



VDE

VDI/VDE-Gesellschaft
Mess- und Automatisierungstechnik

Statusreport

Chancen mit Big Data
Use Cases

Juni 2016

Zusammenfassung

Der Begriff „Big Data“ ist in allen Medien präsent. Dennoch hat die Fachwelt keine konkrete Vorstellung über Bedeutung und Auswirkungen des Begriffs.

Die im Rahmen von Big Data verwendeten mathematischen Methoden sind erklärungsbedürftig und komplex und die Anwendungen daher oft schwer vermittelbar. Um das Thema besser greifbar und zugänglich zu machen, wird Anhand dieser Publikation, an ausgewählten Anwendungsbeispielen (Use Cases) der konkrete Nutzen von Big Data demonstriert. Die Beispiele kommen aus verschiedenen Industrien und Bereichen im Ingenieursumfeld und sind als Ideen oder Konzepte zu verstehen, die auf andere Anwendungen leicht übertragbar sind.

Die Anwendungen sind nach dem „STAR“-Prinzip kurz und prägnant beschrieben. Es wird jeweils eine Situation (S) vor Anwendung von Big Data erläutert, dann wird die Aufgabe (T – „Task“), die Methode (A – „Action“) und das Resultat (R) beschrieben. Beim Resultat wird gezeigt, welchen konkreten wirtschaftlichen Nutzen die Anwendungen erzielt haben.

Die positiven Ergebnisse aller Anwendungen beweisen, welcher großer Nutzen durch geeignete Big Data Methoden zugänglich wird. Energieeinsparung sowie Erhöhung von Qualität und Durchsatz zeigen deutliche wirtschaftliche Effekte und positive ökologische Auswirkungen. Die Effizienz von Produktionsprozessen kann mit Big Data deutlich erhöht werden. Mit gleichem Einsatz wertvoller Ressourcen können mehr und bessere Produkte erzeugt werden. Daraus ergibt sich ein erheblicher gesamtwirtschaftlicher Nutzen.

Insgesamt ist Big Data ein Werkzeug zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und es ist zu hoffen, dass die deutsche Wirtschaft die Methoden rechtzeitig entdeckt und vor dem internationalen Wettbewerb einsetzt. Bisher werden diese Methoden in Deutschland noch viel zu wenig genutzt. Dieser Statusreport will dazu beitragen, diesen Zustand zu ändern und potenzielle Anwender für Big Data motivieren und begeistern.



Thomas Froese

atlan-tec Systems GmbH

Düsseldorf im Juni 2016

Inhalt

Zusammenfassung	1
1 Use Cases aus der Chemieindustrie	4
2 Use Cases aus dem Maschinenbau	20
3 Use Cases aus der Messtechnik	25
4 Use Cases aus der Kunststoffindustrie	30
5 Use Cases aus der Energiewirtschaft	33
6 Use Cases aus der Automobilindustrie	38
7 Use Cases aus der Informationstechnik	40
8 Use Cases aus der Pharmaindustrie	42
9 Use Case aus der Stahlindustrie	44
10 Use Case aus dem Bergbau	45
11 Use Case aus der Wasserwirtschaft	46
12 Use Case aus der Papierindustrie	47
13 Use Case aus der Lebensmittelindustrie	48
14 Use Case aus der Finanzwirtschaft	49
15 Use Case aus der Telekommunikation	50
16 Use Case aus der optischen Messtechnik	51
Autoren	52

1 Use Cases aus der Chemieindustrie

1.1 Use Case 1



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Herstellung von Superabsorber

Ziel

Maximierung des Durchsatzes bei Einhaltung des Vernetzungsgrads

Eingangsdaten

Rohstoffeigenschaften, Rohstoffdosierungen,

Prozessparameter

Ausgangsdaten

Vernetzungsgrad, Rheologie, Wasseraufnahmefähigkeit

Stückzahl/Menge

40 t pro Tag

Situation

- n Superabsorber ist in Windeln, Damenbinden usw. als Wasserbinder enthalten.
- n Die wichtigen molekularen Eigenschaften des Produkts (Vernetzung, Wasseraufnahme) können nur zeitaufwendig im Labor bestimmt werden.
- n Anlage wird nicht bei maximalem Durchsatz gefahren, um Spezifikationsgrenzen nicht zu verletzen.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose der Eigenschaften des Superabsorbers aufgrund leicht messbarer Prozessbedingungen und bekannter Eigenschaften der Rohstoffe.

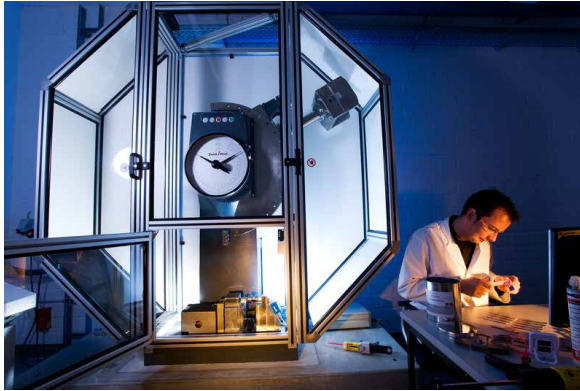
Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevante Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Mehrgrößenoptimierer mit genetischem Algorithmus

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Zielgrößen des Prozesses
- n Maximierung des Ausstoßes durch dichteres Heranfahren an die erlaubten Spezifikationsgrenzen
- n Reduktion der relativen Produktionskosten um 8,5 %

1.2 Use Case 2



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Herstellung von Silicon

Ziel

Einhaltung Zielviskosität, Minimierung HCL-Gehalt

Eingangsdaten

Rohstoffeigenschaften, Rohstoffdosierungen,
Prozessparameter

Ausgangsdaten

HCL-Gehalt, Viskosität

Stückzahl / Menge

90 t pro Tag

Situation

- n Silicon ist ein wichtiger wasserabweisender Kunststoff für den Baubereich und in der Medizin.
- n Der HCL-Gehalt und die Viskosität sind wichtig, ersterer bestimmt die Stabilität und zweiter die Verarbeitbarkeit.
- n Beide Größen schwanken und können nur im Labor genau bestimmt werden.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose der Zielgrößen mit einem Modell, um den Prozess mit diesem Modell gezielt immer optimal betreiben zu können

Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Mehrgrößenoptimierer mit genetischem Algorithmus

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Zielgrößen des Prozesses
- n Maximierung des Ausstoßes durch dichteres Heranfahren an die erlaubten Spezifikationsgrenzen
- n Reduktion der Produktion außerhalb der Spezifikation von 15 % auf 2 %
- n Steigerung der Anlagenproduktivität um ca. 12 %

1.3 Use Case 3



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Herstellung von Latizes

Ziel

Einhaltung Feststoffgehalt, Molekülgröße, Stabilität

Eingangsdaten

Rohstoffeigenschaften, Rohstoffdosierungen, Prozessparameter

Ausgangsdaten

Qualitätsgrößen

Stückzahl / Menge

45 t pro Tag

Situation

- n Latizes sind in Wasser dispergierte Polymere für Farben, Papierbeschichtungen und Oberflächenveredelung.
- n Die Herstellung erfolgt in Batchreaktoren.

- n Identische Batches brauchen unterschiedlich lange (bis 70 % Unterschiede).
- n Die Spezifikationen werden nur in 70 % der Batches eingehalten.
- n Mehrfach im Jahr kommt es zu Polymerisationen der Reaktoren, die mit Presslufthammer freigelegt werden müssen.
- n Die Betriebe haben die Prozesse in keiner Weise im Griff.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose der Zielgrößen mit Modellen, um den Prozess mit diesem Modell gezielt immer optimal betreiben zu können und Probleme und Fehlchargen sicher zu vermeiden und die Batchlaufzeiten zu vergleichmäßigen.

Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Mehrgrößenoptimierer mit genetischem Algorithmus

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Zielgrößen des Prozesses.
- n Maximierung des Ausstoßes durch dichteres Heranfahren an die erlaubten Spezifikationsgrenzen.
- n Verringerung der mittleren Batchlaufzeiten um 30%.
- n Einhaltung der Spezifikationsgrenzen in 90 % der Batches (vorher 70 %)

1.4 Use Case 4



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Herstellung von Lichtschutzmittel

Ziel

Reduzierung Laboranalysen

Eingangsdaten

Rohstoffeigenschaften, Rohstoffdosierungen,
Prozessparameter

Ausgangsdaten

Nebenproduktmenge

Stückzahl / Menge

10 t pro Tag

Situation

- n Lichtschutzmittel werden Polymeren zugesetzt, um diese gegen UV Licht zu härten und deren Zerfall im Freien erheblich zu verlangsamen.
- n Bei der Herstellung entsteht ein Nebenprodukt, das den Effekt stört.
- n Die Nebenproduktkonzentration im Lichtschutzmittel darf 0,6 % nicht übersteigen.
- n Da die Grenze immer wieder verletzt wird, sind aufwändige Laboranalysen notwendig (alle zwei Stunden für 600 Euro pro Analyse).
- n Nachts und am Wochenende findet keine Beprobung statt, sodass große Lagerkapazitäten gebunden werden.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose der Nebenproduktmenge aus den Produktionsdaten und den Rohstoffmerkmalen zu ermöglichen, um die Häufigkeit der Laboranalysen erheblich zu verringern

Action

- n Aufzeichnen von Prozessdaten mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Eingänge des Modells (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Modellprognose wird zur Freigabe verwendet statt einer Laboranalyse.

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Nebenproduktmenge ist sehr genau.
- n Reduktion der Laboranalysen auf eine Stichprobe pro Werktag
- n Kosteneinsparung 1,9 Mio. Euro pro Jahr

1.5 Use Case 5



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Herstellung von organischem Farbpigment

Ziel

Maximierung Ausbeute bei Einhaltung von fünf QS-Größen

Eingangsdaten

Rohstoffeigenschaften, Rohstoffdosierungen, Prozessparameter

Ausgangsdaten

Farbe, Korngrößenverteilung, Strukturparameter usw.

Stückzahl / Menge

12 t pro Tag

Situation

- n Farbpigmente werden häufig in Batchprozessen hergestellt.
- n Komplexe organische Pigmente sind sehr anfällig für Schwankungen im Prozess.
- n Der Hersteller hat bis zu 30 % Fehlchargen mit Farbabweichungen.
- n Die Zielgrößen hängen von messbaren und bekannten Prozessgrößen ab.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose der Eigenschaften des Pigments aufgrund leicht messbarer Prozessbedingungen und bekannter Eigenschaften der Rohstoffe.

Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Mehrgrößenoptimierer mit genetischem Algorithmus

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Zielgrößen des Prozesses
- n Präzise Führung der Prozessparameter aufgrund der Prognosen des neuronalen Prozessmodells
- n Reduktion der Fehlchargen auf die Hälfte (15 %)

1.6 Use Case 6



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Herstellung von Eisenoxid Farbpigment

Ziel

Maximierung Ausbeute bei Einhaltung der Farbwerte

Eingangsdaten

Rohstoffeigenschaften, Rohstoffdosierungen, Prozessparameter

Ausgangsdaten

Farbe, Korngrößenverteilung, Strukturparameter usw.

Stückzahl / Menge

100 t pro Tag

Situation

- n Eisenoxid-Pigment wird aus Roheisen, Salzsäure und Natronlauge in Batchprozessen als Niederschlag gefällt.
- n Die Farben reichen von hellrot über Ocker bis Schwarz und sind sehr sensitiv gegenüber Schwankungen der Bedingungen im Prozess.

- n Der Hersteller hat fast keine Kontrolle über die genaue Farbe, lagert riesige Mengen („Kongobatches“) und mischt aufwendig die Zielfarben zu-recht.
- n Die Kosten sind so hoch, das asiatische Billiganbieter das Produkt erheblich preiswerter anbieten können.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose der Farbe des Pigments aufgrund leicht messbarer Prozessbedingungen und bekannter Eigenschaften der Rohstoffe und die gezielte Herstellung von exakten Farbnuancen und Farbtönen

Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Mehrgrößenoptimierer mit genetischem Algorithmus

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Farbwerte des Pigments
- n Präzise Führung der Batch-Prozessparameter aufgrund der Prognosen des neuronalen Prozessmodells
- n Gezielte Produktion gewünschter Farben mit durchschnittlichen Schwankungen kleiner 2 % (vorher 23 %)

1.7 Use Case 7



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Herstellung von ESO (epoxyliertes Sojabohnenöl)

Ziel

- n Maximierung Ertrag bei Einhaltung Spezifikation
- n Eingangsdaten
- n Rohstoffeigenschaften, Rohstoffdosierungen, Prozessparameter

Ausgangsdaten

Säurezahl, Oxiranzahl, Jodzahl

Stückzahl / Menge

20 t pro Tag

Situation

- n ESO ist ein wichtiger biokonformer Weichmacher.
- n Die Herstellung erfolgt in kaskadierten Reaktoren in der Flüssigphase.
- n Es sind mehrere Spezifikationsgrenzen für v. a. Oxiranzahl und Jodzahl einzuhalten.

- n Sojaöl ist ein Naturprodukt mit schwankenden Eigenschaften.
- n Der Prozess kann entweder unwirtschaftlicher und schnell oder wirtschaftlicher, aber mit weniger Ausstoß gefahren werden.
- n Der Betreiber kann den Prozess nur empirisch fahren, wünscht aber eine präzise optimierte Steuerung.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose der Eigenschaften der Reaktorkaskade aufgrund leicht messbarer Prozessbedingungen und Dosierungen, sowie Eigenschaften der Rohstoffe

Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Mehrgrößenoptimierer mit genetischem Algorithmus

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Zielgrößen des Prozesses
- n Maximierung des Produktausstoßes durch dichteres Heranfahren an Spezifikationsgrenzen
- n Reduktion der Produktionskosten um 6 % oder Ausstoßerhöhung um 20 %

1.8 Use Case 8



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Herstellung eines Acrylsäureaddukts (Batch)

Ziel

Überwachung Reaktorkühlung

Eingangsdaten

Kühlmediumtemperaturen, Durchflüsse, Reaktorlevel, Vorlauftemperatur

Ausgangsdaten

Temperatur Reaktorabzug

Stückzahl / Menge

40 t pro Tag

Situation

- n Acrylsäure ist ein wichtiger Rohstoff für Acrylglas.
- n Der Reaktor unterliegt starkem Fouling, verschmutzt also permanent.
- n Das Fouling ist nicht leicht messbar und berechenbar, da es sich hier um ein Batchprozess handelt und der Wärmeübergang sich ständig ändert.

Task

Das Ziel des Projekts ist die Erstellung eines Modells, das mit dem Prozess verglichen werden kann, um das Fouling zu berechnen. Das Modell wird wegen der Dynamik stark streuen, stimmt aber im Mittel sehr genau.

Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen über Mittelwerte
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung, dort Berechnung langfristiger Mittelwerte (CSUM) über mehrere Batches
- n Ständiger Vergleich der Modellmittelwerte mit den echten Mittelwerten

Result

- n Neuronales Modell und nachgeschaltete CSUM-Analyse mit exakter Aussage über den Grad des Foulings
- n Prognose einer notwendigen Abstellung mit hoher Genauigkeit
- n Reduktion der ungeplanten Abstellungen um 15 %

1.9 Use Case 9



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Herstellung von Ammoniak

Ziel

Minimierung der Energiekosten

Eingangsdaten

Rohgasmix, Dosierungen, Kompressorparameter, Drücke, Temperaturen

Ausgangsdaten

Ausbeute t/MHh Strom

Stückzahl / Menge

440 t pro Tag

Situation

- n Ammoniak ist ein wichtiger Rohstoff für Dünger, Kunststoffe usw.
- n Die Herstellung erfolgt aus Synthesegas und Stickstoff unter sehr hohem Druck an Katalysatoren.
- n Die Anlagen sind sehr komplex und es gibt viele Freiheitsgrade.
- n Der größte Kostenfaktor ist der Strom für die Kompressoren zum Kühlen und Verdichten des Gases.
- n Die Kosten pro Tonne schwanken um bis zu $\pm 15\%$, da der Betrieb von Hand selten das Optimum findet.

Task

Das Ziel des Projekts ist die Reduzierung des relativen Energieverbrauchs in jeder Betriebssituation. Dazu sind ein Prozessmodell zu erstellen und ein präziser Optimierer.

Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Mehrgrößenoptimierer mit genetischem Algorithmus

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor des Energieverbrauchs des Prozesses
- n Maximierung des Ertrags pro kWh
- n Reduktion der Produktionskosten um 7 %

1.10 Use Case 10



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Luftzerlegungsanlagen

Ziel

Minimierung der Energiekosten

Eingangsdaten

Wetter, Kompressorparameter, Drücke, Temperaturen

Ausgangsdaten

Ausbeute t Argon/MHh Strom

Stückzahl / Menge

3 t Argon pro Tag

Situation

- n Luftzerlegungsanlagen erzeugen aus Luft flüssigen Stickstoff, Sauerstoff und Argon.
- n Argon ist ein wichtiges Produkt wegen des hohen Preises.
- n Der Prozess ist sehr energieaufwendig, da Luft durch Kühlung verflüssigt wird.
- n Die Kostenfunktion hängt von den Energiekosten und den Marktpreisen der einzelnen Flüssiggase ab und ist sehr komplex.
- n Die Anlagen sind vom Wetter (Temperatur, Regen) abhängig.

Task

Das Ziel des Projekts ist die genaue Prognose der Effizienz bezüglich der Trennung einzelner Gase und der energetischen Kosten durch ein Modell und die kontinuierliche Optimierung dieser Anlagen.

Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Mehrgrößentheorie mit genetischem Algorithmus

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor des Energieverbrauchs des Prozesses und der Effizienz bezüglich aller Gase
- n Maximierung des finanziellen Ertrags pro kWh
- n Steigerung des Ertrags um 2,1 %

1.11 Use Case 11



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Herstellung von Teer

Ziel

- n Maximierung Ausbeute bei Einhaltung von Spezifikationsgrenzen
- n Eingangsdaten
- n Rohstoffeigenschaften, Prozessparameter der Destillationskolonnen

Ausgangsdaten

Penetrationspunkt

Stückzahl / Menge

100 t pro Tag

Situation

- n Teer ist ein wichtiges Nebenprodukt der Raffinerie, z. B. für Straßenbau.
- n Der Penetrationspunkt ist nur aufwendig mit einem manuellen Verfahren zu messen (Sinkgeschwindigkeit eines Körpers bei bestimmter Temperatur im heißen Teer).
- n Anlage wird nicht immer bei maximalem Durchsatz gefahren, um Spezifikationsgrenzen nicht zu verletzen.
- n Die Zielgrößen hängen von messbaren und bekannten Prozessgrößen ab.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose der rheologischen Eigenschaften des Teers aufgrund leicht messbarer Prozessgrößen und bekannter Zusammensetzung der Rohstoffe (Mineralöl).

Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Mehrgrößenoptimierer mit genetischem Algorithmus

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor des Penetrationspunkts
- n Maximierung des Ausstoßes durch dichteres Heranfahren an Spezifikationsgrenzen
- n Reduktion der Energiekosten um ca. 2 %

1.12 Use Case 12



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Viskositätsprognose

Ziel

Prognose der Viskosität aus Daten eines Batchreaktors

Eingangsdaten

Rohstoffparameter, Rezepturen, Änderung der Rührerstromaufnahme, Temperaturverläufe

Ausgangsdaten

Viskosität vier Tage nach Produktion

Stückzahl / Menge

60 t/Tag

Situation

- n Duschgel wird in Batchreaktoren aus Rohstoffen angerührt und dann in Flaschen für den Endverbraucher abgefüllt.
- n Die endgültige Viskosität stellt sich im Produkt erst nach vier Tagen ein.
- n Ist das Produkt dann fest wie Pudding oder dünnflüssig, werden ganze Chargen fertig verpacktes Produkt entsorgt.

Task

Das Ziel des Projekts ist die endgültige Viskosität des Duschgels im laufenden Batch vorherzusagen und auf diese Weise Fehlchargen zu vermeiden.

Action

- n Aufzeichnen von Batch-Werten mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Ausgabe der Viskosität als weiteren Messwert

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Viskosität nach vier Tagen
- n Genauigkeit ca. 1,2 %
- n Möglichkeit des Eingriffs kurz vor Batchende durch Zudosierung Stellmittel oder Kochsalz
- n Reduktion des Ausschusses auf fast 0 %

1.13 Use Case 13



Bild 1. (Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Schwefelwasserstoffwäsche

Ziel

Kostensenkung

Eingangsdaten

Gasanalysen, Prozessbedingungen, Adsorbensanalyse, Temperaturmessungen

Ausgangsdaten

H₂S-Gehalt am Abgas

Stückzahl / Menge

2.000 m³/Tag

Situation

- n In einer Synthesegasanlage entsteht im Rauchgas H₂S, ein giftiges Abgas.
- n Das H₂S wird mit einer chemischen Wäsche durch Sulfinol aus dem Abgas vollständig entfernt.
- n Dabei werden erhebliche Mengen Sulfinol verwendet, die teuer wieder aufbereitet werden müssen.
- n Die Sulfinolmenge soll reduziert werden, ohne die Abgasqualität zu reduzieren.

Task

Ziel des Projekts ist die Erstellung eines Modells zur präzisen Vorhersage der Schwefelwasserstoffkonzentration am Ende der Sulfinolwäsche in Abhängigkeit von diversen Prozessparametern des Waschturms bei Änderungen im Abgas und den Betriebsbedingungen. Mit diesem Modell soll Abweichungen vorbeugend entgegen gewirkt werden (prädiktive Regelung), um die jeweils minimale notwendige Sulfinolmenge einzusetzen.

Action

- n Aufzeichnen von Parametern und Temperaturen mit Zeitstempeln bei normaler Produktion und Durchführung vieler Analysen
- n Identifikation relevanter dauerhaft verfügbarer Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in eine die Regelung der Anlage

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der H₂S-Konzentration
- n Verringerung der Sulfinolmenge auf 40 %

1.14 Use Case 14



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Zementherstellung

Ziel

Optimieren der Produktqualität

Eingangsdaten

Motorleistung, Gaszufuhr, Rohstoffzufuhr, Temperaturen

Ausgangsdaten

Freier Kalkgehalt

Stückzahl/Menge

120 t/Tag

Situation

- n Zement wird in Drehrohröfen mit Luft im Gegenstrom aus Gesteinsmehl, Brennstoffen und Koksmehl gesintert.
- n Wesentliche Zielgröße ist der Gehalt an „freiem Kalk“. Dieser Laborwert hat eine Aussage über die Bindefähigkeit des Zements.
- n Der Freie Kalkgehalt darf einen Grenzwert nicht unterschreiten.
- n Gleichzeitig sind Emissionsgrenzen einzuhalten und der Anteil an kostengünstigen Sekundärbrennstoffen (Abfall wie Altreifen) soll maximiert werden bei minimalem Kokseneinsatz.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose des Freien Kalkgehalts mit einem Modell, um diesen genau steuern zu können bei Minimierung der Kosten und Einhaltung der Emissionsgrenzwerte.

Action

- n Aufzeichnen von allen wichtigen Parametern und Temperaturen mit Zeitstempeln bei normaler Produktion und vor dem Auftreten der Störungen
- n Identifikation relevanter dauerhaft verfügbarer Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen mit dem Ziel der Unterscheidung stabiler und instabiler Prozesszustände
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in eine Steuerung, die Ofendrehzahl, Materialzufuhr und Brennstoffzufuhr steuert

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor des freien Kalkgehalts
- n Reduktion der Produktionskosten um 6,5 %

1.15 Use Case 15



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Mahlen von Zementklinker

Ziel

Vermeidung von Störungen

Eingangsdaten

Motorleistung, Rohstoffzufuhr, Anpressdrücke, FFT von Geräuschen

Ausgangsdaten

„Plug-Index“

Stückzahl / Menge

120 t/Tag

Situation

- n Nachdem der Zementklinker aus dem Drehrohr-
ofen fällt, wird er mit einer Kugelmühle zu
Zementpulver zermahlen.
- n Es kommt häufig zu Störungen, da die Mühle sich
zusetzt.
- n Das Material der Mühle und die Getriebe werden
bei derartigen Störungen erheblich belastet und
geschädigt.
- n Die Mühle muss mühsame entleert und wieder neu
in Betrieb genommen werden.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose von
Störungen und die Vermeidung von Überlastsituatio-
nen.

Action

- n Aufzeichnen von allen wichtigen Parametern und
Temperaturen mit Zeitstempeln bei normaler Pro-
duktion und vor dem Auftreten der Störungen
- n Identifikation relevanter dauerhaft verfügbarer
Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen
künstlichen neuronalen Netzen mit dem Ziel der
Unterscheidung stabiler und instabiler Prozesszu-
stände
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“
in eine Steuerung, die sofort die Materialzufuhr
stoppt, bis die Mühle halb leer gefahren ist

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor des Stabilitäts-
index/Plug-Index
- n Reduktion der Häufigkeit ungeplanter Abstellun-
gen um 90 %

1.16 Use Case 16



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Chemieindustrie

Prozesse

Herstellung von Celluloseacetat Tow

Ziel

Reduzierung der Streuung des Feuchtegehalts

Eingangsdaten

Prozessdaten, Rohstoffdaten

Ausgangsdaten

Feuchtegehalt Fertigprodukt

Stückzahl / Menge

Dutzende Tonnen pro Tag

Situation

- n Sowohl ein zu hoher als auch zu niedriger Feuchtegehalt führt temporär beim Kunden zu massiven Produktionsproblemen. Dies verursacht hohen Kulanzkosten.
- n Der Herstellungsprozess liefert kontinuierlich alle notwendigen Prozessdaten.
- n Die für den Feuchtegehalt verantwortlichen signifikanten Eingangsfaktoren sind nicht bekannt.

Task

Das Ziel des Projekts ist die Reduktion der Streuung des Feuchtegehalts auf einen Zielwert zwischen 3 % und 7 %.

Action

- n Identifikation relevanter Prozessparameter (z. B. im Ishikawa-Diagramm)
- n Multiple lineare Regression zur Identifizierung signifikanter Eingangsgrößen
- n Statistische Versuchsplanung (Box-Behnken-Design)
- n Versuchsdurchführung

Modellbildung

- n Response-Optimierung
- n Validierung

Result

- n Nicht lineares Modell des Feuchtegehalts
- n Vorhersage der optimalen Prozessparameter
- n Deutliche Reduzierung des Feuchtegehalts um den Zielwert herum

2 Use Cases aus dem Maschinenbau

2.1 Use Case 17



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Maschinenbau

Prozesse

Beschichtung von Wendeschneidplatten

Ziel

Verkürzung Prozesszeit, Vorhersage Produktqualität

Eingangsdaten

Prozessparameter, Beschichtungsmaterial

Ausgangsdaten

Schichtdicke

Stückzahl/Menge

Hunderte Wendeschneidplatten pro Tag

Situation

- n Durch die Beschichtung von Wendeschneidplatten kann deren Verschleiß deutlich reduziert werden.
- n Der Schichtauftrag kann über verschiedene Prozessparameter gesteuert werden und hängt unter anderem vom eingesetzten Material ab.
- n Da für die Geschwindigkeit des Schichtauftrags kein Modell existiert, müssen die Wendeschneidplatten immer wieder aus dem Beschichtungsautomaten entnommen und die Schichtdicke gemessen werden.

Task

Das Ziel des Projekts ist die Reduktion der Durchlaufzeit für diesen Fertigungsprozess durch eine sichere Vorhersage der Schichtdicke in Abhängigkeit von den gewählten Prozessparametern, die eine wiederholte Entnahme der Wendeschneidplatten unnötig macht.

Action

- n Identifikation relevanter Prozessparameter (z. B. im Ishikawa-Diagramm)
 - Beschreibung des Parameterraums (Variation der Parameter)
 - statische Versuchsplanung
 - Versuchsdurchführung
 - Modellbildung
 - Validierung

Result

- n Black-Box-Modell des Beschichtungsprozesses
- n Vorhersage der optimalen Prozessparameter und der Zunahme der Schichtdicke über die Zeit
- n Signifikante Reduktion der Prozesszeit

2.2 Use Case 18



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Maschinenbau

Prozesse

Webprozess

Ziel

Verkürzung Rüst-/Einstellzeit, Optimierung des Arbeitspunkts

Eingangsdaten

- n Prozessparameter
- n Material- und Artikeldaten
- n Nutzerpräferenzen

Ausgangsdaten

- n Vorhersage Wirkungsgrad
- n Optimale Maschineneinstellung

Stückzahl/Menge

Umsatz der deutschen Gewebeproduktion
1,8 Mrd. €/a

Situation

- n Gewebeproduktion in Deutschland als Hochlohnland steht der Herausforderung kleiner werdender Losgrößen bei steigender Produktvielfalt gegenüber.
- n Durch den demografischen Wandel scheiden erfahrene Mitarbeiter aus Betrieben aus. Junge, unerfahrene Mitarbeiter können die steigenden Marktanforderungen nicht tragen.

Task

Das Ziel des Projekts ist die Sammlung von Daten der ganzheitlichen Sensor-Infrastruktur einer Webmaschine. Intelligente Algorithmen werten die Prozessdaten aus, um den optimalen Arbeitspunkt der Webmaschine beispielsweise hinsichtlich Gewebequalität, Produktivität und Energieverbrauch zu berechnen. Aspekte der vorbeugenden Instandhaltung und Selbstheilung der Webmaschine werden berücksichtigt.

Action

- n Prozessanalyse: Welche Daten/Sensoren werden benötigt?
- n Datenauswertung: Entwicklung echtzeitfähiger Algorithmen
- n Schnittstellen: Implementierung einer Kommunikationsstrategie zwischen Sensorik/Aktorik/Algorithmen mit kurzen Antwortzeiten
- n Akzeptanz: Gestaltung nutzbarer und selbsterklärender Mensch-Maschine-Schnittstellen

Result

- n Verbesserung der Prozessstabilität und Produktivität
- n Senkung der Maschinenausfälle und Ausschusskosten
- n Adaptives und kognitives System zur schnellen Anpassung an Artikelwechsel

2.3 Use Case 19



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Maschinenbau

Prozesse

Verschiedene

Ziel

- n Erhöhung der Sicherheit
- n Verkürzung der Standzeit
- n Planung von Wartung

Eingangsdaten

Sensorwerte aus dem Prozess

Ausgangsdaten

Sensorwerte aus dem Prozess

Stückzahl / Menge

50 pro Modell, mehrere Modelle pro Anwendungsmöglichkeit

Situation

- n Fehlerhafte Sensoren können nicht ohne Weiteres erkannt werden. Ein Ausfall eines Sensors kann den Stillstand der gesamten Anlage bedeuten.
- n Ein Anlagenstillstand bedeutet einen hohen finanziellen Schaden
- n Durch fehlerhafte Sensoren falsch interpretierte Situationen können Unfälle und Katastrophen provozieren.

Task

Das Ziel des Projekts ist die Erstellung einer Applikation, die die Validierung von Sensorwerten durch eine genaue Vorhersage ermöglicht.

Action

- n Modifikation der Prototypen
- n Identifikation relevanter Modellcharakteristika
- n Erstellung mehrerer Modelle für eine Beispielanlage

Result

Das Beispielprojekt hat in der Vorhersage der Sensorwerte einen Fehler von ± 1 % erzielt.

2.4 Use Case 20



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Maschinenbau

Prozesse

Entwicklung von Fräswerkzeugen

Ziel

- n Optimierung von Werkzeugmodellen
- n Erstellung von Werkzeugbibliotheken

Eingangsdaten

- n Sensordaten: Vibration, Temperatur ...
- n Maschinen und Werkstoffdaten: Material, Spindeldrehzahl, Vorschub ...

Ausgangsdaten

Werkzeugmodeldaten, Meta-Daten

Situation

- n Optimale materialabhängige Vorschubdaten beeinflussen im Fräsprozess die Produktivität eines Bearbeitungszentrums.
- n Schnelle Abnutzung des Werkzeugs vermindert die Produktivität durch erhöhte Anzahl von Werkzeugwechseln.

Task

Ziel des Data-Stream-Management-Projekts ist es:

- n Abhängigkeiten und deren Auswirkungen im Fräsprozess in Echtzeit zu berechnen
- n über die Online-Anbindung einer großen Anzahl von produzierenden Fräsmaschinen die bestehenden Werkzeugmodelle in der Entwicklung zu optimieren
- n zusätzliche Services anzubieten, die neben Werkzeug-Bibliotheken optimale materialabhängige Einstelldaten für Fräsmaschinensteuerungen Werkzeugbezogen beinhalten

Action

- n Echtzeitverarbeitung von Sensor und Maschinendaten anhand von vorgegeben Algorithmen
- n Grenzwertüberwachung
- n Trendanalysen
- n Visuelle Kollaboration selektierter Datenströme
- n IPR-Schutzmechanismen beim Zugriff auf Datenströme und Meta-Daten (Algorithmen)
- n Modellbildung
- n Validierung

Result

- n Optimierung von Werkzeugdesigns im Entwicklungsstadium
- n Ermöglichung von serviceorientierten Geschäftsmodellen im Bereich Werkzeugparameter

2.5 Use Case



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Maschinenbau

Prozesse

Betrieb von Hydromotorsystemen

Ziel

- n Sicherstellung der Verfügbarkeit
- n Reduzierung von Sicherheitszuschlägen bei der Dimensionierung

Eingangsdaten

Sensordaten: Druck, Temperatur, Viskosität

Ausgangsdaten

Trendanalyse-Daten, Alarme, Grenzwertverletzungen, Data-Stream-Aufzeichnungen als Historie im Fehlerfall

Situation

- n Auswahl von Motoren Dimensionierungen erfolgt über Preislistenitems.
- n Maintenance-Planungen erfolgen nach festgelegten Schemen.
- n Reparaturen erzeugen oft Folgeschäden mit längeren Stillstandzeiten.

Task

- n Bei der Projektierung von großen Anlagen, die höchste Verfügbarkeit bedingen, werden überproportionale Sicherheitszuschläge verwendet. Diese sollen reduziert werden.
- n Wartungsarbeiten sollen zusammengefasst werden und bedarfsorientiert erfolgen.
- n Im Fehlerfall soll eine Schnellabschaltung Folgeschäden mit längeren Ausfallzeiten verhindern.

Action

- n Echtzeitverarbeitung von Sensor- und Hydraulikdaten anhand von vorgegeben Algorithmen
- n Grenzwertüberwachung
- n Trendanalysen
- n Visuelle Kollaboration selektierter Datenströme zwischen dem lokalen und zentralen Servicepersonal
- n Abschaltung und Not-Halt im Fehlerfall
- n Speicherung von Sensordaten in einem Fenster vor erkannten Fehlern zur weiteren Validierung in der Zentrale
- n Information der Service-Leitstelle bei fehlerhaften Trends oder Wartungsanforderungen

Result

- n Ermöglichung von serviceorientierten Geschäftsmodellen, bei denen Drehmoment in vorgegebenen Bauformen mit vertraglich festgelegter Verfügbarkeit verkauft werden sollen
- n „condition based maintenance“

3 Use Cases aus der Messtechnik

3.1 Use Case 22



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Messtechnik

Prozesse

Instandhaltung von Koordinatenmessgeräten (KMG)

Ziel

- n Optimales Wartungsintervall
- n Minimierte Standzeiten

Eingangsdaten

Sensordaten, Temperaturen, Fahrwege, Tasternutzung

Ausgangsdaten

Wartungstermin, Komponentenzustand, Ausfallwahrscheinlichkeiten

Stückzahl / Menge

Tausende von KMG pro Jahr

Situation

Durch die Verwendung eines KMG zum Messen können unterschiedliche Komponenten schneller oder langsamer verschleßen. Um den fehlerfreien Betrieb zu gewährleisten, wird in regelmäßigen Intervallen eine umfassende Wartung durch den Hersteller durchgeführt und gegebenenfalls Teile ausgetauscht oder neu kalibriert. Das KMG kann während dieser Zeit nicht genutzt werden.

Task

Zahlreiche Betriebsdaten können während der Nutzung des KMG von den unterschiedlichen Sensoren der Maschine gesammelt werden (Fahrwege der Achsen, Temperaturen, Tasternutzung usw.), aber auch Messungenauigkeiten beim Ablauf der Messprogramme können ermittelt werden.

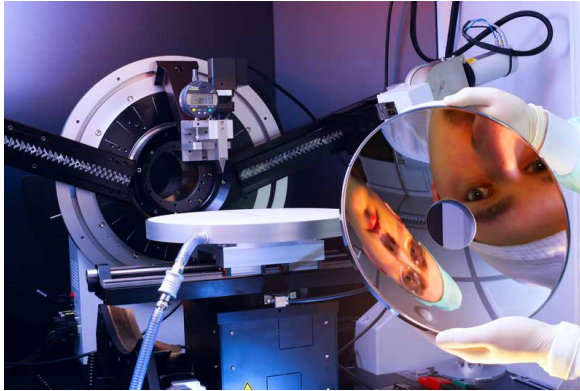
Action

- n Identifikation relevanter Sensordaten und Parameter der Prüfpplanauswertung (z. B. Clusteranalyse der Daten und Korrelation zu Ausfällen oder Messungenauigkeiten, Mustererkennung in den Sensordaten)
- n Modellieren der Datenabhängigkeit mit oder ohne Hilfe der Erfahrungen der Wartungstechniker
- n Ableiten von Heuristiken
- n Validierung des Modells an KMG, die im Feld eingesetzt werden

Result

- n Modell, das die auftretenden Fehler pro Komponente in Abhängigkeit von den Daten aus den Messprozessen und Sensordaten darstellt
- n Vorhersage von Ausfallwahrscheinlichkeiten pro relevanter Komponente der Maschine
- n Klassifizierung der Ausfall- und Fehlerwahrscheinlichkeiten in Hinblick auf die Erfordernis einer Wartungstätigkeit

3.2 Use Case 23



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Messtechnik

Prozesse

Inline-Messung

Ziel

Schnellere Inline-Messungen durch intelligente Selektion relevanter Merkmale

Eingangsdaten

Prüfplandaten mit CAD-Modell, Prüfmerkmalen und -elementen, Toleranzen, Reports mit Messergebnissen für verschiedene Prüflinge, Fertigungsdaten

Ausgangsdaten

Dynamischer Messablauf

Stückzahl/Menge

Tausende Prüflinge täglich

Situation

Oft können aufgrund von Taktzeitvorgaben nur Stichproben gemessen werden. Dabei wird für jede Art von Prüfling ein statischer Prüfplan verwendet, sodass auch Merkmale gemessen werden, die kaum fehleranfällig sind. Eine intelligente Selektion von Merkmalen könnte die Messung beschleunigen und eine optimale Abdeckung qualitätsrelevanter Prüfmerkmale und Prüflinge ermöglichen.

Task

Messergebnisse aller Prüflinge werden in einer gemeinsamen Datenbank abgelegt. Es kann gegebenenfalls unterschieden werden, von welcher Produktionslinie ein Prüfling stammt. Nun müssten Trends in den Messergebnissen nach Produktionslinie, Ausgangsmaterial, Messmaschine und Daten des Fertigungsprozesses erkannt werden, um dynamisch die Merkmale und Prüflinge zu messen, die im Verdacht stehen außer Toleranz zu sein.

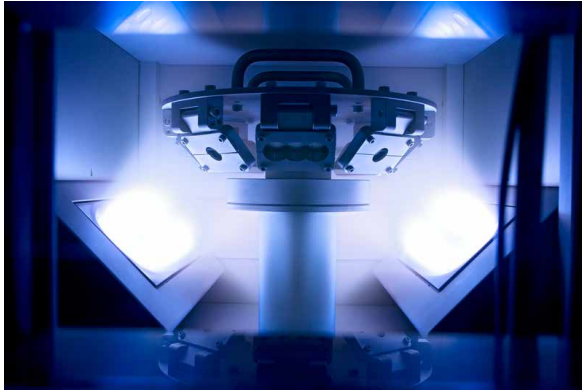
Action

- n Identifikation weiterer relevanter Eingangsdaten, neben den Prüfergebnissen
- n Statistische Auswertung von Messreihen gegebenenfalls getrennt nach Prüfplan, Messmaschine und Prüfmerkmal, unter Umständen aber auch gemeinsame Auswertung
- n Definition eines Konfidenzintervalls zur Klassifizierung in zu prüfende und „sichere“ Prüfmerkmale/Prüflinge/Produktionslinien
- n Automatische Herleitung der optimalen Häufigkeit von Nachprüfungen von als „sicher“ klassifizierten Prüfmerkmalen/Prüflingen/Produktionslinien

Result

Dynamisches Messprogramm, das zunächst verdächtige Prüfmerkmale identifiziert, und mit dieser Information schneller und gegebenenfalls mit höherer Sicherheit messen kann (mehr Stichproben von verdächtigen Merkmalen in der gleichen Zeit)

3.3 Use Case 24



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Messtechnik

Prozesse

Qualitätskontrolle in der Fertigung

Ziel

Optimierung der Fertigungsparameter

Eingangsdaten

CAD-Modelle, Daten der Fertigung, Historie des Prüflings, Messreport mit Toleranzüberschreitungen

Ausgangsdaten

Identifikation des relevanten Fertigungsschritts, Steuerdaten für die Fertigung

Stückzahl/Menge

Tausende Prüflinge täglich

Situation

Bei der Vermessung von Prüflingen in der Fertigungsline können Prüfmerkmale identifiziert werden, die vorgegebene Toleranzen überschreiten. Meist werden die resultierenden Messprotokolle vom Werker verwendet, Ausschuss zu identifizieren. Durch Auswertung der Fertigungsdaten könnte aber automatisch identifiziert werden, in welchem Fertigungsschritt Abweichungen auftraten. Die Fertigungsparameter könnten angepasst und an entsprechende Stelle kommuniziert werden, um den Prozess anzupassen und dynamisch auf Abweichungen reagieren zu können.

Task

Korrelationen zwischen Toleranzüberschreitungen und Parametern eines Fertigungsschritts finden. Optimierungen betroffener Parameter bestimmen und an entsprechende Einheit kommunizieren. Nachprüfung vornehmen und gegebenenfalls weiter optimieren.

Action

- n Identifikation von Korrelationen zwischen Fehlern und Parametern aus der Fertigung, unter Berücksichtigung von Abweichungen, die sich aus dem Zustand und den Unsicherheiten der Messmaschine ergeben können
- n Modellierung der Abhängigkeit zwischen Änderungen der Parameter und der Fehlerwerte einzelner Prüfmerkmale
- n Realisierung einer Optimierung der Parameter anhand des Abhängigkeitsmodells

Result

- n Autonome Fertigungsline, die Einstellungen anhand von Ergebnissen der Qualitätskontrolle selbstständig optimiert
- n Vorhersage von Ungenauigkeiten in Abhängigkeit von Fertigungsparametern
- n Fertigung von Produkten mit maximaler Präzision, unabhängig von Umgebungsparametern (Temperatur/Luftfeuchtigkeit/eingesetzte Maschine usw.)

3.4 Use Case 25



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Messtechnik

Prozesse

Qualitätskontrolle und -analyse

Ziel

Analyse von Prozesszusammenhängen

Eingangsdaten

Prozessdaten und Messdaten

Ausgangsdaten

Aufbereitete Daten, Visualisierung von Korrelationen, Statistische Analyse von Abhängigkeiten

Stückzahl / Menge

Daten von zahlreichen Fertigungsanlagen und Messmaschinen, gegebenenfalls aus mehreren Shopfloors (möglicherweise mehrere Terabyte täglich)

Situation

Die bei der Produktion und Messung anfallenden Daten werden teilweise nur gespeichert und ansatzweise auch grafisch aufbereitet. So lassen sich beispielsweise Toleranzüberschreitungen eines Prüfmerkmals über einen längeren Zeitraum hinweg darstellen, um einen Trend zu ermitteln. Es fehlen aber oft noch Methoden, um Korrelationen zwischen verschiedenen Verläufen zu analysieren und auszuwerten.

Task

Korrelationen zwischen Fertigungs- und Messdaten sowie der Produktionsumgebung im zeitlichen Verlauf erkennen. Diese dann analysieren, grafisch aufbereiten und Schlussfolgerungen ziehen, z. B. Verschlechterung von Messergebnissen in dem Monaten Juli/August, bezogen auf das Merkmal eines Prüflings aus einer bestimmten Fertigungsanlage.

Folgerung: Die Anlage ist fehleranfällig bei höheren Temperaturen (im Sommer), und eine Eigenschaft wird dadurch regelmäßig ungenau gefertigt.

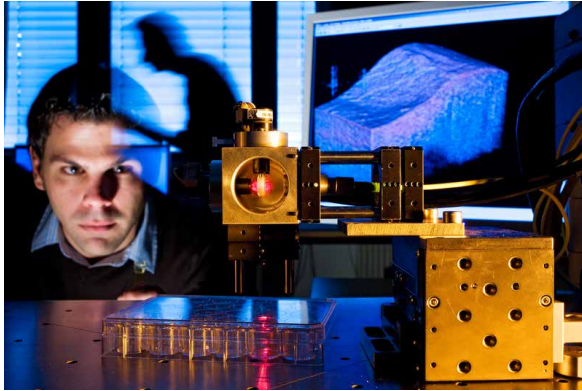
Action

- n Sammeln aller relevanten Daten der Fertigungs- und Messprozesse
- n Identifikation von Korrelationen zwischen den Daten
- n Modellierung der statistischen Abhängigkeit zwischen den Daten in Hinblick auf mögliche Schlussfolgerungen
- n Visualisierung von Verlaufsreihen und Korrelationen, automatische Extraktion der wichtigen Daten für die Visualisierung
- n Rückverfolgung von Beobachtungen, um auf zugrunde liegende Ursachen zu schließen

Result

- n Komplexe statistische Auswertemöglichkeiten über längere Zeiträume
- n Vorschläge für mögliche Ursachen ausgewählter Beobachtungen, z. B. Toleranzüberschreitungen von Messungen

3.5 Use Case 26



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Messtechnik

Prozesse

Viskositätsmessung

Ziel

Berechnung der Viskosität aus Daten eines Ultraschall-Durchflussmessgeräts

Eingangsdaten

Schallgeschwindigkeiten, Signalform, Temperaturen

Ausgangsdaten

Viskosität

Situation

- n Mehrere industrielle Anbieter bauen Durchflussmessgeräte auf Ultraschallbasis.
- n Die Geräte produzieren interne Daten wie die Verformung des Signals und Temperaturen.
- n Aus den Signalen im Gerät lässt sich mit einem datengetriebenen Modell die Viskosität des gemessenen Mediums berechnen.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Messung der Viskosität mit einem Durchflussmessgerät.

Action

- n Aufzeichnen von internen Werten mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Ausgabe der Viskosität als weiteren Messwert

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Viskosität
- n Genauigkeit ca. 0,5 %

4 Use Cases aus der Kunststoffindustrie

4.1 Use Case 27



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Kunststoffindustrie

Prozesse

Compoundierung

Ziel

Vorhersage Schmelzeviskosität

Eingangsdaten

Prozessparameter, Materialsystem

Ausgangsdaten

Schmelzeviskosität

Situation

- n Die Viskosität ermöglicht als Qualitätsgröße eine Aussage über Rheologie und damit über die Verarbeitbarkeit des Materials.
- n Offline-Messungen finden nur mit starkem zeitlichem Verzug statt und ermöglichen keine prozessnahe Qualitätskontrolle.
- n Online-Rheometer sind nur als Bypass-Lösung vorhanden und für hochgefüllte und/oder abrasive Materialien ungeeignet sowie teuer in der Anschaffung und Wartung.

Task

Das Ziel des Projekts ist es, die Schmelzeviskosität während der Compoundierung anhand der Prozessparameter berechnen zu können und das Modell auf Robustheit gegen äußere Einflüsse (u. a. Chargenwechsel) zu validieren sowie weitere mögliche Anwendungsfälle (z. B. das Erkennen bzw. Überwachen von Maschinenverschleiß) zu untersuchen.

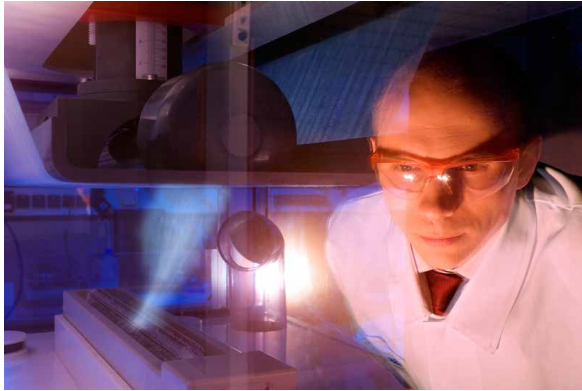
Action

- n Aufzeichnen von Prozess- und Qualitätszuständen
- n Ermitteln der modellrelevanten Prozessgrößen
- n Modellbildung
- n Validierung mit unabhängigen Daten
- n Implementierung in die Compoundieranlage

Result

- n Modell zur Echtzeitberechnung der Viskosität während des Compoundierprozess
- n Vorhersage der Schmelzeviskosität während der Compoundierung möglich

4.2 Use Case 28



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Kunststoffindustrie

Prozesse

PE-Xa Rohrextrusion

Ziel

Vorhersage Vernetzungsgrad, Vorhersage Schrumpf

Eingangsdaten

- n Prozessparameter
- n Materialsystem
- n Werkzeugeinstellungen

Ausgangsdaten

- n Vernetzungsgrad
- n Schrumpf

Situation

- n PE-Xa-Rohre kommen im Baugewerbe häufig an schwer zugänglichen Stellen zum Einsatz und müssen daher viele Jahre sicher dicht bleiben.
- n Formstabile Produktion ist für gleichbleibende geometrische Abmaße (Rohrdurchmesser, Wandstärke) und Aussagen bezüglich wärmespezifischer Eigenspannungen wichtig.
- n Die Labormessungen der Qualitätsgrößen benötigen zur Probenpräparation und Durchführung einen enormen Arbeits- und Zeitaufwand (ca. 1 Tag/Messung).
- n Online-Messungen des Vernetzungsgrads sind derzeit nur für bestimmte Materialtypen und dünnwandige Rohre vorhanden.

Task

Das Ziel des Projekts ist es, den Vernetzungsgrad und Schrumpf prozessnah zu überwachen, sodass eine 100%- Kontrolle und ein Steuerkreis ermöglicht werden können. Dies soll zu einem sicheren Betrieb der Anlage und Vermeidung von Reklamationen und Schadensfällen beitragen.

Action

- n Aufzeichnen von Prozess- und Qualitätszuständen
- n Ermitteln der modellrelevanten Prozessgrößen
- n Modellbildung
- n Validierung mit unabhängigen Daten
- n Implementierung in die Extrusionsanlage

Result

- n Modell zur Echtzeitberechnung von Vernetzungsgrad und Schrumpf
- n Vorhersage von Vernetzungsgrad und Schrumpf während der Rohr-Extrusion
- n Realisierung eines Steuerkreises

4.3 Use Case 29



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Kunststoffindustrie

Prozesse

Polypropylen-Extrusion

Ziel

Katalysatordosierung Vorhersage MFI

Eingangsdaten

Prozessparameter, Stromaufnahme Motoren, Rezeptur

Ausgangsdaten

MFI (Schmelzflussviskosität)

Stückzahl / Menge

60 t/d

Situation

- n Der wichtige Qualitätsparameter MFI (Schmelzflussfähigkeit, eine Art temperaturabhängige Viskosität) kann nur im Labor genau ermittelt werden.
- n Online-Rheometer zur MFI-Messung sind instabil und unzuverlässig, teuer in Wartung, permanente Eichungen sind notwendig, Systeme verstopfen usw.
- n Der Extruder ist im Prinzip auch eine Art Rheometer, da er das Material knetet und dazu Energie aufwenden muss, die von der Zähigkeit abhängt.

Task

Das Ziel des Projekts ist die Online-Messdaten des Extruders mit einem datengetriebenen Modell zu MFI-Werten zu verrechnen, die genauso präzise sind wie Laboranalysen und mit diesem Modell den Katalysator zu steuern.

Action

- n Aufzeichnen von Laborwerten mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Prozessparameter (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Regler für Katalysator

Result

- n Neuronales Modell des Extrusionsprozesses
- n Vorhersage der Qualität vor Ausgabe des Produkts aus dem Extruder
- n Signifikante Reduktion des Ausschusses bei Produktwechseln
- n Reduzierung des Ausschusses um 42 %
- n Einsparungen pro Extruder in Höhe von 180.000 Euro pro Jahr

5 Use Cases aus der Energiewirtschaft

5.1 Use Case 30



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Energiewirtschaft

Prozesse

E-Übertragung und Verteilung

Ziel

Investitionsbedarf ermitteln basierend auf Zustandsdaten und Instandhaltungsaufwendungen und Aktivitäten

Eingangsdaten

Operative Daten, Instandhaltungsaktivitäten und Ersatzbeschaffungen

Ausgangsdaten

- n Risk-Index hinsichtlich Belastung, Zustand und Kritikalität
- n Was-wäre-wenn-Szenarien

Situation

- n Energieversorgung und -verteilung
- n Alternde Infrastruktur, limitierte Budgets, regulative Anforderungen und Kundenzufriedenheit

Task

Ziel des Projekts ist es, Investitionsentscheidungen aktiv zu unterstützen – und zwar hinsichtlich Instandsetzung, Ersatz oder Neuinvestition. Zur Datenanalyse stehen operative und Daten der Instandhaltung zur Verfügung.

Action

- n Datenanalyse basierend auf operativen Daten, Instandhaltungsaktivitäten und -aufwendungen, Asset- und Netzwerk-Diagnosedaten
- n Handlungsempfehlungen für Instandhaltung, Austausch oder Neubau
- n Online-System zur Darstellung der Verfügbarkeit, Belastung des Zustands, der aktuellen Kritikalität und Risiken

Result

- n Verbesserung der Lieferqualität und Lieferfähigkeit mit jedem investierten Euro
- n Zurückstellung von Investitionen bei gleichem oder sogar niedrigerem Risiko
- n Transparenz der Prozesse und Risiken durch substantielle Minimierung der Datenaufbereitung und Verarbeitung.

5.2 Use Case 31



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Energiewirtschaft

Prozesse

Gasversorgung von Städten

Ziel

Kostengünstiger Gaseinkauf

Eingangsdaten

Wetterdaten, Wochentage, Solarstrahlungsindex, Wetterprognosen, Uhrzeit

Ausgangsdaten

Prognose des Gasbedarfs eines Versorgungsgebiets im 10-Minuten-Raster

Stückzahl/Menge

4 Mio. m³/h

Situation

- n Gasversorger müssen Gasmengen frühzeitig präzise ordern, um günstige Preise erzielen zu können.
- n Geordnete Gasmengen müssen abgenommen werden; zu wenig geordnete Gasmengen müssen teuer am Spotmarkt zugekauft werden.

- n Je genauer und langfristiger der Gasbedarf eines Versorgungsgebiets vorher gesagt werden kann, desto größer ist der Gewinn.
- n Fehlprognosen können empfindliche Verluste bedeuten.
- n Der Bedarf hängt vom menschlichen Verhalten der Verbraucher ab.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Vorhersage des Gasbedarfs eines Gebiets über den folgenden Tag hinweg im 15-Minuten-Intervall. Dies hängt vom Verhalten großer Menschengruppen an, und damit vom Wetter und vom Tagesablauf der Menschen

Action

- n Aufzeichnen von Wetterdaten, Tagestypen und abgenommenen Gasmengen mit Zeitstempeln über mehrere Jahre hinweg
- n Identifikation relevanter Parameter zur Prognose (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung des Gasbedarfs mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Tagesgängen
- n Anbindung des Modells an die Gasordersysteme

Result

- n Exaktes neuronales Modell des Verbraucherverhaltens bei der Energieabnahme
- n Genauigkeit der Schätzungen bei Vorhersage morgens um 09:00 Uhr auf 13:00 Uhr, besser 98,5 %
- n Einsparung von durchschnittlich 6 % der Einkaufskosten
- n An kalten Tagen Einsparungen von bis zu 70 % der Einkaufskosten

5.3 Use Case 32



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Energiewirtschaft

Prozesse

Verbrennung von Öl/Kohle

Ziel

Optimaler Ausbrand

Eingangsdaten

Brennstoffeigenschaften, Sauerstoffzufuhr, Temperaturmessungen

Ausgangsdaten

Temperaturmessungen

Stückzahl / Menge

40 MW

Situation

- n Rundstrahlbrenner haben mehrere Düsen.
- n In der Mitte herrschen Temperaturen, die eine direkte Messung dauerhaft nicht möglich machen.
- n Für Versuche können Temperatursensoren eingeführt werden, die aber nur wenige Stunden halten.
- n Zur Überwachung des Brenners soll die Temperatur dauerhaft überwacht werden.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose der Brenntemperaturen an den mittleren Düsen zur Vermeidung von Schäden wegen thermischer Überlastung des Materials

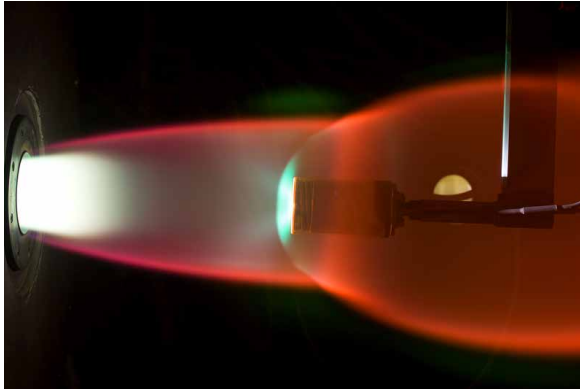
Action

- n Aufzeichnen von Parametern und Temperaturen mit Zeitstempeln bei normaler Produktion unter Zerstörung mehrerer Temperatursensoren
- n Identifikation relevanter dauerhaft verfügbarer Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in eine Lastregelung und eine Luftregelung des Brenners

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Brenntemperatur
- n Reduktion der Situationen mit thermischer Überlastung des Düsenmaterials
- n Verdopplung der Standzeiten des Brenners

5.4 Use Case 33



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Energiewirtschaft

Prozesse

Verbrennung von Kohle

Ziel

Maximierung Wirkungsgrad

Eingangsdaten

NO_x-Gehalt, CO-Gehalt

Ausgangsdaten

Temperaturmessungen

Stückzahl/Menge

1.200 MW

Situation

- n Die Verbrennung von Braunkohle ist ein sehr komplexer Prozess: Mehrere Mühlen, Brenner und Luftklappen sind exakt zu steuern.
- n Der Wirkungsgrad der Verbrennung soll maximal werden, wobei aber die Emissionsgrenzwerte für NO_x und CO nicht verletzt werden dürfen.
- n Der Wirkungsgrad hängt wesentlich von der Lage der Feuersäule im Kessel ab.

Task

Das Ziel des Projekts ist die Erstellung mehrerer Modelle zur präzisen Prognose Emissionswerte in Abhängigkeit von vielen Prozessparametern. Dieses Modell wird dann genutzt, um durch intelligentes Probieren (genetischer Algorithmus) am Modell den jeweils optimalen Betriebszustand zu berechnen und an das Leitsystem zu geben.

Action

- n Aufzeichnen von Emissionswerten, Wirkungsgraden und Temperaturen mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter dauerhaft verfügbarer Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognosen als Prognose für einen komplexen Mehrgrößenoptimierer
- n Übergabe der Sollwerte an das Prozessleitsystem

Result

- n Exaktes neuronales Modell/Softsensor der Emissionen
- n Verringerung der Grenzwertüberschreitungen
- n Verringerung der Prozessschwankungen um den Faktor 10
- n Erhöhung der Profitabilität um 3,9 %

5.5 Use Case 34



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Energiewirtschaft

Prozesse

Verbrennung von Kohle

Ziel

Optimaler Kohlemahlung

Eingangsdaten

Brennstoffeigenschaften, Sauerstoffzufuhr, Feuchte, Temperaturmessungen, Mühlendrehzahl

Ausgangsdaten

Stabilitätsindex

Stückzahl / Menge

120 MW

Situation

- n Kohlemühlen sind Schlagradmühlen, die der Mahlung und Trocknung der Braunkohle dienen, bevor diese als Pulver verbrannt wird.
- n In der Mühle werden heiße Abgase, vorgewärmte Luft und feuchte Braunkohle bei hoher Drehzahl zu brennbarem Staub zerschlagen.
- n Ist die Drehzahl oder die Temperatur der Mühle zu gering, verklebt diese mit feuchter Kohle und fällt aus.
- n Um dies zu vermeiden, fahren die Anlagenfahrer die Mühle meist zu heiß und zu schnell, was deren Verschleiß erheblich erhöht.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Berechnung der optimalen Drehzahl und der optimalen Temperatur, damit die Mühle stabil läuft, aber nur wenig verschleißt. Dazu wird ein Stabilitätsindex eingeführt, der den Anlagenfahrer präzise informiert, ob er zu schnell/heiß oder langsam/kalt fährt.

Action

- n Aufzeichnen von Parametern und Temperaturen mit Zeitstempeln bei normaler Produktion und Berechnung des jeweiligen Stabilitätsindex
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ für Regler

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Stabilität
- n Verlängerung der Laufzeit der Mühlen um 30 %
- n Verringerung der ungeplanten Abststellungen um 50 %

6 Use Cases aus der Automobilindustrie

6.1 Use Case 35



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Automobilindustrie

Prozesse

Web-Analyse

Ziel

Kundensegmentierung und Steuerung der digitalen Marketingaktivitäten

Eingangsdaten

Online-Verhalten anhand des Click Stream

Ausgangsdaten

Empfehlungen für digitale Marketingaktivitäten

Stückzahl/Menge

~ 2,1 Mio. Fahrzeuge

Situation

Steuerung der digitalen Marketingaktivitäten

Task

Kundensegmentierung und Steuerung der digitalen Marketingaktivitäten

Action

- n Datenanalyse und Steuerungsmodellierung
- n Hadoop, Hive, Adobe Analytics

Result

- n Zielgerichtete Online-Marketingsteuerung
- n Kundensegmentierung

6.2 Use Case 36



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Automobilindustrie

Prozesse

Betrieb einer Radladerflotte

Ziel

- n Sicherstellung der vertraglich zugesicherten Verfügbarkeit mit gleichzeitiger Erhöhung der Verfügbarkeit
- n Erkennung von Schwachstellen

Eingangsdaten

CAN-Bus und Sensordaten jedes einzelnen Radladers wie Neigung, Fahrerverhalten, Ladung, Drücke

Ausgangsdaten

Trendanalyse, Daten, Alarmer, Grenzwertverletzungen, Referenzdatenströme als Vergleichswerte

Situation

- n Der Übergang zu serviceorientierten Geschäftsmodellen bedingt die formale Festlegung von vorgesehenen Nutzungsdaten und gleichzeitig die Überwachung der Maschinen auf vertragskonforme Nutzung.
- n Vertraglich zugesagte Verfügbarkeit erfordert Überwachung der operierenden Systeme und zustandsabhängige Wartungs- und Reparatursätze.

Task

- n Überwachung des Nutzungsverhaltens des Kunden auf Einhaltung der vertraglich vorgegebenen Konditionen in Echtzeit
- n Trendanalysen zur Planung von Wartungseinsätzen
- n Erhöhung der Flottenverfügbarkeit

Action

- n Onlineanalyse von CAN-Bussignalen und Zusatzsensoren
- n Trendanalysen bezüglich Verschleiß und Fehlverhalten
- n Visuelle Kollaboration selektierter Sensor und CAN-Bus-Datenströme zwischen dem lokalen und zentralen Servicepersonal (gegebenenfalls unter Einbeziehung der Entwicklung)
- n mehrstufige Übermittlung der Systemdaten mit gleichzeitiger Verdichtung an ein zentrales Kontrollzentrum
- n Wartungsanforderungen an die lokale Servicestelle
- n Lernmodus zur Erzeugung von Referenzmodellen zu Überwachung der Systeme

Result

- n Ermöglichung von serviceorientierten Geschäftsmodellen wie Abraumvolumen bei gegebenen Umweltbedingungen in vorgegebener Zeiteinheit mit festgelegter Verfügbarkeit
- n Überwachung durch zentrale Leitstelle mit zentraler Serviceplanung

7 Use Cases aus der Informationstechnik

7.1 Use Case 37



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Informationstechnik

Prozesse

Iterative FEM-Simulation

Ziel

Strukturelle und Strömungsoptimierung von mechanischen Bauteilen

Eingangsdaten

- n Simulationsergebnisdatenströme von iterativen FEM Simulationen
- n Daten von PLM- und CRM-Systemen

Ausgangsdaten

Kollaborationsanstöße bei Fehlern oder fehlerhaften Trenddaten, Abbruch von Simulationen, Aufforderungen für Simulationsparameteränderungen

Situation

- n Strukturelle Optimierungen sind zeitlich langlaufende Prozesse (Tage =>Wochen) und erzeugen Daten im Multi-Terrabyte-Bereich (numerische Ergebnisse und Log-Dateien)

- n Oft werden durch falsche Simulationsparameter bereits in frühen Phasen der Simulation nicht brauchbare Ergebnisse erzeugt, die eine Wiederholung des Simulationslaufs erfordern. Bislang kann eine Auswertung erst nach Beendigung des Simulationslaufs vorgenommen werden.

Task

Ziel des Data-Stream-Management-Projekts ist es:

- n bereits während des Simulationslaufs Fehler oder zu Fehlern führende Trends zu erkennen
- n Logfiles in real-time semantisch zu validieren und Warnungen oder Fehler sofort zu melden
- n den Fortschritt der Simulation in Echtzeit dem Ingenieur grafisch zu zeigen
- n Kollaborationen mit Spezialisten anzustoßen und gegebenenfalls den Simulationslauf stoppen

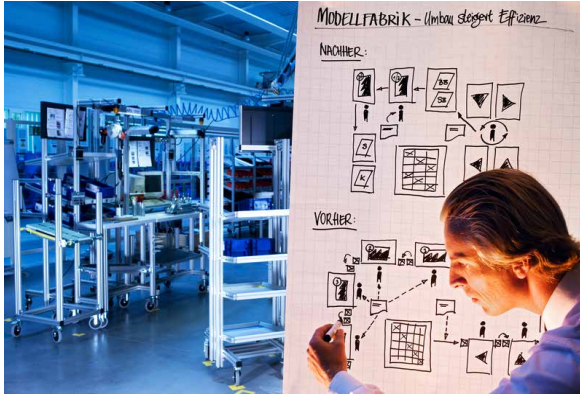
Action

- n Semantische und numerische Validierung von laufenden FEM Simulationsiterationen
- n Trendanalysen
- n Visuelle Kollaboration aufgrund von bislang erzeugten 3-D-FEM-Modellen
- n IPR-Schutz-Mechanismen bei der Kollaboration mit Berechtigten
- n Alarime und Benachrichtigung von Verantwortlichen
- n Parallele Auswertung unterschiedlicher Simulationsjobs

Result

- n Data-Stream-Management-System mit Kollaborationsservice
- n Zeitreduzierung einer Gesamtoptimierung um mehr als 40 %
- n Exakte Hinweise auf wesentliche Warnungen bzw. Fehlermeldungen

7.2 Use Case 38



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Informationstechnik

Prozesse

Digitalisierung, Layout-Rekonstruktion, Freiraumprüfung, Präsentation

Ziel

Visualisierung, Begutachtung, Vermessung

Eingangsdaten

3-D-Laserscandaten, Kamerabilder, Standortdaten

Ausgangsdaten

Geometrische Messwerte

Stückzahl / Menge

> 1 Mrd. 3-D-Messpunkte

Situation

- n Anzeige, Vermessung und Rekonstruktion in enormen 3-D-Punktmengen (> 1 Mrd. Messpunkte) nicht möglich oder stark eingeschränkt
- n Vergleich von Laserscandaten mit Modelldaten (As-built/As-is-Abgleich) mit enormen 3-D-Punktmengen nicht möglich

Task

- n Softwaremethoden für die Visualisierung und Navigation auf Standardhardware
- n Messtechnische Methoden und geometrische Operationen

Action

- n Out-of-Core Methoden, strukturierte Datenhaltung für enorme 3-D-Punktmengen
- n Adaptive Level-of-detail(LOD)-Visualisierung der aktuell sichtbaren Szene

Result

- n Echtzeit-Navigation durch 3-D-Laserscandaten mit theoretisch unbegrenzt großer Datenmenge
- n Messverfahren und geometrische Funktionen, um Abstände und Positionen von Anlagenteilen sowie Störkanten zu erfassen

8 Use Cases aus der Pharmaindustrie

8.1 Use Case 39



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Pharmaindustrie

Prozesse

Genom Sequenzierung, Wirkstoffentwicklung und Validierung

Ziel

Reduktion der Entwicklungskosten mithilfe neuer Datentechniken

Eingangsdaten

Gendaten, Wirkstoffdaten, Moleküldatenbank und Molekülmodellierungsalgorithmen (Reaktionsregelwerk)

Ausgangsdaten

- n Bewertung der möglichen Wirksamkeit
- n Neue Wirkstoffe

Situation

Reduzierung der Aufwendungen zur Entwicklung, Validierung und Test neuer pharmazeutischer Wirkstoffe

Task

Entwicklung und Test neuer Wirkstoffe

Action

Deep and Self Learning, Big Data, Advanced Analytics

Result

- n Die Aufwendungen für die Tests von neuen Wirkstoffen konnten erheblich gesenkt werden.
- n Neben der Validierung der aktuellen im Labor entwickelten Wirkstoffe, hat das System eigenständig weitere neue und verwendbare Wirkstoffe vorgeschlagen (4 von 16).

8.2 Use Case 40



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Pharmaindustrie

Prozesse

Herstellung von Tabletten

Ziel

Verringerung der Schwankungen bei Wirksamkeit

Eingangsdaten

Rezeptur, Maschinenwahl, Maschinenparameter,
Wahl des Presswerkzeugs, Druckverlauf beim Pressen

Ausgangsdaten

Festigkeit, Zerfall, Porosität, Freisetzung

Stückzahl / Menge

45.000 Stück pro Tag

Situation

- n Tabletten bestehen aus gepresstem Pulver mit Wirkstoffen und Bindemitteln.
- n Damit die Tablette definiert schnell ihren Wirkstoff abgibt, aber auch stabil ist, muss sie bestimmte Eigenschaften erfüllen.
- n Diese Eigenschaften hängen von vielen Parametern ab, die schwierig zu kontrollieren sind.

Task

Das Ziel des Projekts ist die modellgestützte Vorhersage der Eigenschaften einer Tablette, die mit einer bestimmten Rezeptur auf einer bestimmten Maschine mit bestimmten Werkzeugen gepresst wird.

Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei verschiedenen Variationen der Herstellparameter
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Nutzung des Modells zur Anpassung der Herstellung bei Veränderung der Rezeptur

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Zielgrößen des Prozesses
- n Präzise Vorhersage der Prozessparameter aufgrund der Prognosen des neuronalen Prozessmodells
- n Beschleunigung der Produktentwicklung
- n Gezielte Optimierung einzelner Parameter

9 Use Case aus der Stahlindustrie

Use Case 41



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Stahlindustrie

Prozesse

Kokerei

Ziel

Kostensenkung

Eingangsdaten

Brennstoffeigenschaften, Luftzufuhr, Temperaturmessungen

Ausgangsdaten

O₂-Gehalt in Ofenzonen

Stückzahl / Menge

300 t/Tag

Situation

- n In einer Kokerei wird Kohle in einem Ofen zu Koks vergast, das im Hochofen zur Eisenerzeugung verwendet wird.

- n Die Kokerei muss Grenzwerte für Emissionen (z. B. CO, NO_x) einhalten.
- n Die Prozessbedingungen schwanken zum Teil erheblich und müssen mit großem Energieaufwand häufig nachjustiert werden.
- n Zur präzisen Steuerung ist die Vorhersage des Sauerstoffgehalts für verschiedene Betriebssituationen in den verschiedenen Zonen der Kokerei notwendig.

Task

Das Ziel des Projekts ist die Erstellung eines Modells zur präzisen Vorhersage der atmosphärischen Bedingungen in den Koksöfen bei Änderungen im Rohstoff und den Betriebsbedingungen. Mit diesem Modell soll Abweichungen vorbeugend entgegen gewirkt werden (prädiktive Regelung).

Action

- n Aufzeichnen von Parametern und Temperaturen mit Zeitstempeln bei normaler Produktion und Durchführung vieler Atmosphärenmessungen
- n Identifikation relevanter dauerhaft verfügbarer Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in eine die Luftregelungen der Anlage

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor der Sauerstoffkonzentrationen
- n Verringerung der Regelfehler auf ca. 10 %
- n Koksertrag bei gleicher Leistung steigt um 7 %

10 Use Case aus dem Bergbau

Use Case 42



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Bergbau

Prozesse

Asset Health Prediction

Ziel

- n Reduktion der Ausfälle
- n Erhöhung der Tonnage pro Tag
- n Echtzeitverarbeitung

Eingangsdaten

Sensordaten, GPS-Daten, Förderdaten, Wetterdaten

Ausgangsdaten

Ausfallwahrscheinlichkeiten und mögliche Konsequenzen

Situation

Unvorhersehbare Ausfälle und damit verbunden Verfehlung der Produktionsziele

Task

- n Vermeidung ungeplanter Ausfallzeiten und katastrophaler Ausfälle, wodurch Verfügbarkeit der Maschinen, Reduzierung der Wartungs- und Betriebskosten erreicht werden soll
- n Besserer Überblick über den Instandhaltungsprozess durch Verständnis der Ursachen des Scheiterns
- n Bessere Einhaltung der Produktionsziele

Action

- n Ausstattung der kritischen Assets mit der notwendigen Sensorik
- n Überwachung der kritischen Assets mithilfe von Advanced Analytics

Result

- n Ausfallvorhersage
- n Reduktion der Maschinenabhängigen Ausfälle von 60 % auf 40 %
- n Reduktion der Wartung und Instandhaltungskosten
- n Einführung einer neuen Instandhaltung Strategie
- n **Zusatz:** Zur besseren Koordination der großen Mine hat man ein mobiles Online-System implementiert. Alle kritischen KPIs und Informationen können überall abgerufen werden. Die Schichtführer können nun viel schneller auf Engpässe reagieren. Die Förderleistung wurde damit nochmal signifikant erhöht.

11 Use Case aus der Wasserwirtschaft

Use Case 43



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Wasserwirtschaft

Prozesse

Wasserver- und -entsorgung

Ziel

Vorhersage Bedarf, Vorhersage Abwasseraufkommen

Eingangsdaten

- n Wasserverbrauchsdaten
- n Niederschlagsdaten
- n Wettervorhersagen

Ausgangsdaten

Empfehlungen für die Wasserproduktion, für die Entsorgung und die Wassernetzwerk Verschaltung

Stückzahl / Menge

Europäische Metropole, 9 Mio. Verbraucher, 15 Mio. Kunden, 102 Wasseraufbereitungsanlagen, 235 Frischwasserspeicher, 288 Pumpstationen, 30 Rohwasserspeicher

Situation

Wasserver- und -entsorgung der Metropole

Task

- n Vorrauschauende und bedarfsgerechte Wasserver-sorgung
- n Vorrauschauende und situationsgerechte Wasser-entsorgung
- n Entscheidungshilfen bieten
- n Kooperationsplattform internen und externen Mitarbeitern bereitstellen
- n Echtzeitinformationen für 250 Nutzer

Action

- n Datenanalyse und Modellierung
- n Integration aller Assets und Sensoren (IIoT) für Datenanalyse, aber auch, um vorausschauend die Anlagen zu betreiben und Wartungsbedarf recht-zeitig zu erkennen

Result

- n Online-Monitoringsystem für alle Assets
- n System gibt Empfehlungen.
- n Entscheidungen können gemeinschaftlich, schnell, und effizient getroffen werden.
- n Alle Eingriffe werden aufgezeichnet um Best-Practice-Prozeduren zu identifizieren.
- n Lösung ist eine industrialisierte Cloud-Lösung und beinhaltet die Datenanalyse als Analytics as a Ser-vice.

12 Use Case aus der Papierindustrie

Use Case 44



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Papierindustrie

Prozesse

Herstellung von Zellstoff

Ziel

Maximierung Ausbeute bei Einhaltung von Weißegrad

Eingangsdaten

Rohstoffeigenschaften, Prozessparameter

Ausgangsdaten

Weißegrad, relative Ausbeute

Stückzahl / Menge

70 t pro Tag

Situation

- n Zellstoff (Lignin) wird mit einem chemischen Aufschluss aus Holz gewonnen.
- n Die Ausbeute des Prozesses schwankt zwischen 40 % und 55 %.
- n Wichtige Zielgröße sind der Weißegrad und die mittlere Faserlänge.

Task

Das Ziel des Projekts ist die präzise Prognose und Steuerung der Ausbeute, des Weißegrads und der Faserlänge aufgrund leicht messbarer Prozessgrößen und bekannter Parameter des verwendeten Holzes.

Action

- n Aufzeichnen von Prozesswerte mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Messwerte (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Mehrgrößenoptimierer mit genetischem Algorithmus

Result

- n Neuronales Modell/Softsensor des Weißegrads, der Faserlänge und der Produktivität (Ausbeute t Produkt pro t Rohholz)
- n Maximierung des Ausstoßes durch dichteres Heranfahren an Spezifikationsgrenzen
- n Reduktion der Kosten pro Tonne spezifikationsgerechten Zellstoffs um 5 %

13 Use Case aus der Lebensmittelindustrie

Use Case 45



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Lebensmittelindustrie

Prozesse

Herstellung von Kartoffelchips

Ziel

Gleichmäßige Schärfe des Produkts

Eingangsdaten

Ausgewählte Transmissionen im Infrarotbereich

Ausgangsdaten

Schärfegrad von 1 bis 10 „gemessen“ mit mehreren Versuchspersonen

Stückzahl/Menge

8.000 Tüten à 150 g pro Tag

Situation

- n Der wichtige Qualitätsparameter „Schärfe“ kann nur mit menschlichen Testpersonen genau ermittelt werden.
- n Tester sind unzuverlässig und teuer und stimmen selten überein, da Geschmack subjektiv ist.
- n Die Scharfstoffe haben mehrere spezifische IR-Absorptionswerte.

Task

Das Ziel des Projekts ist, die IR-Analysen der Würze mit einem datengetriebenen Modell zu Schärfbeurteilungen zu verrechnen, die genauso präzise sind, wie große menschliche Testgruppen, um die Dosierung zu automatisieren und die Schwankungen der Produktschärfe im Endprodukt Kartoffelchips zu verringern.

Action

- n Aufzeichnen von IR-Analysen mit Zeitstempeln bei normaler Produktion
- n Identifikation relevanter Wellenlängen (Entropieanalyse)
- n Vollautomatische Modellbildung IR-Bande auf Schärfe mit speziellen künstlichen neuronalen Netzen
- n Validierung des Modells mit unbekannten Daten
- n Anbindung des Modells an die Prozesssteuerung
- n Übernahme der Modellprognose als „Messwert“ in Regler für die Dosiereinheit der Würzelösung

Result

- n Exaktes neuronales Modell der Schärfe der Würzelösung
- n Vorhersage der Qualität vor Verfüllung der Chips in die Tüte
- n Signifikante Reduktion der Schwankungen in der Produktschärfe
- n Rückgang der Reklamationen am Verbrauchertelefon um 90 %

14 Use Case aus der Finanzwirtschaft

Use Case 46



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Finanzwirtschaft

Prozesse

Data-Management

Ziel

- n Reduktion der Mainframe Transaktionen durch neue Datenbankstruktur
- n Verbesserte Sicht auf die Kunden/Daten
- n Echtzeitverarbeitung zur Betrugserkennung und Kundenansprache (Online-Banking)

Eingangsdaten

Kundendaten, Online-Banking Verhaltensdaten

Ausgangsdaten

Kundenspezifische Informationen, Online-Banking-Verhalten, Kundenansprache

Stückzahl / Menge

4.000 Mitarbeiter

Situation

- n Zu viele Transaktionen
- n Keine Echtzeitfähigkeit des Systems, notwendig für Online-Banking

Task

- n Reduktion der Mainframe-Transaktionen
- n Design einer WEB und onlinefähigen Datenbankinfrastruktur
- n Echtzeitfähigkeit für Betrugserkennung und Kundenmarketing (online)

Action

Apache Hadoop, Hbase, Storm

Result

- n Echtzeitfähiger Data Lake als Grundlage einer neuen Online-Plattform
- n Betrugserkennung
- n Zielgerichtete Online-Marketingsteuerung

15 Use Case aus der Telekommunikation

Use Case 47



(Bild: Thomas Ernsting/LAIF)

Branche

Telekommunikation

Prozesse

Kundenorientierung, Dienstleistungsoptimierung, Konsolidierung der Systemlandschaft, Service-Outsourcing

Ziel

- n Differenzierung am Markt
- n Dienstleistungsangebot verbessern
- n Nutzung und Effizienz der Infrastruktur verbessern

Eingangsdaten

Kundendaten, Nutzungsdaten, bedarfsspezifische Abdeckungsdaten

Ausgangsdaten

- n Churn-Analyse der Kunden
- n Real Time KPI Dashboard zur Nutzung der mobilen Endgeräte

- n Real-Time-Informationen zur geschäftsrelevanten Netzabdeckung

Stückzahl/Menge

40 Mio. Kunden

Situation

Kundenorientierung verbessern, Differenzierung, Angebotsoptimierung, effizienter Nutzung der Infrastrukturen

Task

- n Differenzierung am Markt durch verbessertes und mehr kundenorientiertes Dienstleistungsportfolio
- n Optimierung des Dienstleistungsangebots
- n Effizientere Nutzung der Infrastrukturen

Action

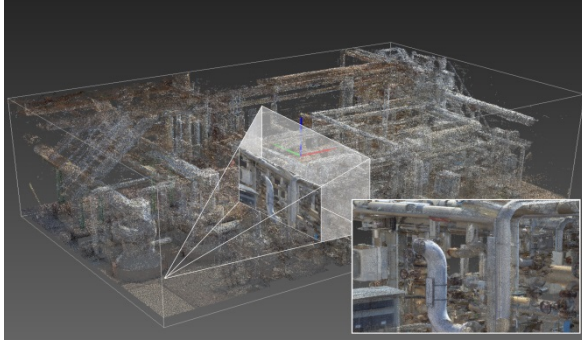
- n Datenanalyse
- n Werkzeuge und Methoden: EMC (Pivotal RTI-T, CEP) Hadoop, Tableau
- n Entwicklung eines Real Time KPI Dashboard zur Netzabdeckung und Endgerätenutzung

Result

- n KPI Online Dashboard zur Netzabdeckung und Endgerätenutzung
- n Identifizierung der geschäftsrelevanten Netzabdeckung
- n Churn-Analyse der LTE-Kunden

16 Use Case aus der optischen Messtechnik

Use Case 48



(Bild: Fraunhofer IFF)

Branche

Digitalisierung von Fabrikhallen und Großanlagen

Prozesse

Layout-Rekonstruktion, Freiraumprüfung,
As-built/As-is-Geometrieabgleich, Präsentation

Ziel

- n Visualisierung
- n Vermessung
- n Begutachtung

Eingangsdaten

3-D-Laserscandaten, Kamerabilder, Standortdaten,
Modelldaten, Objekt- und Metainformationen

Ausgangsdaten

Geometrische Messwerte und Abweichungen, Echt-
zeit-Visualisierung

Stückzahl / Menge

> 1 Mrd. Datenpunkte

Situation

Anzeige, Vermessung, Rekonstruktion zum Vergleich von Laserscandaten mit Modelldaten (As-built/As-is-Abgleich) in enormen 3-D-Punktmengen (> 1 Mrd. Datenpunkte) auf Standardhardware bisher nicht möglich oder stark eingeschränkt

Task

Intelligente Softwaremethoden für die Visualisierung, Interaktion und messtechnische Verarbeitung enormer Datenmengen auf Standardhardware für 3-D-Daten mit Farb-, Normalen-, und Objektinformationen

Action

- n Strukturierte, Out-of-Core-Datenhaltung zur performanten Verarbeitung enormer nD-Datenmengen
- n Verfahren zur Level-of-Detail-(LoD)-Verarbeitung und Visualisierung

Result

- n Software-Bibliothek für die Echtzeit-Navigation in 3-D-Laserscandaten mit theoretisch unbegrenzt großer Datenmenge auf Standardhardware
- n Messverfahren und geometrische Operationen, um Abstände und Positionen von Anlagenteilen sowie Störkanten zu erfassen

Autoren

VDI/VDE-GMA-Fachausschuss „Big Data“

An diesem Statusreport haben mitgewirkt:

Dr. Raphael Benner (Dr. Benner Prozessoptimierung GmbH)

Michael Büßelmann (Accenture GmbH)

Thomas Froese (atlan-tec Systems GmbH)

Dr. Yves-Simon Gloy (RWTH Aachen University)

Hans-Ulrich Heidbrink (InConTec GmbH)

Dr. Philipp Jatzkowski (TÜV Rheinland Consulting GmbH)

Christoph Kugler (SKZ-KFE gGmbH)

Dr. Peter Selby (Zeiss IMT GmbH)

Johann Student (Air Liquide Global E&C Solutions Germany GmbH)

Dr.-Ing. Christian Teutsch (Fraunhofer-Institut IFF)

Der VDI

Sprecher, Gestalter, Netzwerker

Die Faszination für Technik treibt uns voran: Seit 160 Jahren gibt der VDI Verein Deutscher Ingenieure wichtige Impulse für neue Technologien und technische Lösungen für mehr Lebensqualität, eine bessere Umwelt und mehr Wohlstand. Mit rund 155.000 persönlichen Mitgliedern ist der VDI der größte technisch-wissenschaftliche Verein Deutschlands. Als Sprecher der Ingenieure und der Technik gestalten wir die Zukunft aktiv mit. Mehr als 12.000 ehrenamtliche Experten bearbeiten jedes Jahr neueste Erkenntnisse zur Förderung unseres Technikstandorts. Als drittgrößter Regelsetzer ist der VDI Partner für die deutsche Wirtschaft und Wissenschaft.

Verein Deutscher Ingenieure e.V.
Technik und Wissenschaft
Dr. Thomas Sowa
Tel. +49 211 6214-223
sowa@vdi.de
www.vdi.de