

Realisierung eines Bayesschen Optimierers in JAVA

Masterthesis

Hintergrund

Das GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung betreibt eine der weltweit größten und erfolgreichsten Beschleunigeranlagen. Mit dieser wurden verschiedene superschwere Elemente wie z.B. auch das Darmstadtium entdeckt sowie die Schwerionenbestrahlung entwickelt, die in der Tumorthherapie zum Einsatz kommt.

Aktuell wird der Beschleunigerkomplex der GSI zum FAIR – Facility for Antiproton Research in Europe – weiterentwickelt. Damit können im Labor Bedingungen geschaffen werden, wie sie bislang nur außerhalb der Erde im Universum vorkommen.

Das FAIR-Anlagendesign zielt auf den Parallelbetrieb von mehreren Beschleunigern ab, die bis zu fünf Experimente gleichzeitig mit einem Teilchenstrahl versorgen können. Die Verfügbarkeit und der stabile Betrieb dieser Maschinen sind der Schlüssel für den effektiven und effizienten Betrieb der Anlage. Vor allem Ausfallzeiten durch ungeplante Wartungsarbeiten während des Betriebs sind hier ein wesentlicher Faktor.

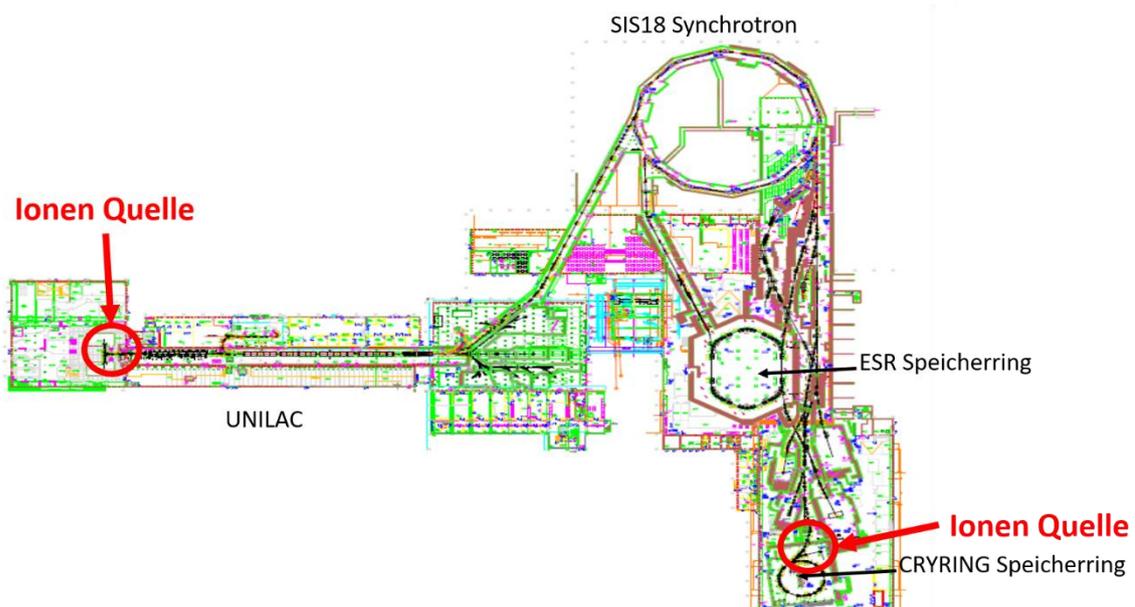


Abbildung 1 Übersicht Beschleunigerkomplex [www.gsi.de]

Aufgabe

Für viele Problemstellungen in der „echten Welt“ ist es notwendig, Extremstellen (Maxima / Minima) von unbekannt Funktionen in hochdimensionalen Parameterräumen zu finden. Seitdem Computer leistungsfähig genug sind, werden Optimierungsalgorithmen zum Auffinden solcher Extremstellen eingesetzt, vor allem, wenn die betrachteten unbekannt Funktionen nicht analytisch darstellbar sind. Die Einsatzgebiete solcher Optimierer sind dabei sehr vielfältig - vom Produktdesign, über Robotik, bis zur momentanen Front der Forschung an Deep Neural Networks kommen diese Algorithmen zum Einsatz.

Ein Algorithmus, der sich in den letzten Jahren als sehr erfolgreich herausgestellt hat, ist die sogenannte „Bayessche Optimierung“. Diese Optimierungstechnologie wird zum Beispiel von den „Big Playern“ im LLM-Geschäft genutzt, um die Hyperparameter der Netzwerke beim Training möglichst effizient zu optimieren.

Bei FAIR/GSI, dem großen multinationalen Kernforschungs- und Beschleunigerzentrum im Norden Darmstadt, wird untersucht, wie und welche Technologien sich zur automatisierten Einstellung und Optimierung der Beschleuniger eignen - im Prinzip handelt es sich um Mess und Regelprozesse, die dem des autonomen Fahrens ähnlich sind. Eine gewisse Hürde, die dem Einsatz der meisten Optimierungsframeworks bei FAIR/GSI im Weg steht, ist die Tatsache, dass das Beschleuniger-Kontrollsystem, basierend auf dem CERN Systemstack, welcher komplett in JAVA implementiert ist, wohingegen die Welt des maschinellen Lernens in großen Teilen in anderen Programmiersprachen (vornehmlich inPython) stattfindet. Eine interessante Implementierung für Optimierung in Python ist zum Beispiel das „Automl/RoBO“ Framework (<https://github.com/automl/RoBO/tree/master>).

Um hier eine Brücke zu schlagen, möchte FAIR/GSI in Kollaboration mit der Hochschule Darmstadt ein Projekt mit dem Ziel der Implementierung eines Bayesschen Multi-Objective Optimierungs-frameworks in der Programmiersprache JAVA durchführen. Das neu zu programmierende Framework soll sich nahtlos in das Beschleuniger-Kontrollsystem einfügen (bzw. Über vorhandene Programmschnittstellen einbinden lassen), so dass es bei erfolgreichem Verlauf des Projekts, an einem echten FAIR/GSI Beschleuniger getestet werden kann.

Vorkenntnisse

Sie bringen folgende Kenntnisse mit oder haben Freude daran sich diese anzueignen und bestehende Lücken zu schließen:

- Programmierung in Python sowie Java
- Basics zu maschinellem Lernen und Konzepten der künstlichen Intelligenz
- Grundkenntnisse in Datenlogging-Architekturen (Datenbanken, Zeitreihendaten, Datenaustausch zwischen Systemen und Datenvorverarbeitung, Kommunikation über Netzwerke, etc.)

- Interesse an der Arbeit in einem heterogenen Team von Wissenschaftlern, mit viel Freiheit eigene Ideen einzubringen
- Englische Sprachkenntnisse um mit Kollegen zu diskutieren, die auf Deutsch nicht sicher kommunizieren können

Die Thesis wird in Kooperation mit Dr. Wolfgang Geithner vom GSI Helmholtzzentrum betreut.

Ansprechpartner

Prof. Dr. Andreas Müller

Raum 03.06

Gebäude D14

Schöfferstraße 8b

64295 Darmstadt

+49 6151 1638448

andreas.mueller@h-da.de