

Zwischenbericht (Sachbericht)

Förderinstrument:	Postdoktorandenprogramm
Impulsfonds-Förderkennzeichen:	PD-302
Projekttitle:	Search for massive new particles decaying to a pair of top quarks in data collected by the ATLAS detector at the LHC
Postdoktorand/in:	Dr. Janna Katharina Behr
Helmholtz-Zentrum:	DESY Hamburg
Berichtszeitraum (=Kalenderjahr!):	01/2018-12/2018

1) Arbeitsfortschritt / Meilensteine

Welche Fortschritte wurden im geplanten Arbeitsprogramm gemacht. Nehmen Sie explizit Bezug auf das im Antrag beschriebene Programm und die dort aufgeführten Meilensteine. Waren Abweichungen vom Programm notwendig?

Forschungsschwerpunkte:

- Schwerpunkt 1 [80% Projektanteil]
 - a) Suche nach schweren Teilchen in Endzuständen mit einem Top-Antitop-Quark-Paar
 - b) Entwicklung und Kalibration eines Taggers zur effizienteren Identifikation hochenergetischer Top-Quarks
- Schwerpunkt 2 [20% Projektanteil]
Verbesserung der Datenqualität in aktuellen (SCT) und Entwicklung zukünftiger (ITK) Spurdetektoren im ATLAS-Experiment

Substantielle Fortschritte wurden bei beiden im Antrag beschriebenen Forschungsschwerpunkten erzielt. Wie bereits im Zwischenbericht 2016 dargelegt, konnte durch die Einstellung eines Doktoranden, Yu-Heng Chen, gefördert aus Mitteln der HGF, Schwerpunkt 1a) erweitert werden. Auf diese Weise konnten durch die Analyse von Endzuständen mit einem Top-Antitop-Quark-Paar auch signifikante Beiträge zur Suche nach zusätzlichen schweren Higgs-Bosonen sowie nach Dunkler Materie geleistet werden. Die Entwicklungen in den einzelnen Schwerpunkten sind im Folgenden dargestellt.

Schwerpunkt 1a)

- Nach der Publikation der weltweit ersten Suche nach zusätzlichen schweren Higgs-Bosonen in Endzuständen mit einem Top-Antitop-Quark-Paar (Zwischenbericht 2017), konzentrieren sich unsere aktuellen Aktivitäten auf die Suche nach schweren Resonanzen unter Verwendung des vollen Datensatzes, der mit dem ATLAS-Experiment während der zweiten Laufzeit des LHC (LHC Run 2) in den Jahren 2015-2018 aufgezeichnet wurde.
- Die Suche konzentriert sich auf schwere Vektorresonanzen (z.B. zusätzliche schwere Eichbosonen Z'), die in ein Top-Antitop-Quark-Paar zerfallen. Betrachtet werden ausschließlich rein hadronische Endzustände.
- Yu-Heng Chen ist einer der Hauptbeitragenden im Team mit signifikanten Beiträgen in allen Bereichen der Analyse, unter anderem:
 - Hauptentwickler der Analysesoftware und Bereitstellung von spezialisierten Datenformaten (Ntuplen) für das gesamte Team.
 - Alleinige Entwicklung einer datenbasierten Methode zur Abschätzung des Untergrundes von QCD Multijet-Produktion in den Kontrollregionen.
 - Vergleich unterschiedlicher Algorithmen zur B-Quark-Identifikation ("B-Tagging"),

insbesondere eines auf Jets mit variablem Radius basierenden Taggers zur Rekonstruktion von B-Quarks aus hochenergetischen Top-Quark-Zerfällen.

- Bereitstellung der Trainingsdaten zur Optimierung einer auf einem neuronalen Netz basierenden neuartigen Methode zur Identifikation von hochenergetischer Top-Quarks ("Top-Tagging").
- Implementation einer neuartigen CPU-schonenden Methode zur Produktion von Signalverteilungen, basierend auf dem Vergleich von Matrixelementen.

Erweiterungen zu Schwerpunkt 1a)

- Leitung eines Projektes zur erstmaligen Kombination der Ergebnisse sämtlicher Suchen nach Dunkler Materie in ATLAS (KB)
 - Koordination von 20 Analysegruppen im Rahmen dieses Projektes.
 - Publikation im März 2019 (nicht in der Publikationsliste für 2018 aufgeführt).
- Substantielle Beiträge zur LHC Dark Matter Working Group (Zusammenarbeit zwischen den einzelnen LHC-Experimenten und Theoriegruppen)
 - Signifikante Beiträge zur Studie eines neuen Benchmark-Modelles, welches die Interaktion von Dunkler Materie mit schweren Higgs-Bosonen beschreibt.
 - Erweiterung dieses Modells zur Simulation von Interferenzeffekten.
 - Publikation eines "LHC Whitepapers" mit Richtlinien für zukünftige Suchen [3].

Schwerpunkt 1b)

- Kalibration effizienter Tagger zur Identifikation hochenergetischer Top-Quarks, Higgs- und Vektorbosonen, basierend auf dem Variable-R-Algorithmus.
- Betreuung von Xuanhong Lou (Doktorand von Krisztian Peters, DESY) bei der Energie- und Massenkalkulation dieser Jets für die Verwendung in Analysen auf dem vollen Datensatz aus LHC Run 2.

Schwerpunkt 2

- Thermo-mechanische FEA-Simulation diverser lokaler Trägerstrukturen für die ITk-Endkappe (Yu-Heng Chen)
 - Projekt im Rahmen des ITk-Forschungsschwerpunktes der DESY-ATLAS-Gruppe (ITk-Projektleitung: Dr. Ingrid-Maria Gregor)
 - Begonnen als Projekt zur Qualifikation von Yu-Heng Chen als ATLAS-Autor (November 2017), führte Yu-Heng Chen das Projekt auf reduzierter Basis (20% seiner Arbeitszeit) weiter, um Kontinuität in der Projektentwicklung zu gewährleisten.
 - Beitrag zum (aktuell noch ATLAS-internen) "Report of the Preliminary Design Review (PDR) of the ATLAS Strips Local Supports Cores and Module Loading" zur Vorbereitung eines Strategiepapiers im Oktober 2019.
- Offline-Schichten zur Kontrolle der Datenqualität des SCT-Spurdetektors während der Datennahmephase 2018 (KB)

Erweiterungen zu Schwerpunkt 2

- Studien zur Effizienz der Spurrekonstruktion in hochenergetischen Teilchenjets (KB)
 - Ziel des Projektes ist die Untersuchung des Einflusses von Detektoreffekten (Alterung, Tuning) im Pixel-Spurdetektor auf die Rekonstruktion dicht benachbarter bzw. überlappender Teilchenspuren.
 - Implementierung und Verbesserung von Software-Tools zur Messung der (In)Effizienzen.

Sonstiges

- Leitung der ATLAS-Gruppe "Heavy Quarks and Tops" seit April 2018 (mit Dr. C. Anders, Heidelberg)*
 - Koordination von derzeit 17 Analyseteams (ca. 100 Personen)

- Organisation eines Symposiums zum Thema "The puzzle of dark matter - assembling the pieces", DESY, 29.-31. Oktober
 - In Kooperation mit Kollegen aus den DESY CMS- und CTA-Gruppen.

* Die Leitung von Projekten innerhalb der ATLAS-Kollaboration liegt regulär in den Händen zweier Verantwortlicher.

2) Finanz-/Zeitplan

Können Sie Finanz- und Zeitplan einhalten oder sind Anpassungen notwendig?

Wie oben beschrieben konnte auch 2018 der vorgesehene Zeitplan mit kleinen Änderungen eingehalten werden. Angesichts bisher ausgebliebener Entdeckungen neuer Teilchen am LHC ist ein stärkerer Fokus auf die Kombination komplementärer Suchstrategien angebracht, um die Sensitivität auf mögliche neue Phänomene, insbesondere in den vielversprechenden Bereichen Dunkle Materie und zusätzliche Higgs-Bosonen, zu erhöhen. Dieser Tatsache wird mit der Ende 2016 beschlossenen und seit 2017 umgesetzten Erweiterung von Schwerpunkt 1a) Rechnung getragen.

Die Erweiterung von Schwerpunkt 2 wurde durch den Wegfall der Offline-Schichten am SCT möglich, da die Datennahmephase am LHC (Run 2) Ende 2018 vorerst abgeschlossen und der LHC für technische Updates heruntergefahren wurde. Sie dient der Vorbereitung auf die kommenden Datennahmephase (LHC Run 3) ab 2021.

Die Personalkosten für die beiden Stellen (Postdoktorand, Doktorand) lagen auch 2018 etwas höher als ursprünglich veranschlagt. Die zusätzlichen Kosten wurden nach Absprache von DESY übernommen.

3) Publikationen / Preise

[1] ATLAS Collaboration, *Search for heavy particles decaying into top-quark pairs using lepton-plus-jets events in proton-proton collisions at 13 TeV*, **Eur. Phys. J. C78 (2018) 565**, arXiv:1804.10823

- Contributions: Initiated the first interpretation of this search in the context of a dark matter simplified benchmark model; validation of analysis software.

[2] *Future Circular Collider Study. Volume 1: Physics Opportunities*. Conceptual Design Report, preprint edited by M. Mangano et al. CERN accelerator reports, **CERN-ACC-2018-0056**, Geneva, December 2018. **Submitted to Eur. Phys. J. C**

- Contributions: Studies of Higgs production at the FCC-ee in the missing energy and 4-jet channels (supervision of two BSc thesis projects)
 - Development of analysis strategies
 - Sensitivity studies for different detector designs

[3] LHC Dark Matter Working Group Collaboration, *Next-generation spin-0 dark matter models*, **CERN-EP-2018-334**, arXiv:1810.09420

- Coordinated all studies within ATLAS.
- Sensitivity study for the search for $A/H \rightarrow t\bar{t}$

[4] ATLAS Collaboration, *Search for Dark Matter Produced in Association with a Higgs Boson decaying to $b\bar{b}$ at 13 TeV with the ATLAS Detector using 79.8 fb⁻¹ of proton-proton collision data*, **ATLAS-CONF-2018-039**

- ATLAS editorial board member