



Foto: MV/dapd

Personen- und Güterverkehr konkurrieren ums Gleis

Neue Technik in den Stellwerken der Bahn könnte helfen, Staus zu vermeiden. Einige Nadelöhre werden dennoch bleiben.

► SEITE 12

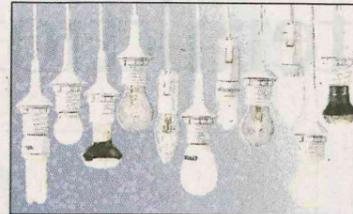


Foto: Jochen Tack/Imago

Meine Energiewende: Den Wechsel bei Licht betrachtet

LEDs halten immer mehr Einzug in die Lampenwelt und erweisen sich als besonders energieeffizient.

► SEITE 16



Foto: Fraunhofer IPMS

„Wir wollen mit Mikroelektronik wieder an die Weltspitze“

Hubert Lakner, Vorsitzender des Fraunhofer-Verbundes Mikroelektronik, glaubt an Europas Aufholjagd.

► SEITE 18

STAHL: Ein Konverter, wo sich Eisen verflüssigt, ist geeigneter kein Ort für Sensoren. Stahlkocher greifen deshalb zu außergewöhnlichen Mitteln, um die Qualität des Stahls zu steuern. Hilfe gibt es von der künstlichen Intelligenz.

VDI nachrichten, Hilchenbach, 1. 8. 14, har

Einer der heißesten Orte im Saarland ist der Konverter, in dem die Dillinger Hütte ihren Stahl kocht. Bei Temperaturen um 1700 °C strömt Sauerstoff durch flüssiges Eisen – kein Ort für einen Sensor. Wissenschaftler sprechen von einer Black Box, wenn sie nicht in ein System hinein blicken können. Der Konverter ist – rot glüht es aus seinem Innern – eher eine Red Box.

Die Dillinger Hütte, der Anlagenbauer Siemag und die TU Dortmund erforschen seit vier Jahren gemeinsam, wie sich der Konverter in ein zuverlässiges und präzises Modell überführen lässt, auch ohne Sensordaten aus seinem Innern. Das Ziel: Die Konverteröfen sollen mithilfe des datengetriebenen Modells so gefahren werden, dass bislang erforderliche Korrekturen am Ende des Herstellungsprozesses minimiert werden. Das könnte für erhebliche Kostenvorteile sorgen.

Um zu verstehen, worin der Vorteil liegt, lohnt ein Blick auf den heutigen Herstellungsprozess. Bisher, sagt Dominik Schöne von der Dillinger Hütte, wird mit einem statischen, metallurgischen Modell anhand der in den Konverter gegebenen Einsatzstoffe (flüssiges Roheisen, Schrott, Kalk) berechnet, wie viel Heiz- oder Kühlmittel und welche Mengen Sauerstoff für die Oxidation von Kohlenstoff, Silizium, Mangan und Phosphor nötig



Hitze, Stahl und ganz viele Sensoren: Die Digitalisierung der Produktionshallen hat die Stahlindustrie erreicht. Foto: Dillinger Hütte

mag, „dass man erst am Ende des Prozesses sehen kann, was im Konverter abgelaufen ist.“ Das zeigt sich daran, dass die Temperatur des abstichreifen Rohstahls von der Temperatur, die man zuvor durch die Mischung von Roheisen, Schrott und Kalk eingestellt hat, abweicht.

Bislang würden Differenzen von bis zu 22 K nach oben und unten als Stand der Technik und 17 K als „magische Schranke“ angesehen, sagt Dominik Schöne. Im Verhältnis zu den 1700 °C Durchschnittstemperatur – im Bereich des sogenannten Brennfleckes, an dem der Sauerstoff auf die Schmelze trifft, sind es sogar mehr als 2000 °C – mag das nach wenig klingen, doch das notwendige

gen auf die Produktivität und geringere thermische Verluste“, ergänzt er.

Schon heute werden am Konverter in der Dillinger Hütte Prozesse modelliert und Daten für die Prozesssteuerung genutzt. Sensoren im Abgasstrom zeigen an, wenn die CO-Werte so weit abgesunken sind, dass der Rohstahl fertig oxidiert ist. Zudem ist die Bodengasspülung automatisiert und beim Abstich erkennen Sensoren, wenn die Grenze zwischen dem Stahl und der Schlacke erreicht ist.

Jedes Grad Celsius Genauigkeit spart dem

Ausbaustufe könnte das sich immer weiter verfeinernde Modell vielleicht sogar eine integrierte Steuerung des gesamten Konverter-Prozesses ermöglichen.

Neue Sensoren sind dafür nötig. „Wir messen beispielsweise mit Mikrophonen das Konvertergeräusch, das beim Aufblasen des Sauerstoffs entsteht und durch den Schlackenpegel beeinflusst wird“, berichtet Jochen Schlüter. Dazu kommen Pyrometer und eine Infrarotkamera zur Beobachtung der Mündungsflamme: Mit Hilfe der Infrarotkamera wird die Wärmetönung des Abgases, das den Konverter verlässt, gemessen.

Die Messung der Daten selbst ist allerdings nur ein Teil der Lösung. Sie

Zunächst soll herausgefunden werden, ob zum Beispiel die Zieltemperatur tatsächlich genauer getroffen werden kann, als mit den herkömmlichen Berechnungsmethoden. „Ich bin sehr zuversichtlich, und wenn es gelingt, ist das ein ganz erheblicher technologischer Fortschritt, so der Siemag-Chef-Technologe Jochen Schlüter. Nach seiner Einschätzung könnte bereits 1 K weniger Abweichung von der Zieltemperatur bis zu 100 000 € Kosten pro Jahr sparen.

Dominik Schöne ergänzt: „Das hängt sehr von den konkreten Einsatzbedingungen ab, aber natürlich betreiben wir das Projekt, weil wir mit einem deutlichen positiven Effekt rechnen“, sagt er. Der fälle zu-

Gigantischer Rohstoffbetrug in China

VDI nachrichten, Qingdao, 1. 8. 14, har

ROHSTOFFE: China durchläuft derzeit eine Rohstoffkrise, wie sie das Land noch nicht erlebt hat. Ausgelöst wurde sie durch den nicht-staatlichen Rohstoffkonzern Dezheng Resources, der in China und der Mongolei Aluminiumhütten betreibt und zudem mit Aluminium, Bauxit, Kupfer und Kohle handelt.

Was ist passiert?

Dezheng Resources hat seine Rohstoffbestände, die überwiegend im Hafengebiet von Qingdao eingelagert waren oder noch sind, im Gegenzug zur Vergabe von Krediten an eine Vielzahl von Gläubigern gleichzeitig verpfändet. Vor Kurzem ist der Betrug aufgefliegen, weil mehrere Gläubiger gleichzeitig versuchten, die ihnen verpfändeten Rohstoffe ausgeliefert zu bekommen. Das berichten übereinstimmende Quellen in Qingdao.

Wie ist Dezheng Resources aufgefliegen?

Die Verpfändung (Wert: 3 Mrd. \$) flog auf, als der Firmengründer und Vorstandschef von Dezheng Resources wegen eines Vorfalls, der nichts mit der Verpfändung zu tun hatte, inhaftiert wurde. Das war für die Gläubiger von Dezheng Anlass genug, aus Sorge um ihre teils sehr hohen Forderungen die sofortige Auslieferung der verpfändeten Rohstoffe zu fordern.

Wer sind die Gläubiger?

Besonderes Pech für Dezheng: Einer der Gläubiger war der staatliche Kohlekonzern Shanxi Coal, einer der wichtigsten Kohleförderer Chinas. Die Konzerngesellschaft Shanxi Coal International Energy Group ging in den letzten Juni-Tagen in der Provinz Shanxi vor Gericht und machte eine Forderung von umgerechnet 177 Mio. \$ geltend. Dabei soll es sich um überfällige, das heißt nicht fristgemäß bezahlte, Zin-

und Kühlmittel gibt es physikalisch bedingte Ungenauigkeiten, nicht zuletzt, weil wir zwar das Roheisen vorher analysieren können, aber beim Schrott durchaus einige unbekannte Größen haben“, sagt der Forschungsingenieur. Dazu kommen Ungenauigkeiten beim Wiegen.

„Das gegenwärtige Problem besteht zugespitzt darin“, erklärt Jochen Schlüter, Projektpartner bei Sie-

wertvolle Minuten.

„Neben der Zeit schlägt bei den Kosten vor allem der Verschleiß der feuerfesten Materialien im Konverter zu Buche, ebenso der zusätzliche Material- oder Energieaufwand“, sagt Schöne. „Eine verbesserte Temperaturensicherheit durch selteneres Überblasen der Schmelze und durch eine Reduzierung der Nachblasquote bringt positive Auswirkungen.“

Anlagenbetreiber bis zu 100 000 € im Jahr

Doch erstmals ein rein datenbasiertes Steuermodell zu entwickeln, das weitere Messgrößen aufnimmt und nach neuen mathematischen Algorithmen verarbeitet (siehe Interview unten), findet Dominik Schöne „ausgesprochen reizvoll“. In seiner vollen

Modellen, mit entsprechenden Algorithmen verknüpft werden. „Wir stehen hier erst am Beginn der Datensammlung. Es wird sicher noch einige Monate brauchen, bis das System soweit gefüttert ist, dass wir damit auch arbeiten“, schätzt Schöne ein.

Bereits jetzt läuft das Modell parallel, wird aber noch für einige Monate mit realen Prozessdaten gefüttert, um eine breitere Basis zu bekom-

Investitionen zusammen – zumindest in der Dillinger Hütte, weil hier ein großer Teil der notwendigen Infrastruktur – wie etwa Lichtwellenleiter – bereits vorhanden sei.

„Wenn sich der Ansatz als tragfähig erweist, werden wir selbstverständlich auch unseren zweiten Konverter mit den zusätzlichen Sensoren ausstatten“, sagt Schöne.

MANFRED SCHULZE

deln, die Shanxi Coal an Dezheng Resources vergeben hatte. Weitere 14 Kläger sind Shanxi Coal gefolgt – so auch der stark diversifizierte Staatskonzern Citic, der im Metallhandel des Landes eine gewichtige Rolle spielt.

Wie kam es zu der Mehrfach-Verpfändung?

Der Fall legt ein grundsätzliches Problem der chinesischen Rohstoff- und Metallindustrie offen. Unzählige privatwirtschaftliche Unternehmen des Rohstoffsektors können keinen nennenswerten Bankkredit erhalten, weil die Regierung vor allem den staatlichen Banken die Kreditvergabe weitgehend untersagt. Mit dieser Kreditverweigerung will die Regierung erzwingen, dass sich die Unternehmen zu großen Konzernen zusammenschließen. In dieser Situation bleibt den Unternehmen nichts anderes übrig, als sich das benötigte Geld in anderer Form zu beschaffen. Oft gehen sie zu den so genannten Schattenbanken. Dabei handelt es sich um Unternehmen aus den unterschiedlichsten Wirtschaftszweigen, die sich als Bank betätigen. Ihnen ist gemein, dass sie nicht über eine Banklizenz verfügen und im Grunde auch keine Kreditgeschäfte betreiben dürfen.

Welche Firmen zählen zu den Schattenbanken?

Oft sind das chinesische Staatsunternehmen, die von Banken viel Geld bekommen. Dieses Geld leihen sie dann zu deutlich höheren Zinsen an Firmen wie Dezheng Resources weiter. Zu den geldgebenden Unternehmen gehört auch der große, staatliche Kohleproduzent Shanxi Coal. Dezheng Resources ist ähnlich verfahren und hat sich Geld verschafft, indem es seine Rohstoffbestände an mehrere Geldgeber zugleich verpfändet hat. Dabei handelt es sich nicht nur um Geldverleiher aus China, sondern auch aus Kambodscha, anderen ostasiatischen Ländern und sogar Westeuropa.

Welche Auswirkungen hat der Betrug?

Die Wirkung in China ist katastrophal, weil nun in allen Landesteilen aufgeschreckte Geldgeber ihre Gelder zurückfordern oder die verpfändeten Rohstoffe in Besitz nehmen wollen. Zugleich aber werden die staatlichen Geschäftsbanken nervös, da sie nun um die Ausleihungen an ihren angestammten Kundenkreis fürchten, der die Kredite weiter verliehen hat.

Ist das ein rein chinesisches Problem?

Der Fall Dezheng Resources zieht immer weitere Kreise, die längst über die riesige chinesische Rohstoffwirtschaft hinausreichen. Dass auch nicht-chinesische Banken betroffen sind, zeigt sich daran, dass die britische, auf Ostasien spezialisierte, Standard Chartered Bank allein in Qingdao aus Rohstoffkrediten – meist an Dezheng Resources – 250 Mio. \$ zurückfordert. Wieviel sie davon wirklich bekommt, ist unklar. Noch vor kurzer Zeit hatten ausländische Rohstoffverkäufer wenig Sorgen um ihre Forderungen an chinesische Kunden. Das hat sich durch den Fall Dezheng Resources nun deutlich verändert. China wird viele Rohstoffe nicht mehr so günstig einkaufen können, wie das jahrelang der Fall war.

PETER ODRICH

„Menschen haben es nicht so mit den Nachkommastellen“

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ: Katharina Morik, Professorin am Lehrstuhl für Künstliche Intelligenz der TU Dortmund, erklärt im Gespräch, wie die Stahlindustrie vom maschinellen Lernen profitieren kann, wie viele Sensoren sie dafür braucht und was das mit einem Pizzataxi zu tun hat.

VDI Nachrichten, Düsseldorf, 1. 8. 14, har

VDI NACHRICHTEN: Frau Morik, wenn Sie Data Mining veranschaulichen wollen, spielen Pizzataxen eine große Rolle ...

KATHARINA MORIK: (lacht) In Vorträgen zeige ich häufig eine Folie mit den gesammelten und übereinandergelegten Routen aller Fahrräder einer Pizzataxiflotte. Einzeln wären diese Routen nahezu ohne Aussage. Zusammen aber ergeben sie einen Stadtplan, und man kann durch einen Abgleich mit Kartenmaterial zweifelsfrei sagen, dass es sich um New York handelt.

Sie arbeiten nun mit der Dillinger Hütte zusammen. Was haben Pizzataxen und ein Stahlwerk denn gemeinsam?

Um zu bestimmen, wann die Blaszeit im Konverter optimalerweise endet – und das ist unsere Hauptaufgabe bei dieser Zusammenarbeit – muss ich viele Konverterprozesse gesehen haben. Muster entstehen erst, wenn viele Einzelfälle gemeinsam betrachtet werden.

Wie gehen Sie vor?

Wir betrachten vier Zielgrößen: die Abstichtemperatur sowie die Gehalte von Kohlenstoff und Phosphor am Ende in der Schmelze und Eisen in der Schlacke. Das sind keine Messgrößen im Konverter, denn wie soll man bei der Hitze im Innern einen Sensor betreiben? Also können wir die Werte nur im Nachhinein bestimmen. Und anhand der vier Zielgrößen lernen wir ein Modell.

Sie lernen ein Modell? Das ist jetzt aber Informatikersprache!

Das bedeutet, dass ich mithilfe eines maschinellen Lernverfahrens eine mathematische Funktion, einen Zusammenhang herstelle zwischen unterschiedlichen Merkmalen eines Systems auf der einen und meinen Zielgrößen auf der anderen Seite. Das Ergebnis ist das Modell, das die Zielgrößen vorhersagt.

Die Merkmale, von denen Sie sprechen, sind das Messwerte?

In der Regel sind das Kombinationen aus mehreren Messgrößen. Denn aus Rohdaten kann man oft nicht gut maschinell lernen. Die Qualität eines Modells hängt entscheidend von der geschickten Wahl der Merkmale ab.

Können Sie ein Beispiel aus dem Konverterprozess nennen?

Wir haben die Zeitreihen dreier Abgasmessungen miteinander kombiniert – und daraus ein wirklich gutes Merkmal erhalten.

Und wie sind Sie darauf gekommen, dass ausgerechnet diese Kombination ein gutes Merkmal ergeben könnte?

Da hilft nur eines: Nachdenken. Das geht nicht automatisiert.

Sind diese Merkmale physikalisch sinnvolle Größen?

Das kann, muss aber nicht sein. Denn wir wählen sie aus, weil sie sich besonders gut für das maschinelle Lernen eignen. Ob sie dem menschlichen Verständnis entsprechen, spielt keine Rolle.



Katharina Morik: „Wir geben die Informationen aus dem Modell in Echtzeit an die Steuerungen.“ Foto: SMS Siemens

Wie muss – unabhängig vom Konverter – eine Industrieanlage aussehen, damit Data Mining gut funktioniert?

Es gibt kaum Anforderungen. Ganz einfach formuliert: Einige Sensoren müssen vorhanden sein. Aber die Merkmale, von denen wir eben gesprochen haben, die müssen wir uns meistens ohnehin selber schnitzen. Ich würde sagen, mit den richtigen Sensoren ist alles leichter. Was aber die richtigen Sensoren sind, das stellen wir oft erst hinterher fest.

Wie funktioniert das?

Katharina Morik

- ▶ ist Professorin am Lehrstuhl für Künstliche Intelligenz an der TU Dortmund und
- ▶ forscht zu Themengebieten wie dem maschinellen Lernen und Data Mining. har

Wir haben am Lehrstuhl eine Methode entwickelt, mit der wir prüfen können, welcher Satz von Merkmalen maximal relevant und minimal redundant ist.

Über wie viele Merkmale sprechen wir?

Bei der Dillinger Hütte hatten wir 25 Messwerte zur Verfügung, haben 31 neue Merkmale geschnitten und die wichtigsten 20 Merkmale ausgewählt.

Können Sie mal ein Beispiel für ein schlechtes Merkmal nennen?

Mal angenommen, Sie wissen, dass eine Person schwanger, weiblich und erwachsen ist, dann haben Sie wirklich redundante Merkmale.

Eignen sich Maschinen in der Industrie auch den menschlichen Teil des Wissens an?

Davon halte ich persönlich nichts. Das Erfahrungswissen bleibt bei den Menschen, weil es die Stärke des Menschen ist. Aber kein Mensch kann den Phosphorgehalt einer bestimmten Stahlcharge vorherbestimmen. Vereinfacht gesagt: Menschen haben es nicht so mit den Nachkommastellen, Maschinen schon. Unser Modell weiß sogar, wann es nicht mehr gut genug ist, etwa, weil sich durch die Hitzeeinwirkungen die Geometrie der Konverterumgebung mit der Zeit verändert hat.

Das wäre eine Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine.

Ja. Die Metallurgen kennen sehr genau ihre Konverter, ihre Prozesse und ihre Materialien. Wir können die Feinjustierung am einzelnen speziellen Konverter vornehmen. Das ist die Synergie zwischen Mensch und Maschine: Der Mensch kennt die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten und die Maschine kann den Prozess auch an die dritte Nachkommastelle anpassen.

Big Data lässt sich in den unterschiedlichsten Bereichen anwenden. Ist die Industrie für Sie ein spezieller Anwendungsfall?

Total speziell. Denn wir setzen das Modell, das wir erzeugen, realzeitig ein. Und wir geben die Informationen aus dem Modell nicht nur an einen Menschen weiter, sondern direkt in Echtzeit an die Steuerungen. Und das ist neu.

Ersetzt diese Steuerungskomponente dann die ganze alte Anlagensteuerung?

Nein, der alte Prozess läuft weiter. Er liegt sozusagen unter der Ebene, die wir mit dem Modell speisen. Der Modellprozess oben übernimmt die Feinsteuerung. So werden die letzten paar Prozent rausgekitzelt.

Sie haben einmal gesagt, selbst Big Data wird in 15 Jahren schon wieder Geschichte sein.

Ja, das habe ich gesagt. Unsere Methoden sind zwar sehr langlebig, aber die Anwendungsszenarien ändern sich rasend schnell.

Wie sehen sie in Zukunft aus?

Ich habe keinen blassen Schimmer, das ist ja Schöne an meinem Fachgebiet. Es lässt sich nicht voraussagen, aber bisher kam immer etwas Neues.

IESTYN HARTBRICH