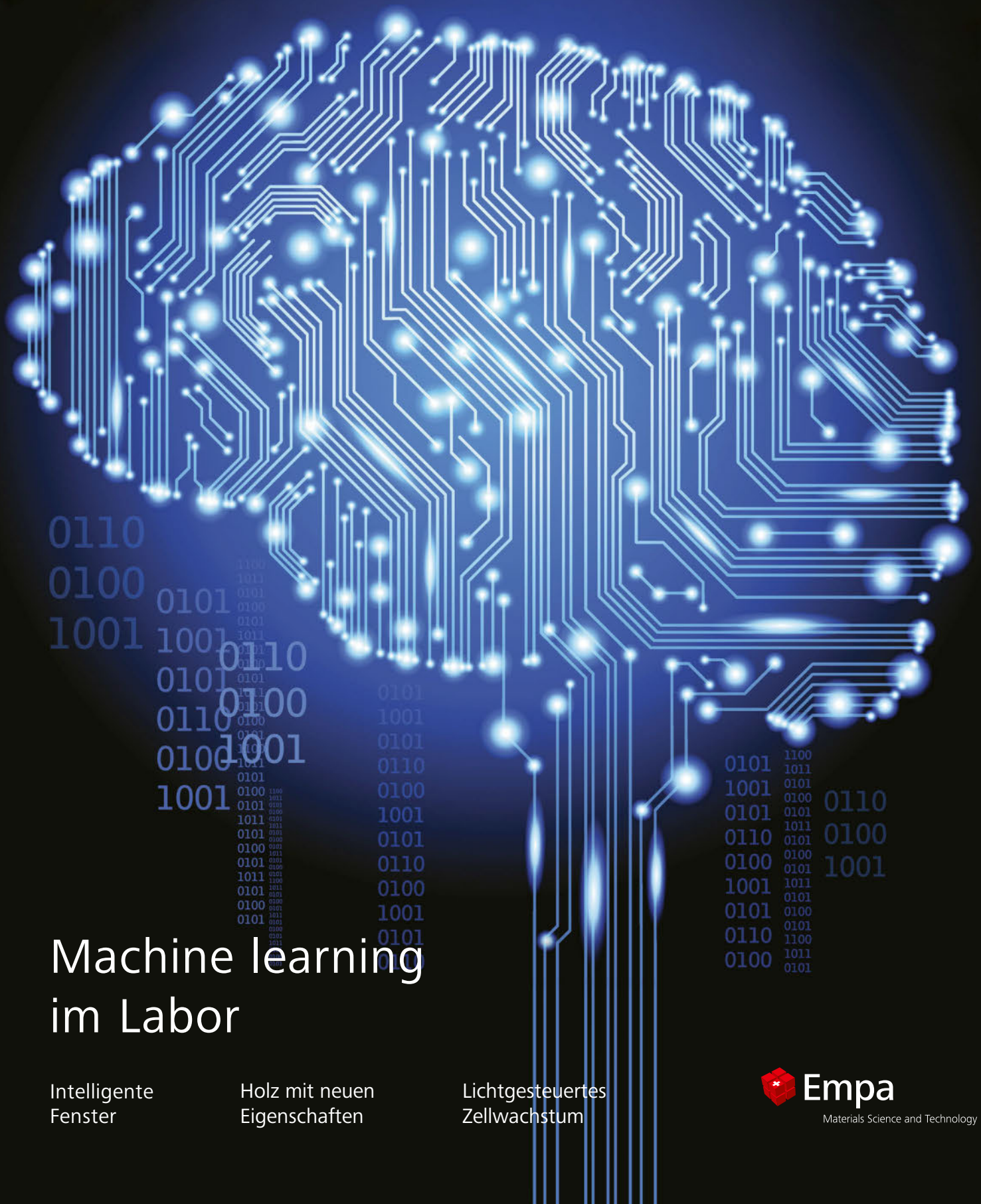
EmpaQuarterly

Forschung & Innovation #61 | Juli 18



Machine learning im Labor

Intelligente Fenster

Holz mit neuen Eigenschaften

Lichtgesteuertes Zellwachstum

Empa
Materials Science and Technology

MICHAEL HAGMANN Leiter Kommunikation

Verliebt in mein Betriebssystem

Liebe Leserin, lieber Leser

Des einen Freud, des anderen Leid: Wo Technophile Mühe haben, ihren Speichelfluss zu kontrollieren ob all der Verheissungen, die künstliche Intelligenz (KI) mit sich bringen soll, stellen sich den Skeptischeren unter uns die Haare zu Berge – «Terminator», HAL und andere Computerdystopien lassen grüssen. Wohl kein ein Wissenschaftsthema wird so kontrovers diskutiert wie KI.

Dabei sind die Leistungen, mit denen die neuen Hochleistungsrechner in Kombination mit smarten Algorithmen und maschinellem Lernen aufwarten, beeindruckend. Garry Kasparovs Niederlage im Schach gegen «Deep Blue» von IBM mutet da fast schon nostalgisch an; auch beim asiatischen Brettspiel Go ist gegen den Compi längst kein Blumentopf mehr zu gewinnen. Als nächstes kamen Poker, das immerhin die überaus menschliche Komponente des Bluffens beinhaltet, – und vor kurzem erst hat eine KI namens «Project Debater», ebenfalls von IBM entwickelt, Menschen im Debattieren, also im Kampf der Argumente und mit sprachlichen Mitteln, geschlagen. Von da scheint es nur mehr ein kleiner Schritt zu Sci-Fi-Filmen wie «Her», in dem Joaquin Phoenix sich in sein neues Betriebssystem (mit der verführerischen Stimme von Scarlett Johansson) verliebt.

Sind dies ermutigende oder eher beängstigende Aussichten? Das Potenzial, mittels KI künftig etwa Krebs schneller zu diagnostizieren und besser zu behandeln, ist in der Tat immens. Selbstfahrende Autos und andere Gadgets werden unser Leben angenehmer und einfacher machen. Gleichzeitig dürfte ein gewisses Unwohlsein gegenüber den «allwissenden» Maschinen zunehmen – und damit die Notwendigkeit, technologische Entwicklungen durch entsprechende Forschung zu begleiten und zum Wohle aller einzusetzen. Dass dies nicht einfach sein wird, liegt auf der Hand. Trotzdem müssen wir uns dieser Herausforderung stellen.

Eine spannende Lektüre, und bis zur nächsten Ausgabe!

Fokus

Machine learning

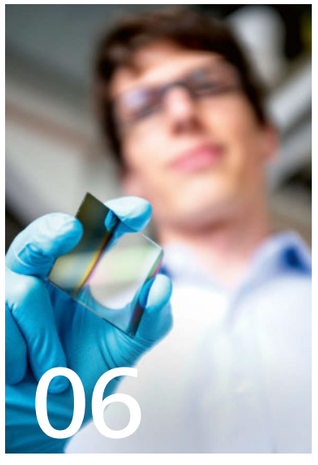
08 **Wenn Maschinen lernen**
Von Alexa und Siri bis zum Champion «Alpha Go»

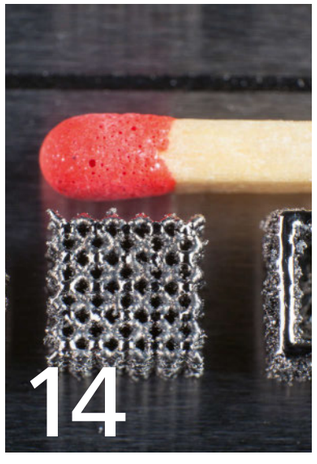
10 **Vom Computerprogramm zur künstlichen Intelligenz**
Selbstlernende Systeme mit und ohne menschliche Trainer

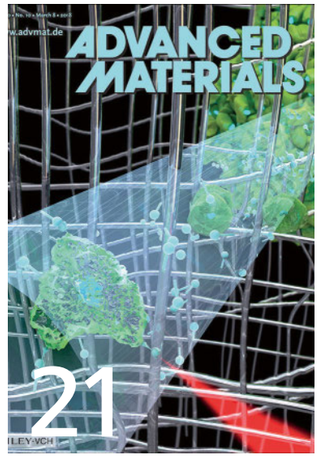
12 **Suchmaschine für «Smart Wood»**
Biochemie mit Enzymen – KI verschafft den Überblick

14 **Harte Brocken, intelligent geknackt**
Schweissen, drucken, Beton brechen – ein Empa-Team überwacht lärmige Prozesse mit Hilfe künstlicher Intelligenz

18 **Die Pros und Cons der künstlichen Intelligenz**
Eine Studie der Empa erarbeitet Tipps für Politik und Gesellschaft







04 **Hitzeinseln im Wasserkanal**
Strömungsforschung gegen die städtische Sommerhitze

06 **Heiratsschwindel unter Oxiden**
Auf der Suche nach Beschichtungen für intelligente Fenster

20 **«move»: Startschuss für die nächste Runde**
Nach Mobilität mit Wasserstoff rückt nun Methan in den Fokus

21 **Wegweiser für Zellen**
Ein Gel für komplexe Zellkulturen ersetzt Tierversuche

Titelbild
Maschinelles Lernen ist ein Teilbereich der künstlichen Intelligenz; es lässt sich gut in der Materialwissenschaft einsetzen. Aus Mengen von Daten, die zunächst unübersichtlich oder gar wertlos scheinen, kann ein Computer routiniert wertvolle Informationen gewinnen. So wird etwa eine Echtzeitüberwachung von Produktionsprozessen möglich.
Seite 09 – 19. *Bild: iStockphoto.*

Impressum
Herausgeberin Empa, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf, Schweiz, www.empa.ch / Redaktion & Gestaltung Abteilung Kommunikation / Tel. +41 58 765 47 33 empaquarterly@empa.ch, www.empaquarterly.ch // Erscheint viermal jährlich Anzeigenmarketing rainer.klose@empa.ch
***ISSN 2297-7406** EmpaQuarterly (deutsche Ausg.)*

PERFORMANCE myclimate neutral Drucksache
No. 01-18-788159 – www.myclimate.org
© myclimate – The Climate Protection Partnership

MIX Papier aus verantwortungsvollen Quellen FSC® C016087

Empa Social Media

Hitzeinseln im Wasserkanal

Hitzewellen nehmen weltweit zu. Darunter leiden vor allem Städte. Ein neuer Wasserkanal an der Empa könnte helfen, urbanen Hitzeinseln auf die Spur zu kommen und sie durch kluge Stadtplanung zu vermeiden.

TEXT: Karin Weinmann / BILD: Empa

Unter sommerlichen Hitzewellen leiden Städte stärker als das umliegende Land: Die Temperaturunterschiede können mehrere Grad betragen. Das Phänomen ist bekannt als städtische Hitzeinseln (engl. urban heat islands). Gründe für die Temperaturunterschiede gibt es mehrere: Viele dunkle Oberflächen von Strassen und Dächern, die Sonnenlicht stark absorbieren, zusätzliche Wärme durch Verkehr und Industrie. Meist mangelt es an Vegetation, die durch Verdunstungskühlung der Hitze entgegenwirken könnte.

Städte und Forschungsgruppen arbeiten weltweit an Möglichkeiten, wie sich dieser Hitzeinsel-Effekt in den Städten lindern lässt. Ein besonderes Augenmerk liegt auf dem Wind: Er könnte die Hitze aus den Städten abführen, kühlere Luft von umliegenden Seen und Wäldern mitbringen und die Oberflächen zusätzlich durch Konvektion kühlen. Bei Hitzewellen mit wenig Wind spielt der Auftriebseffekt eine wichtige Rolle: Wenn heisse Luft über der Stadt in die Höhe steigt, kann unten kühlere Luft nachfliessen. Zusätzlich können Gebiete mit kühlerer Luft geschaffen werden: Etwa Parks mit Vegetation, hellere Oberflächen, die weniger Sonnenstrahlung absorbieren, oder Oberflächen, an denen Wasser verdampft – zum Beispiel künstliche Seen oder nasse Fassaden. Der Wind kann diese kühlere Luft verteilen.

Damit der Wind die Hitze aus den Städten abführen kann, muss die Stadt so gebaut sein, dass Luftmassen relativ einfach um die Gebäude fliessen können. Das ist indes alles andere als trivial: Es ist noch nicht genügend erforscht, wie die städtischen Strukturen die lokalen Windverhältnisse beeinflussen. Wie fliesst und verwirbelt sich der Wind an Gebäuden und über erhitzten Strassen? Und wie verändert sich dadurch die Temperaturverteilung?

Eine Frage der Skalierung

Diese Fragen zu beantworten, ist das Ziel des Wasserkanals an der Empa, der im Juni 2018 eröffnet wurde. Der Wasserkanal hat gegenüber einem Windkanal zwei klare Vorteile: Zum einen lassen sich kleinere Modelle einsetzen, es kann also ein grösserer Bereich der Stadt untersucht werden. Zum anderen lassen sich das Strömungsfeld und die Temperaturverteilung im Wasser gleichzeitig messen.

Das Forschungsteam mischt winzige Partikel sowie einen fluoreszierenden Farbstoff ins Wasser. Die Partikel werden mit einem zu einer Ebene ausgeweiteten, pulsierenden Laserstrahl beleuchtet. Eine Kamera nimmt während eines Laserpulses in schneller Abfolge zwei Bilder auf. Das Messsystem kann nun auswerten, wie weit und in welche Richtung sich die Partikel bewegt haben und daraus die Strömungsgeschwindigkeit und -richtung ermitteln. Dank des fluoreszierenden Farbstoffs können die Forscher die Temperaturverteilung bestimmen: Er absorbiert grünes Laserlicht und strahlt Licht einer anderen Farbe ab – je wärmer das Wasser, desto heller das Licht.

Die Bestimmung der kühlen und warmen Flussstrukturen erlaubt es den Forschenden, neue Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie sich die Hitze aus den Städten bringen lässt. Diese Resultate könnten Planern, Architekten und Regierungen künftig bei der Stadtentwicklung helfen. //

Heiratsschwindel unter Oxiden

Sebastian Siol sucht nach Halbleitermaterialien, die bisher experimentell nicht zugänglich waren. Dazu vermählt er Partner, deren Kristallstrukturen eigentlich nicht zusammenpassen – was spannende neue Eigenschaften hervorbringt. Siol achtet darauf, dass die erzwungene Kristall-Beziehung auch im Alltag lange hält. Nur dann ist sie interessant für Industrieprodukte.

TEXT: Rainer Klose / BILD: Empa

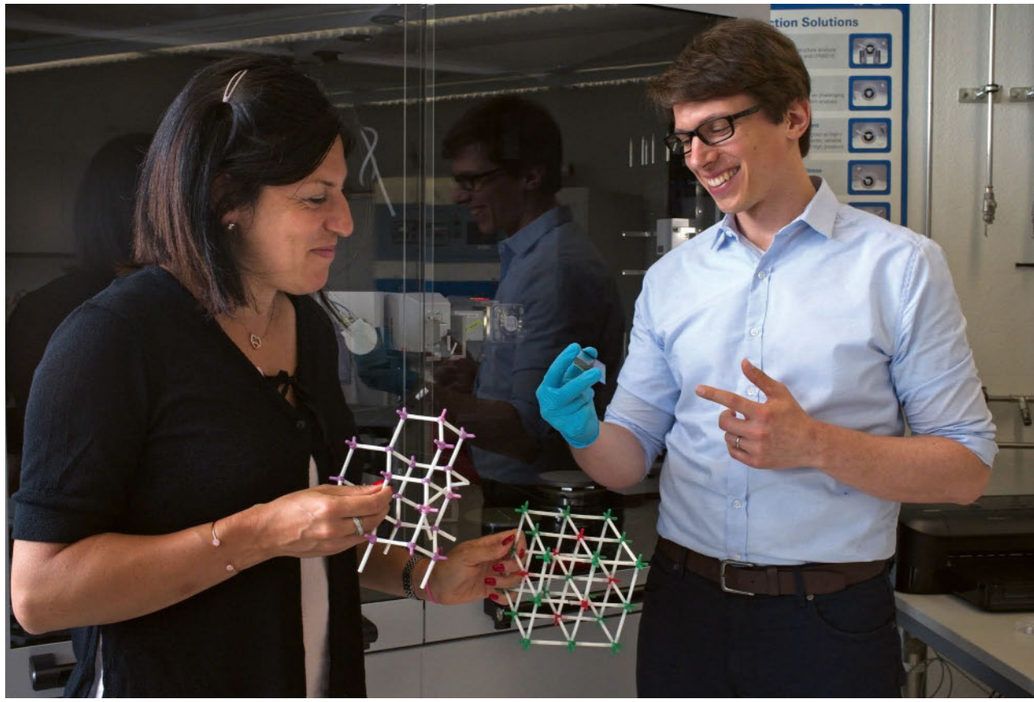
Unter einer Legierung versteht man üblicherweise eine Mischung aus mehreren Metallen. Aber auch andere Materialien lassen sich legieren. In der Halbleiterindustrie werden etwa Oxid- und Nitrid-Legierungen seit langem erfolgreich eingesetzt, um Materialeigenschaften gezielt zu verändern. Meist sind die Eigenschaften der Ausgangsstoffe noch gut erkennbar.

Mischt man allerdings Verbindungen, deren Kristallstrukturen überhaupt nicht zusammenpassen, entstehen «Heterostruktur-Legierungen». In diesen Legierungen ändert sich die Struktur abhängig vom Mischungsverhältnis der Komponenten. Dies führt bisweilen zu überraschenden Eigenschaften, die sich deutlich von denen der Ausgangsstoffe unterscheiden. Genau solche Oxid-Legierungen interessieren den Empa-Forscher Sebastian Siol. Er möchte sie nicht nur entdecken, sondern für den Alltag nutzbar machen.

Siol stiess im vergangenen Jahr zur Empa. Zuvor hatte er am «National Renewable Energy Research Laboratory» (NREL) in Golden, Colorado, geforscht und eine bemerkenswerte Veröffentlichung hinterlassen: Legierungen mit «negativem Druck». Zusammen mit seinen Kollegen hatte er Mangan-Selenid und Mangan-Tellurid im Kaltdampfverfahren (Magnetronsputtering) vermischt. Die Ausgangsstoffe hatten sich bei bestimmten Mischungsverhältnissen in einem für beide Komponenten «ungemütlichen» Kristallgitter vereinigt. Keiner der Partner konnte dem anderen seine Lieblings-Kristallstruktur aufzwingen. Der entstandene Kompromiss war eine neue Phase, die normalerweise nur bei «negativem Druck» entstehen würde – also dann, wenn das Material permanent unter Zug gesetzt wird. Solche Materialien sind unter normalen Bedingungen sehr schwer herzustellen. Siol und seine Kolleginnen und Kollegen am NREL haben es geschafft, diese Schwierigkeit zu umgehen. Das neue, nun zugängliche Material zeigt viele nützliche Eigenschaften, es ist unter anderem piezoelektrisch. Man kann also damit Strom erzeugen, Detektoren herstellen – oder Halbleiterexperimente machen, die mit den Ausgangsstoffen nicht möglich wären.

Forschung an stabilen Systemen

An der Empa wird Siol seine Erfahrungen in der Herstellung von «unmöglichen» Oxid-Legierungen einbringen. Er möchte Oxidgemische mit veränderlicher Struktur entdecken und so weit stabilisieren, dass sie alltagstauglich werden. Die Forschungsabteilung «Fügetechnologie und Korrosion» unter Leitung von Lars Jeurgens hat grosse Erfahrungen mit der praktischen Anwendung von stabilen Oxidschichten und Legierungen. Im Fokus stehen zunächst Mischoxide aus Titan- und Wolframoxid, die zum Beispiel für die Beschichtung von Fenstern, für die Halbleitertechnik oder die Sensorik interessant sein könnten. Siols Kollegin Claudia Cancellieri erforscht bereits seit einigen Jahren die elektronischen Eigenschaften von Oxid-Grenzflächen und bringt ihre Erfahrung in die gemeinsamen Forschungsprojekte ein.



Claudia Cancellieri und Sebastian Siol untersuchen Heterostruktur-Legierungen. Solche Materialien könnten sich für intelligente Fensterbeschichtungen eignen.

«Was wir aus diesen Komponenten herstellen, wird oft metastabil sein»

«Die Materialkombination ist extrem spannend», so Siol. Titanoxide sind äusserst stabil, sie werden in Solarzellen, in Wandfarben und in Zahnpasta verwendet. Wolframoxide sind dagegen vergleichsweise instabil und werden für tönbare Fenster, Gas-Sensoren oder als Katalysatoren in der Petrochemie eingesetzt.

«Was wir aus diesen Komponenten herstellen, wird oft metastabil sein», sagt Siol. Das heisse jedoch nicht, dass es schnell kaputtgeht. Im Gegenteil: «Entscheidend für uns ist, ob man das Material über mehrere Jahre in dem jeweiligen Anwendungsgebiet einsetzen kann.» Das wäre zum Beispiel für Halbleiter-Schichtsysteme wie in elektrochromen Fenstern wichtig, die in aggressiven Umgebungen unter Einwirkung von Sonnenlicht und Temperaturschwankungen jahrzehntelang halten müssen. Nach dieser Langzeitstabilität suchen die Empa-Forscher.

«Unmögliche» Oxid-Legierungen, bisher ein Thema der Grundlagenforschung, werden damit allmählich für Industrieanwendungen greifbar. //

Kampf gegen einen unsichtbaren Gegner: Der 19-jährige chinesische Go-Spieler Ke Jie grübelt über den nächsten Zug gegen die selbstlernende Software «Alpha Go».

Software «Mari/O»
Der US-Programmierer Seth Bling entwarf die Software «MarI/O», die das Nintendo-Spiel «Super Mario World» selbständig erlernt und meistert. Hier kann man dem Lernprozess zuschauen.

https://youtu.be/qv6UVOQOF44

Software «MariFlow»
Die Software «MariFlow», ebenfalls von Seth Bling, analysiert nur den Bildschirm des Nintendo-Spiels Super Mario Kart und lernt daraus, mit derselben Strategie durch den Parcours zu fahren wie ein menschlicher Spieler.

https://youtu.be/be/li40cb_RsI

Wenn Maschinen lernen

Künstliche Intelligenz wird unser Leben in den nächsten Jahren verändern – ähnlich dramatisch wie der Siegeszug der Smartphones. Auch in der Materialforschung eröffnen sich neue Chancen. Wie «Machine learning» funktioniert und was es kann, erfahren Sie auf den kommenden 10 Seiten.

TEXT: Rainer Klose / BILD: AFP/STR

Alexa, wann geht der nächste Zug nach Paris?» – «Siri, wie wird das Wetter morgen?» Längst ist die Nutzung künstlicher Intelligenz (KI) in unseren Alltag eingedrungen. Moderne Computer kommen ohne exakte Tastatureingaben aus und sind fehlertolerant: Sie hören zu und lernen, uns zu verstehen – selbst dann, wenn die Stimme morgens schläfrig ist, wenn wir gerade Kaugummi kauen oder wenn Nebengeräusche einer Autofahrt unsere Stimme übertönen.

Selbstlernenden Systemen werden wir in den nächsten Jahren immer häufiger begegnen: Sie steuern autonom fahrende Autos, liefern immer bessere Online-Übersetzungen und geben Konsumenten von Youtube-Videos ganz automatisch heisse Tipps, was sich als Nächstes zu schauen lohnt.

Dass solche selbstlernenden Systeme bald auch harte Nüsse knacken können, lässt sich schon heute erahnen. Einem Team der Schweizerischen Instituts für Künstliche Intelligenz (IDSIA) in Manno TI gelang es, eine Spracherkennung für Farsi und eine Schrifterkennung für Chinesisch zu entwickeln, obwohl niemand im Forscherteam diese Sprachen beherrschte.

Berühmt in der KI-Szene ist der Sieg des Computers über den Menschen im asiatischen Brettspiel Go. Das Spiel ist deutlich komplexer und variantenreicher als Schach, es wäre also von einer reinen Rechenmaschine – etwa einem Schachcomputer – nicht zu gewinnen. Man muss es erlernen. Dies gelang im März 2016 der Software «Alpha Go», entwickelt von Googles Forschungszentrum «Deep Mind» in London. Die Maschine analysierte 30 Millionen menschliche Spielzüge aus einer Datenbank und gewann dadurch so viel Erfahrung, dass sie den koreanischen Weltmeister Lee Sedol in vier von fünf Partien besiegte. Erstmals in der Geschichte hatte ein Computer einen Go-Profi geschlagen.

Besser als ein Mensch

Doch schon im Oktober 2017 fand «Alpha Go» seinen Meister. Die Nachfolgesoftware «Alpha Go Zero» spielte ohne menschliche Lehrer, nur gegen sich selbst, nachdem man ihr die grundlegenden Spielregeln gezeigt hatte.

Drei Tage lang trainierte die Maschine und dachte durchschnittlich 0,4 Sekunden über jeden Zug nach. Dann war aus «Alpha Go Zero» der beste Go-Spieler geworden, den die Welt je gesehen hatte. Im Wettbewerb gegen das «Alpha Go»-Programm des Vorjahres gewann die neue Software 100:1. Für all das brauchte sie nur einen Bruchteil der Rechenleistung ihres Vorgängers und anstatt 30 Millionen Trainingsspiele nur knapp vier Millionen. Entscheidend war die Lernstrategie.

Selbstlernende Systeme lassen sich auch in der Materialforschung erfolgreich einsetzen, wie Sie auf den nächsten Seiten sehen können. Empa-Forscher bearbeiten damit etwa die zielgenaue chemische Modifikation von Holz, sprengen Beton mittels elektrischer Entladungen und überwachen die Qualität von in 3-D gedruckten metallischen Werkstücken, noch während sie entstehen. //

Vom Computerprogramm zur künstlichen Intelligenz

Quelle für TEXT und Grafik: pwc.com/nextintech

Wie lernt eine Maschine?

Maschinelles Lernen ist ein Teilbereich der künstlichen Intelligenz – daneben gibt es Data-Mining, Statistik, Mustererkennung, Neurocomputing und einiges mehr. Maschinelles Lernen lässt sich in vielen Lebensbereichen und auch zu Forschungszwecken sehr gut einsetzen. Es ist eine Methode, um aus grossen Mengen von Daten, die zunächst unübersichtlich oder gar wertlos scheinen, intelligente Handlungen abzuleiten.

Traditionelles Programmieren
Beim herkömmlichen Progammieren stammt die Intelligenz des Computerprogramms gänzlich vom Programmierer, der den Code geschrieben hat, um den Computer detailliert zu steuern, bis die Arbeit getan ist. Das Programm läuft fix ab und kann nur von einem Menschen neu programmiert werden.

Menschlich betreutes Lernen (supervised learning)
Beim maschinellen Lernen wird der Computer dagegen mit Daten versorgt, mit denen ein mathematisches Modell trainiert wird. Die errechneten Ergebnisse werden mit Soll-Werten verglichen, die für die Trainingsdaten ebenfalls bekannt sind. Nun wird das mathematische Modell so lange angepasst, bis die Soll-Daten mit den errechneten Werten übereinstimmen. Ist die Maschine einmal richtig trainiert, kann sie auch unbekannte Datensätze so verarbeiten und daraus plausible Ergebnisse produzieren. Die Maschine ist nicht programmiert worden – sie hat das Arbeiten erlernt.

Selbstlernende Systeme (unsupervised learning)
In manchen Fällen können sich Computer sogar gegenseitig trainieren, ohne dass ein menschliches Eingreifen erforderlich ist. Nehmen wir an, zwei Computer bekommen einen Fünf-Dollar-Schein. Der erste Computer versucht, die Banknote zu reproduzieren, aber er macht dabei Fehler. Vielleicht hat der erste Versuch zwar die richtige Form, aber die falsche Farbe. Der zweite Computer bewertet diese «Fälschung» anhand der echten Note, die er hat, und entscheidet, dass dies nicht dasselbe ist.
Der erste Computer versucht es weiter und ändert jedes Mal einzelne Parameter, bis der zweite Computer die gefälschte von der echten Note nicht mehr unterscheiden kann. Auf diese Weise hat der erste Computer gelernt, was einen Schein zu einem Fünf-Dollar-Schein macht, sei es Farbe, Form, Inhalt, die Ziffer 5 und so weiter. Dabei hat kein Mensch ihn je dazu programmiert, das Fälscherhandwerk wirklich zu verstehen.

1. Traditionelles programmieren

Der Softwareingenieur schreibt ein Programm, das ein bestimmtes Problem löst.

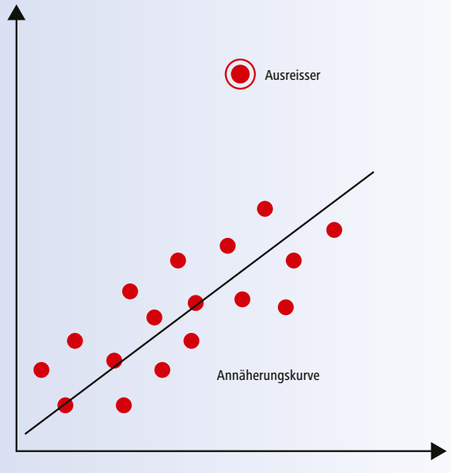
Der Programmierer sagt der Maschine Schritt für Schritt, was zu tun ist.

```
class FREE!!! Implements SpamDetector
{
 public function detect($string)
 {
  If (str_word_count($string) * FREE!!!) {
    return true;
  }
  return false;
 }
}
```

Der Computer folgt den Anweisungen und errechnet ein Ergebnis.

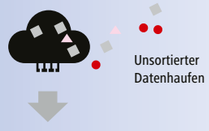
2. Statistik

Ein menschlicher Analyst vergleicht die Variablen und sucht Zusammenhänge.

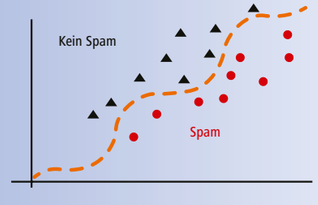


3. Maschinelles Lernen

Ein Datenwissenschaftler bringt mit Hilfe eines Trainings-Datensatzes dem Computer bei, was er tun soll.



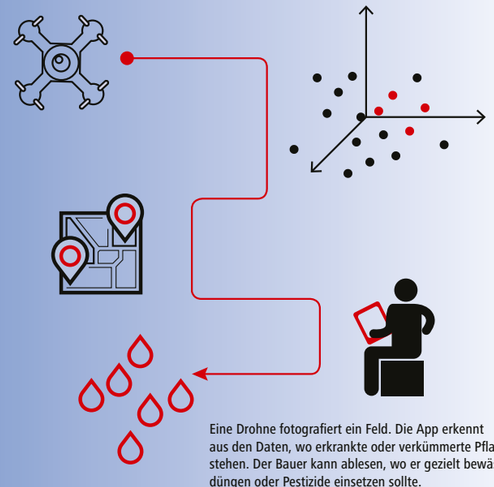
Die Maschine lernt, die Trainingsdaten zu interpretieren und optimiert ein mathematisches Modell für diese spezielle Aufgabe.



Der Computer lernt aus den Daten Beziehungen, Trends und bestimmte Muster herauszulesen und sie auf unbekannte Datensätze anzuwenden. Beispiel: automatisches Erkennen von Spam-Mails.

4. Intelligente Apps

Intelligente Apps machen künstliche Intelligenz im Alltag nutzbar – zum Beispiel als drohnenbasierte Bewässerungssysteme.



Eine Drohne fotografiert ein Feld. Die App erkennt aus den Daten, wo erkrankte oder verkümmerte Pflanzen stehen. Der Bauer kann ablesen, wo er gezielt bewässern, düngen oder Pestizide einsetzen sollte.

Suchmaschine für «Smart Wood»

Mark Schubert verändert Holzeigenschaften mit Hilfe des Enzyms Laccase. Doch die Suche den nach passenden Ingredienzien ist komplex – sie ähnelt der Suche nach dem Schlüssel zu einem unbekannten Schloss. Statt teurer, langwieriger Versuchsreihen nutzt Schubert künstliche Intelligenz: Sie führt ihn schneller zum Ziel.

Wasserfestes, elektrisch leitendes oder magnetisches Holz lässt sich mit Hilfe des Enzyms Laccase herstellen. Doch es gibt verschiedene Laccasen – und nicht alle funktionieren in jedem Fall.

TEXT: Rainer Klose / BILD: Thordis Rüggeberg / Grafik: Empa

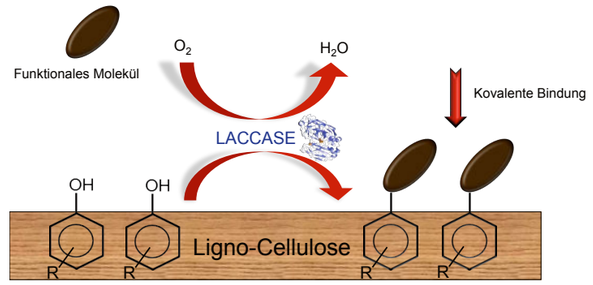
Mark Schubert ist Spezialist für die biochemische Modifikation von Holz. Er arbeitet mit dem Enzym Laccase, das die chemische Struktur der Holzoberfläche verändern kann und so zusätzliche Funktionalisierungen von Holz ermöglicht, ohne die Struktur des Werkstoffs zu verändern. Durch das Anbinden funktioneller Moleküle an die Holzstruktur entwickeln die Empa-Forscher etwa wasserfeste oder antimikrobielle Holzoberflächen. Auch das Selbstverkleben von Holzfasern ohne chemische Bindemittel wird auf diese Weise machbar – so entstehen bereits heute lösemittelfreie Faserplatten für die Isolation.

Das Problem dabei: Es gibt viele Varianten des Enzyms Laccase, die sich in der Architektur des chemisch aktiven Zentrums unterscheiden, und nicht alle reagieren mit dem gewünschten Substrat. Es ist schwierig vorherzusagen, ob eine bestimmte Laccase mit einem spezifischen Zielsubstrat reagiert; daher erfordert das Identifizieren geeigneter Laccase-Substrat-Paare kostenintensive und zeitaufwändige Versuchsreihen. Molekulare Simulationen könnten das Problem lösen: Man bräuchte nur eine genaue Strukturanalyse der Laccase und könnte dann den chemischen Reaktionsmechanismus für jede gewünschte Kombination im Computer durchspielen. Doch das erfordert eine hohe Rechenkapazität und wäre selbst dann noch äusserst langwierig und teuer.

«Deep learning» aus der Fachliteratur

Es gibt allerdings eine Abkürzung, sie heisst «Deep learning». Ein Computerprogramm wird mit Daten aus der Fachliteratur und eigenen Experimenten dazu trainiert, Muster zu erkennen: Welche Laccase oxidiert welches Substrat? Unter welchen Bedingungen könnte der erwünschte chemische Prozess am besten stattfinden? Das Beste daran: Die Suche funktioniert selbst, wenn nicht alle Details über den chemischen Mechanismus bekannt sind.

Entscheidend für den Erfolg ist die Bereitstellung der Daten in passender Form und die Architektur des gewählten «deep learning»-Netzwerks. Schubert arbeitet schon seit mehr als sieben Jahren mit neuronalen Netzen. Seine erste Arbeit zu dem Thema stammt aus dem Jahr 2012, die jüngste von 2018. «Früher haben wir mit flachen neuronalen Netzen gearbeitet: mit einem Input-Layer, einem Hidden Layer und einem Output-Layer. Heute arbeiten wir mit deutlich komplexeren Netzen. Sie enthalten mehrere Hidden Layers und leisten deutlich mehr.» Schubert trainiert seine Algorithmen mit bekannten Datensätzen und testet sie mit Datensätzen, die das System noch nie gesehen hat. Und er hat Erstaunliches über die Robustheit der Suchmaschine «Smart Wood» zu berichten: Früher konnte er nur sorgfältig ausgesuchte, aussagekräftige Daten verwenden, um zu guten Ergebnissen zu kommen. Inzwischen testet er seine Systeme auch mit teils unbrauchbaren Datenhaufen. Die Maschine erkennt selbständig, was sie brauchen kann und was nicht.



So verändert die Laccase die Holzoberfläche: Ein gewünschtes Molekül wird mit Hilfe des Enzyms chemisch an die Cellulose im Holz gebunden.

Industrieanwendung

Die Robustheit des Systems erlaubt es, die «Deep learning»-Maschine bereits in der Industrie einzusetzen. Bei der Partnerfirma Pavatex, mit der Schubert seit langem zusammenarbeitet, werden mit Hilfe von Laccasen selbstbindende Isolationsplatten produziert. Die Produktion steckt voller Sensoren, es fallen riesige Datenmengen an, die irgendetwas über die Qualität der erzeugten Platten aussagen. Nur was? Schuberts Smart-Wood-Suchmaschine findet den Zusammenhang.

Derzeit ist der Forscher daran, die Produktion auf diese Weise zu optimieren. Falls an einer Stelle der Faserverarbeitung etwas danebengeht, soll die Produktion justiert werden, bevor die Qualität des Produktes zu schlecht wird. Das erspart aufwändige Kontrollen des Endprodukts und kann die Fehlerquote im Produktionsprozess entscheidend vermindern. //

Harte Brocken, intelligent geknackt

Schweissen, drucken, Beton brechen – ein Empa-Team überwacht lärmerzeugende Prozesse mit Hilfe künstlicher Intelligenz. So lassen sich Produktionsfehler und drohende Havarien buchstäblich heraushören.

TEXT: Rainer Klose / BILDER: iStockphoto,
Colourbox, Heidelberger Druckmaschinen AG, Empa

Eine Gruppe von Schweissrobotern fertigt ein Metallteil für die Automobilindustrie. Die Qualiät der Schweissnähte lässt sich in Echtzeit überwachen. Forscher der Empa entwickelten zu dem Zweck ein System, basierend auf optischen Fasern und künstlicher Intelligenz.

Kilian Wasmer aus dem Empa-Labor «Advanced Materials Processing» in Thun schüttelt beim Erzählen immer wieder den Kopf, als könne er die Erfolgsgeschichte selbst nicht glauben. Zusammen mit seinem Team hat er vor kurzem ein System zur Überwachung komplexer Produktionsprozesse patentiert, das sich in unterschiedlichsten Situationen einsetzen lässt. Und dies, obwohl es anfangs für die Idee noch gar nicht gut aussah. «Ich sagte unserem Partner, ich schätze die Erfolgsaussichten auf etwa fünf Prozent. Aber wir werden es trotzdem versuchen», berichtet Wasmer von den Anfängen des Projekts.

Beton im Blitzgewitter

Bei besagtem Partner handelt es sich um die Firma Selfrag aus Kerzers bei Bern. Die Firma stellt Hochvoltgeneratoren her, die mittels Blitzentladung Beton vorschwächen oder gar zertrümmern können – eine Methode, die im Gegensatz zum Vorschlaghammer, der scharfkantige Betonbrocken mit gespaltenen Kieselsteinen erzeugt, Beton in seine Grundbausteine Kiesel, Sand und Zement zerlegen kann – wodurch er komplett rezykliert werden kann, ganz im Sinn einer echten Kreislaufwirtschaft.

Mit dieser Methode liesse sich auch in der Bergbauindustrie sehr viel Geld sparen, denn die wertvollen Erze, die nur in kleinen Mengen in den Gesteinsbrocken vorliegen, könnten nach vorheriger Blitzentladung leichter von der Gangart – dem wertlosen Gestein – getrennt werden. Doch bislang gab es keine geeignete Kontrollmöglichkeit, um zu bestimmen, ob der Blitz den Betonklumpen oder den Gesteinsbrocken auch getroffen hatte. Wasmer und sein Team sollten solch eine Methode entwickeln.

Wasmers Crew begann, kleine Probekörper aus Plexiglas mit Hochvolt-Blitzen zu bombardieren. Die akustische Signatur eines jeden Blitzes wurde aufgezeichnet und der dazugehörende Plexiglas-Probekörper im Mikroskop auf Risse und Oberflächenschäden untersucht. Sergey Shevchik, Spezialist für künstliche Intelligenz im Team, probierte diverse Strategien aus, um die richtigen Muster aus den Daten zu erkennen. Schliesslich gelang es ihm nicht nur,

>>

erfolgreiche Blitzschläge von Fehlschüssen zu unterscheiden, sondern auch oberflächliche Treffer zu erkennen. Damit hatte die Selfrag AG erstmals eine Online-Überwachungsmöglichkeit für ihre Blitz-Technologie. Zuvor hatten die zerkleinerten Beton- und Gesteinsbrocken mehrere Tage in einem Labor analysiert werden müssen. Der Erfolg bei der Blitz-Analyse in Echtzeit brachte das Team auf die Idee, auch andere, extrem laute Prozesse zu analysieren: quietschende, ratternde Maschinen.

Wenn Lager fressen und Maschinen sterben

Wenn Wälzlager und andere bewegliche Metallteile unzureichend geölt sind, können sie festfressen. Das Problem verursacht weltweit beträchtliche Schäden. Doch gute Vorwarnsysteme gab es bislang nicht: Temperatursensoren, integriert in gefährdete Bauteile, erkennen eine Temperaturerhöhung leider erst, wenn das Fressen bereits begonnen hat und die Bauteile zerstört sind.

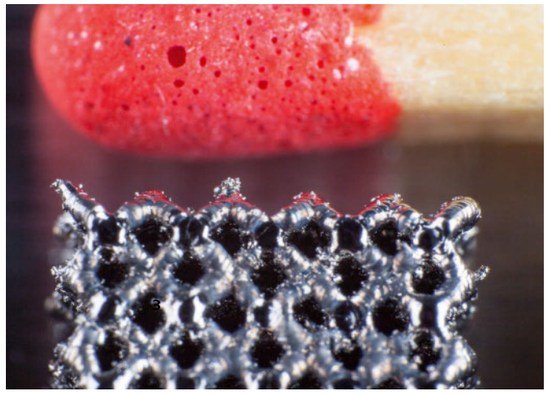
Wenn irgendetwas an einer Maschine quietscht, muss das nicht immer Grund für eine Totalrevision sein. Wer seine Produktionsmaschinen häufiger zerlegt und wartet als notwendig, verursacht unnötige Kosten. Wer zu lange wartet, riskiert aber, dass ein bewegliches Bauteil festfrisst, dann zerbirst und in der Folge weitere Teile der Maschine zerstört. Das wäre fatal. Es gilt also, aus der Fülle von Geräuschen das entscheidende Quietschen herauszuhören – und zwar rechtzeitig, um die Maschine noch stoppen zu können.

Wasmers Team liess auf einem Tribometer, einem Reibungsmessgerät, eine Walze aus gehärtetem Stahl auf einer gusseisernen Unterlage schaben, zeichnete die Geräusche auf, stoppte den Versuch in unterschiedlichen Phasen und untersuchte die Schäden unter dem Mikroskop. Vier Betriebsphasen liessen sich aus diesen Versuchen herauslesen: erstens das «Einlaufen» der Bauteile, in der sich die Oberflächen aneinander anpassen und der Reibungswiderstand abnimmt. Danach kommt eine problemlose Betriebsphase, der so genannte Steady-State. Anschliessend steigt die Reibung praktisch unmessbar wieder an, die ersten, mikroskopisch kleinen Schäden an der Oberfläche treten auf – dies ist die Phase des «Vorfressens», der Moment, die Maschine zu stoppen und zu warten. Falls dies nicht geschieht, kommt es zum Fressen – dem katastrophalen Ende der maschinellen Tätigkeit: Die trockengelaufenen und lokal sehr heissen Oberflächen verschweissen plötzlich miteinander. Grosse Teile reissen aus der Oberfläche heraus und bilden Splitter, die weitere Schäden verursachen können. Das Bauteil zerfällt von nun an rapide, wenn es weiter bewegt wird.

Es gelang den Empa-Forschern, aus dem Geräuschchaos, das die Stahlwalze auf dem Gusseisen erzeugte, die entscheidenden Hinweise herauszuhören. Die Forscher erkennen das Fressen nun mit 80-prozentiger Sicherheit. Noch wichtiger: Die entscheidende Phase des Vorfressens kann mit 65-prozentiger Sicherheit erkannt werden, und zwar einige Minuten vor dem katastrophalen Ende. Das würde genügen, um viele Industriemaschinen rechtzeitig zu stoppen und vor schweren Schäden zu bewahren.

1

2



3

Qualitätsüberwachung beim 3-D-Druck

Das jüngste Projekt des Empa-Teams widmet sich dem «Additive Manufacturing» (AM), dem Herstellen von metallischen Bauteilen aus Metallpulver, das von einem Laserstrahl aufgeschmolzen wird. Dieses neuartige Herstellungsverfahren kommt ohne Gussformen aus und eignet sich perfekt für geometrisch komplexe Einzelstücke. Doch bis heute ist es nötig, die Prozessparameter (z. B. Laserleistung und -geschwindigkeit, Pulverspezifikation) für eine bestimmte Legierung oder Anwendung genauestens einzuhalten. Jede Abweichung kann zu Poren, Rissen oder Eigenspannungen im Werkstück führen und es unbrauchbar machen.

Auch die Qualitätskontrolle steckt bislang in den Kinderschuhen: Die Hersteller können mit Pyrometrie (berührungsloser Temperaturmessung) oder hochauflösenden Kameras die Temperatur der Schmelzoberfläche einschätzen, die der Laser im Metallpulver erzeugt. Doch wie die Schmelze in der Tiefe aussieht, ob Poren entstanden sind, bleibt unbekannt. Eine andere Methode sind hochauflösende Bilder von jeder gelaserten Pulverschicht und Röntgentomografie-Aufnahmen des fertigen Werkstücks. Doch diese Methoden sind zeitaufwändig – und in beiden Fällen sind Fehler nur nachträglich zu bemerken, wenn Material und Arbeitszeit bereits verloren sind.

Wasmer und seine Kollegen verfolgten einen anderen Ansatz: Sie kombinierten akustische Sensoren mit maschinellem Lernen. Auf der Empa-eigenen Pulverbett-Lasermaschine vom Typ «Concept-Laser M2 Cusing» gelang vergangenes Jahr der erfolgreiche Pilotversuch einer Echtzeit-Überwachung des Produktionsvorgangs. Die Forscher montierten im Empa-Labor hergestellte optische Faser-Bragg-Gitter im Innenraum der Laser-3-D-Druckmaschine. Diese Fasern können akustische Signale in elektrische Signale umwandeln. Dann wurden gezielt Probekörper mit unterschiedlichen Porositäten produziert und die akustische Signatur des Laserdruckprozesses aufgezeichnet.

Bei manchen der Probekörper fuhr der Laser zu schnell durchs Pulver, es wurde nicht komplett aufgeschmolzen, Poren blieben zurück. Bei anderen Probekörpern fuhr der Laser zu langsam durchs Pulver. Der Pool mit geschmolzenem Metall wurde zu heiss, verdampfte zum Teil – auch dann bleiben Poren im Werkstück. Die Empa-Forscher analysierten die Daten mit einem erst 2016 beschriebenen Algorithmus namens SCNN («Spectral Convolutional Neural Network»). Mit dieser maschinellen Lernmethode gelang es ihnen, mit einer Trefferquote von über 83 Prozent zu unterscheiden, ob das Laserschmelzen zu heiss oder zu kalt ablief. Die Ergebnisse erschienen im Mai 2018 im Fachjournal «Additive Manufacturing».

Zuhören beim Laserschweissen

Die Forscher sind zuversichtlich, dass sich die Methode nicht nur auf Laser-3-D-Drucker anwenden lässt. Auch andere AM-Verfahren wie Laser-Sintern, Stereolithografie oder Multijet-Printing laufen nach ähnlichen physikalischen Prinzipien ab. Die Empa-Methode zur Prozess- und Qualitätsüberwachung in Echtzeit könnte also bei all diesen Verfahren einsetzbar sein.

Schon jetzt hat ein Industriepartner vom Know-how der Gruppe profitiert: Die Firma Coherent Switzerland mit Sitz in Belp stellt seit nunmehr 44 Jahren Laserquellen und Bearbeitungsköpfe für Lasermaschinen her. Dank der Arbeit des Empa-Teams verfügt die Firma bald über ein Sensorsystem, das den Laserbearbeitungsprozess optisch überwacht und dokumentiert. Die so gewonnenen Daten helfen, zukünftige Laserprozesse zu optimieren und den hohen Qualitätsstandard zu halten, den etwa die Automobilindustrie von ihren Zulieferern fordert.

Schwierige Überzeugungsarbeit

Kilian Wasmer ist sichtlich stolz auf «seine» Forscher aus Russland, dem Iran, Griechenland, Vietnam, Deutschland und der Schweiz. «Wenn man weiss, wie man ein Problem anpackt, und die richtigen Spezialisten zur Seite hat, dann lässt sich eine Menge bewegen.» Doch mit schneller Berühmtheit rechnet er nicht. «Das Thema, das wir bearbeiten, ist eine sehr spezielle Mischung aus komplexer Mathematik, Computerwissenschaften, optoakustischer Sensorik und klassischer Metallurgie. Das macht es schwierig, Publikationen zu schreiben, die alle sofort überzeugen – denn die meisten Leser fühlen sich nur in einem Bereich sattelfest», klagt er. Manche seiner Veröffentlichungen waren knapp ein Jahr im Review-Prozess.

Um ihre Ergebnisse schneller an den Mann zu bringen, hat das Team nun einen Demonstrator gebaut und im Labor in Thun installiert. Die offen einsehbare Maschine verschweisst kleine Stahlplättchen und überwacht den Prozess in Echtzeit. Auf einem Laptop, zwei Schritte daneben, ist zu sehen, was in der Laser-Schmelzzone passiert. Das sollte helfen, die Methode bekannt zu machen. //

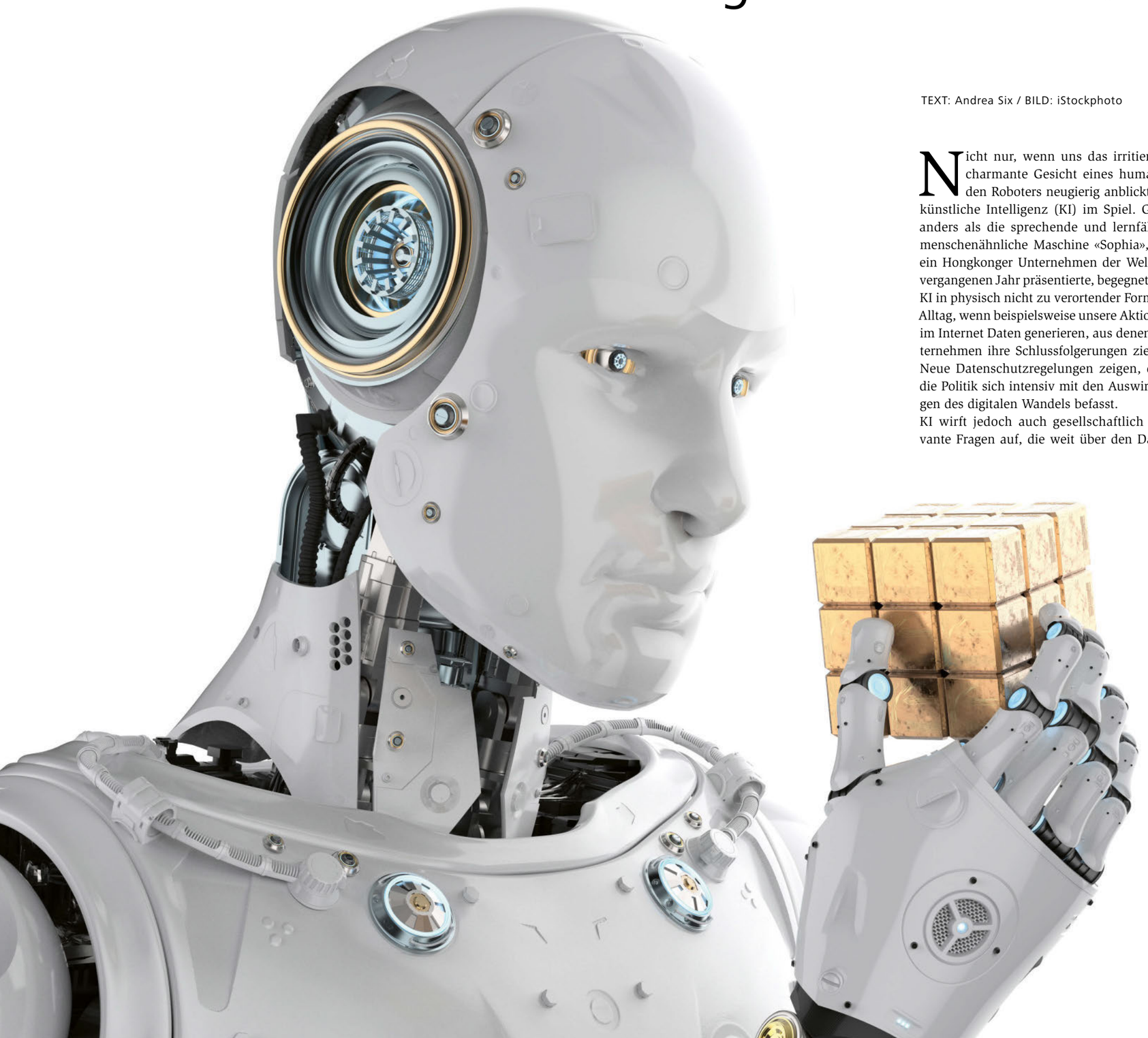
1
Mit Hilfe von Hochvolt-Blitzen lässt sich Beton in seine Bestandteile Kiesel, Sand und Zement zerlegen – eine Voraussetzung für gutes Recycling. Die Blitze erzeugen Lärm. Mit Hilfe künstlicher Intelligenz (KI) lässt sich einschätzen, ob der Blitz ausreichend gut getroffen hat.

2
Eine 200 Tonnen schwere Bogenoffsetdruckmaschine macht im Betrieb beträchtlichen Lärm. Mit Hilfe von KI lässt sich aus der komplexen Geräuschkulisse heraushören, ob die Mechanik noch gesund ist oder eine Revision nötig wird.

3
Additive Manufacturing erlaubt es, kleinste Metallstrukturen mit komplexer Geometrie herzustellen. Hier ein Probestück im Vergleich zu einem Streichholzkopf. Akustische Überwachung der Fabrikation mittels KI garantiert, dass das Werkstück ohne innere Fehler ist.

Die Pros und Cons der künstlichen Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) wird einen erheblichen Wandel in der Gesellschaft auslösen. Sobald Algorithmen unser Wahlverhalten beeinflussen oder Lehrpläne für Schulen entwerfen, ist die Politik gefragt, um Schäden zu begrenzen. Im Auftrag der TA-Swiss entsteht nun eine Studie zu Chancen und Risiken von KI.



TEXT: Andrea Six / BILD: iStockphoto

Nicht nur, wenn uns das irritierend charmante Gesicht eines humanoiden Roboters neugierig anblickt, ist künstliche Intelligenz (KI) im Spiel. Ganz anders als die sprechende und lernfähige menschenähnliche Maschine «Sophia», die ein Hongkonger Unternehmen der Welt im vergangenen Jahr präsentierte, begegnet uns KI in physisch nicht zu verortender Form im Alltag, wenn beispielsweise unsere Aktionen im Internet Daten generieren, aus denen Unternehmen ihre Schlussfolgerungen ziehen. Neue Datenschutzregelungen zeigen, dass die Politik sich intensiv mit den Auswirkungen des digitalen Wandels befasst.

KI wirft jedoch auch gesellschaftlich relevante Fragen auf, die weit über den Datenschutz hinausgehen, wenn etwa Algorithmen menschliche Entscheidungen ersetzen, an der Börse handeln oder das Wählerverhalten beeinflussen. Daher hat die Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung, TA-Swiss, drei Forschungseinrichtungen beauftragt, die neuen Herausforderungen zu untersuchen. Ein Team an der Empa erarbeitet, gemeinsam mit der «Digital Society Initiative» der Universität Zürich (UZH) und dem Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) bis Herbst 2019 konkrete Handlungsempfehlungen für die Schweizer Politik und Wirtschaft.

«Wir untersuchen derzeit die Chancen und Risiken für Innovationen, Forschung und Bildung rund um künstliche Intelligenz», sagt Clemens Mader von der Empa-Abteilung «Technologie und Gesellschaft» in St. Gallen, der gemeinsam mit Claudia Som und Lorenz Hilty an dem Projekt beteiligt ist. Wissenschaftler der UZH und ÖAW bearbeiten zudem die Bereiche Konsum, Medien, Arbeit und Verwaltung. Darüber hinaus wird jeder Teilbereich zusätzlich unter ethischen und rechtlichen Aspekten unter die Lupe genommen.

Sobald erste Ergebnisse vorliegen, werden die Forschenden die Anwendungsbereiche im Austausch mit nationalen und internationalen Stakeholdern untersuchen. «So erreichen wir, dass gesellschaftlich relevante Themen nicht innerhalb einer Bubble einzelner Fachbereiche beurteilt werden, sondern sich ein Bild aus allen Perspektiven zusammensetzt», so Mader.

Eine der Aufgaben der Wissenschaftler ist es nun, Anwendungsmöglichkeiten von KI in der Forschung und als Innovationsmotor zu untersuchen.

Zudem sollen gesellschaftlich relevante Fragen angegangen werden. Wie etwa lässt sich eine Gesellschaft darauf einstellen, künstliche Intelligenz kritisch weiterzuentwickeln und selbstbewusst einzusetzen? «Hier ist der Bildungsbereich gefragt, der die künftigen Forscher hervorbringt – und zwar von der Kindergartenstufe bis zu den Hochschulen», sagt Mader.

Für den schulischen Bereich werden dazu Pilotprojekte untersucht, die bereits KI-Anwendungen einsetzen, wie etwa in einer Schule im Silicon Valley. Hier lernen Schüler mit Tablets und werden von KI-Software in ihrem Lernverhalten beobachtet. Die Programme geben daraufhin Ratschläge, wie man die Kinder individuell fördern soll. «Wenn der Computer über das Curriculum von Schülern entscheidet, muss man beachten, dass hier Persönlichkeitsrechte, Datenschutz und in der Folge die gesellschaftliche Entwicklung betroffen sind», sagt der Forscher.

Die Sorge, dass Computer nicht nur nützlich, sondern riskant für eine Gesellschaft sein könnten – bis hin zu einem Wandel im Demokratieverständnis –, ist nicht neu. Die Möglichkeiten der maschinellen Analysen nehmen rasch zu. «Wenn KI-Anwendungen enorme Datenmengen sammeln und auswerten, ändern sich dadurch viele Lebensbereiche in unserem Alltag, weit über Bereiche wie das Online-Shopping hinaus», sagt Mader. Dies gelte es in einen politischen Rahmen zu setzen, um mit Gefahren umzugehen, aber auch Innovationspotenziale fördern zu können. //

«move»: Startschuss für die nächste Runde

Die Demonstrationsplattform «move» ermöglicht Empa-Forschern, Fahrzeugantriebe mit niedrigeren CO_2-Emissionen zu entwickeln. Als Energiequelle dient überschüssige Elektrizität.

Vor gut zwei Jahren eröffnete die Empa den Demonstrator für Mobilität «move». Zunächst konzentrierte sich die Forschung auf die effiziente Herstellung von Wasserstoff und die Betankung der Versuchsfahrzeuge. In der nächsten Phase steht die Umwandlung von Wasserstoff und CO_2 in synthetisches Methan im Mittelpunkt.

TEXT: Stephan Kälin / BILDER: Empa

Fossile Energie hat in den letzten 50 Jahren die rasante wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung der westlichen Welt ermöglicht – aber sie hat uns auch in energetische Abhängigkeiten geführt, die Luft mit Schadstoffen belastet und die Klimaveränderung verstärkt. Im Mobilitätsdemonstrator «move» auf dem Empa-Campus in Dübendorf soll aufgezeigt werden, wie diese Schattenseiten der Mobilität in Chancen umgewandelt werden können, indem im Strommarkt nicht nutzbare erneuerbare Elektrizität zu sauberer Energie für den Mobilitätsbereich aufbereitet wird.

Eine Menge überschüssiger Solarstrom

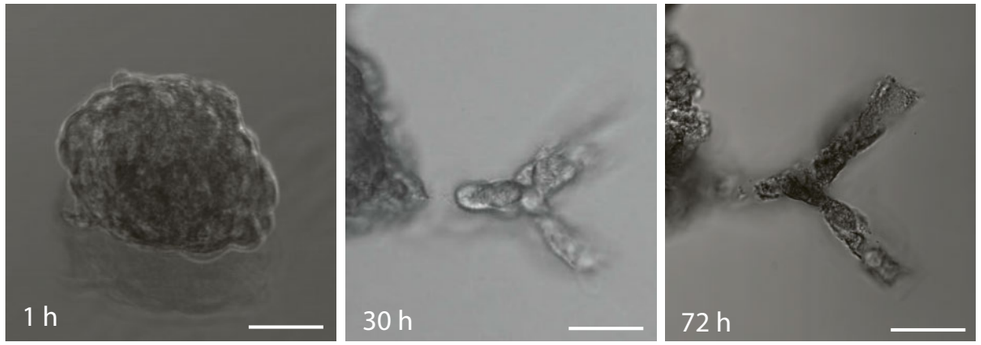
Die Umstellung auf erneuerbare Energie wird in der Schweiz vor allem durch den Ausbau von Fotovoltaikanlagen geschehen. Allerdings produzieren sie vor allem im Sommerhalbjahr Strom, wenn der Bedarf der Schweiz bereits durch die Wasserkraft gedeckt werden kann. Da unsere Nachbarländer in die gleiche Technologie investieren, dürfte es deshalb schwierig werden, Strom aus Fotovoltaik- und Wasserkraftanlagen zu vermarkten.

«move» zeigt exemplarisch auf, wie Stromüberschüsse im Sommerhalbjahr in die Mobilität transferiert und als Ersatz fossiler Treibstoffe genutzt werden können. So kann die temporär überschüssige Elektrizität tagsüber in einer Batterie gespeichert werden, um in der Nacht Elektrofahrzeuge zu laden. Oder sie wird in einer Elektrolyseanlage zur Erzeugung von Wasserstoff genutzt. Der gasförmige Wasserstoff wird dann auf 900 bar verdichtet und kann über eine Wasserstofftankstelle entweder direkt in Brennstoffzellenfahrzeugen genutzt werden oder als Beimischung zum Biogas in technisch leicht optimierten Gasfahrzeugen.

Zurzeit wird die nächste Ausbaustufe geplant. Dabei soll Wasserstoff zusammen mit CO_2 aus der Luft in Methan umgewandelt werden, das dann für den Betrieb von Gasfahrzeugen genutzt werden kann. Dabei sollen in der Schweiz entwickelte Technologien, wie ein am Paul-Scherrer-Institut entwickeltes Methanisierungsverfahren oder der vom ETH Zürich-Spin-off Climeworks entwickelte CO_2-Kollektor eingesetzt werden, in Verbindung mit einem von der Empa entwickelten Abwärmenutzungssystem. //

Einer der Kunden der Wasserstofftankstelle ist das Brennstoffzellen-Kehrfahrzeug «hy.muve II». Es wurde an der Empa entwickelt und steht derzeit für die Stadt Dübendorf im Einsatz.

Wegweiser für Zellen



Nach dem Prinzip der Lithografie schreibt ein Infrarot-Laser präzise Strukturen in die Matrix. Die Zellen wachsen anhand des vorgeschriebenen Plans. So wird das Züchten dreidimensionaler Mikrogewebe um neue Möglichkeiten erweitert.

TEXT: Andrea Six / BILDER: Empa

Will man Tierversuche in der medizinischen Forschung ersetzen, ist die Zucht komplexer Mikrogewebe aus Zellen gefragt. An der Empa wurde ein Polymergerüst für dreidimensionale Zellkulturen entwickelt. Lichtstrahlen wirken als Wegweiser für die Zellen.

In der pharmazeutischen Forschung versucht man wo immer möglich, auf Tierversuche zu verzichten beziehungsweise sie durch Experimente in Zell- oder Gewebekulturen zu ersetzen. Hochkomplexe dreidimensionale Strukturen aus Zellen wachsen zu lassen, stellte die Forscher jedoch bis anhin vor Probleme. Forschende der Empa haben nun aber eine Art Gerüst entwickelt, in dem sich Zellen ausbreiten, vermehren und vernetzen können. Besonders innovativ an der neuen Matrix: Die Präzision der gewünschten Gestalt und Funktion wird mittels Licht gesteuert.

Das neue Material besteht aus einem Gel, in dessen Polymerstruktur eine Vielzahl funktioneller Gruppen über einen lichtempfindlichen Mechanismus eingebaut werden kann. «So lassen sich Signale für die einwachsenden Zellen anbringen, die ihnen beispielsweise das Ankern am Gerüst ermöglichen», erklärt Empa-Forscher Markus Rottmar vom «Laboratory for Biointerfaces» in St. Gallen. Andere Gruppen im «Hydrogel» tragen Andockstellen für Enzyme, mit denen die Zellen das künstliche Gerüst nach ihren Bedürfnissen massgeschneidert umbauen können. Ein weiterer Vorteil: Das Hydrogel ist biologisch sehr gut verträglich und bietet den Zellen eine spezifische Umgebung, um zu einer dreidimensionalen Struktur auszuwachsen.

Damit daraus ein funktionstüchtiges Gewebe entstehen kann, ist die Gestalt des Gerüsts bis ins kleinste Detail kontrollierbar. Eine kurzzeitige Bestrahlung mit UV-Licht sorgt zunächst für die Vernetzung des polymeren Hydrogels. Die Feinarbeit aber leistet ein Laser: Nach dem Prinzip der Lithografie schreibt der Infrarot-Laser einen präzisen Bauplan in die Matrix und bindet Bausteine mit verschiedenen Funktionen in das Gerüst ein. «Die Zellen wachsen anhand des vorgeschriebenen Plans und formen einen ersten Verband», sagt Projektleiterin Katharina Maniura. Schon nach Stunden beginnen die Zellen, das Gerüst an diesen spezifischen Positionen aufzulösen und umzugestalten. Dies ermögliche das Züchten komplexer dreidimensionaler Mikrogewebe, sagt Katharina Maniura.

Alternative zum Tierversuch

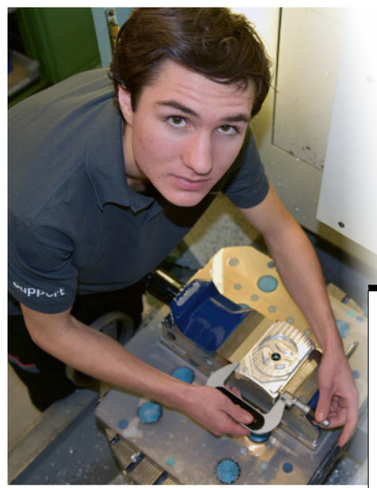
Das Hydrogel eigne sich nicht nur als Grundlage, um Alternativen zu Tierversuchen zu entwickeln. Ebenso gehörten die Erforschung von Krankheiten und ein verbessertes Verständnis des Zellwachstums zu den Anwendungsgebieten des neuartigen Materials. //

Der grösste Elektrolaster der Welt

Der Muldenkipper eDumper ist das grösste Elektrofahrzeug der Welt und steht seit April in einem Steinbruch in Péry im Berner Jura im Einsatz. Zusammen mit Industriepartnern haben die Berner Fachhochschule BFH, die NTB Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs und die Empa den umweltfreundlichen Laster entwickelt.

Der in den vergangenen 18 Monaten konzipierte Elektromuldenkipper mit 58 Tonnen Leergewicht und 65 Tonnen Zuladung ist ein Beispiel für erfolgreiche angewandte Forschung in der Schweiz. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit sorgt für gleich drei Weltrekorde: Der eDumper ist das grösste und stärkste batteriebetriebene Elektro-Radfahrzeug der Welt. Dazu wurde ihm die grösste je für ein Elektrofahrzeug hergestellte Batterie eingebaut, die mit 4½ Tonnen so schwer wie zwei komplette Pkw ist. Der eDumper wird über die nächsten zehn Jahre jährlich über 300 000 Tonnen Material transportieren und dabei nach vorläufigen Berechnungen bis zu 1300 Tonnen CO_2 und 500 000 Liter Diesel einsparen.

Wenn der eDumper voll beladen aus dem Steinbruch in Tal zum Zementwerk fährt, soll er ausreichend Strom erzeugen, um die unbeladene Rückfahrt bergauf ins Abbaugebiet mit gespeicherter Elektrizität zu schaffen. Er wäre damit ein Null-Energie-Fahrzeug.



Moritz Koster fräst um den Titel

Der Polymechaniker-Lehrling Moritz Koster aus der Empa St.Gallen, hat sich für die Schweizer Meisterschaft SwissSkills qualifiziert, die vom 12. bis 15. September in Bern stattfindet. Dort wird er u. a. beim CNC-Fräsen seine Künste zeigen. Wie der Wettbewerb ausgegangen ist, erfährt man ab 15. September auf der Website www.swiss-skills.ch. Berufsmeisterschaften, national wie international, sind Gradmesser für den hohen Standard der Berufsbildung in der Schweiz. Die Stiftung SwissSkills wird getragen vom Bund, den Kantonen, Schulen und Organisationen der Arbeitswelt. Sie koordiniert die Schweizer Meisterschaften in über 70 Berufen und ermöglicht jungen Berufsleuten seit 1953 die Teilnahme an den internationalen Berufsmeisterschaften.

Tage der Technik

Smart Future – wie Digitalisierung unser Leben verändert

Hauptveranstaltung am Donnerstag, 4. Oktober 2018
Empa-Akademie, Dübendorf

Die digitale Transformation verändert unser Leben und unsere Umwelt in rasantem Tempo. Dank ihr bieten sich uns bis vor kurzem undenkbare neue Möglichkeiten, sie fordert aber auch alle Unternehmungen und jeden Menschen heraus. Anpassungsfähigkeit und Innovationskraft sind gefragt, um die sich bietenden Chancen zu nutzen und auf die Veränderungen angemessen zu reagieren. Wer diesen Wandel aktiv mitgeht, kann von der Digitalisierung profitieren – die anderen werden ins Hintertreffen geraten.

Die Hauptveranstaltung der Tage der Technik 2018 greift die vielschichtige Thematik der Digitalisierung auf und beleuchtet sie aus den verschiedenen Blickwinkeln von Wissenschaft, Technik und Gesellschaft. 5 Themen werden speziell hervorgehoben: Smart Living, Smart Security, Smart Mobility, Smart Working und Smart Society.

Die Veranstaltung ist öffentlich und kostenlos. Anmeldung bis spätestens Freitag, 28. September 2018 unter **www.tage-der-technik.ch.**

Organisation

SWISS ENGINEERING STV UTS ATS

Empa Materials Science and Technology

satw it's all about technology

Veranstaltungen

24. August 2018
RFA-Seminar: Nachhaltiges Bauen
Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft
www.empa-akademie.ch/rfabauen
Empa, Dübendorf

05. September 2018
Kurs: Hightech-Keramiken
Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft
www.empa-akademie.ch/ht-keramik
Empa, Dübendorf

04. Oktober 2018
Tage der Technik
Smart Future – wie Digitalisierung unser Leben verändert
Zielpublikum: Öffentlichkeit
www.tage-der-technik.ch
Empa, Dübendorf

10. Oktober 2018
Kurs: Klebetechnik für Praktiker
Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft
www.empa-akademie.ch/klebetechnik
Empa, Dübendorf

17. Oktober 2018
Kurs: Materialbearbeitung mit Laser
Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft
www.empa-akademie.ch/laser
Empa, Dübendorf

Details und weitere Veranstaltungen unter
www.empa-akademie.ch

Ihr Zugang zur Empa:

portal@empa.ch
Telefon +41 58 765 44 44
www.empa.ch/portal

@EmpaMaterialScience
Empa_CH
EmpaChannel
Empa
empa_materials_science