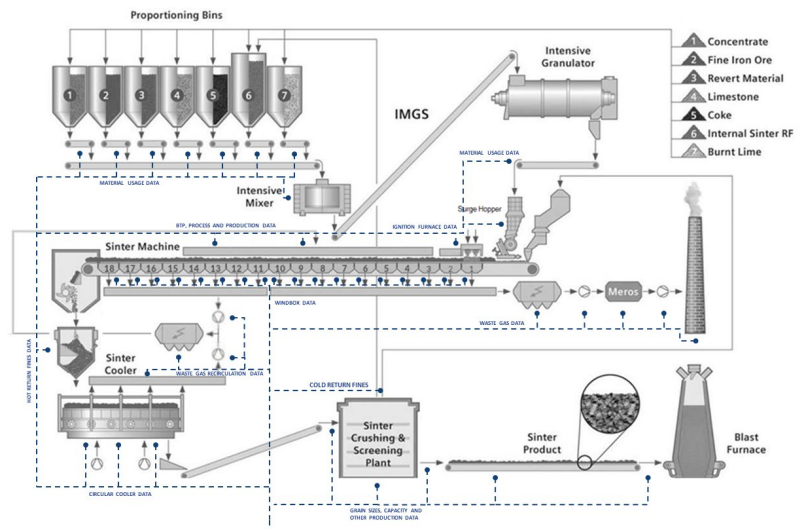


**Pro²Future
Products and Production
Systems of the Future**

Programm: COMET – Competence
Centres for Excellent Technologies

Förderlinie: COMET-Zentrum K1

Projekttyp: SINPRO (Predictive
Maintenance for Production Env.)
2,5 Jahre, multi-firm



VERBESSERUNG IN DER SINTER PRODUKTION

MODELLBASIERTE PROGNOSE DER KAUSALEN ZUSAMMENHÄNGE VON HAUPT-QUALITÄTSINDIKATOREN ZUR OPTIMIERUNG DER SINTER PRODUKTION

Sintern ist ein **komplexer** Produktionsprozess, bei dem die Prozessstabilität und Produktqualität von **verschiedenen Parametern** abhängen. Der Aufbau eines Prognosemodells verbessert diesen Prozess. Ansätze der Künstlichen Intelligenz (KI) zeigen **vielversprechende Ergebnisse** im Vergleich zu aktuellen physikalischen Modellen, wobei sie wegen ihrer versteckten Schichten meist als Black-Box-Modelle betrachtet werden. Aufgrund ihrer Komplexität und **eingeschränkter Rückverfolgbarkeit** ist es schwierig, Rückschlüsse auf reale Sinterprozesse zu ziehen und die physikalischen Modelle in einer laufenden Anlage zu verbessern. Diese Herausforderung wird gemeistert, indem man sich auf die Erkennung **kausaler Zusammenhänge** aus **KI-basierten Prognosemodellen** konzentriert, um das **Verständnis** des Sinterns zu **verbessern** und bestehende **physikalische Modelle** zu **optimieren**.

Im ersten Schritt wurde ein **Prognosemodell** entwickelt, um den **harmonischen Durchmesser** als zentralen **Qualitätsparameter** für die Korngrößenverteilung des fertigen Sinters vorherzusagen. Dieses Prognosemodell ist ein **ML (machine learning) Regressionsmodell**, das

auf der **Random-Forest-Ensemble-Methode** basiert. Zusätzlich wurden Ansätze wie **Support Vector Machine Regressor**, **Multilayer Perceptron** und **K-Nearest-Neighbours Regressor** evaluiert. Nach einem Optimierungsschritt zeigte das Modell einen normalisierten mittleren quadratischen Fehler von 8,9% (entspricht 0.2mm) bei der Vorhersage des Zielwerts (Korngröße), was **über** den Stand der Technik liegt.

Das Modell mit der **besten Leistung** war jedoch zu komplex, um interpretiert zu werden, und obwohl es per se kein Black-Box-Modell ist, war es schwierig, auf eine Steuerstrategie oder eine neue Produktionseinsicht zu schließen (siehe Abbildung 1). Daher wurde im zweiten Schritt ein Discovery-Interview mit den **Domänenexperten** durchgeführt, um Domänenwissen über den Anwendungsfall zu sammeln sowie **implizites Wissen** zu materialisieren. Genauer gesagt wurde ein Einflussdiagramm als grobe Annäherung entwickelt. Abschließend wurde das Diagramm durch **Visual Analytics** und eine **Prognosemodellanalyse** verifiziert, die einen zusätzlichen Einblick in das Modell und die **Entscheidungsgrundlagen** gab (siehe Abbildung 2).

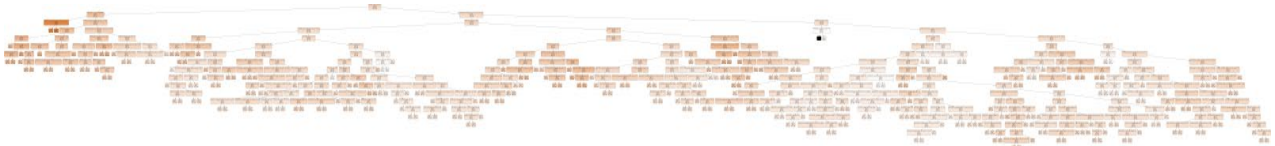


Abb. 1: Einer von 255 Estimatoren (Entscheidungsbäumen) des Prognosemodells, der die Komplexität des Inferenzmodells zeigt.

Die Modellierung und Verstehen von **Abhängigkeiten** in einem Produktionsprozess wurden traditionell durch verschiedene **First Principle Modelle** angegangen. Der Aufbau dieser Modelle erforderte ein tiefes Verständnis der Art der Prozesse und die Durchführung **zufälliger kontrollierter Experimente**.

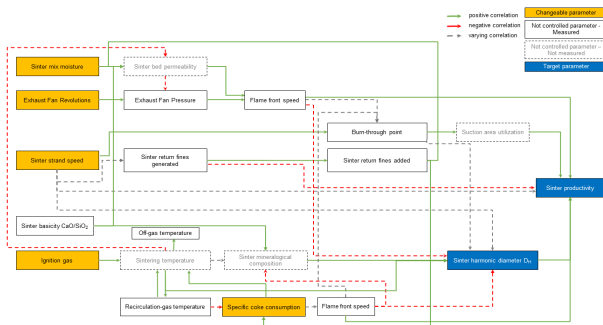


Abb. 2: Darstellung der Einflussfaktoren in der Sinterproduktion

Im Sinteranlagenbetrieb ist die **Prozessstabilität** von größter Bedeutung, was die Durchführung von Großversuchen unmöglich macht (zB Unterbrechung der Produktion, Anforderungen an eine hohe Prozessstabilität, Lieferkettenabhängigkeiten usw.). Die Anwendung unseres Ansatzes **ermöglichte** es,

diese **entscheidenden Erkenntnisse** auf nicht-obstruktive Weise durch die Analyse von Beobachtungsdaten **zu gewinnen**.

Wirkung und Effekte

Die Erkenntnisse des Projekts wirken sich direkt auf die **Produktionsverbesserung laufender Sinteranlagen aus** und zeigen **vielversprechende Ergebnisse** bei der **Vorhersage des „harmonischen Durchmessers“**, wodurch der **Output bei gleichbleibend hoher Materialqualität gesteigert** wird.

Die Anwendung des entwickelten Ansatzes und der **Aufbau eines maschinellen Lernmodells** lieferten einen **detaillierten Einblick** in die **Haupteinflüsse der Sinterqualität** und wurden als **Grundlage** für einen **ganzheitlichen Ansatz** verwendet, bei dem zusätzliche Modelle gebaut und verwendet wurden, um die produzierte Menge weiter zu **maximieren**

Die Ergebnisse wurden auf mehreren Konferenzen und im renommierten **AISTech Journal of Iron & Steel Technology** im März 2021 veröffentlicht (Details unter <http://digital.library.aist.org/iron-and-steel-tech.html>).

Project Coordination

DI Dr. Belgin Mutlu
Area Manager
Pro2Future GmbH

T +43 (0) 316 873 – 9163
belgin.mutlu@pro2future.at

Success Story by

DI Dr. Markus Jäger, MLBT
Center Communications Manager
markus.jaeger@pro2future.at
Matej Vukovic, M.Inf.
Researcher
matej.vukovic@pro2future.at

Pro2Future GmbH

Altenberger Straße 69
4040 Linz, Austria

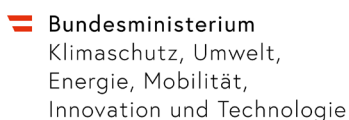
T +43 (0) 732 2468 – 4783
office@pro2future.at
www.pro2future.at

Projektpartner

- Primetals Technologies Austria GmbH
- Graz University of Technology, Austria
- Johannes Kepler University Linz, Austria



Diese Success Story wurde von der Zentrumsleitung und den genannten Projektpartnern zur Veröffentlichung auf der FFG Website freigegeben. Das COMET-Zentrum Pro2Future wird im Rahmen von COMET – Competence Centres for Excellent Technologies durch BMK, BMDW, Oberösterreich und die Steiermark gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt. Weitere Informationen zu COMET: www.ffg.at/comet



Österreichische
Forschungsförderungsgesellschaft mbH
Sensengasse 1, A-1090 Wien
T +43 (0) 5 77 55 - 0
office@ffg.at
www.ffg.at