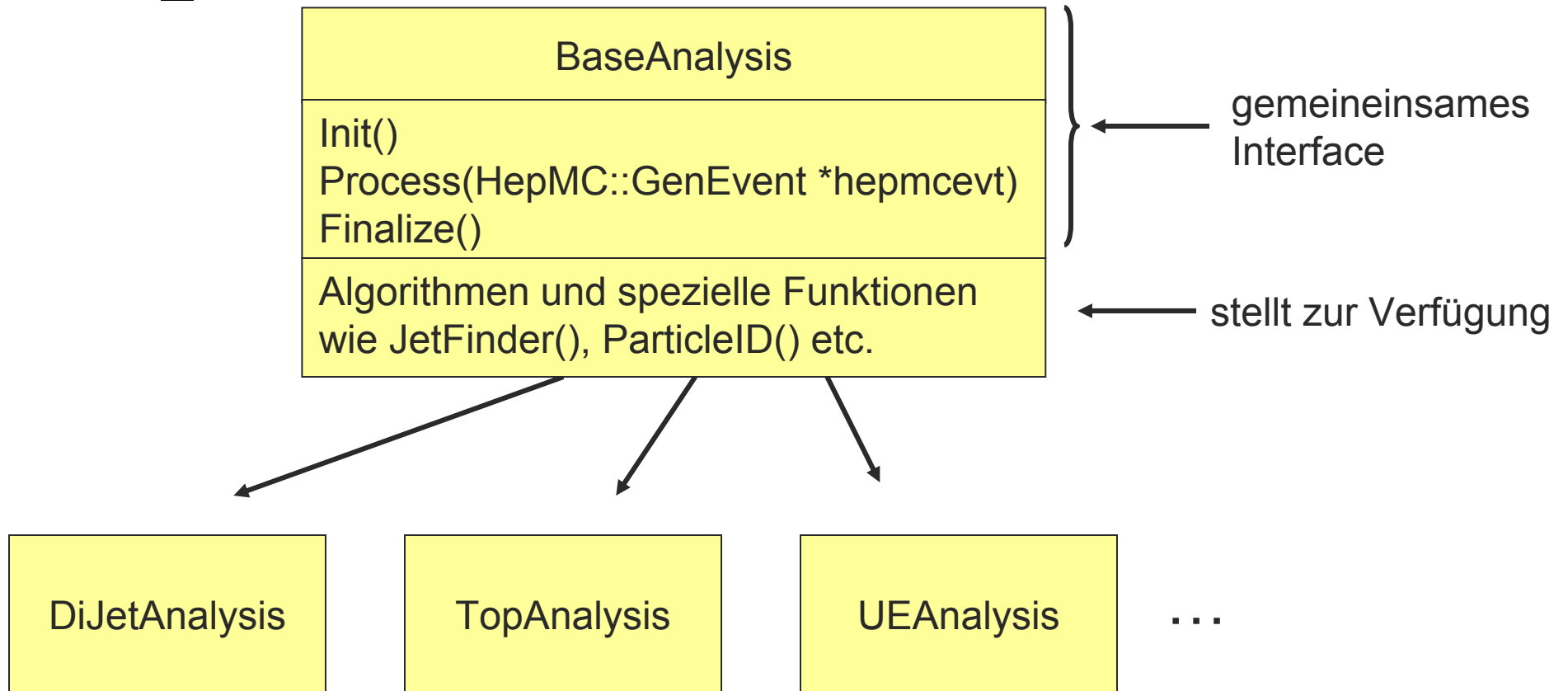


# Komponenten und Aufbau





# Klassenstruktur





# Genser-Projekt



- Genser = Generator Service Project; Teil des LHC Computing Grid-Projektes (LCG)
- stellt am CERN und DESY im afs-Dateisystem Vielzahl an MC Generatoren als Bibliotheken und Quellcode zentral zur Verfügung
- MC Generatoren vorher ausreichend getestet
- benutzt von ATLAS, CMS und LHCb für die Generatorsoftware



# Liste der Genser-Generatoren

Link zur MC  
Generator-  
homepage

Simulation Project - MC Event Generator Services Subproject - Windows Internet Explorer

http://lcgapp.cern.ch/project/simu/generator/

File Edit View Favorites Tools Help

Simulation Project - MC Event Generator Services Sub...

Overview of available MC event generators

deprecated	supported	not validated yet
<a href="#">alpgen</a>	2.1.3d 2.1.3b 2.1.3 2.1.2 2.1.1	
<a href="#">cascade</a>	2.0.1 1.2.10	
<a href="#">charybdis</a>	1.003hp 1.003h 1.003	
<a href="#">evtgenlhc</a>	8.1 8.16 8.15.1 8.15 8.14	
<a href="#">herwig</a>	6.510 6.510.2 6.510.3	
<a href="#">herwigpp</a>	2.3.0 2.2.1 2.2.0 2.1.4 2.1.2 2.1.1 2.1.0 2.0.3 2.0.2 2.0.1	
<a href="#">hijing</a>	1.393bs.2	
<a href="#">hydjet</a>	1.5 1.4 1.3 1.2 1.1	
<a href="#">isajet</a>	7.75 7.75.2 7.69 7.69.2	
<a href="#">jimmy</a>	4.31 4.31.2 4.31.3 4.2	
<a href="#">lhapdf</a>	5.7.0 5.6.0 5.5.1.a 5.5.1 5.4.1 5.4.0 5.3.1 5.3.0 5.2.3	
<a href="#">mcatnlo</a>	3.31	
<a href="#">phojet</a>	1.10 1.10.2	
<a href="#">photos</a>	2.15 2.15.2 2.15.3 2.15.4 2.15.5	
<a href="#">powheg</a>	1.0	
<a href="#">pyquen</a>	1.5 1.4 1.3 1.2 1.1	
<a href="#">pythia6</a>	418.ac 418.ac.2 418 418.2 418 418.2 416 416.2 415.2 414.2 413.2 412 412.2 411 411.2 411.3 410 410.2 409 409.2 326 326.2 227 227.2	
<a href="#">pythia8</a>	108 107.1 107 105 100 095.1 095 090 080 070	
<a href="#">sherpa</a>	1.1.3.2p 1.1.3.2 1.1.3 1.1.2.2p 1.1.2.2 1.1.2 1.1.1 1.1.0 1.0.11p 1.0.10 1.0.9 1.0.8	
<a href="#">stagen</a>	1.11	
<a href="#">tauola</a>	27.121 27.121.2 27.121.3 27.121.5	
<a href="#">thepeg</a>	1.4.0 1.3.0 1.2.0 1.1.2 1.1.1 1.1.0 1.0.1	
<a href="#">toprex</a>	4.23	
<a href="#">winhac</a>	1.24 1.23	

These generators are available in [lfs.cern.ch/sw/lcg/external/MCGenerators/](http://lfs.cern.ch/sw/lcg/external/MCGenerators/)  
For more information please refer to [GENSER](#) web page.

Overview of available MC-related external tools

Start DPG2009 Microsoft PowerPoint - [...] Simulation Project - ... Internet 100%





# HepMCAnalysis Tool-Installation

- verfügbar unter [hepmcanalysistool.desy.de](http://hepmcanalysistool.desy.de) als tar- und tar.gz-Datei
- Bibliothek auch in LCG/Genser (Generator Service) verfügbar und vorinstalliert
- läuft auf allen LCG unterstützten Plattformen
- Verlinkung zu Generatorbibliotheken von Genser
  - keine lokale Installationen von MC Generatoren notwendig
  - automatische Anpassung an CERN-/DESY-Umgebung



# Anwendung

- in Genser für histogrammbasierte Validierung
  - Generierung von  $O(10k)$  Ereignissen pro Prozess und Generatorversion
  - Verlinkung der histogrammbasierten Validierung auf der Genser-Validierungswebseite (siehe nächste Folien Webdisplay/Webseite)
  - Histogramme in Rootdatei zur Verfügung
- Im ATLAS-Softwareframework Athena für Generatorvalidierung (in Planung)
  - Vergleich der Genser-Ergebnisse mit den ATLAS-Einstellungen
  - Validierung offizieller Datensätze
  - Regressionstest mit dem Athena Interface
- in Generatorstudien privater physikalischer Analysen (siehe Beispiel pdf-Studie)



# Homepage

**HepMCAnalysis tool**

HepMCAnalysis Tool is a tool for generator validation and comparisons.  
The main idea is to have a stable, easy-to-use and extendable framework to provide a fast access point to generator level analysis.  
A class library with benchmark physics processes has been written to analyse HepMC generator output and fill root histograms.  
A web-interface is provided to display all or selected histograms, compare to references and validate the results based on Kolmogorov Tests.  
Steerable example programs can be used for event generation and conversion to HepMC format.  
The HepMCAnalysis Tool is supported on the same platforms as the GENSER library.  
It links against the GENSER installation, and it will automatically detect the CERN or the DESY mirror of the GENSER libraries.

The HepMCAnalysis Tool was developed by Cano Ay, Sebastian Johnert, Judith Katzy and Zhonghua Qin.  
You can download the HepMCAnalysis Tool:

- [HepMCAnalysis Tool 2.4 \(tar\)](#)
- [HepMCAnalysis Tool 2.4 \(tar.gz\)](#)

Unpack the versions with "tar -xvf HepMCAnalysis-00-02-04.tar" or "tar xzvf HepMCAnalysis-00-02-04.tar.gz".

For further instructions visit the [HepMCAnalysis Tool documentation](#).

Generator Validation results with

- generator validation for [HepMCAnalysis Tool 2.4](#) with [Pythia6](#), [Pythia8](#), [Herwig](#), [Herwig++](#) and [Cascade](#)

unterstützte Generatoren



# Doxygen-Dokumentation

The screenshot shows a web browser window titled "HepMCAnalysis: HepMCAnalysis tool - Windows Internet Explorer". The address bar shows the URL "http://hepmcanalysistool.desy.de/ValidationRelease2.4/Doxygen/html/index.html". The browser window displays the documentation for the HepMCAnalysis tool. At the top, there is a navigation bar with links: "Main Page", "Namespace List", "Class Hierarchy", "Class List", "Directories", "File List", "Class Members", and "File Members". The main content area has the title "HepMCAnalysis tool". Below the title, it lists the authors: "Cano Ay, Sebastian Johnert, Judith Katzy, Zhonghua Qin" and the date "December 2008". The "Introduction" section describes the tool as a framework for generator validation and comparisons, mentioning a class library for benchmark physics processes and a web-interface for displaying histograms. The "Installation" section provides instructions for installing the tool, including running "cd HepMCAnalysis", "source setup.sh", and "make slib". The browser window also shows the Windows taskbar at the bottom with the Start button and several open applications: "DPG2009", "Microsoft PowerPoint - [...]", "HepMCAnalysis Tool - Wi...", and "HepMCAnalysis: Hep...".

HepMCAnalysis tool

**Author:**  
Cano Ay, Sebastian Johnert, Judith Katzy, Zhonghua Qin

December 2008

## Introduction

HepMCAnalyser is a tool for generator validation and comparisons. The main idea is to have a stable, easy-to-use and extendable framework to provide a fast access point to generator level analysis.

A class library with benchmark physics processes has been written to analyse HepMC generator output and fill root histograms. The source code of the classes is in the HepMCAnalysis/include and src directories.

A web-interface is provided to display all or selected histograms, compare to references and validate the results based on Kolmogorov Tests. These scripts are in HepMCAnalysis/examples/macros

Steerable example programs can be used for event generation and conversion to HepMC format. The steering is tuned to produce best agreement between the distributions of the different generators. The programs are in HepMCAnalysis/examples/generatorX where generatorX stands e.g. for pythia6, pythia8, herwigpp...

## Installation

The tool is supported on the same platforms as the GENSER library. It links against the GENSER installation. It will automatically detect the CERN or the DESY mirror of the GENSER libraries.

For installation do the following:

- 1.: cd HepMCAnalysis
- 2.: source **setup.sh** //setup the environment, link to genser libs
- 3.: make slib // creates the shared lib of the analysis classes



# Validierungsergebnisse

Process and analysis - Windows Internet Explorer

http://hepmcanalysistool.desy.de/ValidationRelease2.4/Pythia6/

File Edit View Favorites Tools Help

Process and analysis

## HepMCAnalysis tool validation

On this web page there are validation plots produced with the HepMCAnalysis tool on February 13th 2009 done by Sebastian Johnert. This page is ordered by Generators and Processes.

All the analyses are based on the [HepMCAnalysis tool](#).

For Pythia 6 there are the following analysis:

Pythia 6.4.19 vs 6.4.11:

- generator process [W plus Jet](#), analysis [W plus Jet : plots](#)
- generator process [Z plus Jet](#), analysis [Z : plots](#)
- generator process [diJet](#), analysis [diJet : plots](#)
- generator process [single W](#), analysis [W plus Jet : plots](#)
- generator process [single Z](#), analysis [Z : plots](#)
- generator process [tau](#), analysis [tau : plots](#)
- generator process [top](#), analysis [top : plots](#)

Pythia 6.4.19 vs 6.4.15:

- generator process [W plus Jet](#), analysis [underlying event : plots](#)
- generator process [W plus Jet](#), analysis [W plus Jet : plots](#)
- generator process [Z plus Jet](#), analysis [underlying event : plots](#)
- generator process [Z plus Jet](#), analysis [Z : plots](#)
- generator process [diJet](#), analysis [underlying event : plots](#)
- generator process [diJet](#), analysis [diJet : plots](#)
- generator process [single W](#), analysis [underlying event : plots](#)
- generator process [single W](#), analysis [W plus Jet : plots](#)
- generator process [single Z](#), analysis [underlying event : plots](#)
- generator process [single Z](#), analysis [Z : plots](#)
- generator process [tau](#), analysis [underlying event : plots](#)

Start DPG2009 Microsoft PowerPoint - [...] HepMCAnalysis Tool - Wi... Process and analysis ... Local intranet 100%

generierte  
Prozesse

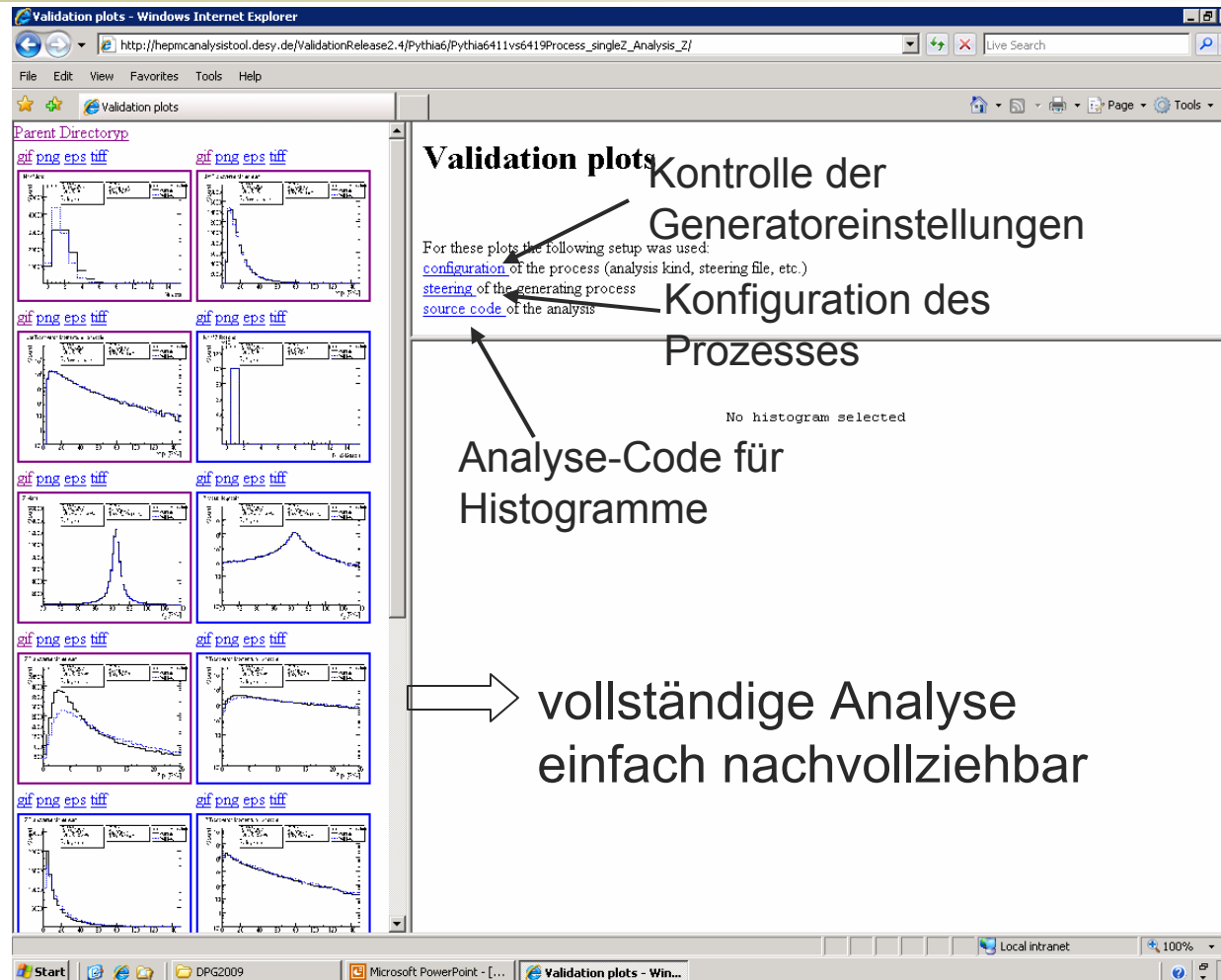
Ergebnisse

Analysen

weiter unten  
Histogramme im  
Root-Format

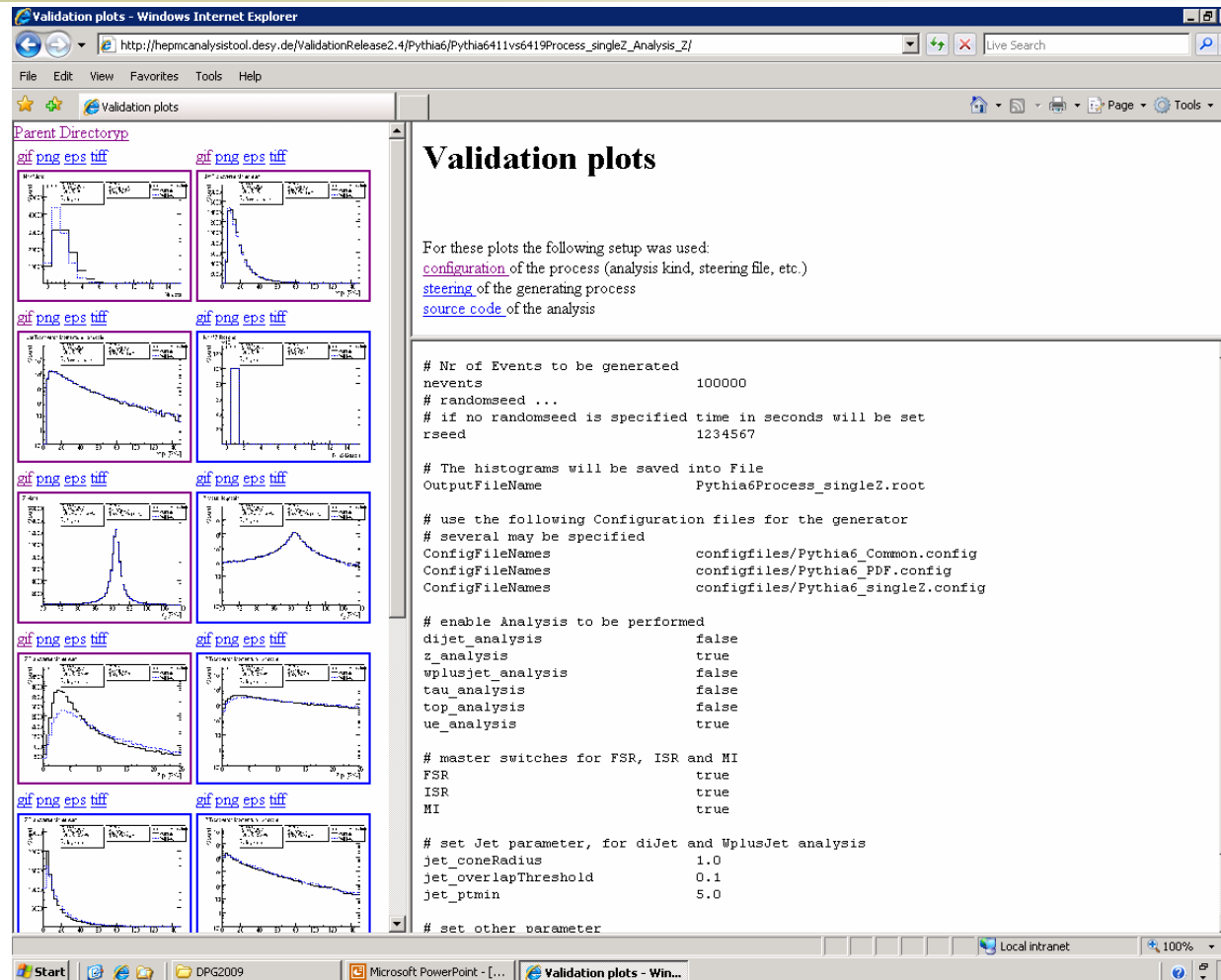


# Beispiel: $pp \rightarrow Z$ -Generation





# Beispiel: $pp \rightarrow Z$ -Generation





# L

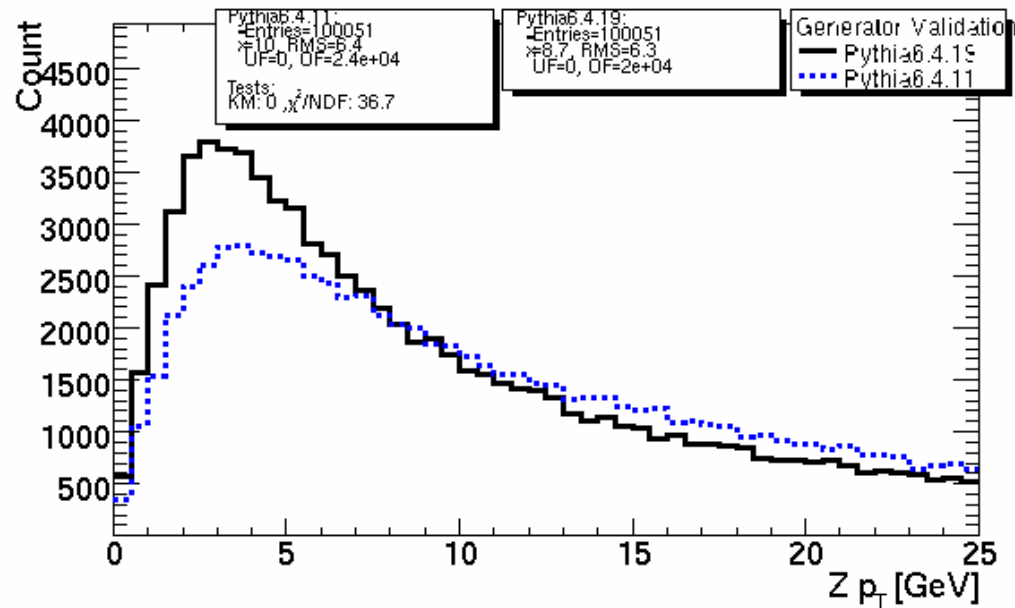




# Z-Verteilungen

For these plots the following setup was used:  
[configuration](#) of the process (analysis kind, steering file, etc.)  
[steering](#) of the generating process  
[source code](#) of the analysis

Z Transverse Momentum



- Fehler in Pythia bei Berechnung von ISR in  $q\bar{q} \rightarrow W^*, \gamma/Z^*$
- gefixt in Pythia 6.4.14



# Link von der Genserwebseite

Process and analysis - Windows Internet Explorer

http://lcgapp.cern.ch/project/simu/generator/test\_individual\_generators/pythia6\_419\_to\_411.html

File Edit View Favorites Tools Help

Process and analysis

## HepMCAnalysis tool validation

On this web page there are validation plots produced with the HepMCAnalysis tool 2.4 on February 13th 2009 done by Sebastian Johnert. This page is ordered by Generators and Processes.

All the analyses are based on the [HepMCAnalysis tool](#).

For Pythia 6 there are the following analysis:

Validation for Pythia 6.4.19 in reference to 6.4.11:

- generator process [W plus Jet](#), analysis [W plus Jet : plots](#)
- generator process [Z plus Jet](#), analysis [Z : plots](#)
- generator process [diJet](#), analysis [diJet : plots](#)
- generator process [single W](#), analysis [W plus Jet : plots](#)
- generator process [single Z](#), analysis [Z : plots](#)
- generator process [tau](#), analysis [tau : plots](#)
- generator process [top](#), analysis [top : plots](#)

The produced histograms are also saved in a .root file. You can find them [here](#).

**GENSER tests**

Below you find the GENSER number-based tests.

**Notation:**

hier: zusätzliche Aufnahme von histogrammbasierter Validierung

wertebasierte Validierung

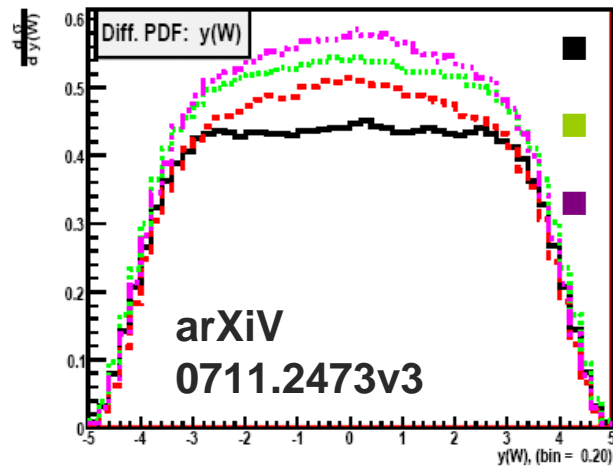
Start DPG2009 Microsoft PowerPoint - [...] Process and analysis ...



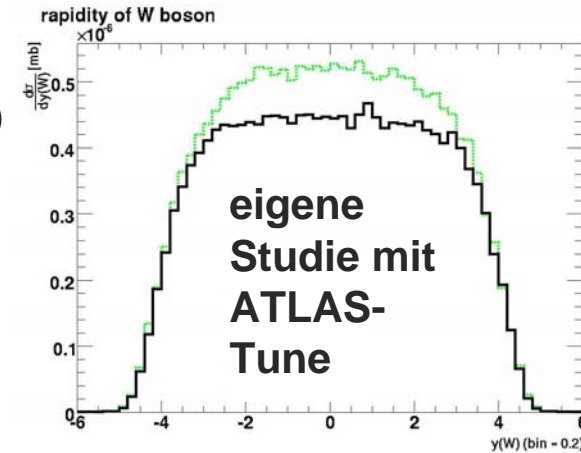
# Beispiel: pdf-Studie

- private Studie: Vergleich zweier pdf-Sets CTEQ6L1 (LO) und mLOMRST (modLO) mit Pythia6 und ATLAS-Tune
  - Prüfung vieler verschiedener Prozesse und Verteilungen zur Überprüfung der allgemeinen Anwendbarkeit von modLO
- Idee modLO-pdfs: speziell entwickelte pdfs für LO-MC-Generatoren um möglichst dicht an NLO-Verteilung zu reichen
- 100000 Ereignisse mit  $pp \rightarrow W \rightarrow \mu\nu$  mit HepMCAnalysis Tool

# harter Prozess



LO  
modLO  
NLO

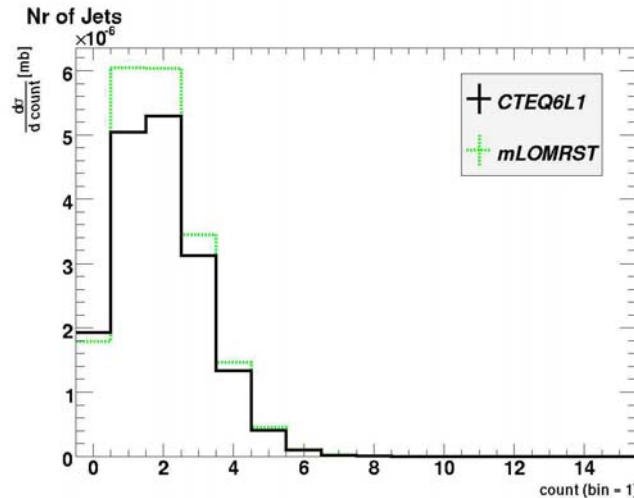


Rapidität des W-Bosons

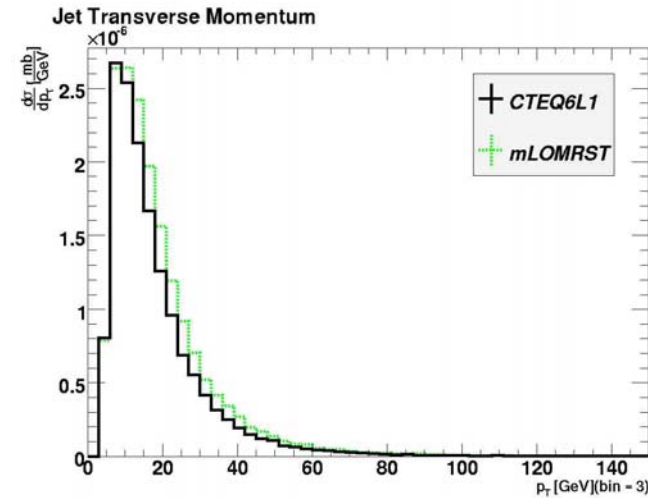
⇒ Bestätigung der Rapiditätsverteilung



# Partonschauer



Anzahl der Jets pro Ereignis



Transversalimpuls der Jets

- zusätzlich beobachtet (Verteilungen nicht in arXiv 0711.2473v3): Jets aus dem Partonschauer
  - erzeugt durch Gluonabstrahlung vor dem harten Streuprozess (ISR) und Vielfachstreuung der Partonen (MI)
- ⇒ Erzeugung von mehr Jets bei höherem  $p_T$  mit modLO generierten Ereignissen



HELMHOLTZ  
GEMEINSCHAFT



PHYSICS  
AT THE  
TERA  
SCALE  
Helmholtz Alliance

# Zusammenfassung/Ausblick

- Darstellung des HepMCAnalysis Tools als Framework für Generatorvalidierung und –vergleiche im HepMC-Format
- verfügbar über [hepmcanalysistool.desy.de](http://hepmcanalysistool.desy.de)
- aktuelle Version: Release 2.4
- genutzt bei Generatorvalidierung von Genser, privaten Studien, ...
- Erweiterung auf weitere Analyseklassen (Minimum Bias, SUSY, ...) und weiteren Generatoren (Sherpa, ...)
- Implementierung eines Interfaces zum ATLAS Softwareframework ATHENA



HELMHOLTZ  
GEMEINSCHAFT



PHYSICS  
AT THE  
TERA  
SCALE  
Helmholtz Alliance

# Backup

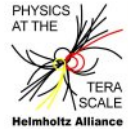


# Übersicht



- HepMCAnalysis Tool
  - Was ist das?
  - Struktur, Installation etc.
- Anwendung
- Webseite/Webdisplay
- pdf-Studie
- Zusammenfassung, Ausblick





# Komponenten und Aufbau

- Klassenbibliothek zur Analyse von Prozessen im HepMC Format und zum Füllen von Histogrammen (root Format)
- Beispielprogramme zur Generierung von Ereignissen
- Skripte für automatisches Zusammenfügen von Rootdateien, zum automatischem Histogrammvergleich und Webdisplay



# Bibliotheksstruktur

- organisiert in verschiedenen Klassen, sortiert nach physikalischem Prozess, z.B. TopAnalysis, DiJetAnalysis, ...
- allgemeine Base-Klasse:
  - Init(): Initialisierung von Histogrammen
  - Process(HepMC::GenEvent \*hepmcevt): Analyse vom Ereignis
  - Finalize(): Schreiben der Output histograms in Rootdateien
  - einige spezielle Funktionen, z.B. für Jets, neutrale Teilchen etc.



# Codestruktur

- Installation:
  - setup.sh, config.mk
- Klassenbibliothek:
  - Makefile
  - include/analysisclass.h, ...
  - src/analysisclass.cc
- ausführende Generatorprogramme:
  - examples/pythia6/Makefile\_pythia6, pythia6.cc, Process.config, configfiles
  - auch für Pythia8, Herwigpp, fHerwig, Cascade (nur top)
- automatisierte Skripte für Vergleiche, Webinterface, Zusammenfügen von Rootdateien



# Installation

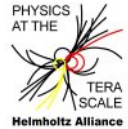


- verfügbar auf den Genserplattformen am CERN und DESY sowie dem ATLAS-CVS (<http://atdaq-sw.cern.ch/cgi-bin/viewcvs-atlas.cgi/groups/DESY-HH/MC-Group/HepMCAnalysis/>)
- Programmpaket herunterladen und Setupskript ausführen
- automatische Konfiguration für alle unterstützten Genser-Plattformen vom CERN und/oder DESY
- einfache Makefiles und Konfigurationsdateien



# Webseite + Genser

- Webseite: [hepmcanalysistool.desy.de](http://hepmcanalysistool.desy.de)
- Genser bisher wertebasierende (number based) Validierung; zusätzlich auch histogrammbasierte
- Durchführung der histogrammbasierten Validierung von unserer Gruppe (Webdisplay-Verlinkung)
- folgende Folien: Darstellung der HepMCAnalysis Tool Webseite sowie der Genserwebseite



# Genserverlinkung

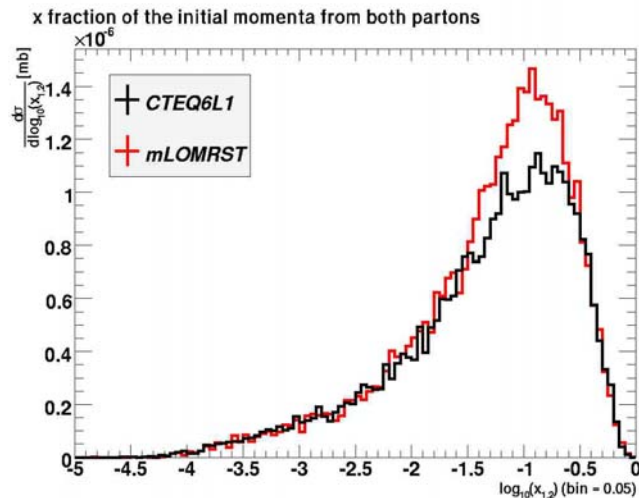
- bei Genser rein wertebasierte Generatorvalidierung (zur Zeit)
- zusätzlich histogrammbasierte Generatorvalidierung aufgenommen
- letzte Folie: Aufteilung der Validierung in wertebasierende und histogrammbasierende
- histogrammbasierte Validierung → Link zum Webdisplay (vom HepMCAnalysis Tool)



# Beispiel: pdf-Studie

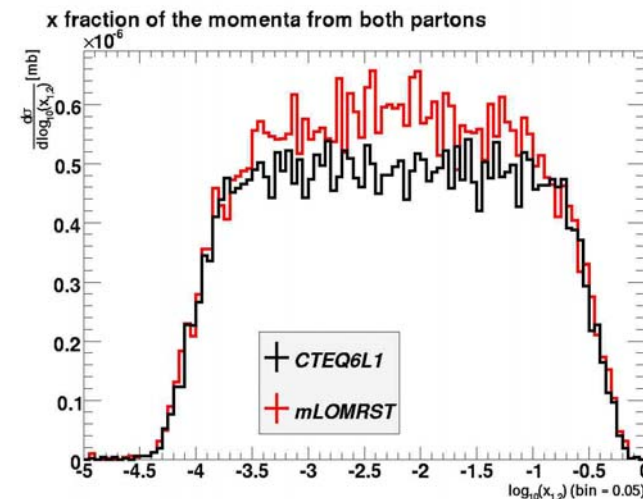
- private Studie: Vergleich zweier pdf-Sets CTEQ6L1 und mLOMRST mit Pythia6
- Überprüfung der Ergebnisse aus arXiv 0711.2473v3 „Parton Distributions for LO Generators“ (Sherstnev, Thorne, Juni 2008)
- Referenz-pdf-Sets: MRST2001LO und LO\* mit Herwig/CompHEP
- Reproduktion mit ATLAS-Settings von LO zu mLO
- 100000 Ereignisse mit  $pp \rightarrow W \rightarrow \mu\nu$
- Wirkungsquerschnitte
  - CTEQ6L1: 17,25 nb (Referenz: 17,5 nb)
  - mLOMRST: 19,37 nb (Referenz: 20,6 nb)

# Beispiel: pdf-Studie



- Energieverlust durch Gluonabstrahlung (höherenergetische Partonen)
- → „Aufnahme“ der Gluonen (niederenergetischere Partonen)
- → Jetbildung

- Bjorken x beider am harten Streuprozess teilnehmenden Parton
  - links: vor Gluonabstrahlung
  - Rechts: nach Gluonabstrahlung

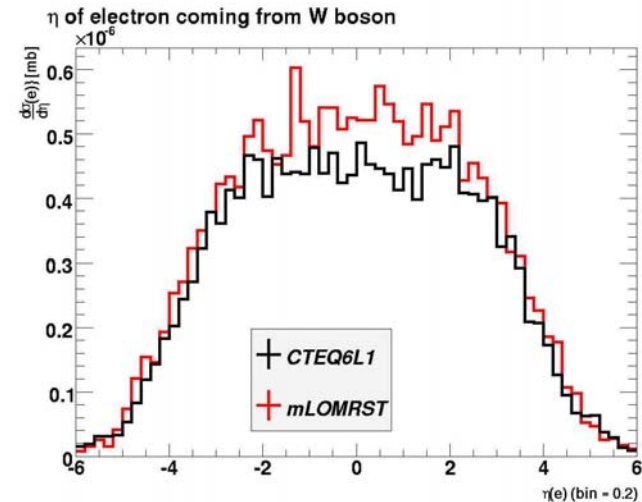
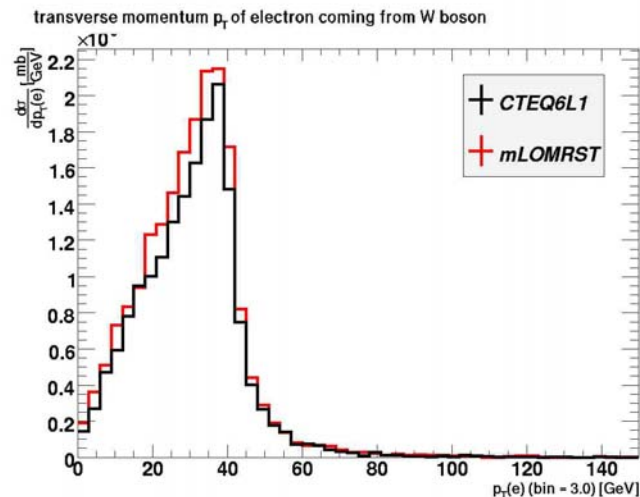






# Beispiel: pdf-Studie

- weitere Histogramme:
- Transversalimpuls und  $\eta$  des aus dem W kommenden Elektrons
- nächste Folie → Kontrollhistogramme



# Beispiel: pdf-Studie

