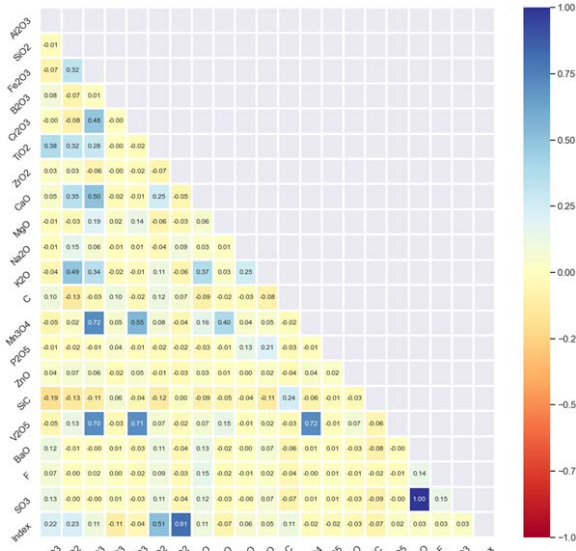


Anwendung von Machine Learning in der Feuerfestindustrie Verbesserung des Verständnisses von Materialeigenschaften



Korrelationsmatrix für chem. Analysedaten mit aus Regression berechnetem Index (unterste Zeile; für alle Produkte)

Kunde:

Deutscher Hersteller von Feuerfestmaterialien

Zeitraum der Leistungen:

2018 bis 2022

Art der Leistungen:

- Explorative Datenanalysen von Produktionsdaten und Labormessergebnissen
- Anwendung vom Machine Learning (ML) zur Verbesserung der Datenlage
- Entwicklung und Inbetriebnahme eines ML-Vorhersagemodells
- Gammaskopimetrische Analysen im hauseigenen Labor
- Radiologische Begutachtungen und Expertisen im Bereich der natürlichen Radioaktivität (NORM)
- Präsentationen von Methoden und Ergebnissen in Gutachten und Fachgesprächen

BS-Projekte:

1805-03 / 1904-05 / 2102-05

Projektbeschreibung:

Im Bereich der Baustoff-Materialien spielt der Gehalt natürlicher Radionuklide nach neuer Strahlenschutzgesetzgebung eine wichtige Rolle. Es ist bekannt, dass gewisse Rohstoffe aufgrund natürlicher Prozesse erhöhte Gehalte an Radionukliden der Uran- bzw. der Thorium-Zerfallsreihe aufweisen können.

Für unseren Kunden aus der Feuerfest-Industrie wurde der Zusammenhang zwischen radiologischen und chemischen Daten mit dem sog. Aktivitätskonzentrationsindex (kurz: Index), der das radiologische Gefährdungspotenzial quantifiziert, mittels Machine Learning (kurz: ML) untersucht.

Der Aktivitätskonzentrationsindex I für die von Baumaterialien emittierte Gammastrahlung gemäß Artikel 75 der EURATOM-Richtlinie 2015/59 wird wie folgt berechnet:

$$I = \frac{C_{Ra-226}}{300 \text{ Bq/kg}} + \frac{C_{Ra-228}}{200 \text{ Bq/kg}} + \frac{C_{K-40}}{3000 \text{ Bq/kg}} \quad (1)$$

Hierbei sind die spezifischen Aktivitäten C von Ra-226, Ra-228 (oder seiner Tochter Th-228) und K-40 in Bq/kg anzugeben. Für Feuerfest-Materialien kann der Aktivitätskonzentrationsindex nach Formel (1) als unterstützendes Bewertungsinstrument für die Beurteilung möglicher nachteiliger Auswirkungen auf Produkte oder Expositionen am Arbeitsplatz angesehen werden.

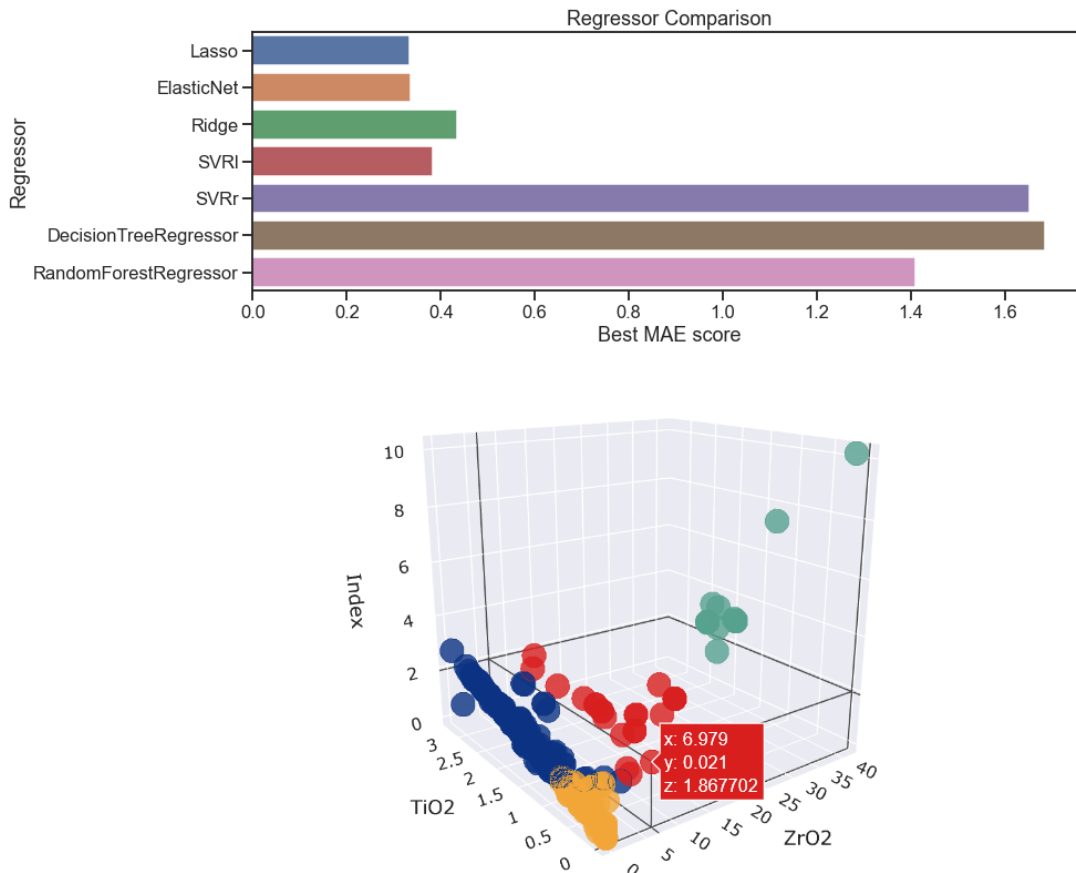


Abbildung 1: Oben: Evaluation verschiedener ML-Regressoren zur Identifikation des Zusammenhanges zwischen Analysedaten mit dem Index; Unten: Cluster-Analyse der wesentlichen chemischen Einflussfaktoren (rel. Anteil; Angabe in %) auf den Index

Kern der Analysen: Angesichts der unvollständigen radiologischen Datenlage wurden ML-Regressionen des Index I unter Verwendung der vollständig vorliegenden chemischen Daten der Produkte des Kunden durchgeführt. Nachfolgende Abbildung 2 zeigt die Verteilung des mittels Regression unter Verwendung des besten Regressors (hier: ElasticNet) berechneten Index I für die ca. 800 Produkte des Kunden.

Details zu den Analysen: Es wurden insgesamt folgende Schritte der Analyse durchgeführt:

- **Erstellung eines Datenmodells** bestehend aus chemischen Zusammensetzungen von eingesetzten Rohstoffen und erstellten Produkten, radiologischen Analysen sowie Angaben von Produktionsmengen **Konsolidierung der Datenlage**
- **Explorative Datenanalysen** zur Identifikation wichtiger Zusammenhänge und Suche nach wesentlichen Einflussfaktoren (=Features)
- **ML-Regressionsanalyse** zur Identifikation des Zusammenhanges zwischen radiologischen und chemischen Analysedaten mit dem Index I (diese sind in Abbildung 1 oben zu sehen; „Regressor“ beschreibt die ML-Regressionsmethode zur Vorhersage des Index und „Best MAE Score“ quantifiziert den mittleren absoluten Fehler des Regressors im vorliegenden Fall)
- Entwicklung des darauf aufbauenden **Vorhersagemodells** des Index I ausgehend von den vollständig vorhandenen chemischen Analysedaten (eine wesentliche Schlussfolgerung hierzu ist in Abbildung 1 unten dargestellt, wo der jeweilige Index der Produkte des Kunden in Abhängigkeit der wesentlichen Features der chemischen Zusammensetzung)
- **Modellevaluationen**, u. A. mittels Cluster-Analyse und Korrelationsdiagrammen

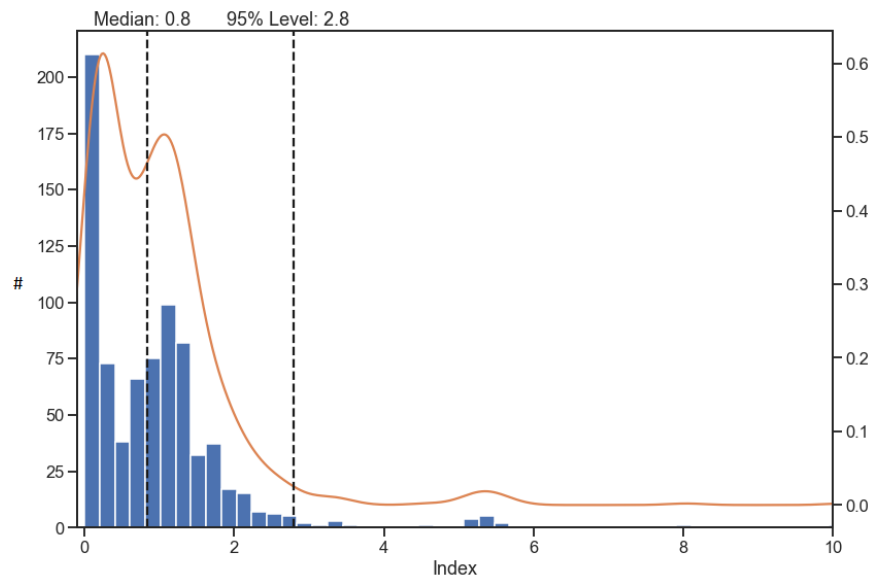


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung des mittels ML-Regression berechneten Index I für die Produkte inklusive Angabe von Median- und 95%-Wert der Verteilung

Im Gesamtergebnis konnte ein **Vorhersagemodell entwickelt** werden, welches aufbauend auf wenigen radiologischen Analysen unter Verwendung der vorhandenen Daten zur chemischen Zusammensetzung der Produkte eine **verlässliche Quantifizierung des Index I** liefert.

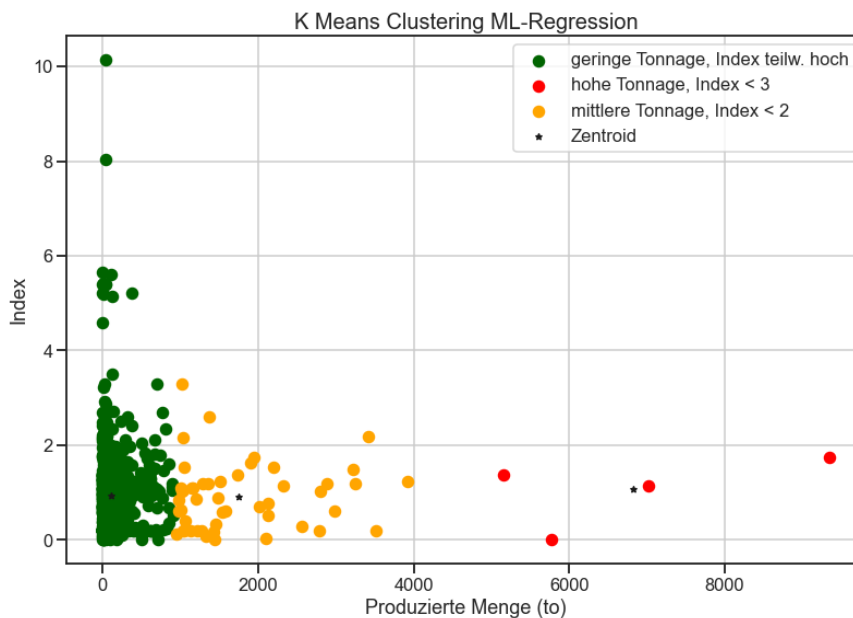


Abbildung 3: K-Means Clustering zwischen Index aus Regression und produzierten Produktmengen; hohe Produktionsmengen sind mit niedrigem Wert des Index I verknüpft

Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in unsere Bewertung des Produktionsstandorts hinsichtlich Arbeitsschutz im Kontext der natürlichen Radioaktivität ein.

Besonders vorteilhaft für unseren Kunden sind die Beschränkung der Anzahl der aufwändigen radiologischen Analysen sowie die Möglichkeit, passende Informationen zu radiologischen Fragestellungen seitens der Abnehmer der Baustoffe kurzfristig bereitstellen zu können.

Diese Punkte haben **für unseren Kunden einen hohen Mehrwert**.