Simulationsrechnungen zur Photoproduktion von ω-Mesonen

Researchers
Stefan Friedrich and Mariana Nanova

Principal Investigator
Prof. Dr. Kai-Thomas Brinkmann

Project Term
2013 - 2016

Project Areas
Particles, Nuclei and Fields

Clusters
Skylla Cluster Gießen

Institute
II. Physikalisches Institut

University
Justus Liebig University Giessen

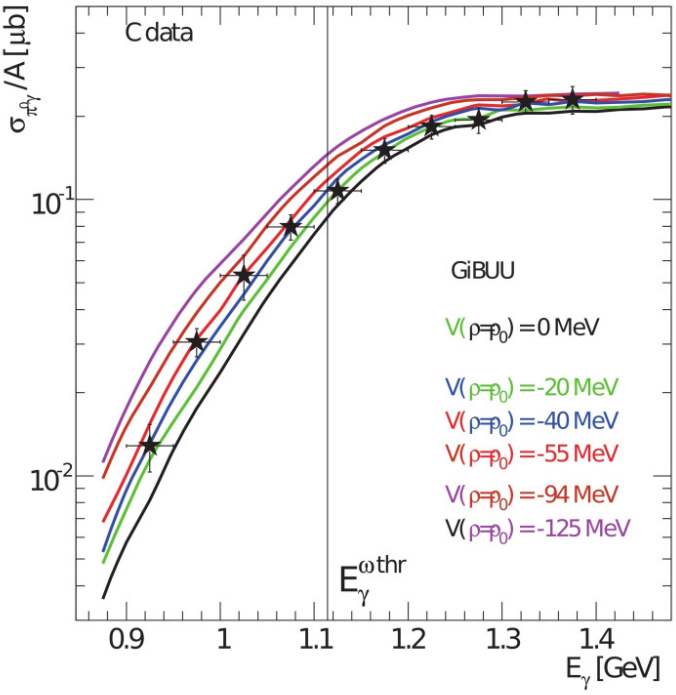


Abb. 1: Wirkungsquerschnitt der ω-Photoproduktion an Kohlenstoff für verschiedene In-Medium Szenarien im Vergleich zu experimentellen Daten.

Introduction

Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik beschreibt die Interaktion von Teilchen anhand von fundamentalen Kräften, die durch den Austausch von Eichbosonen vermittelt werden. Eine dieser Kräfte ist die starke Wechselwirkung (Quantenchromodynamik, kurz QCD), welche z. B. attraktiv auf die Nukleonen innerhalb eines Atomkerns wirkt. Eine Besonderheit dabei ist, dass die „Übermittler“ der Kraft, die Gluonen (von engl. glue: Kleber), selbst der Wechselwirkung unterliegen. Dies führt u. a. dazu, dass man aus den grundlegenden Prinzipien der Theorie nur schwer exakte Vorhersagen für zusammengesetzte Teilchen treffen kann. Die Eigenschaften von stark wechselwirkenden Teilchen (Hadronen), z.B. Mesonen, sind Forschungsgegenstand mehrerer Beschleunigerexperimente weltweit.

Methods

Es wird untersucht, inwieweit sich durch die Anwesenheit der Nukleonen eines Atomkerns die Eigenschaften von freien

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
UNIKASSEL VERSITÄT
Philipps Universität Marburg

Mesonen wie Lebensdauer, Zerfallskanäle oder Ruhemasse ändern. Dies würde Hinweise darauf liefern, dass eine fundamentale Symmetrie der Quantenchromodynamik zumindest partiell wiederhergestellt werden kann.

Results

Erste Hinweise zu Modifikationen von ω-Mesonen im nuklearen Medium wurden in (Kotulla et al.) [1] veröffentlicht. Dabei wird die Produktion der ω-Mesonen durch hochenergetische Photonen an verschiedenen Atomkernen untersucht und diese durch den Zerfall in drei Photonen mit entsprechenden Detektoren nachgewiesen. Durch Messung der Mesonen-Ausbeute konnte im Vergleich zu theoretischen Vorhersagen [2] eine Verkürzung der Lebensdauer des ω-Mesons in Kernmaterie nachgewiesen werden. Von Interesse ist auch, dass gebundene Zustände eines neutralen ω-Mesons an den Atomkern existieren könnten, die nur durch die starke Wechselwirkung gebildet werden. [3] Theoretische Vorhersagen liegen nur für die Bildung von quantenmechanischen Zuständen eines solchen ω-mesischen Kerns vor. Der Zerfall in den zu beobachtenden Kanal und eine mögliche Endzustandswechselwirkung der Zerfallsprodukte müssen jedoch für einen direkten Vergleich mit experimentellen Daten berücksichtigt werden. Solche Vorhersagen für zu erwartende Verteilungen der ω-Mesonen lassen sich durch Rechnungen mithilfe des Gießen Boltzmann-Uehling Uhlenbeck Transportmodells (GiBUU) realisieren. Dieses semiklassische Modell beschreibt die Dynamik von Hadronen in Raum und Zeit für gegebene Parameter. Zurzeit beinhaltet es 83 verschiedene Hadronen und beschreibt deren Freiheitsgrade in nuklearen Reaktionen inklusive Propagation, Kollisionen und Zerfällen im Energiebereich von einigen Megaelektronenvolt (MeV) bis einigen Gigaelektronenvolt (GeV). [4-6] Für unterschiedliche Szenarien von In-Medium Modifikationen des ω-Mesons, wie z. B. einer Lebenszeitverkürzung und/oder einer Verminderung der Ruhemasse, können nun Rechnungen durchgeführt werden, deren Ergebnis mit experimentellen Daten verglichen werden können. In Abb. 1 ist der Wirkungsquerschnitt der ω-Photoproduktion an Kohlenstoff für verschiedene In-Medium-Szenarien im Vergleich zu experimentellen Daten gezeigt. [7]

Outlook

Für die Zukunft ist geplant, die Impulsabhängigkeit der Lebensdauerverkürzung in GiBUU zu implementieren ebenso wie das η‘-Meson, das bisher noch nicht berücksichtigt wurde, jedoch Gegenstand aktueller Datenanalysen ist.

Reference

[1] M. Kotulla et al. (2008), Modifi cation of the ω-Meson Lifetime in Nuclear Matter, Physical Review Letters, 100: 192302. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.100.192302

[2] P. Mühlich and U. Mosel (2006), ω attenuation in nuclei, Nuclear Physics A, 773: 156-172. https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2006.05.001

[3] S. Friedrich et al. (2014), Experimental constraints on the ω-nucleus real potential, Physics Letters B, 736: 26-32. http://doi.org/10.1016/j.physletb.2014.07.004

[4] The GiBUU project https://gibuu.hepforge.org/trac/wiki

[5] O. Buss et al. (2012), Transport theoretical description of nuclear reactions, Physics Reports, 512: 1-124. https://doi.org/10.1016/j.physrep.2011.12.001

[6] J. Weil (2013), Dissertation: Vector Mesons in Medium in a Transport Approach, Gießen. http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2013/10253/

[7] V. Metag et. al. (2012), Experimental approaches for determining in-medium properties of hadrons from photo-nuclear reactions, Progress in Particle and Nuclear Physics, 67: 530-535. https://doi.org/10.1016/j.ppnp.2012.01.023

Last Update: 2022-09-18 15:57