

## **SPAICER:**

# KI-basiertes Resilienz-Management für produzierende Unternehmen

Eine wandelbare Produktion im Sinne von Industrie 4.0 führt in der produzierenden Industrie zur Notwendigkeit von schnellen Umrüst- und Lernprozessen, aber auch erhöhter Fehleranfälligkeit sowie dem Bedarf nach Resilienz, sprich hoher Widerstandsfähigkeit gegenüber internen und externen Störungen und Veränderungen. Ziel des Projekts SPAICER ist die Entwicklung eines Rahmenmodells für ein KI-basiertes Resilienz-Management für Produktionsunternehmen in Produktionsnetzwerken.

eutschland ist ein Produktionsland. Nach den Dienstleistungen haben Leistungen des produzierenden Gewerbes mit knapp 26 Prozent mit großem Abstand den zweithöchsten Anteil an der Bruttowertschöpfung [1]. Gleichzeitig operieren Unternehmen der produzierenden Industrie, etwa im Rahmen der sich entwickelnden globalen Wettbewerbssituation, in einem unsicheren Umfeld. Der Klimawandel und andere, schwer vorhersehbare politische und wirtschaftliche Entwicklungen, wirken darüber hinaus destabilisierend.

Dabei sind es nicht immer große, weltwirtschaftliche Ereignisse, die Auswirkungen auf die Prozesse eines deutschen Produzenten haben. Auch viele kleinere Störungen, Ausfälle, Schulungsdefizite und Normabweichungen, wie sie immer wieder innerhalb von Teilprozessen, im Austausch zwischen Unternehmenspartnern oder in ganzen Wertschöpfungs-

ketten auftreten, können erhebliche Auswirkungen auf den Produktions-Regelbetrieb haben. In ihrer Folge können sie finanzielle und Reputationsverluste verursachen und schließlich Arbeitsplätze bedrohen.

Die wandelbare Produktion macht Resilienz notwendig

Aber auch gewollte Veränderungen stellen Unternehmen vor neue Herausforderungen: Im Rahmen von Industrie 4.0 entwickelt sich zunehmend der Anspruch, eine wandelbare Produktion in der Breite zu etablieren. Produktionsumgebungen und Abläufe sollen sich flexibel und kurzfristig an sich schnell verändernde Anforderungen anpassen, um bedürfnisgerechter produzieren zu können.

Diese Wandelbarkeit beschränkt sich nicht allein auf die Abläufe innerhalb eines Produktionsstandortes, sondern schließt

die flexible Adaption von Abläufen und Partnern innerhalb von Wertschöpfungs-Ökosystemen mit ein. Damit entsteht für deutsche Industrieunternehmen die Aufgabe, Produktionsumgebungen mit ausreichender Vorausschau auf mögliche Störungen und Veränderungen vorzubereiten, akute Störungen zu kontrollieren und daraus effizient zu lernen. Dies beinhaltet neben den notwendigen technologischen Grundlagen ggf. auch kulturelle Arbeit mit Partnern und Mitarbeitern, die diese neue Wandelbarkeit aktiv mitgehen müssen.

Fokussiert Industrie 4.0 auf eine maximal flexible Fertigung, so legen autonome Systeme den Schwerpunkt auf Entscheidungsfähigkeit, Lernfähigkeit, Erklärbarkeit, Kooperativität und Resilienz. Die ersten drei Eigenschaften sind eine Analogie zu kognitiven Fähigkeiten des Menschen, wohingegen Kooperativität und Resilienz sich auf die Arbeit in Produktionsnetzwerken und komplexen Umgebungen beziehen. Kooperativität bezieht sich auf die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine. Resilienz betrachtet adaptives Verhalten in komplexen Umgebungen. Im Kontext autonomer Systeme wird Resilienz als die Fähigkeit eines autonomen Systems bezeichnet, "auch bei Funktionsausfällen in seinen Komponenten oder trotz massiver externer Störungen seine wesentlichen Leistungen aufrechterhalten und seine Aufgaben zumindest partiell weitererfüllen zu können" [2]. Damit wird auf die Fähigkeit eines Systems fokussiert, sich reaktiv auf vorhandene Störungen und Veränderungen einzustellen. Dies ist mit dem Verständnis des Supply Chain Management kompatibel, das Resilienz als adaptive Fähigkeit versteht, um auf unerwartete Ereignisse zu reagieren und sich von diesen zu erholen, so dass die operative Tätigkeit eines Unternehmens auf erforderlichem Niveau und bei gleichzeitiger Kontrolle und Funktion sichergestellt wird. Allgemein geht jedoch das Verständnis von Resilienz deutlich weiter [3]:

- » Fähigkeit auf bestehende Herausforderungen zu antworten.
- » Fähigkeit einkommende kritische Situationen zu monitoren.
- » Fähigkeit das Auftreten zukünftiger Ereignisse vorherzusehen.
- » Fähigkeit aus der Vergangenheit zu lernen.

### Das Projekt SPAICER

Das Projekt SPAICER folgt diesem breiten Verständnis, dass sich Resilienz auf die Widerstands- und Anpassungsfähigkeit zukünftiger, vorliegender und vergangener Störungen bezieht, die Auswirkungen auf Produktionsunternehmen und -netzwerke haben können.

Um dies überhaupt zu ermöglichen, bedarf es neben der Lösung der technologischen Herausforderungen insbesondere auch des Aufbaus eines geeigneten Ökosystems, in das eine breite Masse deutscher produzierender Unternehmen, sowohl aus diskreter als auch der Prozessindustrie, von Einzel- über Batch- bis zu Massenfertigern aus einer Vielzahl von Branchen eingebunden sein werden. Daneben werden auch Unternehmen aus vor- und nachgelagerten Wertschöpfungs-



Abbildung 1: Im Rahmen von SPAICER werden Unternehmen dabei unterstützt, externe Unsicherheiten und volatile Märkte nicht mehr nur als Bedrohung, sondern als Chance zu begreifen.

stufen (etwa Logistik) eingebunden, um es Wertschöpfungs-Verbünden zu ermöglichen, auf externe Diskontinuitäten und Störungen ebenso schnell, flexibel und effektiv zu reagieren, wie auf sich verändernde Kundenbedürfnisse.

Dies erfordert zum einen die Entwicklung geeigneter smarter Resilienz-Services und die Etablierung der notwendigen technologischen Infrastruktur. Gleichzeitig gilt es aber auch, Unternehmen von der Notwendigkeit eines Umdenkens, weg von rein interner, geschlossener Prozesskontrolle und –optimierung, hin zu einem kollaborativen, KI-gestützten Ansatz zu überzeugen. Im Wettbewerb mit konkurrierenden Nationen wie China oder den USA wird es zunehmend wichtiger, die auftretenden Herausforderungen in Wertschöpfungs-Verbünden gemeinsam zu lösen.

In vielen bilateralen Gesprächen stieß dieser Ansatz auf große Sympathien aus vielen Industrien. Eine Schlüsselherausforderung stellt dabei fast immer das Problem der flexiblen, agilen Abstimmung zwischen, oft heterogenen, Partnern dar. Etablierte, optimierte Prozesse und über teils Jahrzehnte eingeschwungene Modi der Zusammenarbeit sind Teil des Erfolgsmodells der deutschen Wirtschaft. Sie sind aber ebenso häufig ein großes Hemmnis bei der Einführung neuer Arbeitsformen, neuer Geschäftsmodelle und der Reaktion auf eine zunehmend volatile Umwelt.

Um Unternehmen bei dieser enormen Herausforderung zu unterstützen, haben das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), das Werkzeugmaschinenlaboratorium (WZL) und das Institut für Technologie- und Innovationsmanagement (TIM) an der RWTH Aachen University sowie die senseering GmbH das Forschungsvorhaben SPAICER ins Leben gerufen. Im Rahmen des durch das BMWi

### \* LESETIPPS



**SPAICER:** Skalierbare adaptive Produktionssysteme durch KI-basierte Resilienzoptimierung. (www.spaicer.de)



Manufacturing Resilience: Weiterführende englischsprachige Artikel zu SPAICER und Kontakte der Projektpartner. (www.medium.com)

geförderten Ideenwettbewerbs "Künstliche Intelligenz (KI) als Treiber für wirtschaftlich relevante Ökosysteme" plant ein innovatives Konsortium aus Industrie und Wissenschaft dabei die Entwicklung eines Rahmenmodells für ein KI-basiertes Resilienz-Management für produzierende Unternehmen in Wertschöpfungsnetzwerken.

### Smarte Resilienz-Services durch KI-Dienste

Um die Resilienz von Produktionsunternehmen und netzwerken zu optimieren, werden in SPAICER KI-basierte Dienste, sogenannte Smarte Resilienz-Services, entwickelt, die in äußerst heterogenen, verteilten und sich permanent ändernden Produktionsumgebungen Störungen und Veränderungen auf unterschiedlichen Unternehmensebenen vorhersagen, optimierte Handlungsoptionen identifizieren und resilienzoptimierende Informationen im Produktionsnetzwerk verteilen. Basis Smarter Resilienz-Services sind Datenströme, die gezielte Aussagen über Störungen und Veränderungen ermöglichen. Im lokalen Kontext einer Produktionsmaschine sind dies vor allem Maschinendaten und Daten über das Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine. Im Kontext eines Produktionsnetzwerkes sind auch übergreifende Daten zu berücksichtigen, wie u. a. Wetter-, Verkehrs- und Rohstoffdaten sowie Politiknachrichten. Somit wird deutlich, dass unterschiedliche Smarte Resilienz-Services notwendig sind, die sich auch untereinander austauschen, um höherwertige Aussagen und Empfehlungen zu Störungen und Veränderungen geben zu können. Smarte Resilienz-Services erfordern folglich Plattformen, die entweder unternehmensintern, aber auch unternehmensübergreifend genutzt werden.

Mit dem im Rahmen von SPAICER zu entwickelnden Rahmenwerk für KI-basierte Smarte Resilienz-Services einerseits und einer zugehörigen Smart-Service-Plattform andererseits, werden Unternehmen vom Individualfertiger bis zum Großkonzern dabei unterstützt, gemeinsam externe Unsicherheiten und volatile Märkte nicht mehr nur als Bedrohung des eigenen, etablierten Geschäftes, sondern vielmehr als Chance zu begreifen, in agilen Wertschöpfungs-Verbünden neue Werte zu schöpfen.

Die Automatisierung sowie die kooperative und kollaborative Unterstützung eines analytischen Resilienz-Managements durch KI-Methoden ermöglicht eine optimierte Anpassungsund Aufnahmefähigkeit. Besonders geeignet sind hierzu

Methoden des Maschinellen Lernens, um aus Daten Prognosen und Handlungsempfehlungen abzuleiten und Planungsund Inferenzmethoden, um strukturiertes Wissen kontrolliert einsetzen zu können. Gleichzeitig steigt der Bedarf an KI-Systemen, die auf Endgeräten oder eingebetteten Systemen (EdgeAI) und Cloud gleichermaßen arbeiten. Derartige hybride Architekturen stehen vor mehreren Herausforderungen:

- 1. Große Leistungsunterschiede zwischen Edge-Geräten und Cloud Servern.
- 2. Edge-Geräte sind zumeist heterogen (bspw. von ARMCPUs bis GPUs), was die Anwendungsentwicklung erschwert.
- 3. Hardware und Software-Aktualisierungszyklen von Edge-Geräten sind gerade im Kontext der Produktion langsamer als in Rechenzentren.
- 4. Reduktion des Wachstums von Speicherkapazitäten bei gleichzeitigem Wachstum erzeugter Daten ist die Speicherung der Daten i.a. kostenineffizient.

Um smarte Resilienz-Services und ein Resilienz-Management konkret entwickeln und prüfen zu können, wird in SPAICER die Fertigung in das Zentrum der Analyse gestellt, um zu untersuchen, wie das Resilienz-Management diese exemplarisch durch KI gegenüber Störungen und Veränderungen auf den Ebenen der Organisation, Maschine, Material, Prozessketten, aber auch Prozesse widerstandsfähiger machen kann. Beispielhafte Störungen sind u.a.: das Eingangsmaterial wird nicht in gewünschter Qualität geliefert oder Ausfall kritischer Mitarbeiter. Kleinere Störungen werden meist durch Prozessanpassungen abgefangen und beeinträchtigen vorgegebene Produktionsziele kaum. Obige Störungen führen häufig jedoch zu undefinierten Produktionszuständen, die zu Beeinträchtigungen von Produktionszielen mit Effekten auf nachfolgende (downstream) und vorausgehende (upstream) Prozesse im Produktionsnetzwerk hat. Idiosynkratische Anpassungen erfolgen einmalig und müssen immer wieder neu gefunden werden, wohingegen nachhaltige Anpassungen die Resilienz des Unternehmens durch Kompetenzerwerb erweitern.

Ziel des Resilienz-Management in der Fertigung ist es, eine zielgerichtete, optimierte Entwicklung der Resilienz im Unternehmen, um zukünftige, undefinierte Produktionszustände

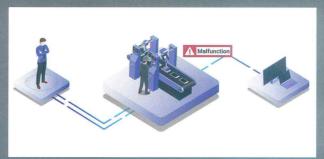
auf allen Ebenen der Produktion und im Produktionsnetzwerk durch Zusammenspiel smarter Resilienz-Services, Mitarbeiter und Abläufen vorherzusehen, zu kontrollieren oder auch zu vermeiden.

#### Referenzen

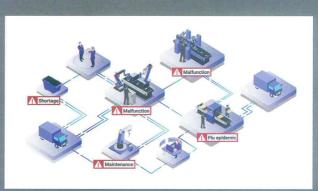
- [1] Bundeszentrale für politische Bildung. (2018). Datenreport 2018. Abgerufen von: https://www.bpb.de/nachschlagen/datenreport-2018/
- [2] Wahlster, W. (2017). Künstliche Intelligenz als Grundlage autonomer Systeme. In: Informatik-Spektrum, 40(5), (pp. 409-418).
- [3] Hollnagel, E. (2009). The four cornerstones of resilience engineering. In: C. Nemeth, E. Hollnagel, S., und Dekker, S. (2009). Resilience Engineering Perspectives, Bd. 2. Surrey, UK: Ashgate.
- Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Maaß Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz 67663 Kaiserslautern wolfgang.maass@dfki.de
- Christian Gülpen **RWTH Aachen** Lehrstuhl für Technologie- und Innovationsmanagement 52072 Aachen guelpen@time.rwth-aachen.de
- Prof. Dr. Frank T. Piller RWTH Aachen Lehrstuhl für Technologie- und Innovationsmanagement piller@time.rwth-aachen.de 52072 Aachen
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Bergs, MBA **RWTH Aachen** Lehrstuhl für Technologie der Fertigungsverfahren am Werkzeugmaschinenlabor WZL 52072 Aachen t.bergs@wzl.rwth-aachen.de
- Dr.-Ing. Patrick Mattfeld **RWTH Aachen** Lehrstuhl für Technologie der Fertigungsverfahren am Werkzeugmaschinenlabor WZL 52072 Aachen p.mattfeld@wzl.rwth-aachen.de
- Dr.-Ing. Sabine Janzen Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz 67663 Kaiserslautern sabine.janzen@dfki.de
- **Dr.-Ing. Daniel Trauth** senseering GmbH 52078 Aachen mail@senseering.de

### i Spacier-Use-Case

In SPAICER werden exemplarisch das Feinschneidfertigungssystem, der vor- und nachgelagerte Prozess sowie die Lieferkette untersucht. Feinschneiden ist ein sehr wirtschaftliches Blechschneidverfahren für die Großserienfertigung, bei dem Feinschneidteile eine sehr hohe Oberflächenqualität aufweisen. Der Einsatz von präzise gestanzten Bauteilen ist oft sicherheitskritisch, z.B. als Bremssattelträger oder Gurt im Automobil. Hier kann Resilienz auf drei Ebenen optimiert werden:



Micro-Resilienz: Resilienzoptimierung einer Feinschneidemaschine durch Qualitätsanalysen der Werkstofffestigkeit und Signalauswer-



Meso-Resilienz: Vorhersage von Schwankungen des Rohstoffs bzw. Vorprodukts, die die Qualität des Endprodukts beeinflussen (Fehler propagierung). Vorhersage von Personalschwankungen bedingt durch



Macro-Resilienz: Vorhersage von Zusammenbrüchen von Lieferketten oder Lieferengpässen durch klimatische Bedingungen, Streiks oder