

## Auf allen Kanälen auf der Spur von Dunkler Materie

Die Frage nach der Teilchennatur der Dunklen Materie bleibt unbeantwortet. Umfangreiche Untersuchungen zur Dunklen Materie hat nun die ATLAS-Kollaboration am CERN in einem Übersichtspapier zusammengefasst. Mit Daten aus Proton-Proton-Kollisionen am LHC, die in den Jahren 2015 und 2016 aufgezeichnet wurden, wurden nun stringente Ausschlussgrenzen auf zahlreiche repräsentative Prozesse gesetzt, wobei eine Vielzahl an möglichen Produktionsmechanismen und Endzuständen abgedeckt werden konnten. Erstmals wurde zudem an einem Beschleunigerexperiment nach Signaturen der wenig erforschten Dunklen Energie gesucht.

Im Mai 2019

Eine der zentralen offenen Fragen der heutigen Physik ist die Teilchennatur der Dunklen Materie (DM), die etwa 85% der Materie im Universum ausmacht. Die charakteristische Detektorsignatur der DM-Produktion am LHC ist fehlender Transversalimpuls  $E_T^{\text{miss}}$  von nichtdetektierten DM-Teilchen, in Ereignissen, bei denen zusätzlich ein Teilchen des Standardmodells  $X$  abgestrahlt wurde.

Ein solider Rahmen für die Beschreibung der Wechselwirkung zwischen Standardmodellteilchen und DM wird durch vereinfachte Modelle mit einem neuen axial- oder vektorartigen Teilchen  $Z'$  geschaffen, das die Wechselwirkung zwischen den Standardmodell- und DM-Teilchen vermittelt. Diese Modelle lassen sich sowohl durch klassische Suchen nach  $X + E_T^{\text{miss}}$  Signaturen sowie zusätzlich durch Suchen nach resonanter Paarproduktion von Jets, Top-Quarks, oder Leptonen einschränken. Die Signaturen tragen komplementär zur Sensitivität bei und decken damit weite Teile des Parameterraums ab (Abb. 1).

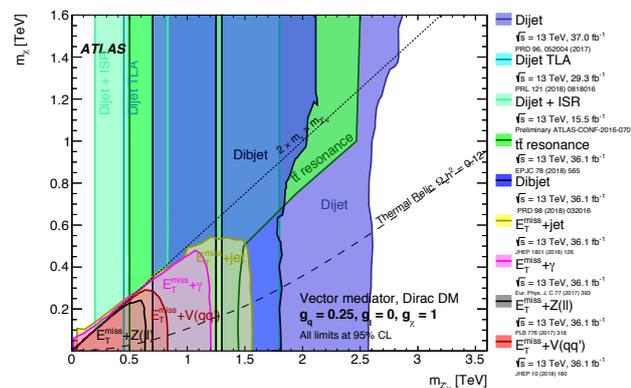


Abb. 1: Ausschlussgrenzen auf Produktion von DM-Teilchen  $\chi$  unter Annahme eines Vektormediators  $Z'$  mit Kopplungsstärken an Quarks  $g_q$ , Leptonen  $g_l$  und DM  $g_\chi$  wie angegeben.

Der nun ausgewertete umfangreiche Datensatz erlaubt es, auch komplexere DM-Modelle mit einem erweiterten Higgssektor zu untersuchen, die eine Vielzahl von unterschiedlichen und zum Teil bisher noch nicht untersuchten, Produktionsprozessen am LHC vorhersagen, etwa die resonante Produktion von  $h + \text{DM}$ ,  $Z + \text{DM}$ , sowie  $Wt + \text{DM}$ . Die ATLAS-Kollaboration hat nun die erste umfassende Analyse einer großen Zahl an komplementären experimentellen Signaturen vorgelegt, mit Hilfe derer große Teile des Parameterraumes des neuen Modells ausgeschlossen werden können. Das Ergebnis dient der Definition neuer Stra-

tegien zur Suche nach DM in den neuesten LHC-Daten.

Die beschleunigte Ausdehnung des Universums wird im Allgemeinen durch die Einführung der Dunklen Energie (DE) erklärt, die 68% des Universums ausmacht, über deren genaue Natur jedoch nur spekuliert werden kann. Vorhersagen im Rahmen einer effektiver Quantenfeldtheorie, die ein skalares DE-Teilchen postuliert, motivieren die erstmalige Suche nach DE am LHC. Die Kopplung des DE-Teilchens an Standardmodellteilchen sollte bevorzugt mit der Masse Letzterer skalieren, weshalb DE besonders häufig mit Top-Quark-Paaren zusammen produziert werden sollte. Eine Analyse dieser Detektorsignatur sowie von  $X + E_T^{\text{miss}}$  Signaturen ergab keine signifikanten Hinweise auf DE, setzt jedoch die zur Zeit stärksten Ausschlussgrenzen für diese Art von Kopplungen von DE an Standardmodellteilchen (Abb. 2).

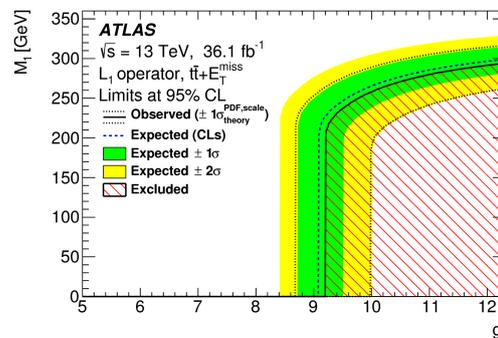


Abb. 2: Ausschlussgrenzen auf Produktion von Dunkler Energie als Funktion des effektiven Quantenfeldtheorieparameters  $g^*$  und der effektiven Massenskala  $M_1$ .

Viele PhysikerInnen an mehreren deutschen Standorten haben maßgeblich zu den Analysen, die im Übersichtspapier beschrieben werden, sowie zur Entwicklung von Bezugsmodellen im Rahmen der LHC DM Arbeitsgruppe, beigetragen und die Publikation koordiniert: am DESY, an den Universitäten Dortmund, Heidelberg und Mainz, sowie am Max-Planck-Institut für Physik. Das Papier (<https://atlas.web.cern.ch/Atlas/GROUPS/PHYSICS/PAPERS/EXOT-2017-32/>) wurde vom J. of High Energy Physics zur Veröffentlichung angenommen.

Kontakt:  
 Dr. Katharina Behr [katharina.behr@desy.de](mailto:katharina.behr@desy.de)  
 Prof. Dr. Volker Büscher [buescher@uni-mainz.de](mailto:buescher@uni-mainz.de)