

Formulierung des Problems

Entwicklung eines Surrogate Models eines Injektorsubsystems zur Verbesserung von Strahldynamiksimulationen

In der nächsten Wartungsphase wird eine Data-Mining Messung im Injektor durchgeführt. Hierbei werden Magnetstromwerte variiert und das Verhalten des Strahls auf einem nachfolgenden Diagnose-Leuchtschirm gemessen. Von dem System wird ebenfalls eine Strahldynamiksimulation erstellt.

Aufgabe des Studenten soll sein, ein Neuronales Netzwerk zu erstellen, um das Injektorsystem möglichst präzise auf Basis der aufgenommenen Daten zu approximieren. Hierzu gehören u.a. die Implementierung von Schritten wie die Normierung der Eingangs- und Ausgangsgrößen und eine Visualisierung der Trainingsresultate. Außerdem sollen die Hyperparameter nachvollziehbar getun und optimiert werden. Im Idealfall kann das Surrogate Modell sowohl auf die Messdaten der Messung im Injektor als auch auf die Daten der Strahldynamiksimulation angewendet werden. Abhängig von der Dauer der vorherigen Schritte soll anschließend noch eine Sobol-Sensitivitätsanalyse des trainierten NN durchgeführt werden.

Zwischenziele (nicht unbedingt geordnet)

- Laufzettel & Schlüssel
- Übergabe der Daten und Skripte (& ggfs. Masterarbeit als Orientierung)

Surrogate Model via NN

- Daten aufbereiten (Verschieben, Pixelkalibration, etc., Intensität aus Gaus bestimmen)
- Erstellen eines NN mit den entsprechenden Ein- und Ausgangsparametern (Standardisierung der Ein- und Ausgangsparameter)
- Visualisierung der Trainingsresultate
- Feintunen/Hyperparametertunen des Models
- Untersuchen des Einflusses von Dropoutlayern *(Deaktivieren beim auftrainieren
-> dafür sorge, dass alle ans können)*
- Untersuchen wie viele Trainingswerte für ein präzises Modell notwendig sind
- Sobol-Sensitivitätsanalyse des NN Models
- Visualisierung der Sensitivitätsanalyse

Strahldynamiksimulation via Elegant

- Installation Elegant (Wiki)
- Auswertung des Quadrupol-Scans um Parameter des Anfangsbunches zu ermitteln

- Erstellen des Lattice basierend auf den aktuellen Messungen
- Auswertung der Steerer-Kalibrationen und Integration in das Lattice
- Auswertung der Quad-Kalibrationen und Integration in das Lattice
- Untersuchung Hysterese Quadrupole + Solenoid
- Implementierung der Solenoid-Fieldmap in das Lattice
- Erste erfolgreiche Strahldynamiksimulation mit Elegant und dem erstellten Lattice
- Erstellen eines Trainingsdatensets analog zum Set des NN
- Anwendung des NN Frameworks auf dieses Simulationsdatenset
- Sobol-Sensitivitätsanalyse dieses NN Models (als approximation der Elegant Simulation)
- Vergleich der Ergebnisse, suche Ursache für Unterschiede
- Weiterführend: Feintuning des Lattice, ggfs. mit Optimierungsalgorithmen, ggfs mit Surrogate Model NN als Interface
- Weiterführend: Sobol-Sensitivitätsanalyse der Strahldynamiksimulation ohne NN zwischenschritt möglich?

Magnet Parameter \rightarrow Stromweite

„versorgt“ durch CMS netzteil
standard $O_r \rightarrow 7A$

- 7 Magnete

- 1 Klasse: 4x Steerer (Dipol) (baugleich)

2x Horizontal / 2x Vertical

(Kreis nur auf posiv/negat. Seite)



1x Solenoid
„Spule“

\rightarrow horizontal und verticale Focussierung

- nur Ablenkung bei Einf. H.
nicht durch Linsen

2x Quadrupol

- elliptische Focussierung

Target - Beryllium oxid

- Gold beschichtet um Ladungsaufloss.

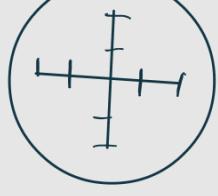
Kunststoff

eigentliche
Kunststoff

-> keine Reaktion
auf einer Seite

-> Rixel Hallplatten
nur auf einer Seite

horizontal bei Rixel Hallplatten



| 4cm |

Vermeidet Überlauern

(Kreuz ist nicht beschichtet)

→ überlaufen verhindert gaußförmig



→ für harsche Messreihe ohne Kreuz

bulbem

Gun → TOT3

ohne Magnet → leitig durch



und zwei mittig
davon

Target
Mittig

-Gaußvariation Magnetströme

→ einige wenige Messen, wenn Target nicht auf
Stahl

e.g. $\{-0,5; 0,5\} A \Rightarrow$ eigentlich 2 signa
(möglich das 1,2
auf Stahl)

→ 0,97¹⁷

≈ 0,75

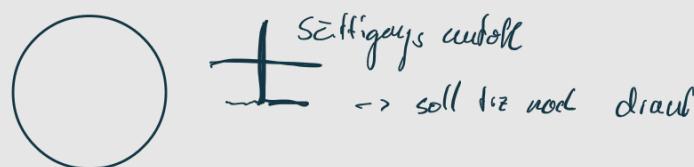
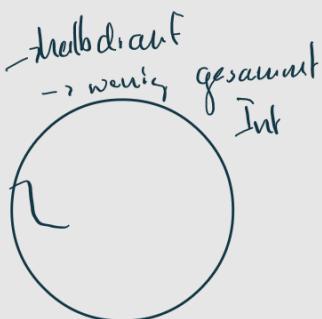
⇒ $M_{\text{eff}} = 0,75$

measured area
test

- > um Ø verteilt
 - > Maximalwert hand auf
 - > 7x random sampling
 - ersten 100 manuell gelagert
(~58% drauf)
- nicht drauf durch
Intensität
- > nicht eindeutig,
wenn Strahl halbdurch
-> weniger Intensität
- Kamera const Einstellungen
-> 256 satzungs cutoff nach oben

not anfangen if gesammt Intens < weit

and gaus intens < weit



- random anstreuen sollte Hypothese Probleme
(stochastisch)
(vorher abgaußt) mitigen
- Backgrounds bereits subtrahiert

Output

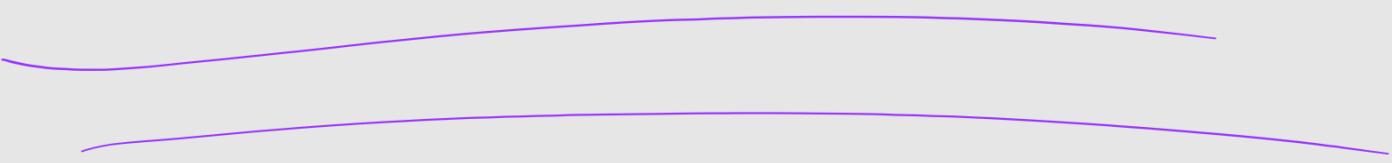
- Pictures (not all saved) 26030
- Beam on target?
- x, y pos
- Scale factors $x_{int} \rightarrow$ gesamt auspl
- (- Intensität? x_{int} / x_{amp})

Berechnung:

- in mm Bitte auf pixel
- Kalibration durch Target mit Shala

- Gaußintensität \neq Pixelintensität
durch sättigungs cutoff

- Eigay/Ausgau transformieren
auf $[0,1]$ um 0 statt $\sum_{i=0}^n 10^{-i} \cdot 10^6$



Vergleich UN mit Strahlendynamiksys
via Elegant

Strahlwerk \leftrightarrow "in Kick" kalibrieren

= Simulation

① Lattice \rightarrow was/wo
Setup

② Abgangsbuch

Magnet scan

\rightarrow an z.B. Quadrupol scan machen
(alles anderes aus)

-> rückrechnen auf Aufgaengsbuch

- Magnet Merzeichung
- Σ ^{weiter Bereich} - Qu - Quadrupol
- SV/H - Skew horizontal / vertikal
 - LE - Solenoid
 - T - Target

- 'input / output' fx

- work points \rightarrow generated 'inputs'

