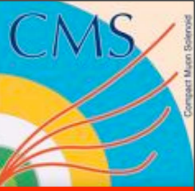


# Einführung ins “Event Scanning”

European Masterclass  
Zürich - 23. März 2012

Jürg Eugster  
IPP, ETH Zurich

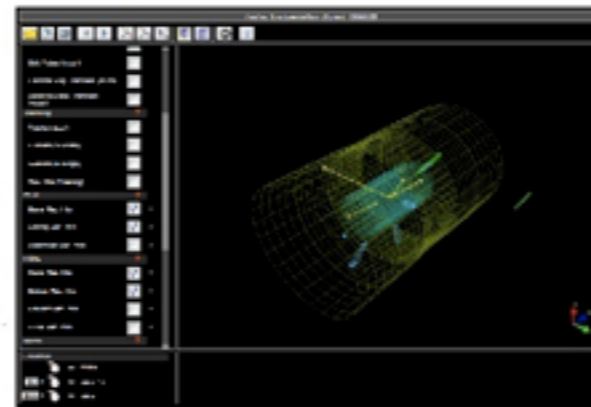


1. “Event Scanning”
2. W und Z Messung
3. Datenanalyse
4. Was können wir lernen?
5. Resultate

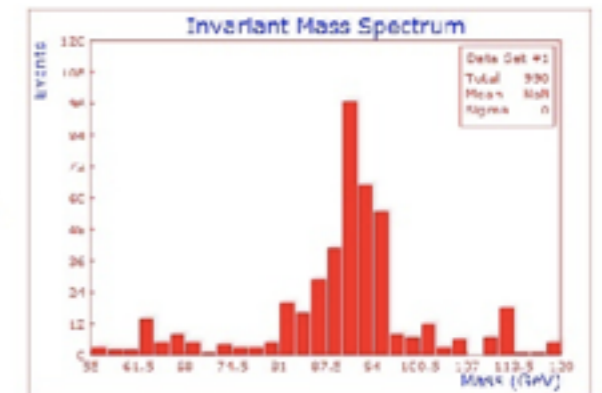
Datenanalyse kann auf zwei Arten gemacht werden:

- Event Displays (Fotos)
- Histogramme

Event Display



Histogramm

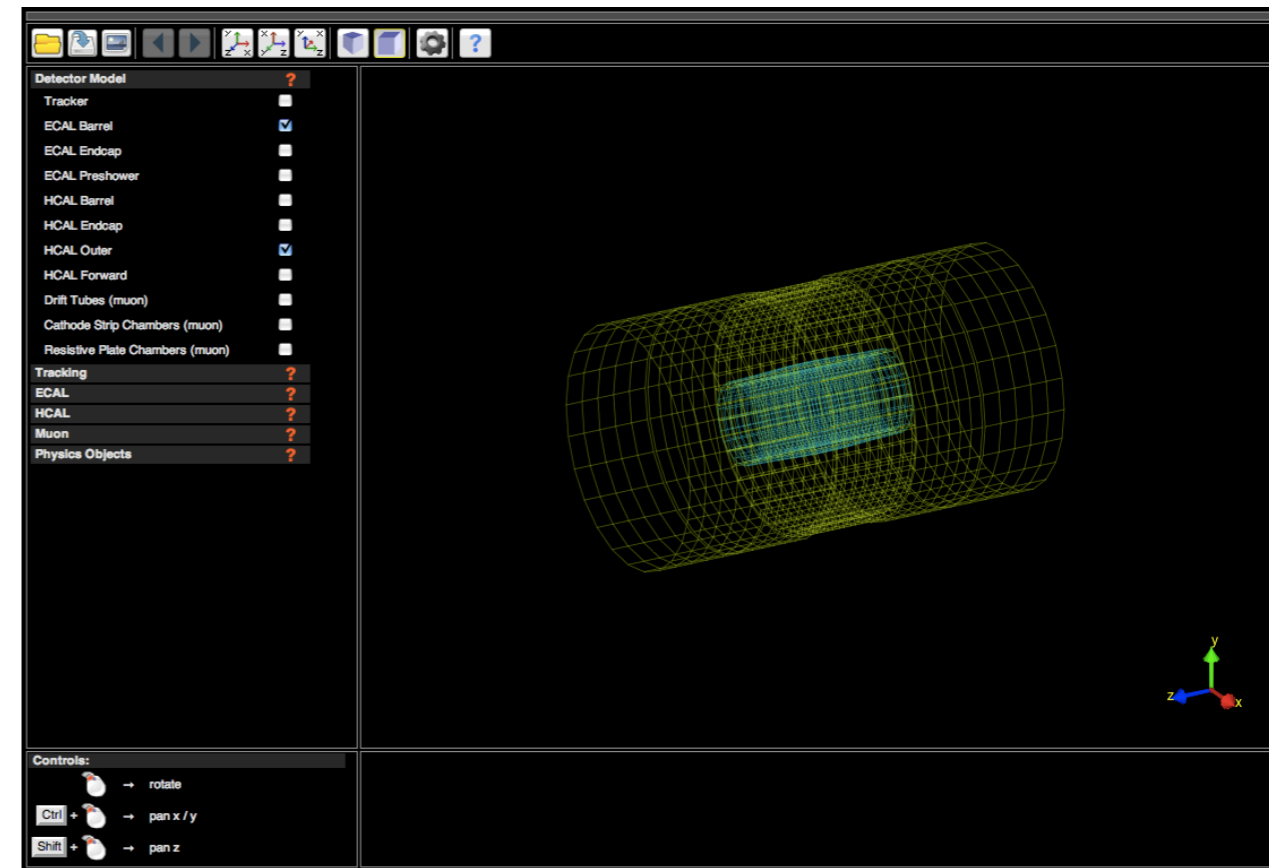


## Aufgaben:

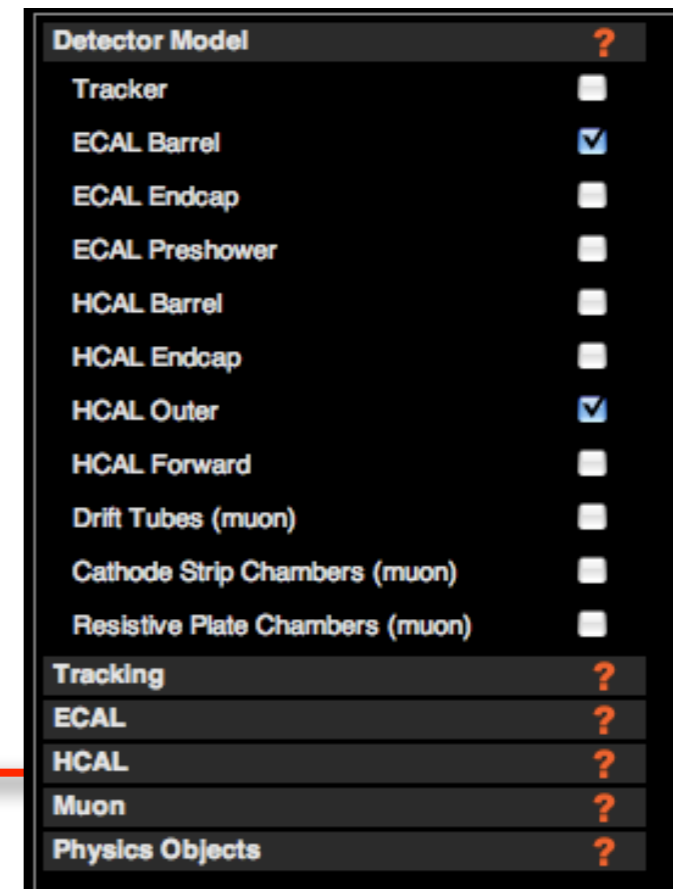
- Analysiert echte Daten von CMS
- Finde W und Z Boson Kandidaten
- Unterscheide verschiedene Zerfälle
- Bestimme verschiedene Verhältnisse
- Erstelle ein Histogramm mit der Z Masse


# “Event Scanning”

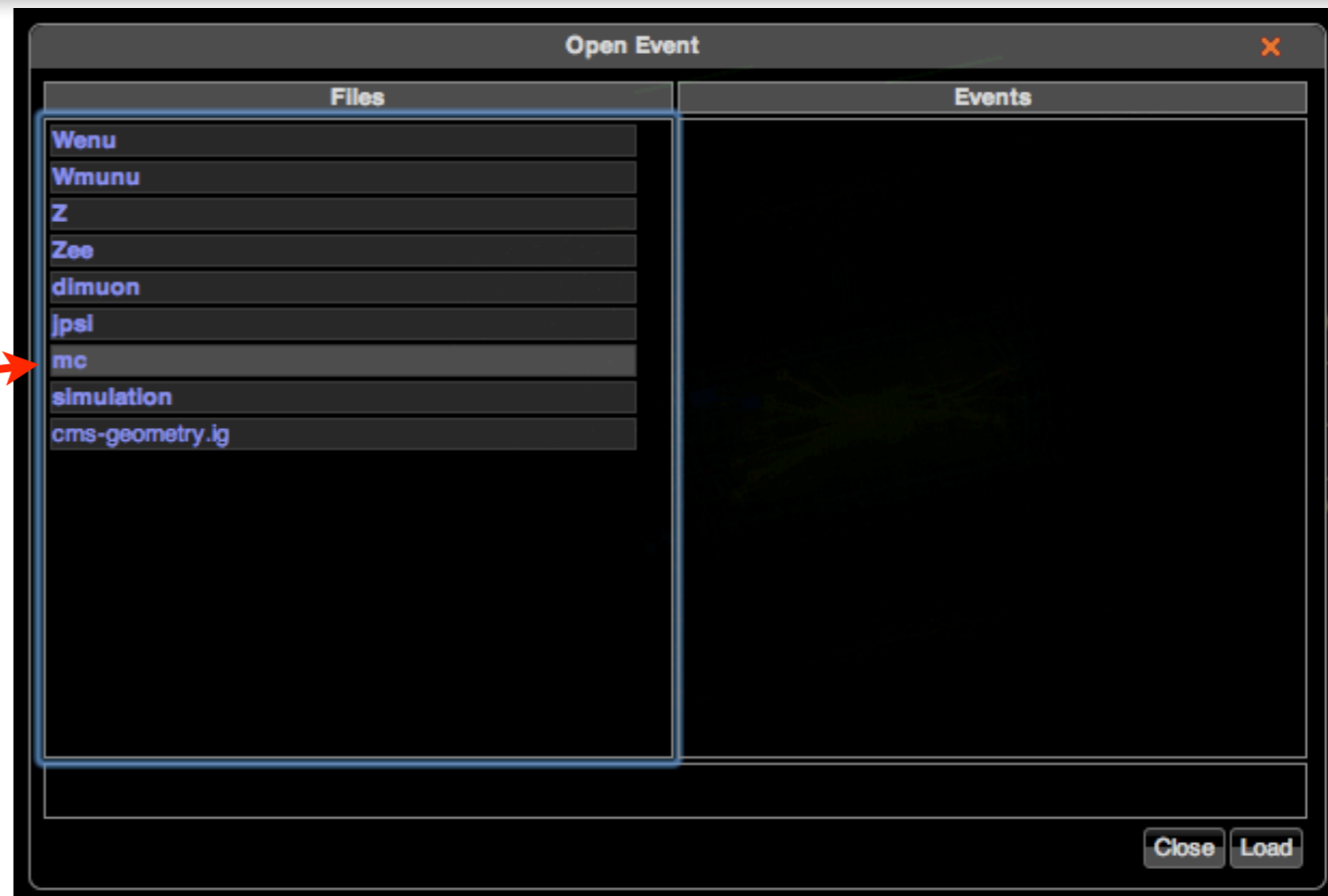
- Öffnen Sie den folgenden Link in einem Browser:
  - <http://www18.i2u2.org/elab/cms/event-display>
- Sie sehen einen Teil des CMS Detektors



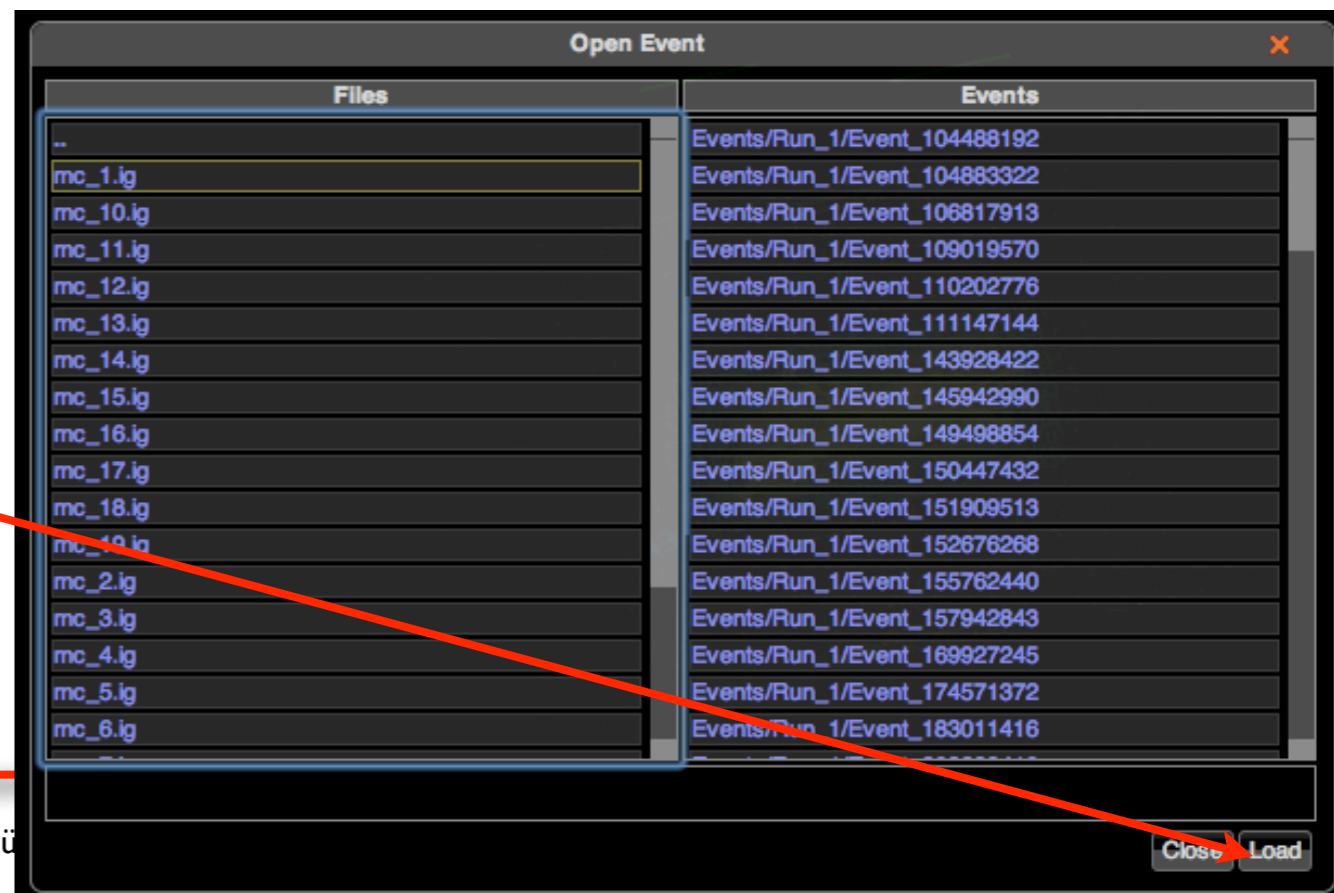
- Sie können verschiedene Detektorteile anzeigen lassen (Liste oben links auswählen)



- Um die W/Z-Analyse zu machen, klicken Sie auf  und wählen Sie “mc”:



- Wählen Sie einen Datensatz (**Files**) aus,
- wählen Sie ein Event (**Events**) aus
- und klicken Sie “Load”




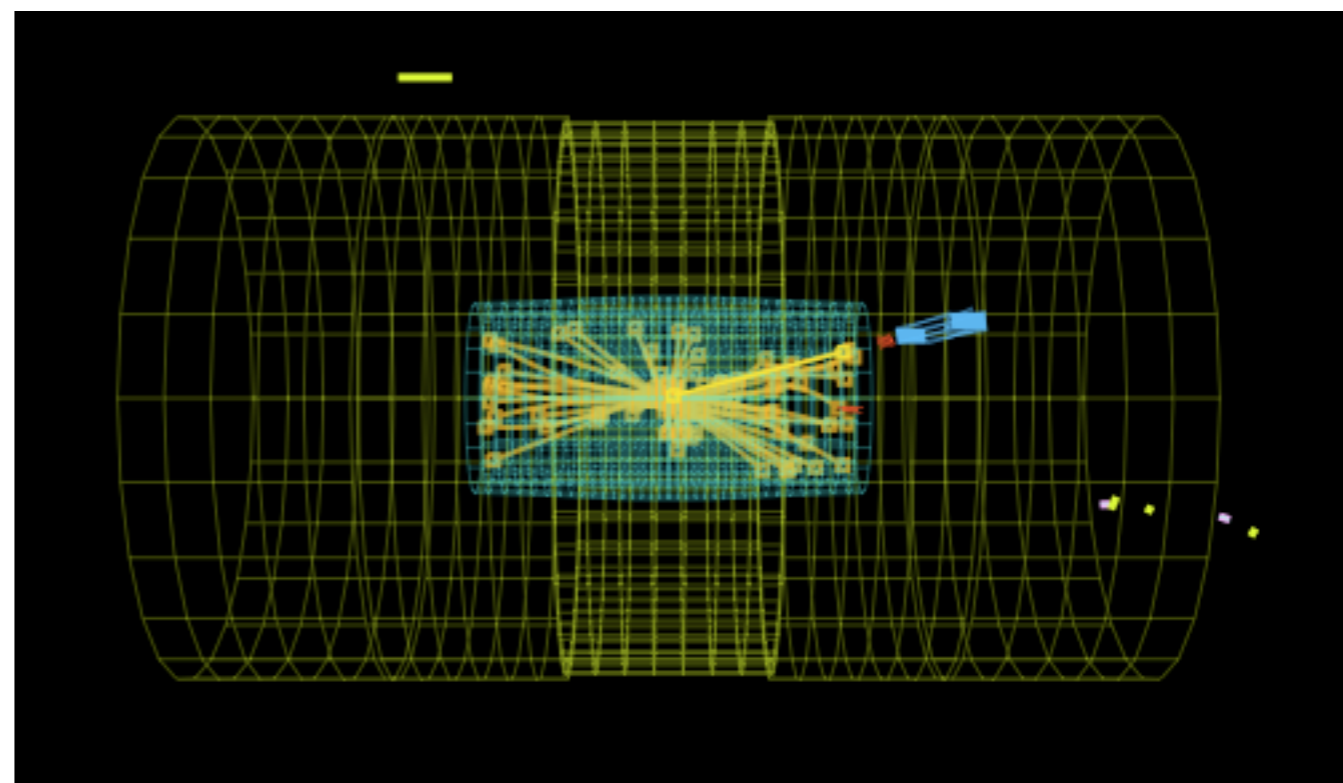
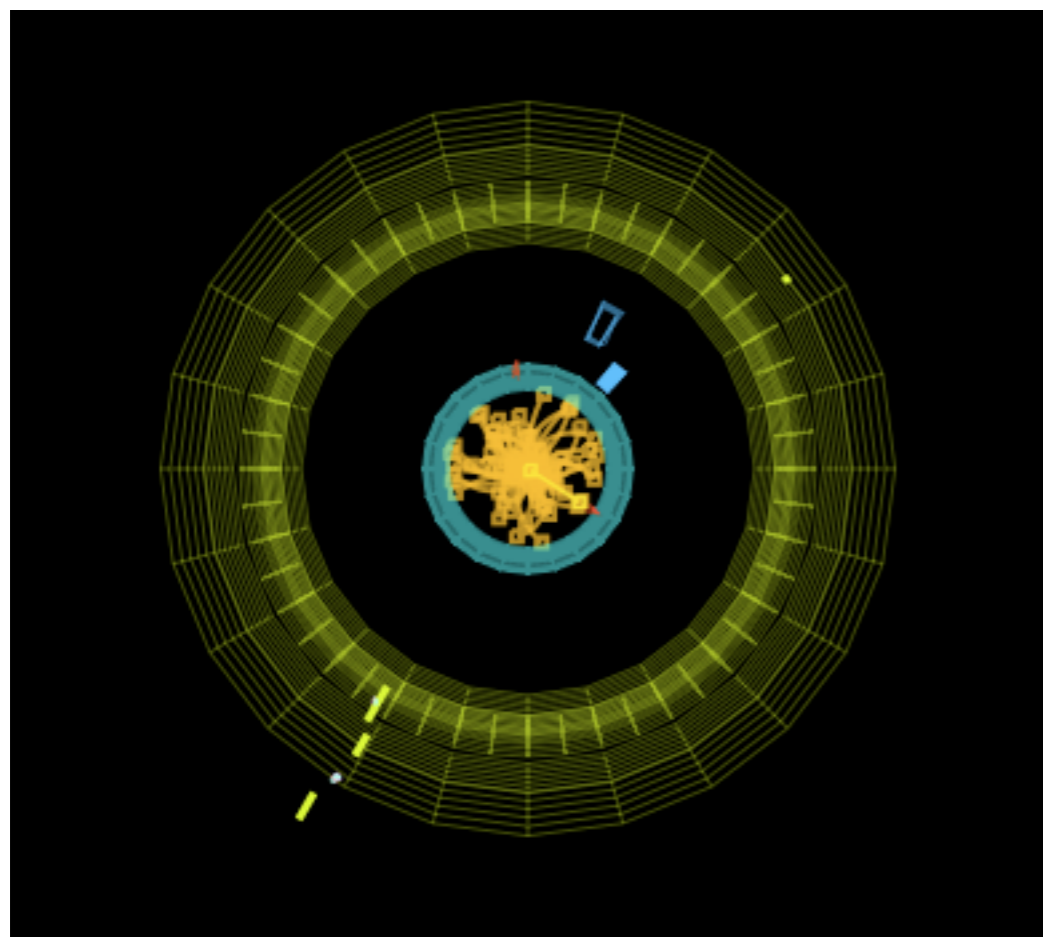
- Das gewählte Event wird nun dargestellt...

The screenshot displays the CMS Event Scanning software interface. On the left, a sidebar lists various detector components and their visibility status. The main area shows a 3D wireframe model of the detector with a central event visualization. The interface includes a toolbar at the top with navigation and manipulation icons.

Category	Component	Visible
Detector Model	Tracker	<input type="checkbox"/>
	ECAL Barrel	<input checked="" type="checkbox"/>
	ECAL Endcap	<input type="checkbox"/>
	ECAL Preshower	<input type="checkbox"/>
	HCAL Barrel	<input type="checkbox"/>
	HCAL Endcap	<input type="checkbox"/>
	HCAL Outer	<input checked="" type="checkbox"/>
	HCAL Forward	<input type="checkbox"/>
	Drift Tubes (muon)	<input type="checkbox"/>
	Cathode Strip Chambers (muon)	<input type="checkbox"/>
	Resistive Plate Chambers (muon)	<input type="checkbox"/>
Tracking	Tracks (reco.)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Clusters (Si Pixels)	<input type="checkbox"/>
	Clusters (Si Strips)	<input type="checkbox"/>
	Rec. Hits (Tracking)	<input type="checkbox"/>
ECAL	Barrel Rec. Hits	<input checked="" type="checkbox"/>
	Endcap Rec. Hits	<input checked="" type="checkbox"/>
	Preshower Rec. Hits	<input type="checkbox"/>
HCAL	Barrel Rec. Hits	<input checked="" type="checkbox"/>
	Endcap Rec. Hits	<input checked="" type="checkbox"/>
	Forward Rec. Hits	<input type="checkbox"/>
	Outer Rec. Hits	<input type="checkbox"/>
Muon	DT Rec. Hits	<input checked="" type="checkbox"/>



- Sie können durch klicken auf  verschiedene Darstellungen wählen,
- oder mit der Maus den Detektor rotieren.
- Mit “shift”+clicken kann man zoomen,
- und aus der Liste kann man Detektorteile anzeigen lassen.
- Mit den Pfeil-Buttons kann man das nächste Event laden...





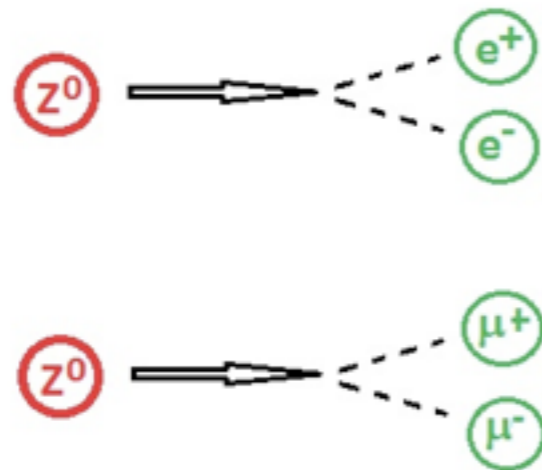
# W und Z Messung

- Es gibt W und Z Bosonen,
- welche in 2 Leptonen zerfallen:

## Leptonen:

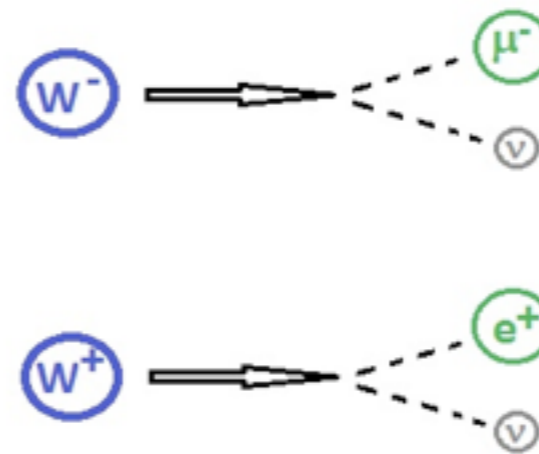
- **Elektronen** (geladen)
- **Muonen** (geladen)
- Elektron **Neutrino** (nicht geladen)
- Muon **Neutrino** (nicht geladen)

### Z-Zerfall:



- 2 geladene Leptonen (+ und -)
- immer  $e^+e^-$  oder  $\mu^+\mu^-$  Paare

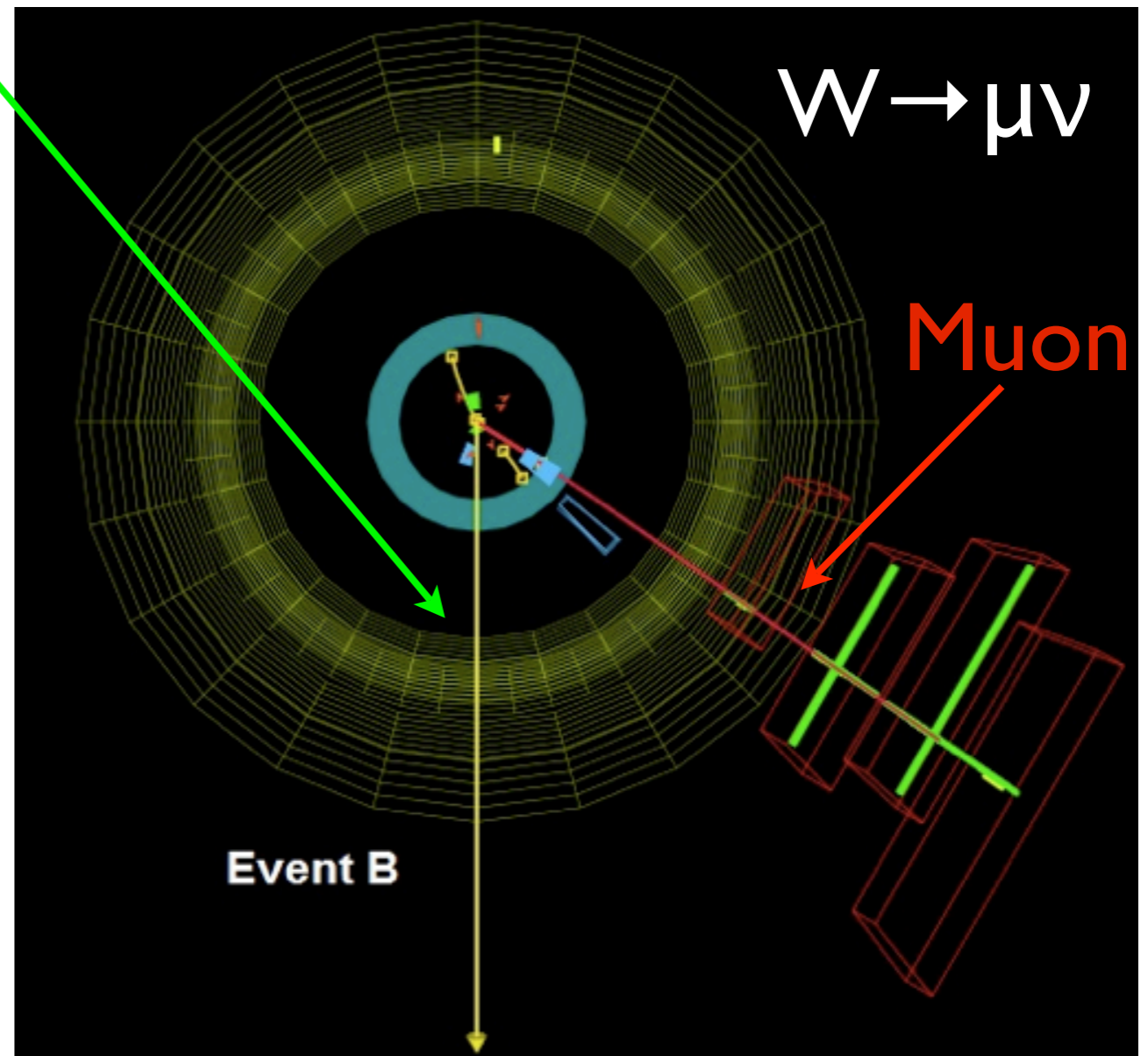
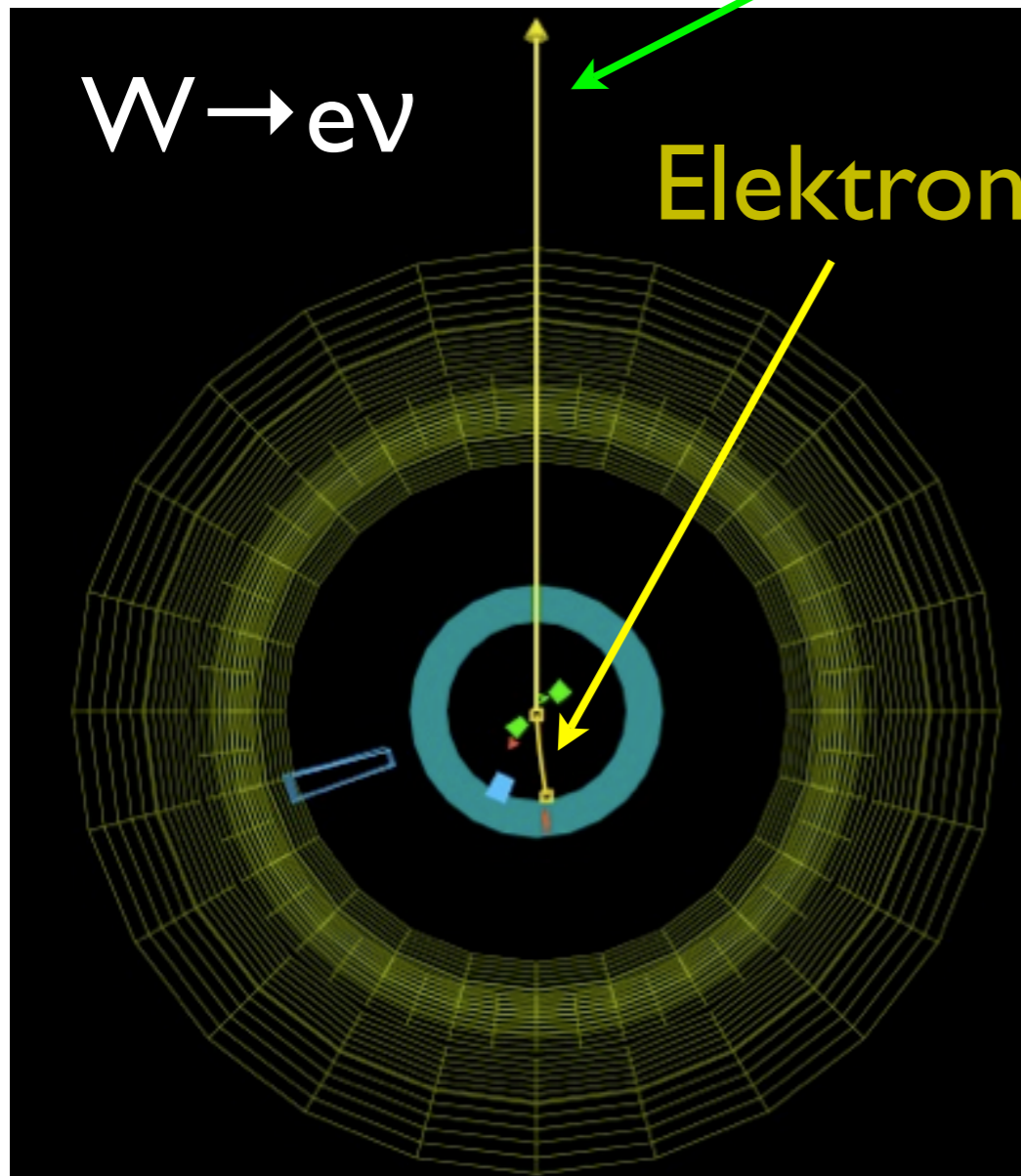
### W-Zerfall:

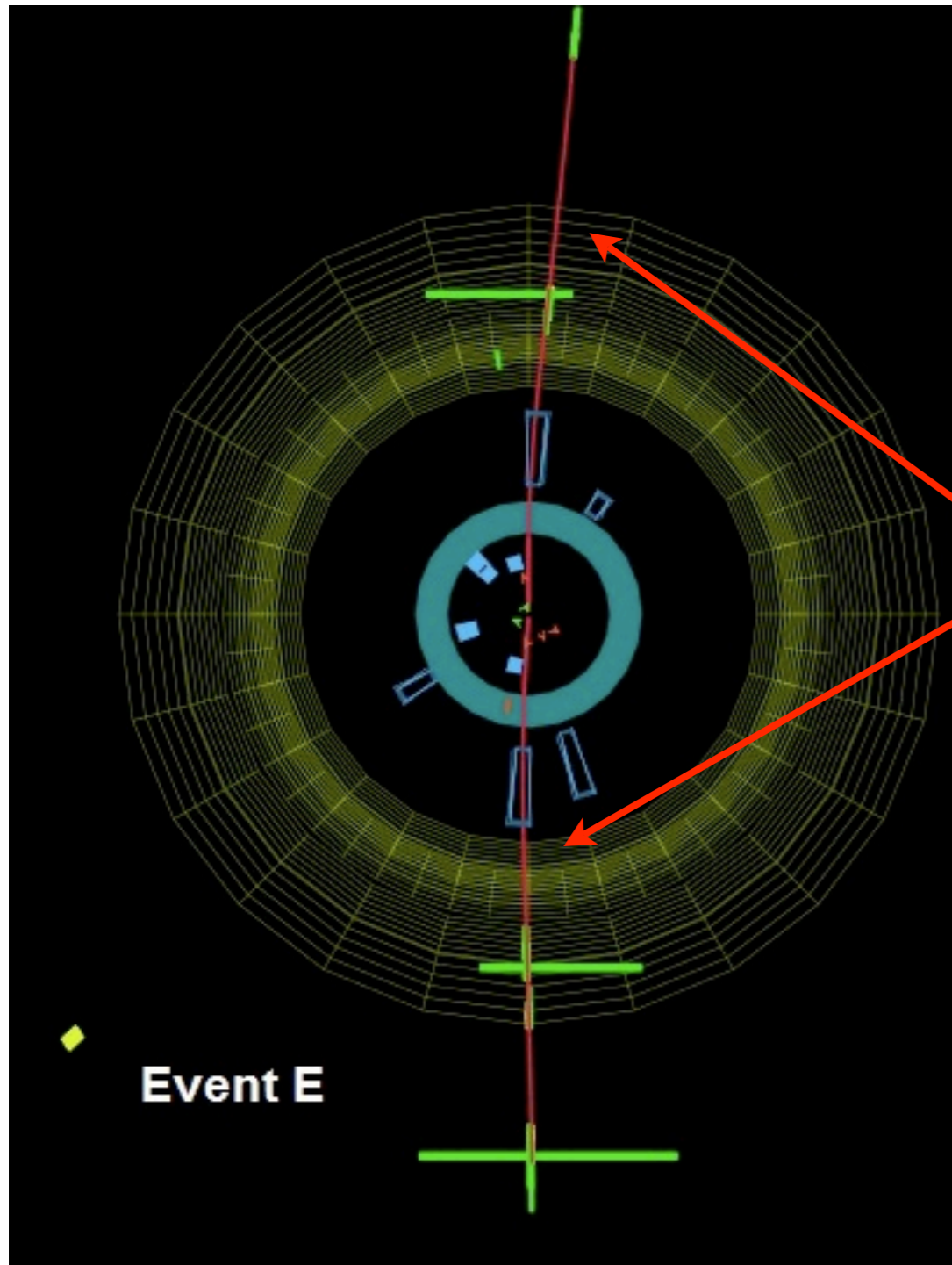


- 1 geladenes Lepton (+ oder -)
- 1 neutrales Lepton (Neutrino), welches man nicht sieht!

- Ein geladenes Lepton (Elektron oder Muon)
- Ein Neutrino  $\Rightarrow$  fehlender transversaler Impuls

**fehlender transversaler Impuls = Neutrino**






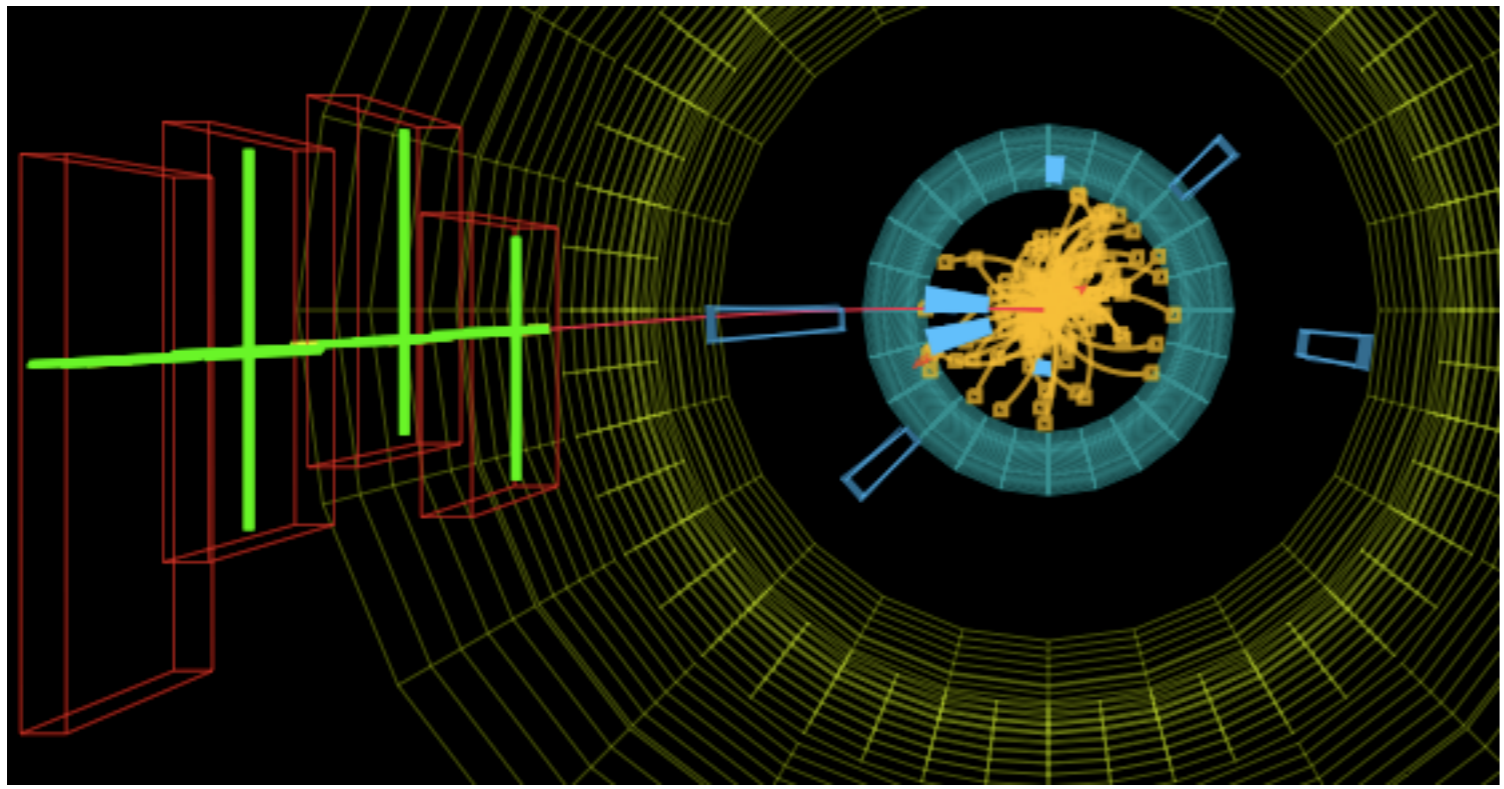
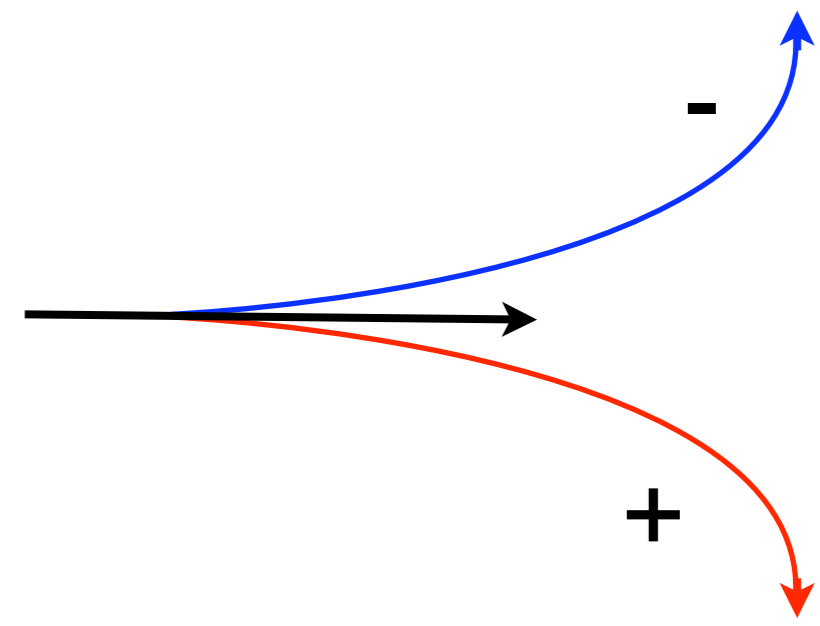
- Kann auch zwei Elektronen haben
- Kein fehlender transversaler Impuls

Muon



# Ladung?

- Spuren von geladenen Leptonen sind gekrümmt!
- In der x-y-Ansicht  werden:
- positiv** geladene Teilchen nach **rechts** abgelenkt
- negativ** geladene Teilchen nach **links** abgelenkt



- Bsp.:
- negativ geladenes Muon

# Datenanalyse



- Gruppen von 2 Personen
- Tabelle
- Event Display

- 1.Öffnen Sie die Tabelle
- 2.Laden Sie die richtigen Events (die auf der Tabelle)
- 3.Beginnen Sie mit dem ersten Event
- 4.Kommen die Spuren von **Elektronen** oder **Muonen**?
- 5.Füllen Sie “1” in das entsprechende Feld in der Tabelle
- 6.Falls es sich um ein **W Event** handelt: ist es ein **W+** oder ein **W-**?
- 7.Falls sich die Ladung nicht feststellen lässt, wählen Sie Wcand
- 8.Falls es ein **Z Event** ist, erhalten Sie die **Masse** im Feld “Z mass”
- 9.Falls es weder W noch Z ist, wählen Sie “**zoo**”

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	MC No	Ev No	electron	muon	W+ cand	W- cand	W cand	Z cand	"zoo"	Z mass	Zmass list
2	1	104488192		1	1						
3	2	104883322							1		
4	3	106817913	2					1		67.33	
5	4	109019570									
6	5	110202776									
7	6	111147144									
8	7	143928422									

Am Schluss werden alle Tabellen kombiniert...

## Was können wir so herausfinden?

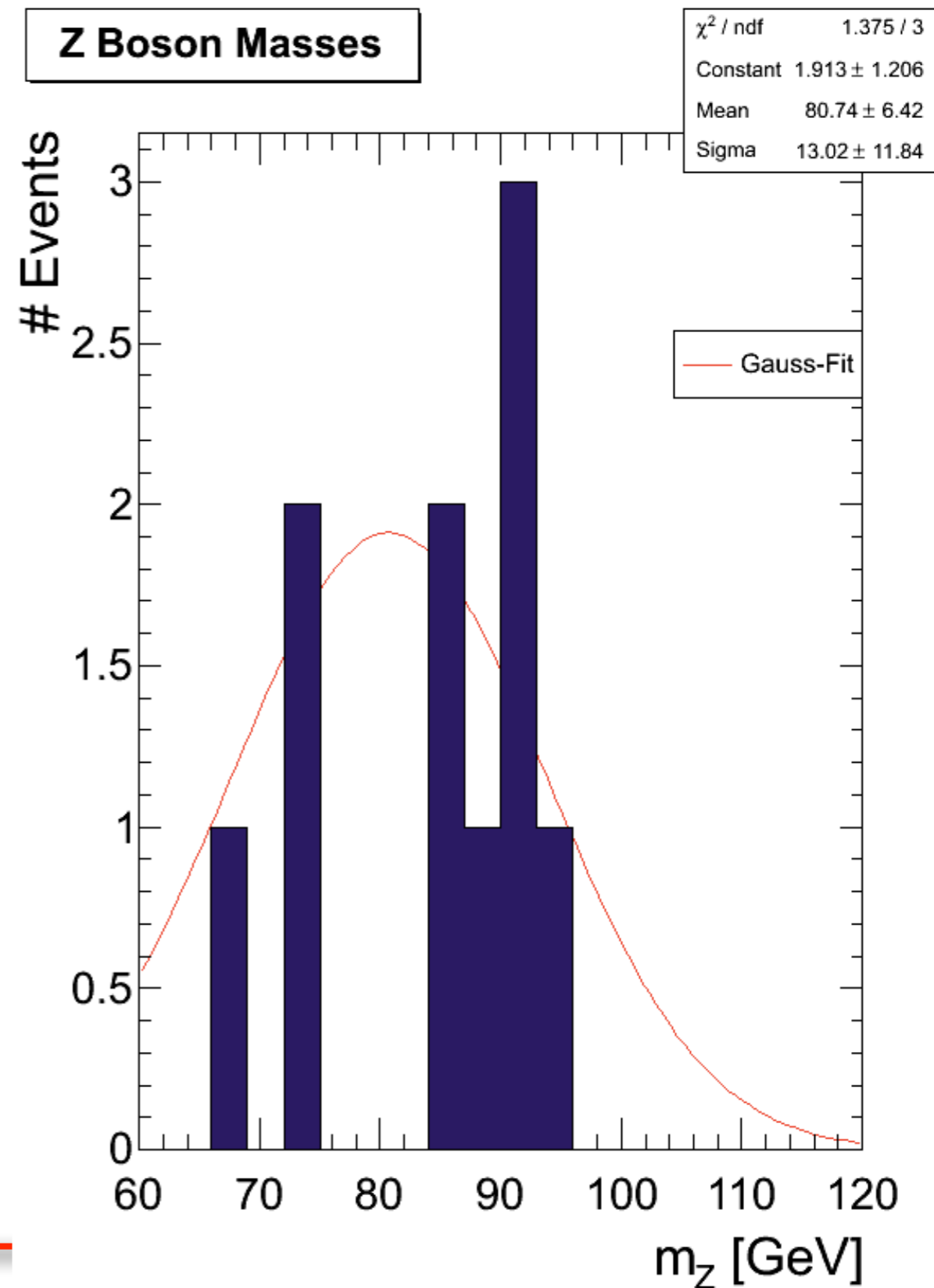
- Wir können verschiedene Zerfälle beobachten ( $W$  /  $Z$  / andere)
- Was wird häufiger produziert?  $W$  oder  $Z$ ?
- Gibt es einen Unterschied zwischen  $W^+$  und  $W^-$ ? Was lernen wir daraus?
- Gibt es einen Unterschied zwischen Elektronen und Muonen?
- Können wir die Masse des  $Z$  Bosons angeben?
- Und die Masse des  $W$ ?
- Macht es einen Unterschied ob wir 100 oder 1000 Events analysieren?

**Viel Spass beim Scannen!**

# Resultate

## Z Masse

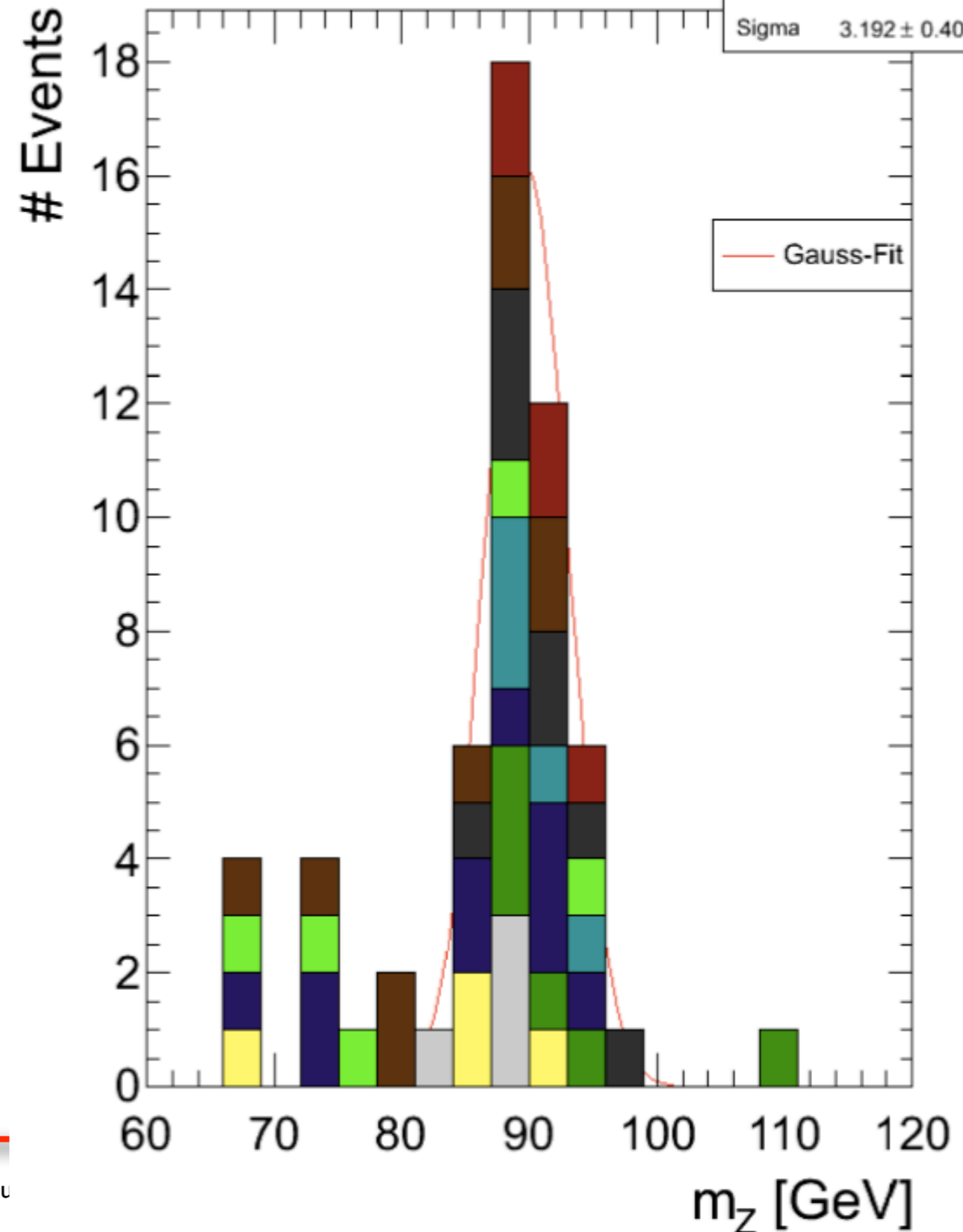
- Aus den beiden Leptonen kann die invariante Masse des Z berechnet werden
- Aus dem Histogramm kann man die Masse ablesen als **80.74 ± 13.02 GeV/c<sup>2</sup>**
- Aus präzisionsmessungen kennt man die Z masse als **91.1876 ± 0.0021 GeV/c<sup>2</sup>**
- Zu wenig Statistik...



## Z Masse

- Aus den beiden Leptonen kann die invariante Masse des Z berechnet werden
- Histogramm aller Gruppen kombiniert
- Aus dem Histogramm kann man die Masse ablesen als  $89.77 \pm 3.19 \text{ GeV}/c^2$
- Aus präzisionsmessungen kennt man die Z masse als  $91.1876 \pm 0.0021 \text{ GeV}/c^2$
- Mehr Statistik verbessert unsere Messung!!
- Es gibt Prozesse, welche 2 Leptonen haben aber nicht in der Nähe der Z Masse sind. Deshalb haben wir den Fit auf 60-120 GeV beschränkt...
- Die von euch gefundenen Z Masse ist kompatibel mit der gemessenen Z Masse!!

### Z Boson Masses

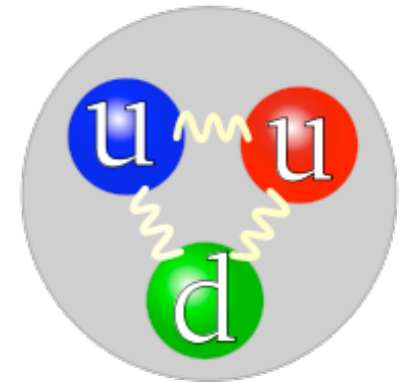




## W+ / W- Verhältnis

• Das Verhältnis von W+ zu W- ist:

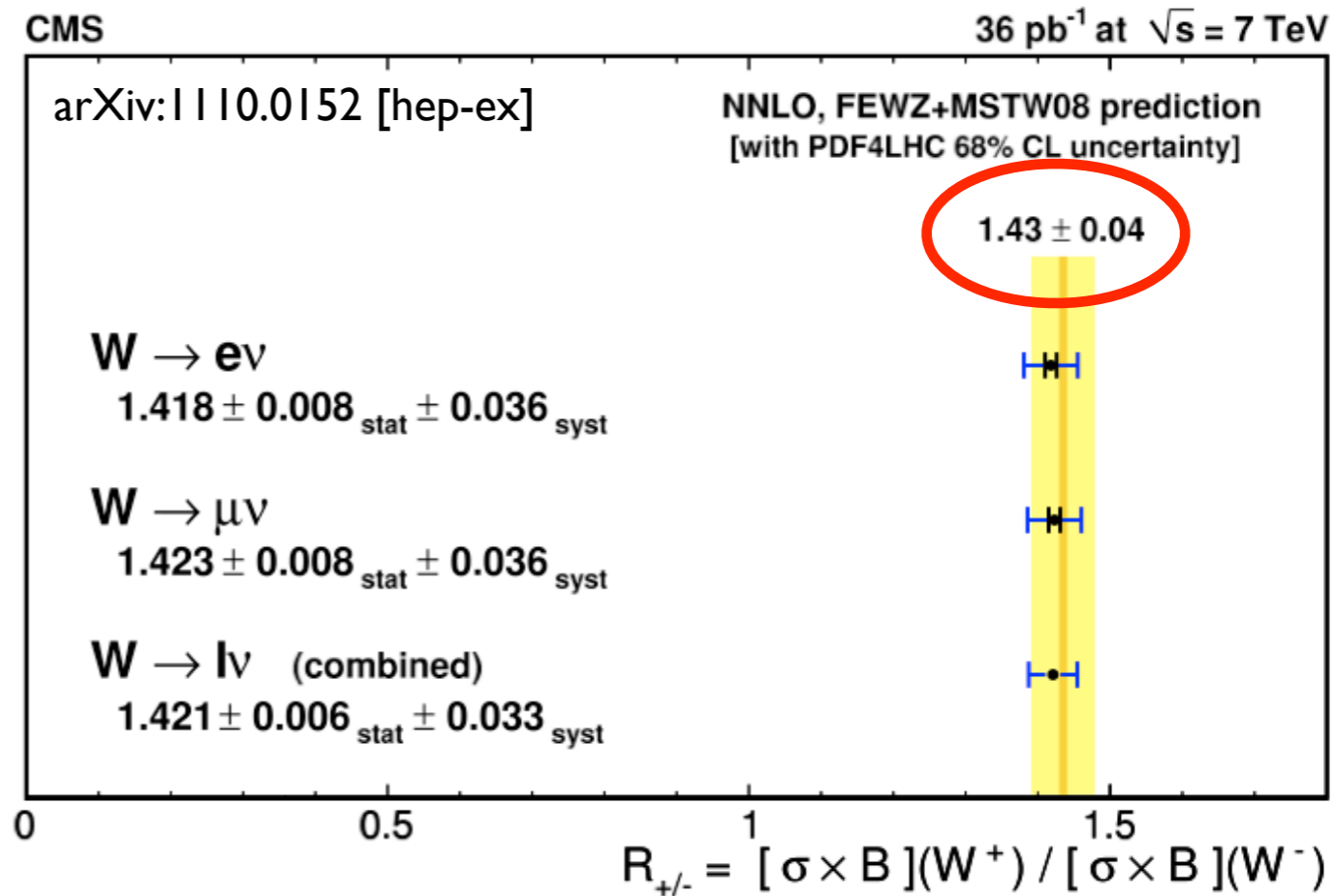
$$R = N(W+) / N(W-) = 1.36$$



- Warum ist nicht R=1?
- LHC ist pp-collider
- Proton besteht aus 2 up- und 1 down-Quark, up ist positiv geladen

• ⇒ **Mehr W+ als W- produziert**

• CMS hat ein W+ / W- Verhältnis von ca. 1.4 gemessen!!



## e / mu Verhältnis

- Das Verhältnis von Elektronen zu Muonen ist:

$$R = N(e) / N(\mu) = 0.88$$

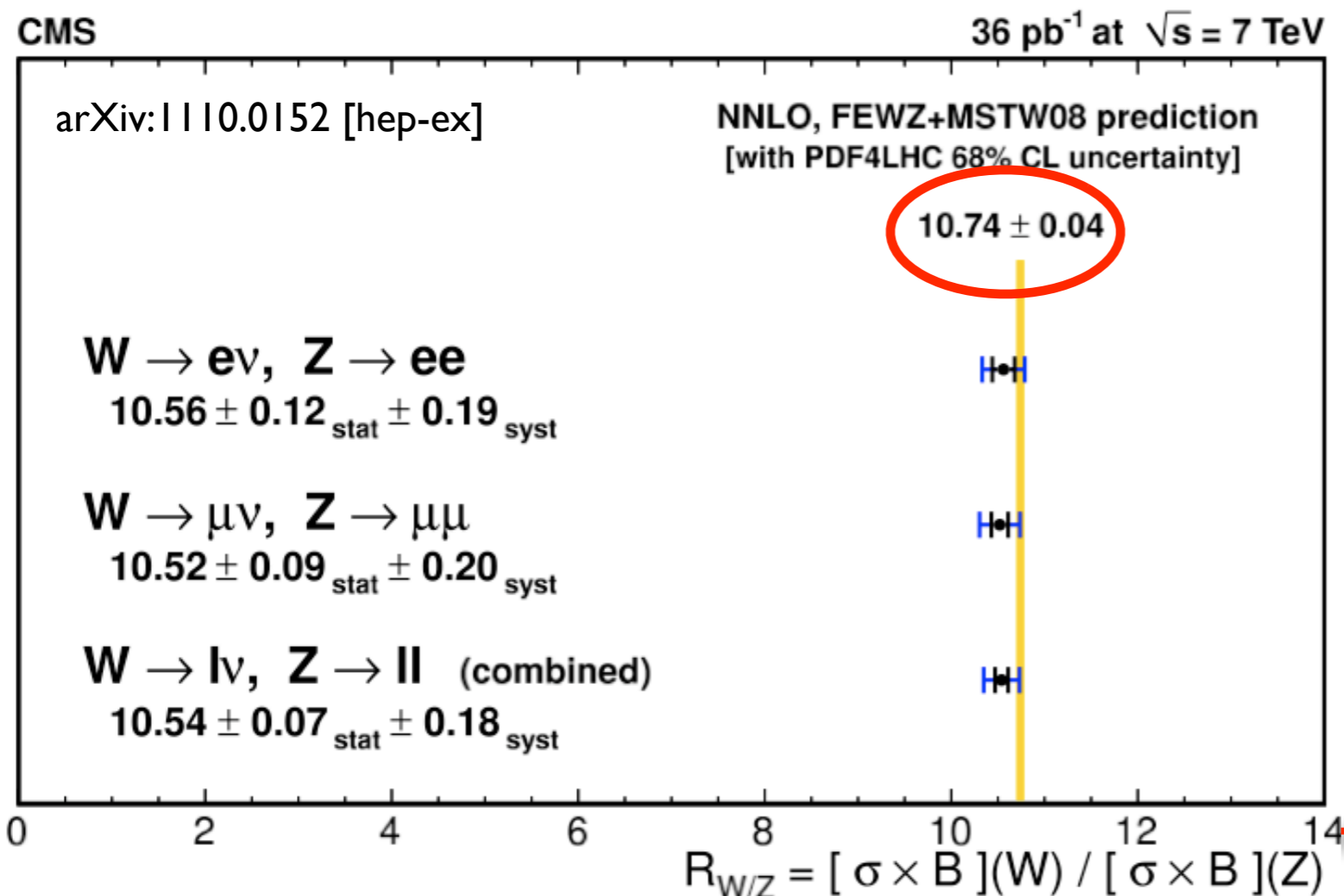
- Sollte nahe bei 1  $\Rightarrow$  **Leptonuniversalität** (d.h. Elektron und Muon sind gleich häufig)
- Der Unterschied kann von einer Vorselektion der Events kommen

# Z vs W Events

- Haben total 107 Zs gefunden
- Haben total 671 Ws gefunden

$$R = N(W) / N(Z) = 6.27$$

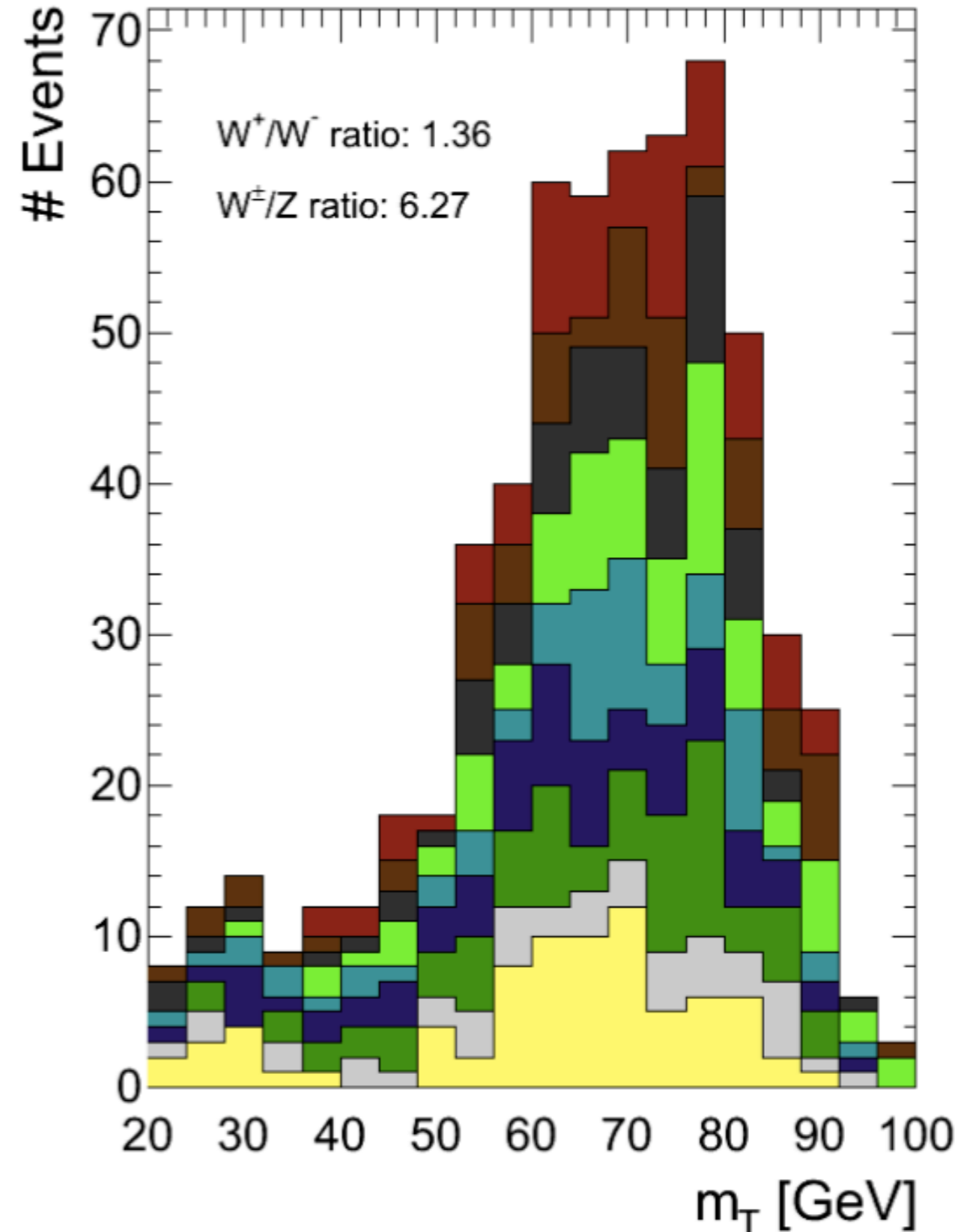
- Das Verhältnis von W zu Z (im leptonischen Zerfall) ist ca. 10! (CMS Resultat)



Haben eine Vorselektion von Events, welche dieses Verhältnis beeinflussen kann...

- Können invariante Masse wegen des Neutrinos nicht berechnen, aber die
- Transversale Masse des W
- Sollte einen "cut off" bei der W Masse haben
- Die W Boson Masse ist  $80.4 \text{ GeV}/c^2$

W Boson "Masses"



- Haben CMS Daten mit W und Z Events analysiert
- Die Z Masse ist: ca. 90 GeV
- Ws werden ca. 10 Mal mehr als Zs produziert
- Wir haben einen Unterschied in der Häufigkeit von  $W^+$  und  $W^-$  gesehen, aufgrund der Zusammensetzung des Protons
- Haben sogenannte Leptonuniversalität (d.h. Elektronen und Muonen kommen gleich häufig vor) kennengelernt

Vielen Dank!!