

ROOT- eine beispielorientierte Einführung

Aktuelle Probleme der experimentellen
Teilchenphysik

WS 2008 / 09

Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
Dr. Andreas Redelbach

Historie der Programmentwicklung

- Startpunkt um 1995 mit einem Objektorientierten Design anstelle des weitverbreiteten FORTRAN-Codes
- Unterstützung des NA49 Experiments am CERN mit dem Ziel der späteren Datenanalyse am LHC
- Eigener C++ Interpreter
- „Bazaar“-Entwicklungsstil: Offene, informelle Programmentwicklung mit Physikern als Anwender und Entwickler
- Anwendungsgebiete auch in anderen Bereichen bzw. Industrie
- Forum für Austausch: ROOT mailing list

<http://root.cern.ch/phpBB2/>

Anwendungsgebiete

- **LHC:**
 - CMS (Reconstruction, Cluster in ECAL)
 - ATLAS (Datenanalyse: Simulation, Rekonstruktion)
 - LHCb (Outer Tracker Testbeam Software)
 - ALICE (Simulation / Rekonstruktion)
- **Neuronale Netze** (Stuttgart Neural Network Simulator)
- Analyse **astronomischer Daten:**
 - INTEGRAL Science Data Centre ([AstroROOT](#))
 - Magic Analysis and Reconstruction Software ([MARS](#))
- **Solartechnik** (Fokus Solar)
- **Finanzmarktanalysen** (Forex Automaton)

CINT Interpreter

- (Interaktiver) Kommandozeilen Interpreter
- Programmiersprache C++
- Macro Prozessor: Verarbeitung vieler externer C++ Programme in einer Session
- Erweiterungen zu C++:
 - Dot-Symbol (.) anstelle des deref. Zeigers (→) erlaubt
 - CINT-Befehle beginnen mit .
 - .x (Makro ausführen)
 - .L (Programmcode laden)
 - .q (ROOT beenden)
 - .!ls (Shell-Befehl ls)

Wichtige Schnittstellen

- Monte Carlo Generatoren:
 - PYTHIA
 - HepMC
- Mathematica
- Python
- Java
- HTML
- LaTeX

Anwendungen bei ATLAS

- ATLFast
- PYTHIA
- Athena Root Access
- (Athena-aware) Ntuple-Datenformate:
 - cbnt (combined ntuple)
 - esd (experimental storage data)
 - aod (analysis object data)
 - dpd (derived physics data)

Installation

- Windows XP/NT:
 - Binaries als Windows Installer Package
 - ROOT wie Standard Windows-Programm ausführbar
- Linux (x86/AMD64):
 - Entpacken des kompletten C++ Quellcodes, Festlegen von Pfaden und Ausführen von MAKEFILE
 - Entpacken der Binaries
- CERN (AFS):
 - Direkter Zugriff auf ROOT-Verzeichnisse

Beispiel: Hello World

- Interaktiv:
 - `cout << " Hello World" << endl;`
- Ausführen als **Macro**
 - Aufruf mit `.x Hello.c`
- Ausführen als **C++ Programm**
 - Laden mit `.L Hello_main.C`
 - Main-Funktion ausführen `main()`
- Hello World als **Canvas**
 - `.x Hello_canvas.C` erzeugt graphische Oberfläche

Beispiel: Histogramme

- Histogramm erzeugen und abspeichern
 - Histogramm-Klasse (1D): `TH1F`
 - File-Klasse: `TFile`
 - Auffüllen mit Zufallszahlen: Methode `FillRandom`
- Histogramm öffnen und darstellen
 - Öffnen: `new TFile("histo.root", "OPEN");`
 - Einlesen als Histogramm

Beispiel: Fitten

- Erzeugung (gauß-verteilter) **Zufallszahlen und Fitten**
 - `Fit("myGaus")` -> ROOT erzeugt automatisch Gauß-Fitfunktion (analog auch `expo`, `polN`)
 - Histogramm als Datenpunkt mit Fehler zeichnen:
`Draw("E")`
 - **Stat. Methoden:** `GetChisquare`, `GetNDF`,
`GetParameter`, `GetParError`
- Einlesen von Daten und Fit unter **Vorgabe der Fitfunktion**
 - Bins einlesen: `SetBinContent`
 - Fitfunktion: lin. Polynom und Gaußfunktion mit Beginn der Parameter-Indizierung `"pol1(0)+gaus(2)"`
$$[0] + [1] * x + [2] * \exp(-0.5 * ((x - [3]) / [4]) ** 2)$$
 - Startwerte (Mittelwert, Breite) setzen: `SetParameter`

Beispiel: Vierervektoren

- Definition, Zugriff auf **Komponenten und Methoden**:
 - Definition `TLorentzVector p(px, py, pz, E)` ;
 - Betrag (=invariante) Masse): `p.Mag()`
 - Räumliche Winkel: `p.Phi()` , `p.Theta()`
 - Komponenten: `p.E()` , `p.X()` , `p.Y()` , `p.Z()`
 - Lorentztransformation in z-Richtung:
`Boost(0, 0, beta)` ;
 - Definition räumlicher Vektoren: `TVector3`

Beispiel: Ntuple-Format

- Einlesen einer 3-spaltigen Datenliste und
Abspeichern im Ntuple-Format
 - `in.open("basic.dat");`
 - `TNtuple *ntuple = new
TNtuple("ntuple", "data from ascii
file", "x:y:z");`
 - `in >> x >> y >> z;`
 - `printf("x=%8f, y=%8f, z=%8fn", x, y, z);`
 - `ntuple->Fill(x, y, z);`
 - Abspeichern: `f->Write();`
- File Browser (interaktiv) starten: `new TBrowser`

Beispiel: Detektorgeometrie

- Darstellung der 3D-Modells des **ALICE-Detektors**
 - Geometrie laden: `GetGeometry("http://root.cern.ch/files/alice.root");`
 - Klasse `gGeoManager`
 - `gEve->Redraw3D(kTRUE);`
- Einfaches interaktives Zoomen und Drehen

Beispiel: Feynman-Diagramm

- Spezielle **Graphik-Klassen:**

- Tlatex t;
 - TLine * l;
 - TCurllyArc *ginit;
 - TArc *a ;

- Methoden:

- t.DrawLatex(7, 6, "e^{\-}");
 - l = new TLine(10, 10, 30, 30);
 - l->Draw();

Dateiformate bei ATLAS (1)

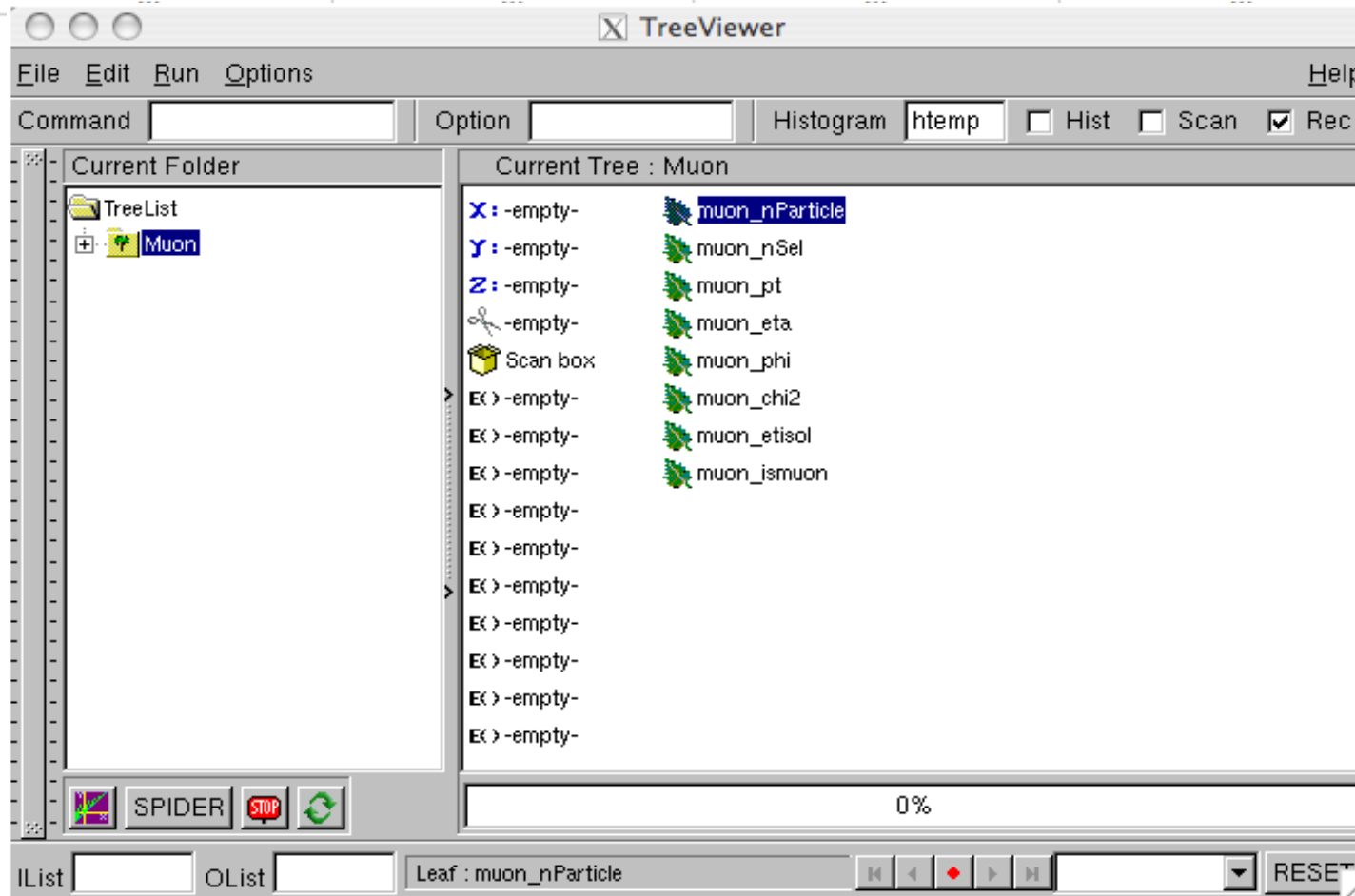
- **Event Generation (PYTHIA):** Ereignisse als Liste von 4-Vektoren, Ausgabe `pythia.pool.root`
- **Simulation (GEANT4):** HITS (Energieeinträge im Detektor), Ausgabe `g4hits.pool.root`
- **Digitalisierung:** „Detektor-Response“, evtl. mit Pileup (mehrere p-p-WW pro Bunch-Crossing), Cavern-Background, Ausgabe `g4digi.pool.root`
- **Rekonstruktion:** Umrechnung Digits zu Tracks und Energieeinträgen, Ausgabe `esd.pool.root`

Dateiformate bei ATLAS (2)

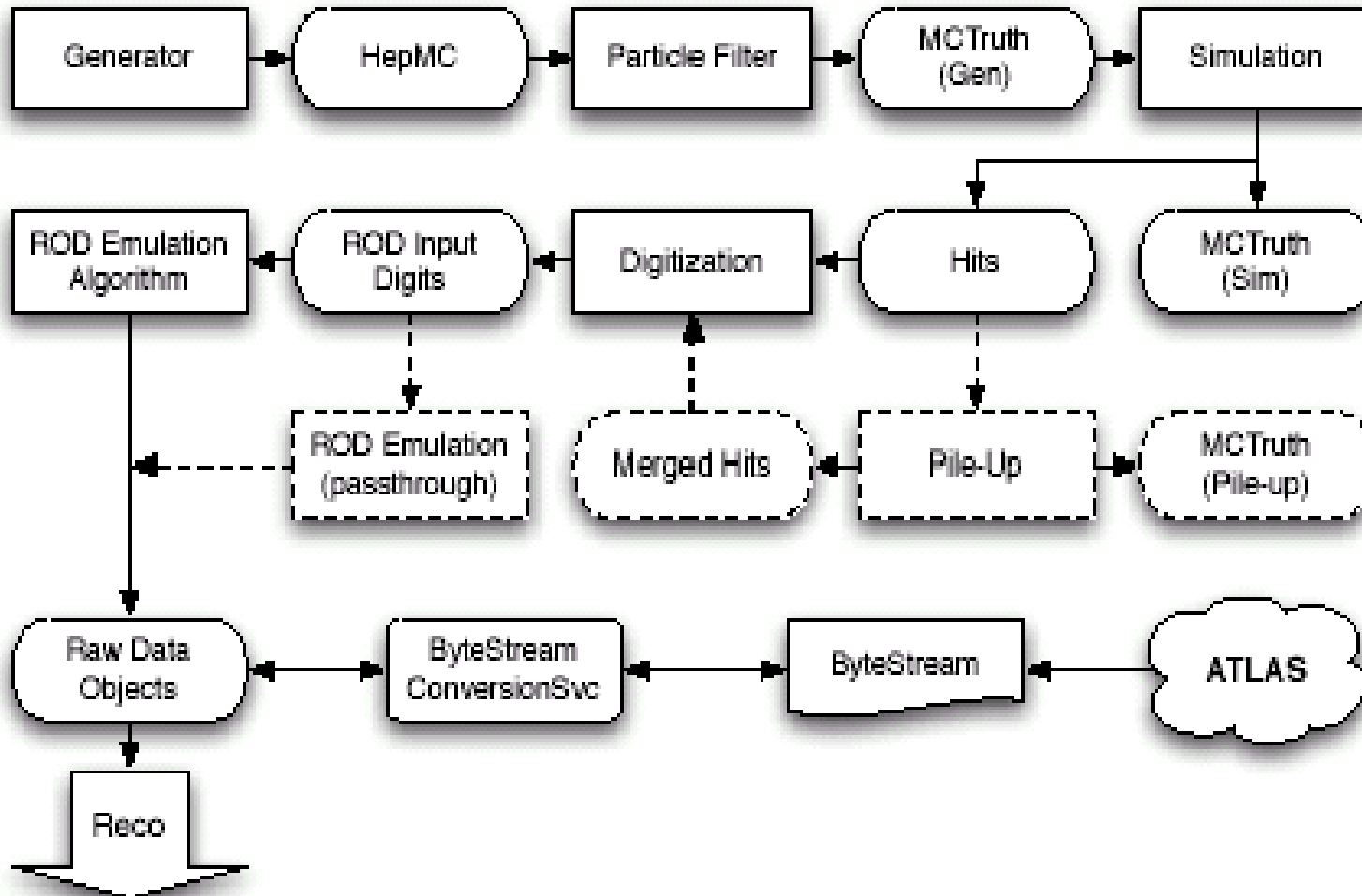
- Rekonstruktion führt auch zu **Athena Aware Ntuple** -
Ausgabe: `AANTuple.root` bzw. `ntuple.root`
- **AOD**-Erzeugung (aus ESD-File): Zusammenfassung von ESD, Ausgabe `aod.pool.root`
- **ATLFAST**: Erzeugung von AOD direkt aus generierten Events, Ausgabeformat AOD oder Athena Aware Ntuple
- **DPD**: Aus AOD abgeleitete (Nutzer-spezifische) Daten für Physikanalyse
- Objekte für Physikanalyse: Container von Daten im **TTree-Format**

TTree-Format und TreeViewer

	BRANCHES				
	muon_nSel	muon_pt	muon_eta	muon_phi	muon_ismuon
ENTRIES	2	7899.7685, 6769.6751	0.1218577, -0.171118	2.7316445, 3.0469719	1,1
	2	20658.150, 6840.4902	0.902265, -1.159864	0.3936874, 0.3631487	1, 1
	1	12323.402	-1.969527	2.0694004	1



ATLAS-Simulationskette



Literatur

- ROOT homepage: <http://root.cern.ch/>
- ROOT tutorial: <http://root.cern.ch/root/Tutorials.html>
- User's guide: <http://root.cern.ch/drupal/content/users-guide>
- ROOT Anwendungen:
 - <http://root.cern.ch/root/ExApplications.html>
- ATLAS-ROOT-Tutorial:
 - <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/Atlas/RootBasicTutorial>