

Untersuchung der Selektivität des auf den MDT-Präzisionskammern beruhenden Level-0-Myontriggers für das ATLAS-Experiment am HL-LHC

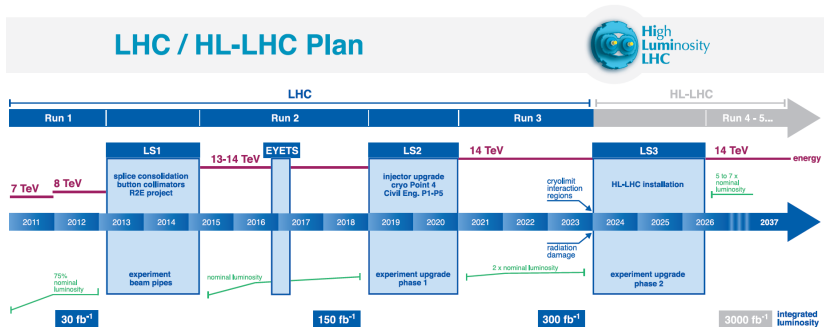
Philipp Gadow
Betreuer: Oliver Kortner

Max-Planck-Institut für Physik, München



DPG-Frühjahrstagung Hamburg 2016

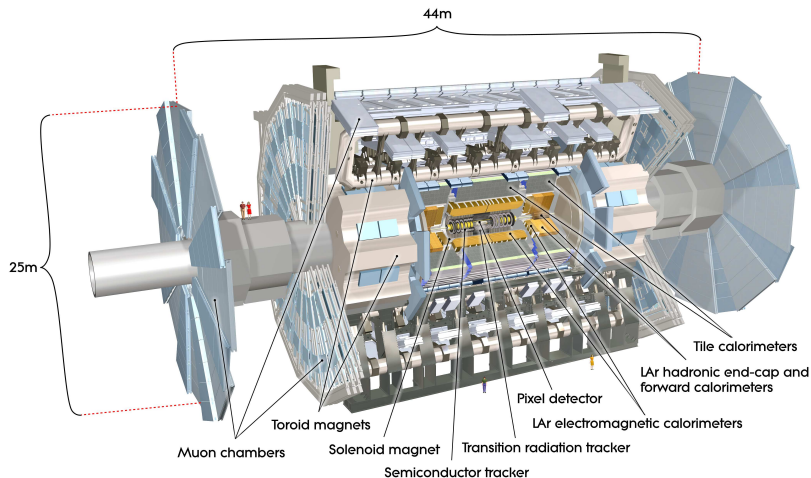
Vom Large Hadron Collider zum High Luminosity-LHC



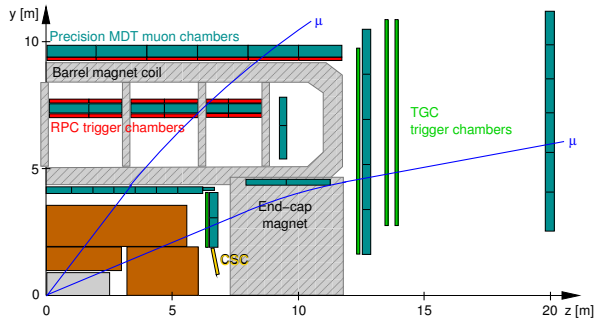
[2, CERN-LHCC-2015-020]

- ▶ Nominelle Luminosität nach Phase-2 Upgrade: $7 \times 10^{34} \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$
- ▶ Upgrades der Experimente für hohe Ratenfähigkeit notwendig

Das ATLAS-Experiment

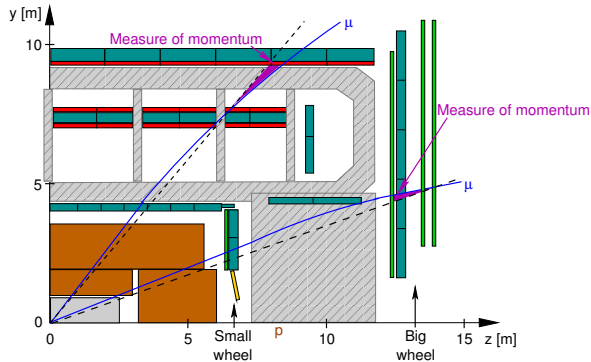


Das ATLAS-Myonenspektrometer und Trigger



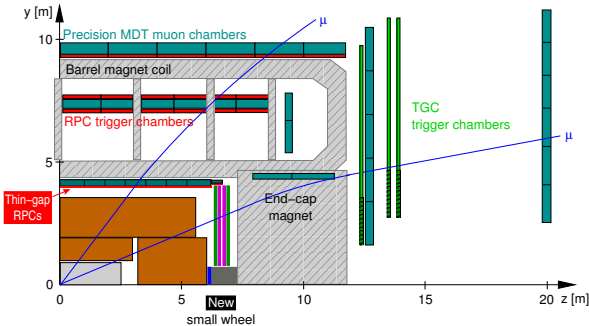
- ▶ schnelle Triggerkammern
 $\mathcal{O}(1 \text{ ns})$: **RPC**, **TGC**
- ▶ Präzisions-Spurdetektoren
 $\mathcal{O}(30 \mu\text{m})$: **MDT**
- ▶ Phase-1/2 Upgrades: neue Detektoren und Ausleseelektronik

Das ATLAS-Myonenspektrometer und Trigger



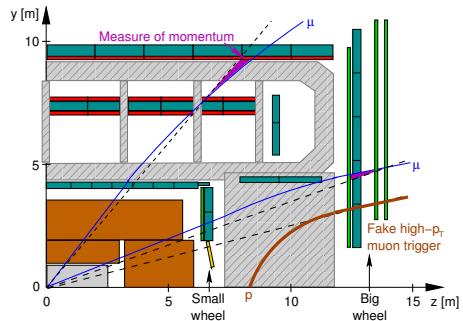
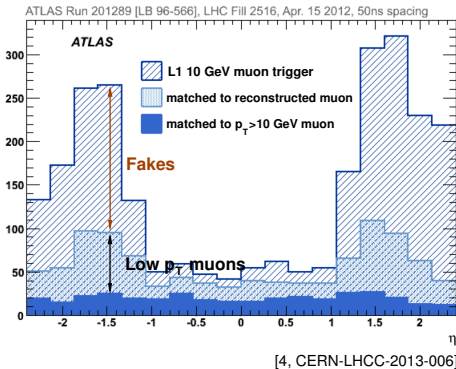
- ▶ schnelle Triggerkammern
 $\mathcal{O}(1 \text{ ns})$: **RPC**, **TGC**
- ▶ Präzisions-Spurdetektoren
 $\mathcal{O}(30 \mu\text{m})$: **MDT**
- ▶ Phase-1/2 Upgrades: neue Detektoren und Ausleseelektronik

Das ATLAS-Myonenspektrometer und Trigger



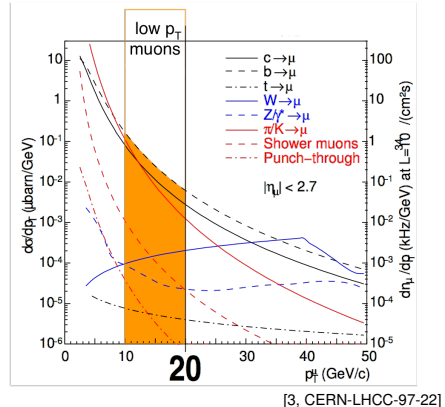
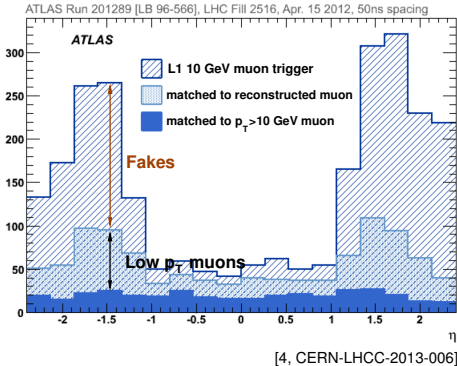
- ▶ schnelle Triggerkammern
 $\mathcal{O}(1 \text{ ns})$: **RPC**, **TGC**
- ▶ Präzisions-Spurdetektoren
 $\mathcal{O}(30 \mu\text{m})$: **MDT**
- ▶ Phase-1/2 Upgrades: neue Detektoren und Ausleseelektronik

Beiträge zur Triggerrate



- ▶ Triggerrate ist dominiert von Hintergrund und niederenergetischen Myonen
- ▶ Für Unterdrückung von Myonen unterhalb der Triggerschwelle ist eine genaue Impulsbestimmung entscheidend

Beiträge zur Triggerrate



- ▶ Triggerrate ist dominiert von Hintergrund und niederenergetischen Myonen
- ▶ Für Unterdrückung von Myonen unterhalb der Triggerschwelle ist eine genaue Impulsbestimmung entscheidend

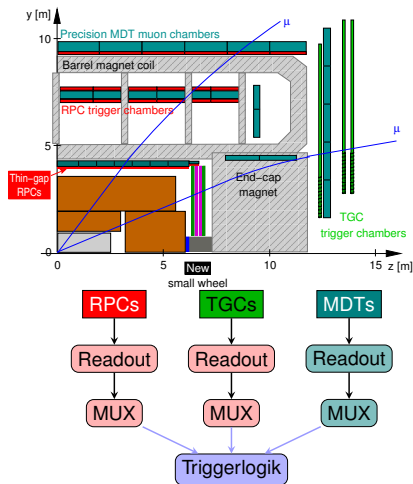
Der ATLAS Myonentrigger für den HL-LHC

Zweistufiges Triggerschema

- ▶ **Triggerstufe L0:**
6 - 10 μ s Latenz, 1 MHz Rate
- ▶ **High-Level-Trigger:**
volle Offline-Rekonstruktion

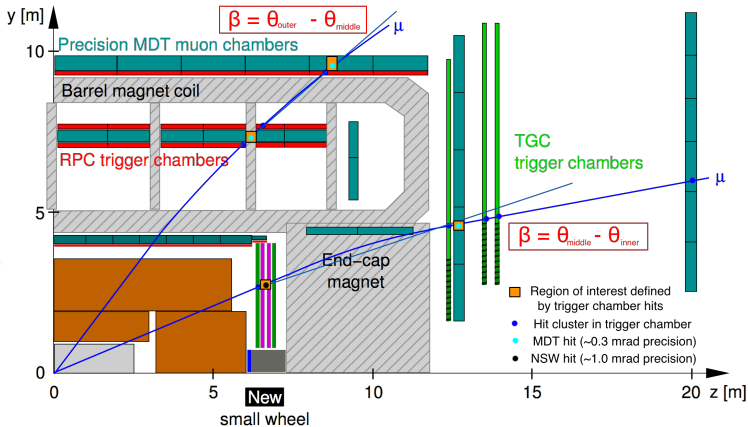
Erste Triggerstufe

1. Kontinuierliche Auslese der Myondaten zur Triggerlogik (1 μ s)
2. Koinzidenz der Treffer in den drei Triggerkammerschichten (1 μ s)
3. MDT-Präzisionsmessung verfeinert Triggerkammer-Impulsmessung (1 μ s)
4. Finale Triggerentscheidung (3 μ s)



Triggerkonzepte mit MDT-Präzisionskammern

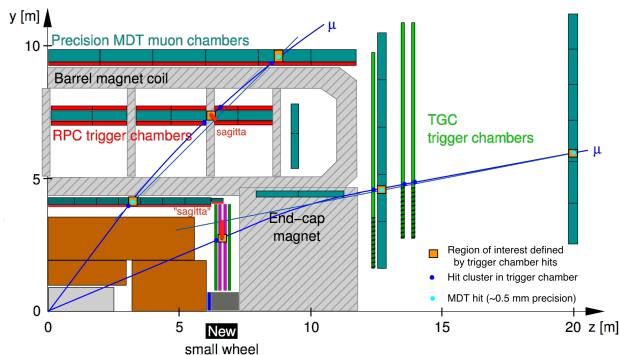
Winkelmethode



Ratenreduktion $\sim 50\%$ zu Phase 1 Trigger [ATL-COM-DAQ-2014-010]

Triggerkonzepte mit MDT-Präzisionskammern

Sagittamethode



Definition: Sagitta s

► im Barrel:

$$s := \text{[Diagram showing sagitta in the barrel region]}$$

► in der Endkappe:

$$s := \text{[Diagram showing sagitta in the endcap region]}$$



Ratenstudie für den optimalen MDT-Myontrigger

Parametrisierung von p_T durch s, ϕ, η

Verwendeter Datensatz für Parametrisierung: Periode B (Run 1)

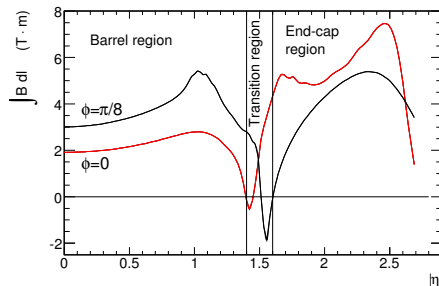
Wegen des inhomogenen Feldintegrals im Spektrometer muss die Abhängigkeit von p_T von ϕ und η berücksichtigt werden.

$$p_T = \frac{eL^2 B(\phi, \eta)}{8s} \approx S_1(1/s) + P_2(\phi) + E_2(\eta),$$

mit

- ▶ $S_1 = (1/s - a_0)/a_1$
- ▶ $P_2(\phi) = \sum_{n=0}^2 p_n \cdot \phi^n$
- ▶ $E_2(\eta) = \sum_{n=0}^2 e_n \cdot \eta^n$

Die Parameter a_i, p_j, e_j werden aus iterativen Fits bestimmt.

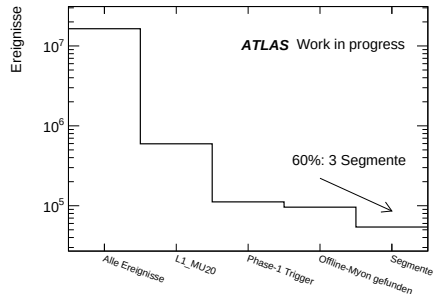


Ratenstudie für den optimalen MDT-Myontrigger

Datenauswahl

ATLAS-Daten mit **8 TeV** Schwerpunktsenergie und **25 ns** Abstand zwischen Kollisionen

1. RPC/TGC-Trigger mit Schwelle $p_T > 20 \text{ GeV}$
2. Koinzidenz mit den Triggerkammern in der inneren Lage (nach Phase-1)
3. Trigger konnte ein rekonstruiertes Myon zugeordnet werden
4. Zu Myon sind drei Segmente mit je ≥ 4 Treffern zugeordnet

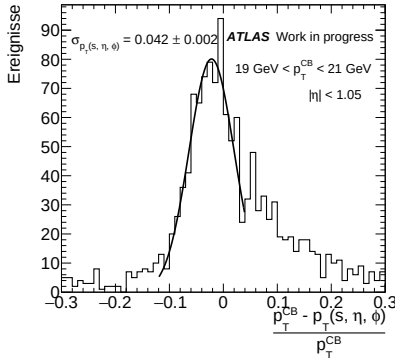


Ratenstudie für den optimalen MDT-Myontrigger

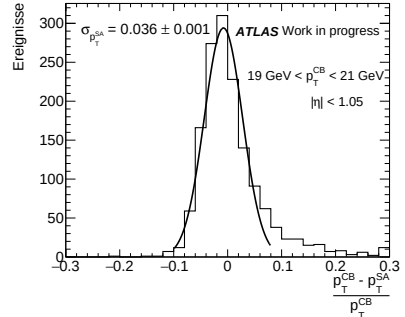
Impulsauflösung

Barrel-Bereich

Impulsauflösung mit Drei-Stationen
MDT-Myontrigger



Offline-Impulsauflösung nur mit
Spektrometer

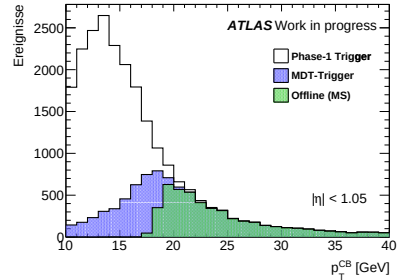
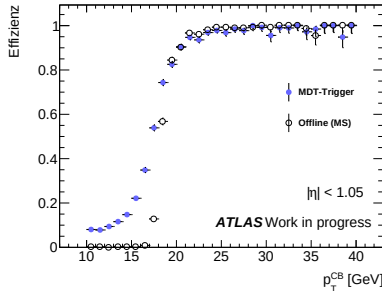


Impulsauflösung im Bereich der Offline-Impulsauflösung

Ratenstudie für den optimalen MDT-Myontrigger

Effizienzkurven

Barrel-Bereich ($|\eta| < 1.05$)

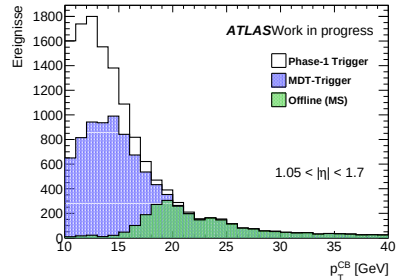
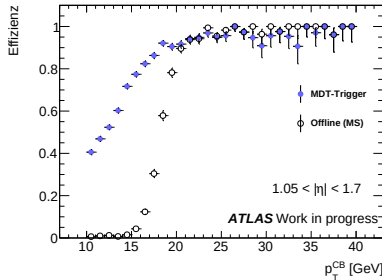


- **Barrel:** hohe Reduktion ($\sim 70\%$) der Triggerrate

Ratenstudie für den optimalen MDT-Myontrigger

Effizienzkurven

Übergangs-Bereich ($1.05 < |\eta| < 1.7$)

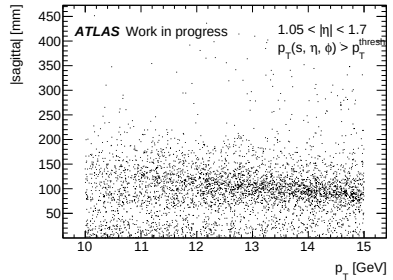
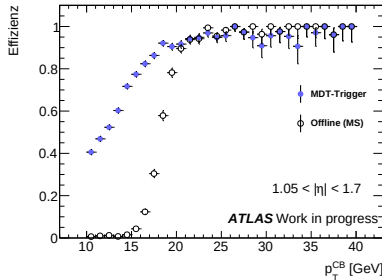


- ▶ **Barrel:** hohe Reduktion ($\sim 70\%$) der Triggerrate
- ▶ **Übergangsbereich:** inhomogenes Magnetfeld um $|\eta| = 1.5$ erschwert Sagitta-Methode (Ratenreduktion $\sim 40\%$), Winkelmethode möglich

Ratenstudie für den optimalen MDT-Myontrigger

Effizienzkurven

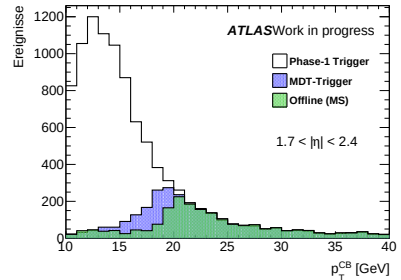
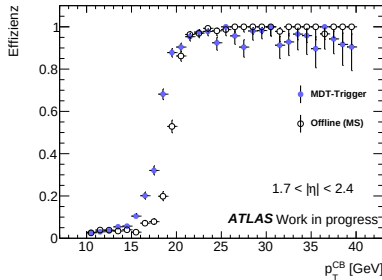
Endkappen-Bereich ($1.7 < |\eta| < 2.4$)



- **Barrel:** hohe Reduktion ($\sim 70\%$) der Triggerrate
- **Übergangsbereich:** inhomogenes Magnetfeld um $|\eta| = 1.5$ erschwert Sagitta-Methode (Ratenreduktion $\sim 40\%$), Winkelmethode möglich

Ratenstudie für den optimalen MDT-Myontrigger

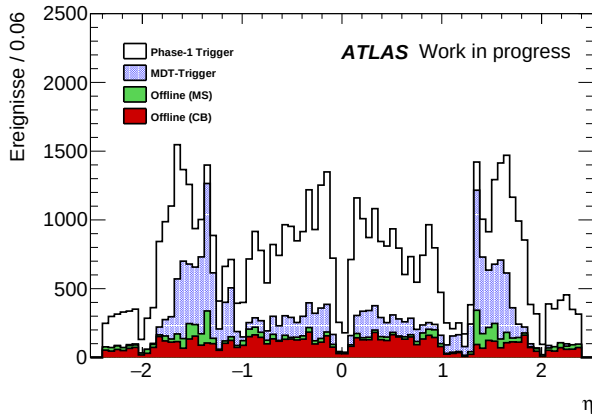
Effizienzkurven



- ▶ Barrel + Endkappe: Triggerrate um $\sim 70\%$ bzw. $\sim 75\%$ reduziert
- ▶ Übergangsbereich: inhomogenes Magnetfeld um $|\eta| = 1.5$ erschwert Sagitta-Methode (Ratenreduktion $\sim 40\%$), Winkelmethode möglich

Ratenstudie für den optimalen MDT-Myontrigger

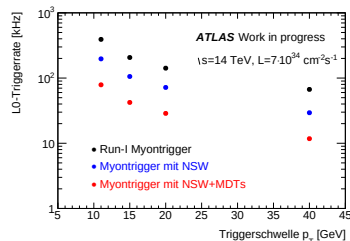
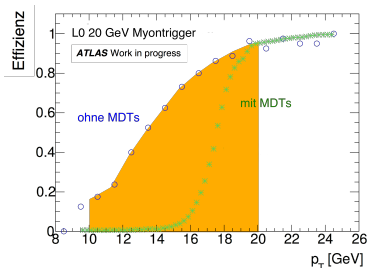
Triggerrate



Ratenreduktion zu Phase-1 Trigger bis auf Übergangsbereich:
über 70%

Zusammenfassung

- ▶ Ein **MDT-Myontrigger** ist unbedingt notwendig, um den hohen Ratenanforderungen des HL-LHCs gerecht zu werden.
- ▶ Der MDT-Myontrigger kann die Rate von Kandidaten, die die Triggerselektion nach Phase-1 passiert haben, im Barrelbereich und der Endkappe ($|\eta| > 1.7$) **über $\sim 70\%$** senken.
- ▶ **Ausblick:** Für den Übergangsbereich ($1.05 < |\eta| < 1.7$) kann eine Kombination von Winkelmethode und Sagittamethode die Triggerselektivität verbessern.





[ATLAS08] The ATLAS Collaboration, G. Aad et al.,
The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider,
JINST 3 (2008) S08003.



[ATLAS-PH2-SCOPING] The ATLAS Collaboration
ATLAS Phase-II Upgrade Scoping Document
CERN-LHCC-2015-020. LHCC-G-166



[ATLAS-MUON-TDR] The ATLAS Collaboration
ATLAS Muon Spectrometer: Technical Design Report
CERN-LHCC-97-22, ATLAS-TDR-10



[ATLAS-NSW-TDR] The ATLAS Collaboration
New Small Wheel Technical Design Report
CERN-LHCC-2013-006. ATLAS-TDR-020



[ATLAS-PH2-LOI] The ATLAS Collaboration
Letter of Intent for the Phase-II Upgrade of the ATLAS Experiment
CERN-LHCC-2012-022. LHCC-I-023

Anteil von Ereignissen mit fehlenden Segmenten

