

Press release**Ludwig-Maximilians-Universität München
LMU**

06/01/2021

<http://idw-online.de/en/news769910>Research results
Physics / astronomy
transregional, national**Laserphysik: Teilchen beschleunigen Teilchen****In einer internationalen Kooperation haben Laserphysiker der LMU erstmals einen „hybriden Plasmabeschleuniger“ gebaut.**

Teilchenbeschleuniger sind für einige der spektakulärsten wissenschaftlichen Entdeckungen der Neuzeit verantwortlich. Sie sind u.a. der Grund, warum wir wissen, wie Materie aufgebaut ist. Bei der Weiterentwicklung einer neuen, kompakten Generation von Teilchenbeschleunigern ist einem Team von Laserphysikern um Prof. Stefan Karsch von der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) und des Max-Planck Instituts für Quantenoptik in Kooperation mit Forschern des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf (HZDR), des Laboratoire d'Optique Appliquée aus Paris (LOA), der Universität von Strathclyde in Glasgow und dem Deutschen Elektronensynchrotron (DESY) in Hamburg nun ein deutlicher Fortschritt gelungen. Die Forscher haben erstmals einen kompakten, teilchenbasierten Plasmabeschleuniger gebaut. Hier beschleunigen Teilchen andere Teilchen.

Teilchenbeschleuniger sind eine wichtige Triebfeder in der Erforschung von Materie, für die Biologie und ebenso für die Medizin. Die meisten Systeme nutzen starke Radiowellen, um Teilchen zu beschleunigen. Ein Nachteil dieser Jahrzehnte alten Technologie ist jedoch, dass elektrische Überschläge drohen, wenn man zu viel Radiowellen-Leistung in den Beschleuniger einkoppelt. Das Resultat ist, dass die Beschleunigungsfelder begrenzt sind und derartige Anlagen zum Teil viele Kilometer lang sind. Physiker arbeiten deshalb an einer kompakteren Alternative: der Plasmabeschleunigung. Hier entreißen die elektrischen Felder eines Lasers oder eines Teilchenstrahls den Atomen in einem Gas die Elektronen und erzeugen, wie ein Boot im Wasser, hinter sich eine Kielwelle. Elektronen, die auf dieser Welle im Plasma „surfen“, werden innerhalb weniger Millimeter bis auf fast Lichtgeschwindigkeit beschleunigt.

Während die Plasmabeschleunigung mit Lasern (engl.: Laser Wakefield Acceleration, kurz LWFA) bereits an vielen Instituten weltweit erforscht wird, konnte die Beschleunigung basierend auf Teilchenstrahlen (engl.: Plasma Wakefield Acceleration, PWFA) bisher nur in wenigen Groß-Beschleunigeranlagen (z.B. CERN, DESY und SLAC) erprobt werden. Letztere hat allerdings einige Vorteile, da Teilchenstrahlen das Plasma weniger aufheizen und die Beschleunigung länger aufrechterhalten. Das ermöglicht höhere Strahlqualitäten und -energien, was eine wichtige Voraussetzung für Anwendungen darstellt.

In ihren Experimenten konnten die Forscher nun erstmals einen kompakten, teilchenbasierten Plasmabeschleuniger realisieren. Der Trick ist dabei, dass der PWFA von Elektronenstrahlen aus dem laserbasierten Beschleuniger (LWFA) getrieben wird. Da letzterer selbst auch sehr kompakt ist, misst dieser „hybride“ Plasmabeschleuniger nur wenige Zentimeter. Simulationen zeigen zudem, dass die Beschleunigungsspannung mehr als tausendmal höher ist als in herkömmlichen Beschleunigern. Ein vielversprechender Aspekt ist, dass sich die LMU-Resultate mit komplementären Messungen am DRACO-Laser des HZDR bestätigen und ergänzen.

Dr. Andreas Döpp, Laserphysiker im Münchner Team um Prof. Stefan Karsch sagt: „Diese Kombination galt vor wenigen Jahren noch als illusorisch. Der hybride Beschleuniger wurde erst durch die Weiterentwicklung laserbasierter Beschleuniger möglich. Die Stabilität und viele andere Strahlparameter haben sich enorm verbessert“. Getrieben wird diese Entwicklung an der LMU vor allem durch den ATLAS-Laser am Centre for Advanced Laser Applications (CALA). Das System ist eines der leistungsstärksten weltweit.

Die hybride Plasmabeschleunigung ist für die Forscher nun der nächste Schritt nach vorne. „Wir konnten bereits zeigen, dass sich unser kompakter Plasmabeschleuniger ähnlich verhält wie seine deutlich größeren, konventionell getriebenen

Pendants. Daher sind wir zuversichtlich, dass wir mit dem Aufbau in der nahen Zukunft extrem helle Elektronenstrahlen erzeugen können“, sagt Stefan Karsch.

Vor einem breiten Einsatz der Technologie gilt es zwar noch einige Herausforderungen zu meistern, doch die Forscher haben bereits verschiedene Einsatzfelder im Sinn. „Zum einen könnten Forschungsgruppen, die bislang keinen geeigneten Treiberbeschleuniger zur Verfügung haben, diese Technik nutzen und weiterentwickeln. Und zum zweiten könnte unser Hybridbeschleuniger als Basis für einen sogenannten Freie-Elektronen-Laser (FEL) dienen“, sagt Dr. Arie Irman, Koordinator des Experiments am HZDR.

FELs sind extrem hochwertige Strahlungsquellen, die beispielsweise genutzt werden um Nanomaterialien, Biomoleküle oder geologische Proben extrem genau zu analysieren. Bisher ist der Zugang zu solchen Quellen, beispielsweise am European XFEL in Hamburg, jedoch sehr kompetitiv. Wenn diese großen Röntgenlaser in Zukunft durch solche kompakten neuen Quellen basierend auf Plasmatechnologie ergänzt werden könnten, würden sie zu einer Verbreiterung der Nutzerbasis und damit zu einer besseren Verfügbarkeit von brillianter Röntgenstrahlung als Ganzes führen.

contact for scientific information:

Prof. Stefan Karsch
Ludwig-Maximilian-Universität München
Lehrstuhl für Experimentalphysik-Laserphysik
Tel.: +49.89.32905.322
Email: stefan.karsch@mpq.mpg.de

Dr. Andreas Döpp
Ludwig-Maximilian-Universität München,
Lehrstuhl für Experimentalphysik-Laserphysik
Tel.: +49.89.289.14170
Email: a.doepp@physik.uni-muenchen.de

Original publication:

T. Kurz, T. Heinemann, M. F. Gilljohann, Y. Y. Chang, J. P. Couperus Cabadağ, A. Debus, O. Kononenko, R. Pausch, S. Schöbel, R. W. Assmann, M. Bussmann, H. Ding, J. Götzfried, A. Köhler, G. Raj, S. Schindler, K. Steiniger, O. Zarini, S. Corde, A. Döpp, B. Hidding, S. Karsch, U. Schramm, A. Martinez de la Ossa & A. Irman
Demonstration of a compact plasma accelerator powered by laser-accelerated electron beams
Nature Communications volume 12, Article number: 2895 (2021), Published: 17 May 2021
Nature Communications 12: 2895 (2021) <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23000-7>.
<https://www.nature.com/articles/s41467-021-23000-7>

URL for press release: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-23000-7>