idw - Informationsdienst Wissenschaft
Nachrichten, Termine, Experten

Pressemitteilung

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Petra Nolis M.A.

24.01.2024
http://idw-online.de/de/news827453

Wissenschaftliche Tagungen, wissenschaftliche Weiterbildung
Elektrotechnik, Informationstechnik, Maschinenbau, Werkstoffwissenschaften
überregional

AI hat das Potenzial Regelkreise zu schließen

Ob in der Lasermaterialbearbeitung, in additiven Fertigungs- und Reparaturprozessen, für eine Unkrautbekämpfung per Laser oder ein automatisiertes Design optischer Systeme: Artificial Intelligence entfaltet auch in der Photonik enormes, teils disruptives Potenzial. Die dritte »AI for Laser Technology Conference«, die Ende November mit rund 50 internationalen Expertinnen und Experten am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen stattfand, hat klar gezeigt, dass die AI-getriebene Transformation in vollem Gange ist.

»Unsere AI setzt im Design optischer Systeme in Sekunden um, wofür klassische Algorithmen bisher Stunden oder Tage brauchten oder gar keine Lösungen finden«, berichtete Konferenzleiter Prof. Carlo Holly auf der dritten »AI for Laser Technology Conference«, zu der das Fraunhofer ILT am 23. und 24. November 2023 eingeladen hatte.

Als Leiter der Abteilung Data Science und Messtechnik des Fraunhofer ILT und Inhaber des Lehrstuhls für Technologie Optischer Systeme TOS der RWTH Aachen University befasst sich Holly Tag für Tag mit datengetriebenen Innovationen. Doch das aktuelle, von Artificial Intelligence (AI) forcierte Innovationsgeschehen sprengt auch aus seiner Sicht Dimensionen. »Das Potenzial von AI geht über das reine Monitoring und die Steuerung von Laserprozessen hinaus: Wir können damit den Weg zu einer First-Time-Right-Production ebnen«, sagte er. Wenn man das Instrumentarium moderner Mess- und Sensortechnik clever mit AI-Methoden kombiniere, lasse sich Maschinen eine vom Start weg fehlerfreie Produktion oder das autonome Reagieren auf Änderung im Prozess antrainieren. »AI hat das Potenzial Regelkreise zu schließen. Lernende Maschinen, die sich im Prozess anhand fortlaufender Datenauswertung selbst nachjustieren, rücken in den Bereich des Machbaren«, so Holly.

Immer mehr AI-Akteure und -Anwendungen

Die Dynamik im AI-Markt thematisierten auch die Microsoft-Spezialisten Ansgar Heinen und Marcel Franke: »Nie zuvor haben wir erlebt, dass eine neue Technologie so schnell adaptiert wurde – auch in eher konservativen Branchen«, berichteten sie. Und noch nie habe sich eine digitale Lösung so rasant verbreitet, wie ChatGPT. Schon fünf Tage nach ihrem Launch hatte die AI, die auf einem Large Language Model (LLM) basiert, weltweit eine Million Nutzende; kaum zwei Monate danach waren es über 100 Millionen. Für die Entwicklung haben modernste Großrechner viele Petabytes an Textdaten aus Büchern, Artikeln oder Softwarecode auf generalisierbare grammatische und semantische Muster und Regeln hin durchsucht. Diese hat die generative KI in ihr Sprachsystem integriert – und kann nun menschengleich kommunizieren oder auch Code generieren. Für solche Aufgaben müssen LLM höchst variabel sein und Entscheidungen zwischen einer Vielzahl an Parametern treffen. »Die Zahl dieser Parameter ist um eine Größenordnung höher als die Zahl der Sterne in unserer Galaxie«, erklärte Marcel Franke auf der Aachener Konferenz. Dennoch sei KI kinderleicht bedienbar. Denn erstmals müsse nicht mehr der Mensch die Sprache der Maschine lernen. »Weil unsere Sprache als Schnittstelle dient, wird KI zum verständigen Co-Piloten«, sagte er. Zugleich seien LLM vielfältig einsetzbar und durch Training für spezifische Anwendungen in der Industrie, Verwaltung, im rechtlichen Bereich sowie in der Forschung und Entwicklung geeignet. Und laut Heinen hält AI bei immer mehr Konzernen und mittelständischen Unternehmen aus dem Automobil- und Maschinenbau, der Elektroindustrie sowie aus der Chemie- und Pharmabranche Einzug.

Seine Beobachtung deckt sich mit Prognosen des US-Marktforschungsunternehmens Gartner. Dessen Analysten sehen AI als einen Paradigmenwechsel, mit dem ganz neue Formen der Kollaboration von Mensch und Maschine einher gehen werden. Der Impact auf das moderne Leben werde ähnlich sein, wie bei der Einführung des Internets und des Smartphones. Bis 2030 werden laut Gartner 80 Prozent aller Menschen täglich mit smarten Robotern interagieren. Schon 2025 werde AI zur Entwicklung von jedem dritten neuen Medikament und Werkstoff beitragen. Und für das laufende Jahr 2024 prognostiziert Gartner steigende KI-Investitionen in drei Vierteln aller Unternehmen.

Vielzahl photonischer Anwendungen

Die Fachkonferenz verdeutlichte in zwölf Vorträgen und einer Führung durch die Labore des Fraunhofer ILT, wie AI auch die Photonik voranbringt. Dr. Volker Rominger, Leiter Machine Learning & Simulation in Laser Applications bei TRUMPF, stellte vielfältige AI-Applikationen rund um das Schneiden, Biegen und Schweißen per Laser vor. Darunter die automatisierte Bauteiloptimierung »optimate«, die konventionelle Konstruktionen analysiert, Alternativen aus lasergebogenem und -geschnittenem Blech vorschlägt und die dadurch erzielbaren Kosteneinsparung gleich mitliefert. Denn in der Regel entfallen Arbeitsschritte, sinkt der Materialeinsatz und ergeben sich Gewichtsvorteile. Dafür hat das Projektteam die AI an vielen tausend gelabelten Bauteildaten trainiert. »Sie sagt das Optimierungspotenzial mit 96-prozentiger Genauigkeit vorher«, berichtete er.

Auch dem Verhaken, Verklemmen und Verkanten lasergeschnittener Blechteile, durch das vollautomatisierte Prozessketten ins Stocken geraten können, stellt TRUMPF eine AI-Lösung entgegen. Sie ermittelt die optimale Schneidestrategie für jedes Bauteil und bezieht dabei zahlreiche Parameter vom Startpunkt und der optimalen Lage des Blechs bis zur Verteilung des Gasdrucks im Laserschneidprozess ein. Das Maschinenwissen ist in diesem Fall an hunderttausenden praktischen Beispielen geschult. Und es hilft auch im nächsten Prozessschritt: AI optimiert das vollautomatisierte Erkennen und Sortieren der ausgeschnittenen Teile. Angesichts der Datenmenge, der bis zu acht Quadratmeter großen Bleche aus verschiedenen Materialien, variierender Lichtverhältnisse und Bauteilgeometrien sowie randomisierter menschlicher Eingriffe in den Prozess stoßen herkömmliche Machine-Vision-Algorithmen bei dieser Aufgabe an Grenzen. »Daher nutzen wir viele Millionen Parameter eines Deep Neural Networks und lassen die Daten für uns arbeiten«, erklärte Rominger. Durch die große Menge an Eingangsdaten werde die Lösung immer robuster. Die Anzahl der Detektionsfehler sinke mit jeder neuen Generation der Neural Networks und durch den Lerneffekt mit jedem Datensatz.

Jederzeit verfügbares Erfahrungswissen für die Qualitätssicherung

Rominger berichtete von weiteren KI-Anwendungen. Darunter das Laserschweißen so genannter Hairpins an Kupferwicklungen von Elektromotoren. »Der kameraüberwachte Prozess ist an sich sehr robust. Doch gibt es im Fertigungsumfeld bei unseren Kunden oft Veränderungen, seien es die Lichtverhältnisse oder ungenau gepaarte Hairpins«, erklärte er. Abhilfe schafft ein AI-Filter, der Störeinflüsse in den Kameradaten minimiert und den Zustand der Hairpin-Paare in Echtzeit klassifiziert. »Durch den AI-Einsatz konnten wir die Zuverlässigkeit der Qualitätskontrolle signifikant auf nun 99,8 Prozent steigern«, so Rominger. AI hilft, die komplexen räumlichen Informationen schnell und präzise zu deuten und ebnet in Verbindung mit realer Messtechnik den Weg zu lernenden Systemen, die Erfahrungswissen aufbauen, schnell lernen, nicht vergessen und weder Müdigkeit noch Tagesform kennen.

Romingers Fazit: »Maschine Learning ist keine Vision mehr, sondern real. Wir können die Produktivität, Zuverlässigkeit und Qualität von Laserprozessen damit signifikant steigern und sehen in diesem Technologiefeld erst die Spitze des Eisbergs«. Unternehmen, die sich noch nicht damit befassen, riet er, ihre Skepsis abzulegen und die Möglichkeiten in praktischen Pilotprojekten zu erkunden. Denn die Technologie entwickle sich rasant – und verschaffe Wettbewerbern, die AI nutzen, schon jetzt Produktivitätsvorteile.

Unsichtbares sichtbar machen

Die Teilnehmenden der Konferenz musste er nicht überzeugen. Aus den Vorträgen und Publikumsfragen ging deutlich hervor, dass es für sie längst um Details der AI-Nutzung geht. So berichtete Dr. Markus Kogel-Hollacher von der Precitec Group, dass sich der AI-Einsatz für immer mehr Anwendungen bewähre. »Ob Laserschneiden, -schweißen oder 3D-Messtechnik: wo immer wir Prozessdaten generieren, ergeben sich Ideen, daraus mit AI wertvolle Informationen zu gewinnen«, sagte er. Das reiche mittlerweile so weit, dass man aus Daten optischer Sensoren unsichtbare Informationen zur Festigkeit oder zum elektrischen Übergangswiderstand von Schweißverbindungen ableiten könne. Die Basis dafür legt das Unternehmen, indem es Neuronale Netzwerke mit aufwändig gelabelten Bilddaten und Befunden aus zerstörenden Schweißnahtanalysen trainiert.

Ähnlich geht laut Dr. Michael Ungers die Scansonic MI GmbH bei der AI-Applikationen in inlineüberwachten Laserlöt- und -schweißprozessen vor. Die sichere Detektion kleinster Unregelmäßigkeiten im Schmelzbad, etwa Poren und Spritzer, basiert auf aufwändigem Training Neuronaler Netzwerke, sowie der Validierung und Verifizierung in aufwändigen Testreihen. Es gilt sicherzustellen, dass die AI auch in unbekannten Bilddaten im Kundeneinsatz Unregelmäßigkeiten aufspürt. Die Daten liefern in die Bearbeitungsköpfe integrierte optische Sensoren. Sie werden per Edge-Computer liniennah analysiert und für menschliche Anwender visualisiert. Auch hier übernimmt AI also die Co-Pilotenrolle. Und am Anfang steht ebenfalls das mühsame, manuelle Labeln tausender Datensätze. Der Aufwand lohnt sich. Denn die Verbindung von Online-Sensorik und AI resultiert in robusterer, präziserer Fehlererkennung – und dürfte laut Ungers mittelfristig zu einem deutlich reduzierten Prüfaufwand in der Fertigung führen.

Potenziale allerorten – auch auf dem Acker

Die Verbindung von Photonik und AI entfaltet ihr Potenzial nicht nur in der industriellen Lasermaterialbearbeitung. Dr. Peter Fuhrberg, Geschäftsführer der Futonics Laser GmbH präsentierte in Aachen eine AI-Anwendung, die perspektivisch den Pestizideinsatz in der Landwirtschaft spürbar reduzieren soll. Herzstück ist ein AI-unterstütztes Kamerasystem, das binnen Millisekunden junge Nutzpflanzen und Unkräuter unterscheidet. So kann es während der Überfahrt über den Acker unerwünschte Pflanzen erkennen, deren exakte Position ermitteln und unter Ausgleich aller Vibrationen per Scanner einen Nahinfrarot-(NIR)-Laser auf die Wachstumszentren der Einzelpflanzen richten. Ein Laserpuls genügt, um das Unkraut zu veröden. Ehe es neu austreibt, haben die benachbarten Nutzpflanzen das Wachstumsrennen ans Sonnenlicht für sich entschieden.

Futonics treibt die pestizidfreie Unkrautbekämpfung systematisch voran. Da diese laut Fuhrberg voraussichtlich von batteriebetriebenen, autonom navigierenden Fahrzeugen aus erfolgen wird, stehen Energie- und Flächeneffizienz sowie die Zuverlässigkeit weit oben auf der Agenda. Auch hier hilft KI in Verbindung mit modernen Simulationstools. Denn diese zeigen, dass schnell schaltbare 2-µm-Thulium-Laser je eingesetzter Energie die höchste Flächeneffizienz erreichen. Mit einem 800-Watt-System genügt demnach ein Laserpuls von 2 Millisekunden Dauer, da NIR-Licht von den Pflanzen hervorragend absorbiert wird. Auch die Strahlqualität, Systemzuverlässigkeit und Lebensdauer sprechen laut Fuhrberg für die NIR-Technologie. Das Beispiel zeigt, wie KI die Photonik beflügelt und zugleich hilft, innovative Ideen von vornherein zu erden. Fuhrberg zeigte auf der Aachener Konferenz, dass schon die Auswahl der Laser angesichts der Vielzahl an Auslegungsvarianten mit Wellenlängen von Ultraviolett (UV) bis Mid-Infrarot (MIR), unterschiedlichen Pulsdauern und Strahlführungsansätzen hochkomplex ist. AI liefere eine belastbare Vorauswahl der effizientesten und robustesten Systemauslegungen und stelle die Entwicklung damit auf eine solide Basis.

Auf der Zielgeraden zum Closed Loop

Doch wie der TRUMPF-Experte Dr. Volker Rominger in Aachen sagte, ist bisher allenfalls die Spitze des Eisbergs in Sicht. Am Fraunhofer ILT taucht Prof. Carlo Holly mit seinem Team bereits tiefer, um sich ein Bild von zukünftigen Möglichkeiten der AI-Applikation zu machen. Die Photonik werde immer besser darin, Prozesse und Messgrößen mit Sensoren sichtbar zu machen. Zugleich treibt sie den Fortschritt in der Entwicklung von Hardware, was mittlerweile Datenanalysen in Echtzeit ermöglicht. „Die Befunde der Datenanalyse erweitern wiederum unsere Möglichkeiten zur

Vorhersage von Prozessverläufen und zur Optimierung der Parametrierung“, erklärte er. Genau das liefere eine Basis, um künftig durch Echtzeitüberwachung und Anpassung der Parameter im laufenden Prozess eine autonome und adaptive Produktion zu realisieren sowie Regelkreise zu schließen.

Am Fraunhofer ILT laufen Versuche, um diese Möglichkeiten für Additive Verfahren, die Lasermaterialbearbeitung vom Schweißen und Löten bis zum Polieren sowie für ein vollautomatisiertes Design von optischen Systemen auszuloten. Gerade Letzteres ist ein hochkomplexer, zeitaufwändiger Prozess, der viel Know-how voraussetzt. »Wir stellen uns die Frage, wie weit wir hier mit einer automatisierten AI-gestützten Konstruktion kommen«, sagte Holly – und stellte Forschungen vor, in denen er mit seinem Team ein Neuronales Netzwerk für das Design optischer Systeme trainiert. Fernziel ist es, mithilfe von moderner Modellierung und AI-gestütztem Design beispielsweise von einer optimalen Temperaturverteilung auf dem Werkstück ausgehend die Strahlführung bis zurück zur Strahlquelle zu designen.

Kunstgriff zum Diffractive Deep Neural Network

Um dies zu erreichen, nutzt Hollys Arbeitsgruppe die physische Realisierung eines virtuellen Neuronalen Netzwerks, so genannte Diffractive Deep Neural Networks. Herzstück dieser optischen neuronalen Netze sind kaskadierte Phasenmasken, also diffraktive optische Elemente (DOEs), an denen die Strahlung unterschiedlich gebeugt und damit geformt wird. »Positionieren wir mehrere DOE-Layer hintereinander, dann entsteht das Diffractive Deep Neural Network. Das Licht dient darin als Überträger von Information«, erklärte er. Die Lichtstrahlen durchlaufen nacheinander alle DOE-Layer und werden entsprechend der durch die Pixel eingestellten Phasenhübe moduliert. »Diesen Aufbau interpretieren wir als neuronales Netzwerk und setzen für das optische Design Algorithmen aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz ein«, erläuterte er. Damit kann das Team, komplexe Strahlformung spezifisch und robust an die jeweilige Anwendung anpassen. Mit klassischen Designansätzen wäre dieser Plan schon wegen der Vielzahl der Freiheitsgrade – in typischen Systemen sind es mehrere tausend – zum Scheitern verurteilt. Mithilfe von AI lassen sie sich problemlos optimieren.

Messtechnische Basis noch unverzichtbar – aber Closed Loops rücken näher

Um die Strategien für eine AI-gestützte Prozessregelung zu schärfen, werden Messwerte aus realen Experimenten laut Holly unverzichtbar bleiben. Allerdings kann AI helfen, tatsächlich relevante Messpunkte und Parameter zu identifizieren – und durch das rechnerische Extrapolieren der weniger relevanten zur Reduzierung von Messungen und Experimenten beitragen. Was künftig eine effiziente Prozessregelung auf Basis von Echtzeit-Analyse und -Prädiktion ermöglichen soll, hilft den Forschenden am Fraunhofer ILT schon jetzt, gezielter zu experimentieren. »AI analysiert die Messwerte eines Experiments und gibt uns den Pfad für das nächste und alle weiteren vor. Diese strategische Unterstützung reduziert die Gesamtzahl der Experimente und damit auch den Kosten- und Zeitaufwand signifikant«, berichtete er.

Im nächsten Schritt können die erhobenen Werte – dann eingeordnet in ein Metamodell – der Optimierung der Prozessparameter dienen. »Wir leiten aus dem Datenoutput der Messungen im Experiment Parameter für den Dateninput im Fertigungsprozess ab«, so Holly. Nach und nach werde diese AI-Landschaft ohne die Kontrolle durch Menschen auskommen. Je weiter sie lernt, desto näher rücken die »First-time-Right-Produktion« und das autonome Reagieren auf Prozessabweichungen. Der laufende Prozess kann anschließend am vorab kalibrierten Idealprozess abgeglichen und an der experimentell abgesicherten Fertigungsstrategie entlanggeführt werden.

Die Voraussetzungen dafür hat die Photonik über Jahrzehnte geschaffen: Digitale Systeme, in denen jeder Sensor und jede Kamera über eigene IP-Adressen identifizierbar ist, sowie Inline-Messtechnik, Simulationslösungen und Metamodelle zur Inversion der experimentell ermittelten Output-Daten in prozessregelnde Input-Daten. »Mit diesen Bestandteilen ist der automatisch kalibrierbare, geschlossene Regelkreis umsetzbar – das ist quasi der Blueprint für eine autonome Maschine«, resümierte Holly. Mit diesem Ausblick skizzierte die dritte »AI for Laser Technology Conference« in Aachen eine Roadmap zur autonomen Fertigung in Smarten Fabriken: Sie führt über das Zusammenwachsen von

Photonik und KI.

Künstliche Intelligenz auf dem AKL‘24

Die Auswirkungen von Digitalisierung und KI auf die Wertschöpfung und Geschäftsmodelle in der Lasertechnik stehen im Fokus der GERD HERZIGER SESSION des AKL’24 am 18. April 2024. Prof. Constantin Häfner, Institutsleiter des Fraunhofer ILT wird eine Podiumsdiskussion mit Dr.-Ing. E. h. Peter Leibinger, Chairmen of the Supervisory Board, TRUMPF Group, Ditzingen (D), Dr. Christopher Dorman, Executive Vice President, Lasers Business, Coherent, Glasgow (UK) und Dr. Christoph Rüttimann, CTO Bystronic Group, Niederönz (CH), führen. Im weiteren Verlauf des Vormittags folgen vertiefende Vorträge zur Digitalisierung in der Photonischen Produktion.
Das vollständige AKL-Programm finden Sie hier: https://s.fhg.de/Lzv

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Prof. Carlo Holly
Abteilungsleitung Data Science and Messtechnik
Telefon +49 241 8906-142
carlo.holly@tos.rwth-aachen.de

Peter Abels
Gruppenleitung Prozesssensorik und Systemtechnik
Telefon +49 241 8906-428
peter.abels@ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Steinbachstraße 15
52074 Aachen
www.ilt.fraunhofer.de

URL zur Pressemitteilung: http://www.ilt.fraunhofer.de

»Wer den Regelkreis schließt, kann eine Maschine bauen, die sich selbst regelt. Das ist die Roadmap, der wir folgen.«
Professor Carlo Holly, Abteilungsleiter Data Science und Messtechnik am Fraunhofer ILT.
© Fraunhofer ILT, Aachen.

Geballte AI-Kompetenz auf der 3. Aachener AI For Laser Technology Conference. Von links nach rechts: Dr. Michael Ungers (Scansonic MI GmbH), Dr. Markus Kogel-Hollacher (Precitec Group) sowie Marcel Franke und Ansgar Heinen (Microsoft Deutschland).
© Fraunhofer ILT, Aachen.