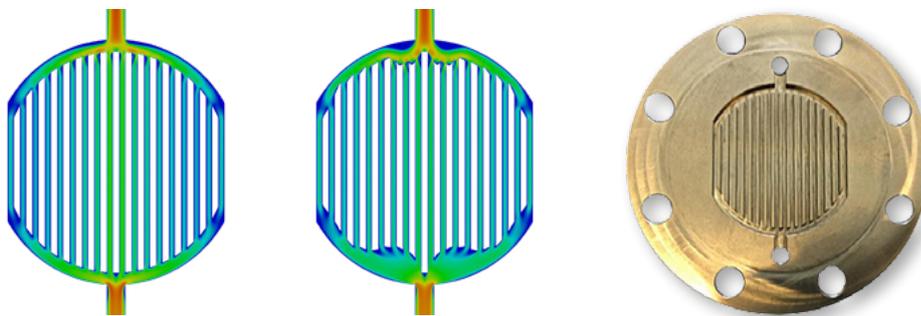


Maschinenbau und Produktion

Der Industriestandort Deutschland steht vor großen Herausforderungen, um sich im internationalen Wettbewerb zu behaupten. Energieeffiziente und digitale Technologien sowie resiliente Wertschöpfungsketten sind wichtige Bausteine für eine sichere Zukunft. Wir setzen unsere mathematische Expertise und unser technologisches Know-how ein, um durch unsere Forschung Lösungen zu entwickeln, durch deren Anwendung industriellen Kunden nachhaltig geholfen werden kann.

Formoptimierung: Aus der Forschung in die Praxis

Für seine Doktorarbeit erhielt Dr. Sebastian Blauth im Jahr 2022 den ICT Dissertation Award. Seine Forschung hat die Software cashocs hervorgebracht, die Prozesse in der Industrie durch Designoptimierung verbessern kann.



© Fraunhofer UMSICHT

cashocs im Einsatz: Das Design des Flow Fields einer Elektrolysezelle wird optimiert. Die Strömung ist deutlich besser verteilt, das Design vereint nun gleichmäßige Strömungsverteilung und mechanische Stabilität.

Es war ein richtiges Aha-Erlebnis für Sebastian Blauth, als er im Zuge seiner Doktorarbeit die Software cashocs entwickelte und erfolgreich anwendete, die mehrseitige, von Hand berechnete Gleichungen ersetzt. »In meiner Arbeit habe ich chemische Reaktoren betrachtet, genauer gesagt, Verteilstrukturen in Elektrolysezellen, die Wasser aufspalten, um Wasserstoff zu produzieren«, erklärt er. »Meine Frage war, wie man die Wasserverteilung besser macht, um die Effizienz der Zelle zu erhöhen.«

Softwaretool liefert Designvorschläge

Blauth untersuchte, wie man die Form des Reaktors verändern muss, um den Prozess zu verbessern. Entscheidend ist dabei häufig, dass in den Strömungskomponenten spezielle Bedingungen vorliegen müssen, etwa eine gleichmäßige Verteilung der Strömung oder ein niedriger Druckverlust. Die Software cashocs ermöglicht die Formoptimierung solcher Komponenten und Systeme für industriell relevante

Problemstellungen. Durch die Automatisierung mit cashocs können sogar komplexe Fragestellungen mit einer sehr kurzen Entwicklungszeit gelöst und neue Designvorschläge erzeugt werden.

Sprung aus der Wissenschaft in die Anwendung

Die Software wird aktuell vorrangig in der Strömungsdynamik angewendet, wo der Fokus auf der Verbesserung von Strömungskomponenten liegt. »Bislang war diese Art der Optimierung vor allem eine akademische Frage«, sagt Blauth. Mit der Entwicklung einer Softwarelösung erfolgt jetzt der Sprung in konkrete Anwendungen: »Die Berechnung von Hand war enorm aufwändig und fehleranfällig. Diesen immensen Aufwand zu betreiben, war für die Industrie bislang einfach nicht praktikabel.« Seine Forschungsergebnisse tragen nun dazu bei, dies zu ändern und läuten den Transfer in die Praxis ein.

Kontakt

Dr. Sebastian Blauth
Abteilung »Transportvorgänge«
Telefon +49 631 31600-4968
sebastian.blauth@itwm.fraunhofer.de



Maßgeschneiderte Inspektionslösungen für die Industrie

Industrielle Inspektionssysteme müssen auf immer vielseitigere, sich schnell verändernde Produkte ausgelegt werden. Gleichzeitig steigt die Komplexität der Oberflächen und Materialien. Die Abteilung »Bildverarbeitung« entwickelt individuelle Systeme und setzt dabei auch auf »Künstliche Intelligenz« (KI). Ein Interview mit Abteilungsleiter Markus Rauhut.

Industrielle Inspektion ist schon seit vielen Jahren das Thema der Abteilung »Bildverarbeitung«. Was bieten Sie den Unternehmen?

Rauhut: Wir bauen maßgeschneiderte optische Oberflächeninspektionssysteme, die wir direkt in Produktionsanlagen integrieren. Dabei sehen wir uns nicht als Konkurrenz der Industrie, sondern ergänzen dort, wo es auf dem Markt noch keine Lösung gibt.

In Zusammenarbeit mit der Abteilung »Systemanalyse, Prognose und Regelung« unseres Instituts können wir einen Schritt weiter gehen und direkt beim Kunden die Ursachen für Qualitätsabweichungen ermitteln. Zum Beispiel, warum ein bestimmter Fehler besonders häufig auftritt und welche Maßnahmen in der Produktion ergriffen werden können, um dies zu verhindern oder abzuschwächen.

Warum entwickeln Sie individuelle Lösungen und setzen nicht auf Bestehende?

Rauhut: Es gibt eine Vielzahl von Inspektionssystemen, die für bestimmte Anwendungsfälle direkt eingesetzt werden können. Gerade in Deutschland ist jedoch die Variationsbreite der Produktionsanlagen so groß, dass häufig maßgeschneiderte Systeme sinnvoller sind. Je nach Art der Produktion und des Produktes sind die

potenziell auftretenden Fehler sehr unterschiedlich. Hinzu kommt, dass viele unserer Kundinnen und Kunden wissen wollen, warum und wie ein Fehler entstanden ist, um dann eventuell die Produktion nachzujustieren.

Die »Bildverarbeitung« hat als eine der ersten Abteilungen des Fraunhofer ITWM auf KI gesetzt. Wie hat sich die Arbeit durch KI verändert?

Rauhut: Insbesondere der Projektablauf für die Entwicklung von industriellen optischen Inspektionssystemen hat sich stark geändert. Vor dem Einsatz von KI hat unser Team mit relativ wenig Daten Algorithmen entwickelt, die Defekte finden oder klassifizieren. Der Unterschied zu einem KI-Verfahren ist dabei, dass der Entwickler oder die Entwicklerin vorgibt, welche Eigenschaften einen typischen Defekt beschreiben. Etwa, dass ein Kratzer eine längliche Struktur im Bild ist. Diese Eigenschaften wurden explizit programmiert.

Für ein KI-Verfahren sind im Gegensatz dazu sehr viele Daten notwendig, mit dem die KI trainiert wird. Für Projekte bedeutet dies, dass der erste Schritt sein muss, möglichst viele Daten direkt aus der Produktion mit den dazu vorgesehen Sensoren zu sammeln und zu kuratieren. Deshalb wird so schnell wie möglich direkt in der Produktion ein reines Aufnahmesystem installiert.



Der Einsatz von KI scheint damit recht aufwändig zu sein. Überwiegen die Vorteile aus Ihrer Sicht?

Rauhut: Die kurze Antwort ist: KI-Verfahren funktionieren einfach besser als alle Werkzeuge, die wir bisher hatten. Technisch bedeutet das, dass die Erkennungsrate viel höher und die Falsch-Positiv-Rate viel niedriger ist. Außerdem können wir heute Oberflächen prüfen, die mit klassischer Bildverarbeitung nur sehr schwer oder gar nicht zu inspizieren sind. Dies sind vor allem stark texturierte Oberflächen wie Holzfurniere oder Gussteile.

Welche weiteren Veränderungen erwarten Sie durch den Einsatz von KI für Ihr Forschungsfeld und damit auch für Ihre Abteilung?

Rauhut: KI-Verfahren haben bereits viele ältere Algorithmen verdrängt und werden dies auch weiterhin tun. Aufgrund der Blackbox-Natur von KI-Systemen werden zukünftig jedoch noch mehr Algorithmen benötigt, um die

Sicherheit der KI zu gewährleisten. Besonders bei sicherheitsrelevanten Anwendungen, wie etwa in der Bahn- oder Flugzeugindustrie, ist es entscheidend, Defekte zuverlässig zu erkennen. Wir arbeiten derzeit an neuen Algorithmen, insbesondere im Bereich der Datenanalyse, um diesen Anforderungen gerecht zu werden. Für uns als Mathematikerinnen und Mathematiker bedeutet dies, dass wir kontinuierlich neue Algorithmen und Modelle entwickeln müssen, um KI in der Produktion wirklich zuverlässig einzusetzen.

Gibt es eine Success-Story, die zeigt, warum dieses Vorgehen erfolgreich ist?

Rauhut: Ja, wir haben ein Inspektionssystem für einen Kunden realisiert, der zuvor ein Standardsystem installiert hatte. Das Standardsystem war sehr gut, aber völlig ungeeignet für die Anforderungen des Unternehmens. Letztlich entschied man sich für uns, weil wir nicht nur die KI-Verfahren kennen, sondern auch die klassische Bildverarbeitung beherrschen.

Kontakt

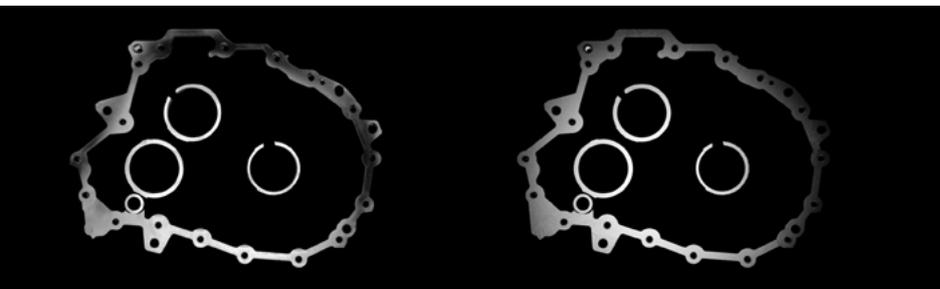
Markus Rauhut
Abteilungsleiter »Bildverarbeitung«
Telefon +49 631 31600-4595
markus.rauhut@itwm.fraunhofer.de





Synthetische Daten: Wie realistisch hätten Sie's gerne?

»Künstliche Intelligenz« (KI) bietet Lösungen für anspruchsvolle Bildverarbeitungsaufgaben wie die virtuelle Inspektion. Um eine KI zu trainieren, benötigt man Daten mit Grundwahrheit, in diesem Fall Bilder in 2D und 3D – und diese sind oft Mangelware. Ein Team unserer Abteilung »Bildverarbeitung« hat eigene mathematische Modelle entwickelt, um optimale und zuverlässige Datengrundlagen zu schaffen.



Ein reales Bild aus einem Fertigungsinspektionssystem und ein mit ITWM-Technologie synthetisch erzeugtes Bild.

Es gibt zahlreiche Herausforderungen in der Bildverarbeitung, bei denen erforderliche Trainingsdaten für eine KI nicht verfügbar sind: Bei einer optischen Qualitätskontrolle in der Produktion muss jede Art von Fehler erkannt werden. Je seltener ein Fehler aber auftritt, desto schwieriger ist es, Bilder zu sammeln, die diesen Fehler enthalten. Typische KI-Modelle müssen jeden Fehler aber tausende Male gesehen haben, um ihn zuverlässig zu erkennen.

Industrien anpassen.« Die Daten werden auf Grundlage stochastischer Geometriemodelle erzeugt, dadurch können variable Strukturen in nahezu beliebigen Größen und Mengen generiert werden.

Dafür hat ein Team aus unterschiedlichen Disziplinen – Mathematik, Physik, Informatik – das jeweilige Know-how eingebracht. »Unsere Methodik zur Generierung synthetischer Daten ist einzigartig«, betont Dr. Katja Schladitz. »Viele nutzen auch eine KI, um eine andere zu trainieren. Das kann gerade in der Produktion gefährlich werden.« Ein weiterer Vorteil der mithilfe der generierten Daten trainierten KI sei es auch, dass sie in der Qualitätskontrolle objektiver und zuverlässiger ist als der Mensch. »Eine KI wird nicht müde, sie wird auch nicht kurz abgelenkt oder blinzelt im entscheidenden Augenblick.«

Kontakt

Dr. Petra Gospodnetić
Abteilung »Bildverarbeitung«
Telefon +49 631 31600-4874
petra.gospodnetic@itwm.fraunhofer.de



Die Daten erstellen, die man braucht

»Synthetische Daten generieren viele, aber die meisten bauen das, was sie benötigen, nach«, erklärt Dr. Petra Gospodnetić. »Wir benutzen dafür mathematische Modelle. Alles ist dadurch kontrollierbar: Wir erstellen genau, was wir brauchen und können das auf verschiedene

Realitätsgrad skalierbar

Ein weiterer Vorteil der synthetischen Daten: Ihr Realitätsgrad kann an den Bedarf der jeweiligen Produktion angepasst werden. Wie realistisch die Strukturen und Bilder sein müssen, um repräsentativ zu sein, und welche Eigenschaften der synthetischen Daten für den Erfolg eines KI-Trainings entscheidend sind, daran forschen die Wissenschaftlerinnen und ihr Team intensiv weiter.



Neue Software-Lösung für die chemische Industrie

Ein Team aus den Abteilungen »Optimierung – Technische Prozesse« und »Transportvorgänge« hat gemeinsam ein Softwarepaket für die Simulation und Optimierung von Batch-Destillationsprozessen bei Industrieunternehmen entwickelt – inspiriert von der Fernwärmesimulation. Das kommt der Produktion hochspezialisierter Chemikalien oder Medikamente zugute.



»Die Batch-Destillation ermöglicht es zum Beispiel, spezielle Pharmazeutika in geringer Menge relativ schnell herzustellen oder auch Versuche in einem überschaubaren Zeitraum durchzuführen«, sagt Prof. Dr. Michael Bortz. »In Branchen wie der Pharmaindustrie oder der Feinchemie gibt es Stoffe, die kontinuierlich in gleicher Qualität hergestellt werden müssen. Ein Batch ist eher eine Sonder-Edition: Hier kommt es für spezielle Fälle auf bestimmte Eigenschaften an.«

Batch-Destillationsprozesse sind daher sehr dynamisch. Das heißt, die Stoffzusammensetzungen, Temperaturen, Drücke und Ströme in der Destillationskolonne sind zeitabhängig, der Prozess ist inhärent nicht-stationär. Um diese dynamische Betriebsführung angemessen zu unterstützen, wird ein dynamisches Simulationsmodell benötigt.

Software simuliert verschiedene Use-Cases

Das Tool, das bereits bei Unternehmen im Einsatz ist, kann insbesondere Kosten und Nutzen abwägen, beispielsweise, wie lange es dauert und wie teuer es wird, wenn eine Chemikalie

besonders rein sein soll. Das zugrunde liegende Modell besteht aus einem Satz von nicht-linearen algebraischen und Differentialgleichungen. Diese bilden die in der Realität vorhandenen Freiheitsgrade und Gütekriterien ab, um die Batch-Reaktionen optimal auszugestalten: Wie müssen Stoffe hinzudosiert werden? Was passiert, wenn andere Hilfsstoffe genommen werden? Wie sieht eine optimale Rücklauftrajektorie aus? »Dabei denken wir rückwärts und definieren den Weg vom Ziel ausgehend«, so Bortz. »Unsere Softwareprodukte erlauben es, interaktiv Verbesserungspotenzial zu entdecken und unterstützen dabei, die optimale Lösung zu finden.«

Expertise aus den eigenen Reihen zusammengeführt

Spannend ist auch der Impuls für das Softwarepaket: Aus Gesprächen mit der Abteilung »Transportvorgänge« über deren Lösungen für die Fernwärmesimulation entstand die Idee, deren Algorithmen für die Batch-Destillation anzupassen. »Beide Abteilungen haben aktiv am Projektergebnis gearbeitet und die Expertise gemeinsam für das Projekt genutzt«, berichtet Bortz.

Kontakt

Prof. Dr. Michael Bortz
Abteilungsleiter »Optimierung – Technische Prozesse« und stellvertretender Bereichsleiter »Optimierung«
Telefon +49 631 31600-4532
michael.bortz@itwm.fraunhofer.de

