

# PC- und EtherCAT-basierte Steuerungsplattform für Teilchenbeschleuniger

Die wissenschaftliche Erforschung kleinster Materieteilchen ist von elementarer Bedeutung für die Grundlagenforschung. Aber auch die Nanotechnologie und die Halbleiterindustrie unterstützen und nutzen die Teilchenforschung. High Voltage Engineering Europa (HVE) aus Amersfoort in den Niederlanden entwickelt und baut Teilchenbeschleuniger für unterschiedlichste Forschungsanwendungen in Universitäten und in der Halbleiterindustrie. Mit der Verwendung der EtherCAT-Steuerungskomponenten von Beckhoff geht HVE derzeit neue Wege in der Technologie der Teilchenbeschleuniger.

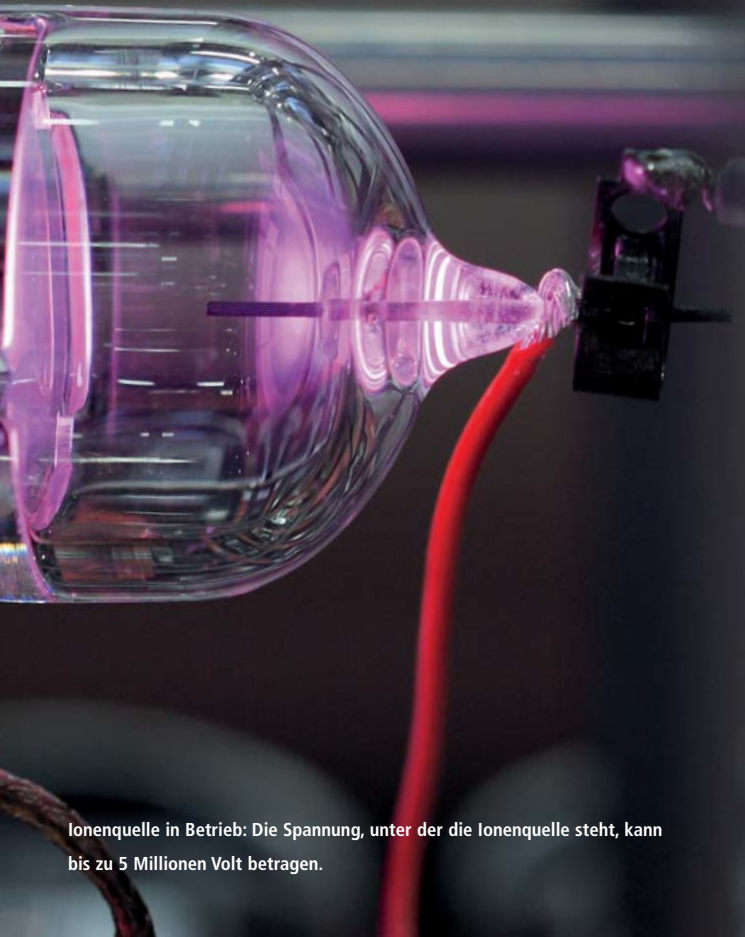
Im Teilchenbeschleuniger werden positiv oder negativ geladene Teilchen oder Radioisotope auf ein hohes Energieniveau gebracht, d. h. die erzielten Geschwindigkeiten nähern sich der Lichtgeschwindigkeit. Erzeugt wird diese Beschleunigung durch extrem starke elektrische Felder. Ein bekanntes Anwendungsbeispiel für einen Teilchenbeschleuniger ist zum Beispiel die Beschleunigermassenspektrometrie (Accelerator Mass Spectrometry), bei der das Alter von Materialproben mithilfe der C14-Methode (Radiokarbonmethode) bestimmt wird. Da die Konzentration des instabilen, radioaktiven C14 (Radionukleide) gemäß dem Zerfallsgesetz abnimmt, lässt sich z. B. das Alter eines archäologischen Fundes ziemlich exakt bestimmen. Teilchenbeschleuniger von HVE werden aber auch eingesetzt, um durch Simulation die Auswirkungen von Sonnenwind und kosmischer Strahlung auf die Elektronik in der Raumfahrt oder die Analyse der Oberflächenstruktur von Halbleiter-Chips zu erforschen.

Die von High Voltage Engineering gebauten Teilchenbeschleuniger sind DC-Linearbeschleuniger. Diese unterscheiden sich von dem ringförmigen Beschleuniger des CERN, in der Schweiz, nicht alleine aufgrund der viel geringeren Größe, sondern auch durch ihren Aufbau: Die DC-Linearteilchenbeschleuniger verfügen über eine Hochspannungsversorgung, die eine Gleichspannung von bis zu 6 Millionen Volt herstellt. Mithilfe dieser Gleichspannung wird ein starkes elektrisches Feld in einem Beschleunigungsrohr erzeugt. Dieses besteht aus runden,

durch Isolatoren getrennten Titanelektroden mit einer Öffnung in der Mitte. Im Zentrum des Beschleunigungsrohres herrscht ein Vakuum, und die geladenen Teilchen werden durch ein elektrisches Feld über die Achse des Beschleunigungsrohres beschleunigt.

Die DC-Linearbeschleuniger von HVE werden als Singletron oder Tandatron gebaut. Bei einem Singletron steht die Ionenquelle unter einer Gleichspannung von mehreren Millionen Volt (MV). Durch das elektrische Feld werden die geladenen Teilchen aus der Ionenquelle zum Erdpotential hin beschleunigt. Beim Tandatron ist die Ionenquelle auf Erdpotential, d. h. die negativen Teilchen werden zum Terminal des Tandatrons beschleunigt, der unter einer Spannung von einigen MV steht. Hier werden sie zu positiven Teilchen umgeladen, wodurch sie ein zweites Mal beschleunigt werden können – und zwar vom Terminal zum Erdpotential.

Im Allgemeinen gilt, je höher die Energie ist, desto länger das dafür benötigte Beschleunigungsrohr. Dieses befindet sich in einem großen Metalltank, der mit isolierendem Gas gefüllt ist, um die Hochspannung unter Kontrolle zu halten. Die Teilchenbeschleuniger von HVE verfügen über eine Länge von 3 bis zu 25 m.



Ionenquelle in Betrieb: Die Spannung, unter der die Ionenquelle steht, kann bis zu 5 Millionen Volt betragen.

### Die Entscheidung für EtherCAT: höhere Geschwindigkeit, größere Bandbreite, verbesserte Stabilität

Derzeit befindet sich bei HVE ein neuer Teilchenbeschleuniger, der 2-MV-Singletron, in der Entwicklung, wobei zum ersten Mal EtherCAT als Bussystem zum Einsatz kommt. Für den Umstieg auf EtherCAT – bis vor Kurzem arbeitete HVE mit dem CAN-Bussystem – sprach die Tatsache, dass das CAN-Protokoll nicht die erforderliche Geschwindigkeit zur Verfügung stellt und dass diese Technologie nicht mehr weiter entwickelt wird. Im Vorfeld hatte HVE eine vergleichende Untersuchung zu den derzeit verfügbaren Protokollen für Industrial Ethernet durchgeführt: Die Entscheidung fiel zugunsten von EtherCAT aufgrund seiner Bandbreite, Flexibilität, Skalierbarkeit, Modularität und Stabilität. Eine wichtige Anforderung von HVE bestand darin, dass der analoge Ausgang absolut stabil und reproduzierbar ist und keine Verschiebung im Datenverkehr auftritt. Aufgrund der Modularität und Vielfalt der verfügbaren Beckhoff-I/O-Klemmen erfüllte EtherCAT auch die Forderung an eine genaue Skalierbarkeit der Steuerungsplattform.

### Integration der Messtechnik durch XFC-Klemmen

Bei dem 2-MV-Singletron setzt HVE auf eine durchgängige Beckhoff-Steuerungsplattform mit TwinCAT PLC, dem Schaltschrank-PC C6920, EtherCAT als Kommunikationssystem sowie EtherCAT-I/O-Komponenten. Ein wichtiges



Metalltank eines 5-MV-Linearbeschleunigers, in dem sich das Beschleunigungsrohr befindet.

## High Voltage Engineering Europa

High Voltage Engineering (HVE), mit Sitz in Amersfoort, in den Niederlanden, wurde 1959 gegründet. Mit dem Ursprung dieses Unternehmens ist der Name des bekannten amerikanischen Kernphysikers R. J. van de Graaff verbunden, Erfinder des nach ihm benannten Van-de-Graaff-Generators. Seit 2005 ist HVE ein selbstständiges niederländisches Unternehmen. Derzeit arbeiten dort rund 80 Mitarbeiter, darunter viele Ingenieure.

Argument bei der Entscheidung für die PC-basierte Beckhoff-Steuerung war für HVE die Langzeitverfügbarkeit der Komponenten und ihre Abwärtskompatibilität. Der Einsatz der Softwaregeneration TwinCAT 3 bietet ebenfalls eine Reihe von Vorteilen aus der Sicht von HVE: So ist beispielsweise zur Programmierung kein separater Editor erforderlich; C++ und C werden als Programmiersprachen unterstützt. Mit C-Code kann die Steuerung während der Programmierung in Echtzeit arbeiten. Die Integration von MATLAB®/Simulink® ermöglicht die Ausführung von TwinCAT-Modulen, die in der Simulationsumgebung Simulink® als Modell erzeugt wurden.

Vorteile sieht HVE auch in der Integration schneller und genauer Messtechnik in die Steuerungsplattform, beispielsweise um den Verlauf des Ionenbündelprofils zu messen. Spezielle EtherCAT-Messtechnikklammern auf Basis der eXtreme Fast Control (XFC)-Technologie von Beckhoff erlauben die schnelle Messung sehr kleiner Ströme im Nanoampere-Bereich und mit hoher Zeitaufösung. Dies stellt für Hochspannungsanwendungen eine interessante Entwicklung dar, da sie eine noch präzisere Messung der Form des Ionenbündels in den Teilchenbeschleunigern erlaubt.

weitere Infos unter:

[www.highvolteng.com](http://www.highvolteng.com)

[www.ial.nl](http://www.ial.nl)