



Direkte und indirekte Steuerung verfahrenstechnischer Anlagen mit neuronalem Netz

Dipl.-Ing. Frank Gebhardt
NeuronalNetWorks! GmbH



Inhalt des heutigen Vortrages

- **Die KI-Lösung von NeuronalNetworks!** kann den Betrieb von MVA verbessern
- **Präsentation der realisierten Verbesserungen** durch die Implementierung und den Betrieb in einer Pilotanlage
- **Vorstellung** der KI-Umsetzung
- **Beispiele für AI-Operator**
- **Beispiele für AI-Prediction**

Die KI-Lösung kann den Betrieb von MVA verbessern

Entwicklung von KI-Anwendungen mit folgenden Herausforderungen:

- **Volatiler Verbrennungsprozess** (z.B. frischer, feuchter Müll versus hoch-kalorischer Müll)
- **Lange Totzeiten** bspw. im Zusammenhang mit der Entstehung von CO fordern Anlagenbediener und Automatisierung
- **Optimierung mehrerer Kennzahlen** (z.B. Mülldurchsatz, Energieeffizienz, Rauchgas-Reduktion, Reduktion von Emissionen und Verbrauchsstoffen, etc.)
- **Menschliche Anlagenbediener** steuern oft mehrere Blöcke / Linien parallel
- **Hohe Anforderungen** bzgl. Anlagen- und Datensicherheit
- **Beschränktes Budget** für zusätzliches Equipment



Der Pilot: 34 Monate Betrieb in einer MVA (seit Juli'19)

Das Pilotprojekt	Erste Ergebnisse	Safety First
<p data-bbox="185 496 544 555"> waste2energy</p> <p data-bbox="197 580 539 756"> </p> <p data-bbox="367 767 640 858">>17.000 Betriebsstunden</p> <p data-bbox="172 922 376 1023">Erste seiner Art</p> <p data-bbox="392 943 613 1082"></p> <p data-bbox="427 1150 640 1225"></p>	<p data-bbox="703 528 1070 703">+10%  Energieerzeugung & Mülldurchsatz</p> <p data-bbox="1137 632 1402 751">-30%  O2-Niveau</p> <p data-bbox="831 815 1290 927">Reduktion  Verbrauchsstoffe (z.B. Öl)</p> <p data-bbox="875 1023 1263 1142">Reduktion  Emissionen (z.B. CO)</p>	<p data-bbox="1800 512 2047 624"></p> <ul data-bbox="1496 703 2047 1174" style="list-style-type: none"><li data-bbox="1496 703 2047 783">✓ Menschlicher Bediener sitzt im Kontrollraum – Kein Ersatz<li data-bbox="1496 839 2047 919">✓ AI-Operator kann jederzeit gestoppt werden<li data-bbox="1496 983 2047 1062">✓ Strikte Trennung vom Kesselschutz<li data-bbox="1496 1126 2047 1174">✓ Kein externer Zugriff möglich

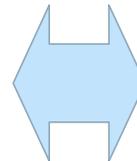
Unsere KI-Lösung unterscheidet sich von anderen KI-Tools im Energiesektor

□ Fokus im Folgenden

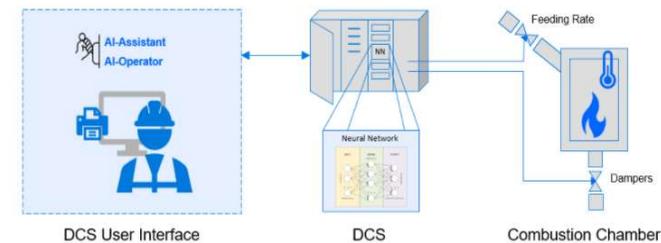
Analyse KI-Tools



- Zentralisierte Datenanalyse
- Meistens Cloud-basiert
- Tools gehören zu Condition Monitoring, Predictive Maintenance, Combustion Modelling



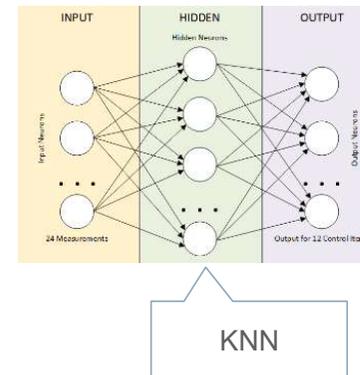
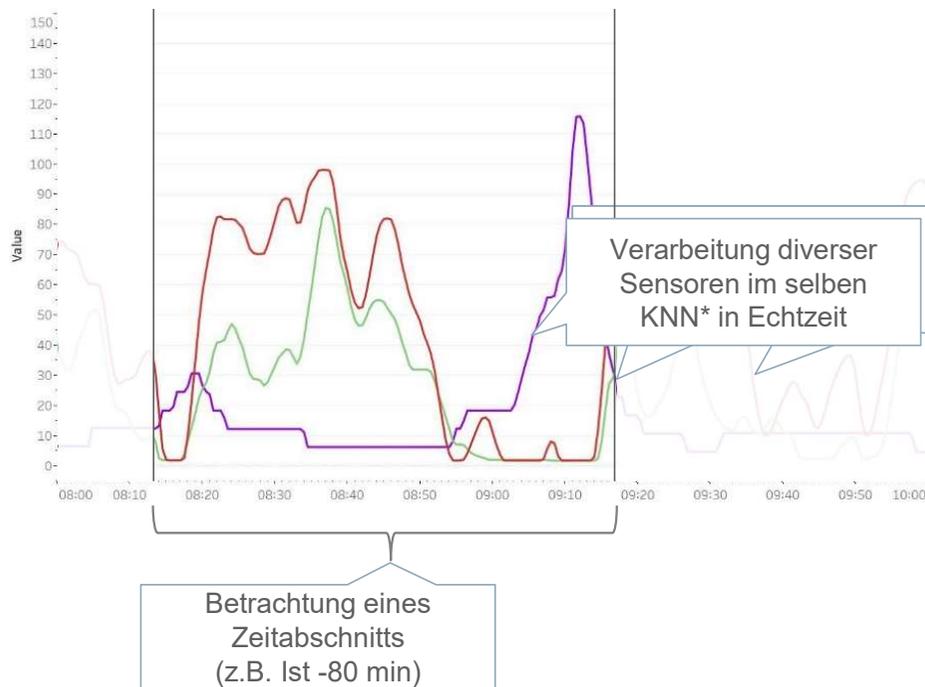
NNW KI-Tools



- Ziel ist es, das System zu betreiben/automatisieren
- Direkt im DCS eingebettet
- Aufgrund des Steuerungssystems keine Cloud-Verbindung

Nutzung künstlicher Intelligenz zur Analyse von Prozessdaten

Analyse von Prozessdaten mit künstlicher Intelligenz (KNN*)



Stärken KNN*

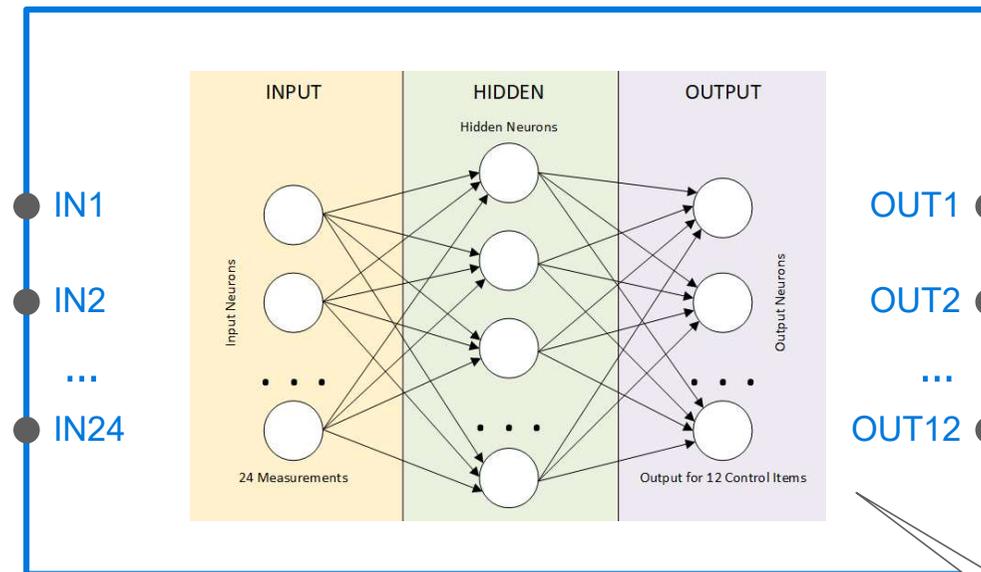
- Erkennen von Korrelationen
- Mustererkennung
- Erkennen von Totzeiten (zeitversetzte Zusammenhänge)

* Künstliches Neuronales Netz

KI verarbeitet komplexe Zusammenhänge

Das neuronale Netz lernt das Prozessabbild

- 24 Messwerte
Verwendung von relevanten Sensordaten
- 80 Minuten Historie
- Beinhaltet aus Messwerten abgeleitete Werte, z.B. Gradient und Krümmung



Als **Funktionsblock** im DCS implementiert

- **Anlagensicherheitssystem** wird nicht verändert
- Keine Cloud – Hohe **Datensicherheit**

Steuerung durch KI

- 12 erlernte Steuerausgänge
- Max/Min Werte gelernt
- Kontinuierliche Steuerung ohne Verzögerungen
- KI kann die Anlage im 24/7 Modus fahren
- KI kann mit Totzeiten umgehen



Verschiedene Betriebsmodi sind möglich

AI-Prediction



KI antizipiert den Prozess



Bediener steuert die Anlage

AI-Assistant



KI empfiehlt Aktionen



Bediener steuert die Anlage

AI-Operator



KI steuert die Anlage



Funktioniert wie ein Autopilot



Bediener überwacht die KI

Beispiel: AI-Assistent/ AI-Operator - 1

Projekt Setup		Lösung	
Typ	MVA	Schritt 1: AI-Assistent	
Brennstoff	Müll (350.000 t/a)	<ul style="list-style-type: none">• Empfehlungen für die Luftklappen; Optimierung der Luftverteilung• Empfehlungen für den Lastsollwert Müllaufgabe• Leitstandsfahrer steuert	
Automation	Manueller Betrieb		
Ort	GER, Niedersachsen		
Herausforderungen & Ziele des Pilotprojektes:		Schritt 2: AI-Operator	
<ul style="list-style-type: none">• Älterer Kessel mit geringer Automatisierung• Alte Sensoren (tw. über 25 Jahre alt)• Älteres Kessel-Design führt zu suboptimaler Luftverteilung• Lange Totzeiten• Höherer Mülldurchsatz möglich, wenn Dampfproduktion vergleich mäßig wird		<ul style="list-style-type: none">• Automatisierung der Luftklappen und Automatisierung des Lastsollwertes• Leitstandsfahrer kann den AI-Operator jederzeit an-/ausschalten• Positives Feedback des AI-Opertors durch die Leitstandsfahrer	<div data-bbox="1787 826 2107 1238"><p>AI Operator</p><hr/><ul style="list-style-type: none"> AI controls the process Similar to autopilot-mode Human Operator supervises process and AI</div>

Beispiel: AI-Assistent/ AI-Operator - 2

Projekt Setup		Lösung	
Typ	Zirkulierende Wirbelschicht	Schritt 1: AI-Assistent	
Brennstoff	Klärschlamm (200.000 t/a) entwässert, Kohle	<ul style="list-style-type: none">• Empfehlungen für optimale Steuerung der Wirbelluft und dem Rückgas• Leitstandsfahrer steuert	
Automation	Manueller Betrieb		
Ort	GER, NRW		
Herausforderungen & Ziele:		Schritt 2: AI-Operator	
<ul style="list-style-type: none">• Temperatur im Feuerraum WS-Ofen konstant bei etwa 890°C zu halten• Erhöhung des Klrschlamm-Durchsatzes und der Dampfproduktion• Vermeidung von:<ul style="list-style-type: none">• Stützbrennereinsatz• Nichtverfügbarkeiten bei Temperatur-Grenzwertverletzungen		<ul style="list-style-type: none">• Automatisierung des Frequenzumrichters für die Wirbelluft und der Regelklappe für das Rückgas• Leitstandsfahrer kann den AI-Operator jederzeit an-/ausschalten	<div data-bbox="1787 826 2107 1238"><h3>AI Operator</h3><p>AI controls the process</p><p>Similar to autopilot-mode</p><p>Human Operator supervises process and AI</p></div>

Beispiel: AI-Assistent/ AI-Operator - 3

Projekt Setup		Lösung	
Typ	Gaskraftwerk	Schritt 1: AI-Assistent	
Brennstoff	Gas	<ul style="list-style-type: none">• Empfehlungen für die Lambda-Korrektur (Brennstoff/Luftverhältnis), um ein Optimum bei CO, NO₂ und O₂ bei Vollast zu erreichen• Leitstandsfahrer steuert	
Automation	Feuerleistungsregelung	Schritt 2: AI-Operator	
Ort	GER, Bayern	<ul style="list-style-type: none">• Automatisierung der Lambda-Korrektur• Leitstandsfahrer kann den AI-Operator jederzeit an-/ausschalten	
Herausforderungen & Ziele des Pilotprojektes: <ul style="list-style-type: none">• NO₂ kann nur direkt durch den Feuerungsprozess beeinflusst werden• Steuerung der Verbrennungsluft, um ein Optimum bei CO, NO₂ und O₂ zu erreichen			<div data-bbox="1787 826 2107 1238"><p>AI Operator</p><hr/><ul style="list-style-type: none"> AI controls the process Similar to autopilot-mode Human Operator supervises process and AI</div>

Verschiedene Betriebsmodi sind möglich

AI-Prediction



KI antizipiert den Prozess



Bediener steuert die Anlage

AI-Assistant



KI empfiehlt Aktionen



Bediener steuert die Anlage

AI-Operator



KI steuert die Anlage



Funktioniert wie ein Autopilot



Bediener überwacht die KI

Beispiel: AI-Prediction – 1 und indirekte Steuerung

Projekt Setup	
Typ	BMHKW
Brennstoff	Holz (160.000 t/a)
Automation	Feuerleistungsregelung
Ort	GER, NRW
Herausforderungen & Ziele:	
<ul style="list-style-type: none">• Zu hohe Kesseldeckentemperaturen führen zu Anbackungen im Kessel, welche beim Herabfallen den Rost beschädigen können• Temperatur muss jedoch über 850 Grad C bleiben• Temperaturschwankungen sind für den Leitstandsfahrer schwer vorherzusagen	

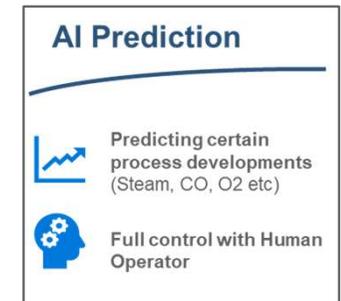
Lösung
Schritt 1: AI-Prediction zur Unterstützung des Leitstandsfahrers
<ul style="list-style-type: none">• Vorhersage der Kesseldeckentemperatur• Unter Nutzung dieser Information kann der Leitstandsfahrer die Verbrennung proaktiv steuern und die Temperatur gleichmäßiger fahren• Optimierung der Verbrennungstemperatur• Das ist das Konzept der indirekten Steuerung!
Schritt 2: AI-Operator (geplant)
<ul style="list-style-type: none">• Training des AI-Operators auf Basis der optimierten manuellen Fahrweise mit Hilfe von AI-Prediction!



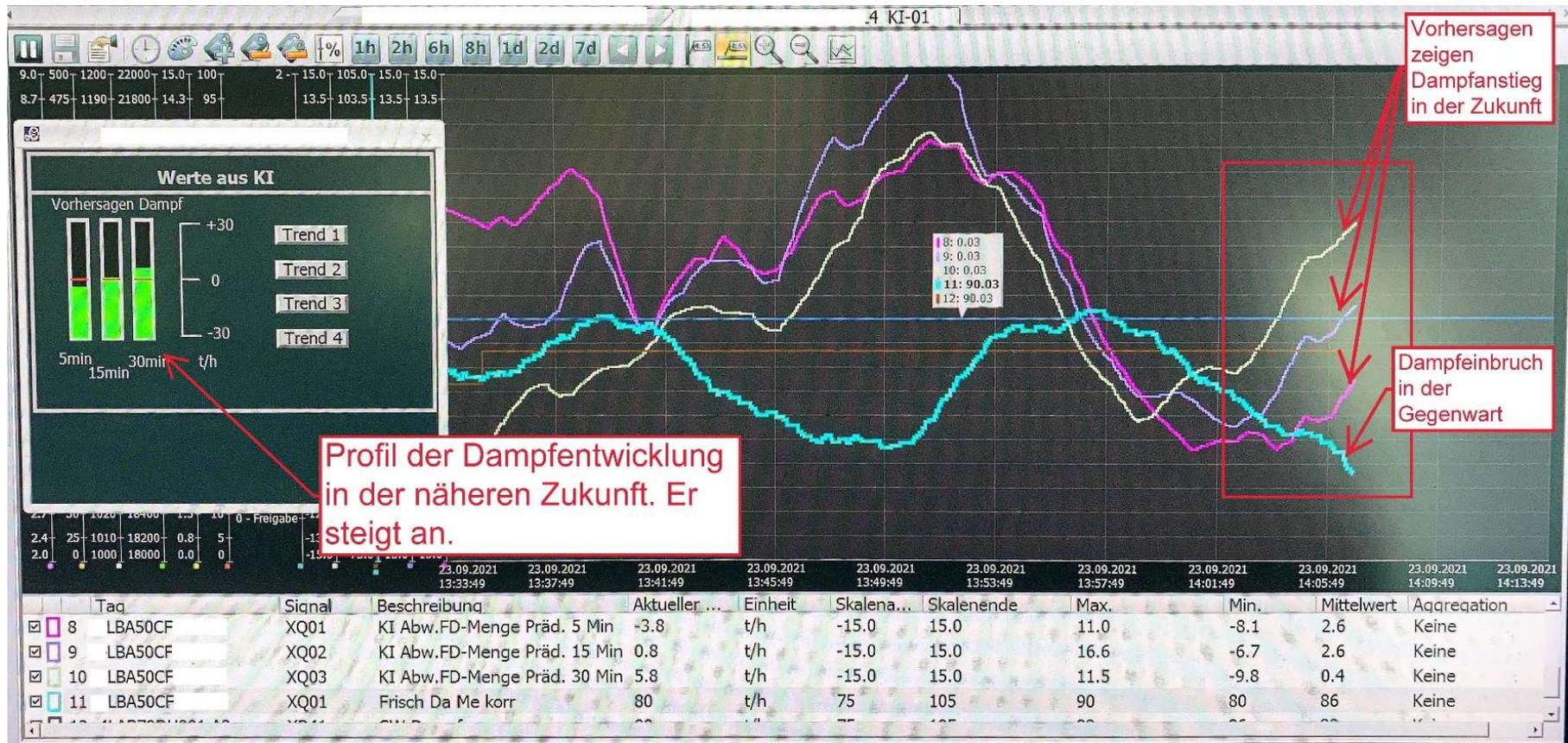
Beispiel: AI-Prediction – 2 und indirekte Steuerung

Projekt Setup	
Typ	MVA
Brennstoff	Müll (447.000 t/a)
Automation	Feuerleistungsregelung
Ort	GER
Herausforderungen & Ziele:	
<ul style="list-style-type: none">• Frischer, feuchter Müll wird gegen 8:00 angeliefert• Feuerleistungsregelung interpretiert die Daten falsch, überschüttet den Rost• Dies führt regelmäßig zu Dampfeinbrüchen• Öl-Einsatz wird erforderlich um Verbrennungstemperatur wieder zu erreichen	

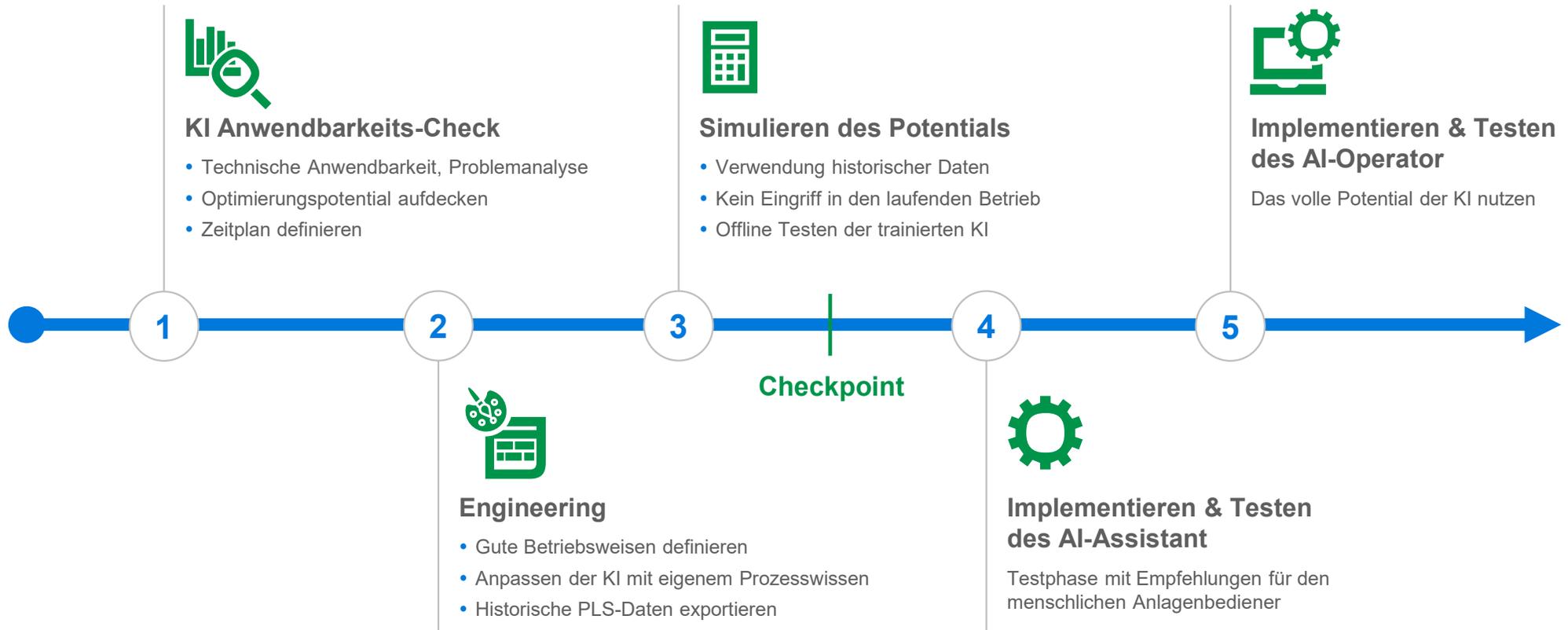
Lösung
Schritt 1: AI-Prediction Tool
<ul style="list-style-type: none">• Vorhersage von Dampfproduktion• Auf Grundlage der Vorhersage können Maßnahmen zur Vermeidung des Dampfeinbruches ergriffen werden• Vermeidung der Dampfeinbrüche, Haltung der Temperatur und effizientere Verbrennung• Das ist das Konzept der indirekten Steuerung!
Schritt 2: AI-Operator (geplant)
<ul style="list-style-type: none">• Training des AI-Operators auf Basis der optimierten manuellen Fahrweise mit Hilfe von AI-Prediction!



Beispiel: AI-Prediction – 2 und indirekte Steuerung



5 einfache Schritten zum erfolgreichen KI-Projekt



Wir haben unsere KI für unterschiedliche Anwendungsfälle entwickelt

Projekt Referenzen (Auszug)

Rostfeuerung: Müll / Biomasse

- Reduzierung Emissionen und Steigerung Dampfproduktion und Mülldurchsatz durch **Optimierung Verbrennungsprozess**
- Verringerung Kesselverschmutzung / Verlängerung Reisezeit durch **Reduzierung Kesseltemperatur**
- **Vorhersage Dampfeinbrüche**
- **Vorhersage CO-Spitzen**

Wirbelschicht

- **Steuerung Verbrennungsluft**

Gaskessel

- Steigerung maximaler Leistung durch **Vertrimmung Verbrennungsluft** (Gas-Kessel)





NEURONALNETWORKS!

Frank Gebhardt

Geschäftsführer

Frank.Gebhardt@neuronalnetwotks.de

+49 177 611 5983

