

# First-Time-Right-Produktion durch Bayes'sche Prozessoptimierung

Industrieunternehmen, die Laser in der Fertigung einsetzen, sind zunehmend bestrebt, KI-Anwendungen oder Prozesssimulationen in ihre eigene Wertschöpfungskette zu integrieren und sie für eine schnelle, sichere und optimierte Maschineneinstellung zu nutzen. Bayes'sche Optimierer, Gaußsche Prozessregressoren und reduzierte Prozessmodelle ermöglichen die Entwicklung digitaler Werkzeuge für eine schnelle, interaktive Prozessauslegung und -optimierung.

## Potenzial für Zeit- und Kostenersparnis

Bei der Einführung eines neuen Fertigungsprozesses oder bei der Verwendung neuer Materialien wird üblicherweise eine statistische Versuchsplanung zur Auslegung, Optimierung und Fehleranalyse durchgeführt. Diese Vorgehensweise ist im Allgemeinen zeit- und kostenintensiv. Durch das Zusammenspiel von Simulation, Bayes'scher Optimierung und smarter Systemtechnik können Prozessparameter schnell und automatisiert bestimmt werden.

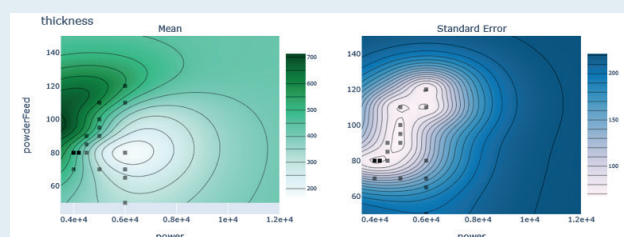
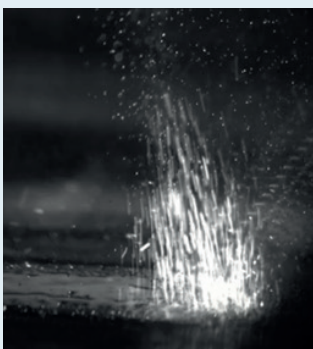
Bayes'sche Optimierer basieren auf Gaußschen Prozessregressoren und ermöglichen eine effiziente Lösung von inversen Aufgaben, die beispielsweise bei der Suche optimaler Prozessparameter auftreten. Die Gaußschen

Prozessregressoren können durch Daten aus Simulationen oder Experimenten aufgebaut werden. Dabei werden die zu untersuchenden Parametersätze durch den Bayes'schen Optimierer unter Berücksichtigung vorhandener Daten sowie statistischer Unsicherheiten bestimmt, sodass deutlich weniger Auswertungen als bei der klassischen Versuchsplanung benötigt werden. Durch den Einsatz einer smarten Systemtechnik können Modelle automatisiert kalibriert oder Prozessregressoren automatisiert erstellt werden.

## Realisierung und Anwendungen

Bayes'sche Optimierer und Gaußsche Prozessregressoren wurden am Fraunhofer ILT für zwei laserbasierte Prozesse entwickelt. Für das Strukturieren von Metallen mit ultrakurzen Laserpulsen wurden eine automatisierte Modellkalibrierung und ein modellbasierter Bayes'scher Optimierer realisiert. Für das Hochleistungs-Laserauftragsschweißen (HIP-LMD) wurde ein Bayes'scher Prozessoptimierer auf Basis eines »man in the loop«-Ansatzes entwickelt, der eine experimentbasierte Auslegung und Optimierung ermöglicht.

*Autor: Dr. Markus Niessen, [markus.niessen@ilt.fraunhofer.de](mailto:markus.niessen@ilt.fraunhofer.de)*



1 HIP-LMD-Prozess.  
2 Ermittelte Parameter eines HIP-LMD-Prozessregressors.