

## ■ Energie erfolgreich zurückgewonnen

Der S-DALINAC in Darmstadt läuft als erster deutscher Linearbeschleuniger auch im „Energy Recovery“-Modus.

Fast scheint es zu schön, um wahr zu sein: Wenn Teilchenstrahlen einen Hochfrequenzbeschleuniger zweimal durchlaufen, können sie nach einem geeigneten Phasenversatz beim zweiten Mal auch ihre Energie an die Anlage zurückgeben, anstatt weiter beschleunigt zu werden. Im Idealfall ohne Verluste käme der Beschleuniger nach der ersten Runde ohne weitere Energiezufuhr aus – ähnlich wie ein Hybridauto. Dieser Betriebsmodus wurde Anfang August am supraleitenden Elektronenlinearbeschleuniger (S-DALINAC, Superconducting Darmstadt electron linear accelerator) an der TU Darmstadt realisiert – damit ist die Anlage der erste Energy Recovery Linac (ERL) Deutschlands.

Bereits seit Anfang der 1990er-Jahre ist der Beschleuniger am Institut für Kernphysik in Betrieb. Die Anlage war von Beginn an nicht nur für Experimente zur Kernstrukturphysik vorgesehen, sondern diente immer auch dazu, die Eigenschaften einer solchen Maschine im Betrieb zu erforschen. Die Herzstücke des Beschleunigers – supraleitende Hochfrequenz-Kavitäten aus Niob – finden sich in ähnlicher Form auch in modernsten Großforschungseinrichtungen wie dem Jefferson Lab in Virginia und dem European XFEL in Hamburg. „Mit dem erfolgreichen Betrieb im ERL-Modus schreiben wir ein weiteres Kapitel in unserer Geschichte als Forschungs- und Demonstrationsbeschleuniger“, freut sich Norbert Pietralla, der geschäftsführende Direktor des Instituts für Kernphysik.

Ab Ende 2015 wurde die Anlage innerhalb von 18 Monaten mit einer dritten Rezirkulation ausgestattet. Die Kosten des Umbaus von etwa 400 000 Euro trugen DFG und Universität gemeinsam. Diese Erweiterung erlaubt es einerseits, den Elektronenstrahl viermal durch den Linearbeschleuniger zu leiten und so höhere Energien für die Expe-



J.-C. Hartung

Der Elektronenstrahl durchläuft den Hauptbeschleuniger des S-DALINAC (hinten Mitte) mehrmals. Dabei bewegen sich die Teilchen auf drei Driftstrecken

(rechts), die wie eine Rennbahn angeordnet sind. Bei geeigneter Länge ist es möglich, die Anlage als Energy Recovery Linac zu betreiben.

rimente im Rahmen des SFB 1245 zu erreichen.<sup>1)</sup> Andererseits ergab sich die Gelegenheit, die Anlage auf einen Betrieb als ERL vorzubereiten. Im ERL-Modus gewinnen die Elektronenpakete nach der Injektion im Hauptbeschleuniger Energie, weil sie in Phase mit der beschleunigenden Hochfrequenz sind. Nach einem Phasenversatz um 180 Grad auf der Driftstrecke erreichen sie den Hauptbeschleuniger so, dass sie abbremsen und im Strahlfänger mit niedriger Energie stoppen. Am S-DALINAC lässt sich dieser Phasenversatz durch eine Variation der Driftstrecke um fünf Zentimeter erreichen.

Wenn es gelänge, den ERL-Modus auch nach zweimaligem Durchlaufen der Beschleunigungsstrecke zu realisieren, wäre der S-DALINAC der erste mehrfach rezirkulierende, supraleitende ERL weltweit. Diese Technik ist für verschiedene Anwendungen interessant: Zum einen wäre der brillante, intensive und ungeladene Elektronenstrahl die ideale Quelle für einen Gammastrahl mit geringer Energiebreite und höchster Intensität. Zum anderen könnte zukünftig ein solcher ERL am CERN entste-

hen.<sup>2)</sup> „Um die Designparameter des Large Hadron Electron Collider zu erreichen, braucht man ohne ERL ein 2 GW-Kraftwerk für den Elektronenbeschleuniger“, stellt Norbert Pietralla fest. Elektronen mit bis zu 2 GeV Energie sollen mit Hadronen aus dem LHC kollidieren. Aufgrund der kleinen Wirkungsquerschnitte sind Strahlströme von einem Ampere notwendig. „Mit einem Linearbeschleuniger wäre das ohne ERL nicht finanzierbar!“

Im Rahmen des Graduiertenkollegs AccelencE arbeiten die Darmstädter eng mit der Universität Mainz zusammen. Dort soll mit MESA im Rahmen des Exzellenzclusters PRISMA in den kommenden Jahren ein ERL entstehen, der Energien erreicht, die nur etwas höher liegen als am S-DALINAC.<sup>3)</sup> Allerdings sind Strahlintensitäten vorgesehen, die mit über tausend Elektronen pro Sekunde und Quadratcentimeter mehrere Größenordnungen höher sind. „Unsere experimentellen Untersuchungen am S-DALINAC sind gute Vorarbeiten, um bei MESA schnell einen reibungslosen Betrieb zu garantieren“, ist Norbert Pietralla sicher.

Kerstin Sonnabend

1) [www.sfb1245.tu-darmstadt.de](http://www.sfb1245.tu-darmstadt.de)

2) [lhec.web.cern.ch](http://lhec.web.cern.ch)

3) Physik Journal, Dezember 2013, S. 24 und November 2012, S. 6