

Führt die Zukunft zurück zur Natur?

Internet und Datenanalyse sind die Leittechnologien der Industrie 4.0. Doch bereits heute forscht man an der Technologie der Zukunft. Inspirieren lässt man sich dabei von biologischen Systemen wie dem Menschen – von seiner Intelligenz, seiner Kognition und auch seinen Selbstheilungskräften. *Konrad Wegener*

Abstract Von der Dampfmaschine zur Elektrizität zum Computer – industrielle Revolutionen sind durch Leittechnologien geprägt. Bei der Industrie 4.0 ist es das Internet. Doch welche Technologie bringt die Zukunft? Eine Prognose ist schwierig. Zurzeit orientiert sich die Forschung vermehrt an biologischen Systemen wie dem Menschen. Diese sind lernfähig und können durch die Strukturierung von Wissen neue Erkenntnisse gewinnen. Für diese «biologische Transformation» spricht, dass sie für Firmen lukrativ werden könnte. Um nachhaltig produzieren zu können, wird es in Zukunft aufgrund begrenzter materieller Ressourcen vor allem um geschlossene Stoffkreisläufe gehen.

Was kommt nach der Industrie 4.0? Die korrekte Antwort auf diese Frage lautet natürlich: die Industrie 5.0. Aber was soll das sein? Die fortlaufende Nummerierung kennzeichnet jeweils industrielle Revolutionen, das heisst wesentliche technologiebedingte Umwälzungen. Der Nachteil von solchen sogenannten Disruptionen ist allerdings, dass sie schwer vorhersagbar sind.

Kennzeichnend für industrielle Revolutionen sind gewisse Leittechnologien. Bei der ersten industriellen Revolution war es die Dampfmaschine, bei der zweiten waren es der Elektromotor und das Fließband und bei der dritten Computer und Roboter. Bei der vierten industriellen Revolution ist es die Internettechnologie. Die Industrie 4.0 ist folglich die konsequente Anwendung der Internettechnologie in der industriellen Produktion. Sie zeichnet sich aus durch unbegrenzt verfügbare Daten aus allen möglichen vernetzten Quellen.

Keine Disruption über Nacht

Leittechnologien entstehen allerdings nicht über Nacht, sondern haben eine Vorgeschichte. Disruptionen erscheinen daher nur als plötzliche Umwälzung, wenn man eine Weile nicht

hingeschaut hat. So haben schon seit Beginn der Neunzigerjahre verschiedene Industrieunternehmen Ferndiagnosen und Fernwartung angeboten. Sie haben also das Internet als Bestandteil ihres Geschäftsmodells bereits damals genutzt. Von einer konsequenten Umsetzung dieser Leittechnologie sind wir allerdings auch 30 Jahre später noch weit entfernt. Zudem darf nicht vergessen werden, dass auch die Industrie 3.0 – das heisst die programmierbare Automatisierung der Produktion – noch nicht überall konsequent angekommen ist.

Was die Leittechnologie für die Industrie 5.0 sein wird, darüber lässt sich bisher nur spekulieren. Welche Technologien jedoch gerade im Rennen sind, zeigt der «Gartner Hype-Cycle» des US-Marktforschungsunternehmens Gartner. Ob sie aber das Zeug zur Leittechnologie der Industrie 5.0 haben oder eher im Kielwasser der Industrie 4.0 laufen, lässt sich kaum vorher-sagen.

Derzeit sehr en vogue ist die Datenanalyse. Sie destilliert nutzbare Informationen aus Datenreihen und ist somit eine unmittelbare Folge der Industrie 4.0. Dazu nutzt sie Ansätze künstlicher Intelligenz, um Zusammenhänge zwischen Einflussgrößen und Ergebnissen herzustellen und Vorhersagen zu machen. Angewendet wird diese Technologie beispielsweise bereits, um Maschinenausfälle zu prognostizieren, Fertigungsprozesse zu optimieren und um Fahrzeuge autonom zu steuern. Aber dabei wird es nicht bleiben. Insgesamt stellt sich die Frage, ob Fähigkeiten von biologischen Systemen wie etwa dem Menschen nicht umfänglicher in unsere technische Welt übertragen werden können.

Ein für die Zukunft spannendes Technologiefeld ist die biologische Transformation.

Dazu zählen die Bioinspiration, die Funktionen aus der Biologie in die Technik überträgt; die Biointegration, die biologische und technische Funktionen kombiniert – etwa bei der Stammzellenproduktion; und die Biointelligenz, welche Sensorik und künstliche Intelligenz vollständig zusammenführt und dadurch Systeme schafft, die in der Lage sind, selber neues Wissen zu generieren. Fahrerassistenzsysteme bei Personewagen nutzen diese Technologien bereits heute, beispielsweise als Einparkhilfen. Doch auch sie werden sich noch weiterentwickeln. Denn die Anwendung solcher Konzepte in Produktionsanlagen kann zu einer höheren Autonomie, zu Nullfehlerproduktion, zu verringerten Hochlauf- und Stillstandszeiten führen und erscheint somit höchst lukrativ – eine wichtige Voraussetzung, damit in eine Technologie investiert wird.

Ein Vorteil solcher biologischer Systeme gegenüber heutigen Technologien ist beispiels-

weise die vielfältige Sensorik, die ein zutreffendes Abbild der Umgebung und des eigenen Zustands liefert. Biologische Systeme besitzen ausserdem die Fähigkeit, daraus Schlussfolgerungen und Strategien abzuleiten, zu lernen und Zusammenhänge zu erschliessen. Auch Selbstdiagnose und Selbstheilung bzw. Eigenreparatur sind interessante Konzepte aus der Biosphäre.

Letztlich resultieren daraus kognitive Maschinen, die einerseits lernfähig sind und andererseits durch die Strukturierung des Wissens in Form von Ontologien in der Lage sind, neues Wissen bzw. neue Erkenntnisse zu gewinnen. Der Umgang mit immer lebewesenähnlicheren Maschinen muss gelernt werden, und auch ethische Fragestellungen werden künftig eine wichtige Rolle spielen. Ausserdem muss man Sicherheitskonzepte neu diskutieren, wie Menschen vor menschenähnlichen Maschinen

Zwei Roboter (rechts) im Miraikan-Museum in Tokio. Der Trend zu menschenähnlichen Maschinen wirft auch ethische Fragen auf.



geschützt werden können, und auch das Kommunikationsverhalten zwischen Mensch und Maschine muss auf ein neues Niveau gestellt werden.

Eines sollte dabei aber nicht vergessen werden: Weitere technologische Trends werden diese Entwicklung mit beeinflussen. Sie werden teilweise neue Herausforderungen darstellen, aber auch sogenannte Enabler für weitere Entwicklungen sein.

Beschränkter Ressourcenverbrauch

In Zukunft wird die Technologieentwicklung ausserdem wesentlich durch die Verknappung materieller Ressourcen beeinflusst. Es wird mehr Nutzen aus aufgebrauchten Geräten gezogen werden müssen, und es wird sich eine vollständige materielle Kreislaufwirtschaft entwickeln müssen. Zukünftig muss aus weniger mehr gemacht werden können, womit die Miniaturisierung von technischen Funktionen und die Virtualisierung eine massgebliche Rolle spielen. Um die Stoffkreisläufe zu schliessen, muss aber auch das Recycling auf eine höhere Stufe gestellt werden: So sollen nämlich nicht nur Energie und Rohmaterial zurückgewonnen werden, sondern

ganze Funktionselemente sollen wiederverwendet werden.

Ein weiteres wesentliches Element, das die zukünftige Technologieentwicklung bestimmen wird, ist die Gestaltung der Datenverarbeitung. Was passiert, wenn die Siliziumtechnologie, auf der die heutigen Datenverarbeitungsanlagen basieren, an ihre Grenzen stösst? Ob Quantentechnologie oder DNA-Computing oder sonstige Technologien die Datenverarbeitung in ein neues Zeitalter hieven werden, bleibt abzuwarten. Bis dahin bleibt uns lediglich die Erkenntnis des dänischen Physikers und Nobelpreisträgers Niels Bohr: «Prognosen sind immer schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen.»



Konrad Wegener

Professor für Produktionstechnik, Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigung, Departement Maschinenbau und Verfahrenstechnik, ETH Zürich