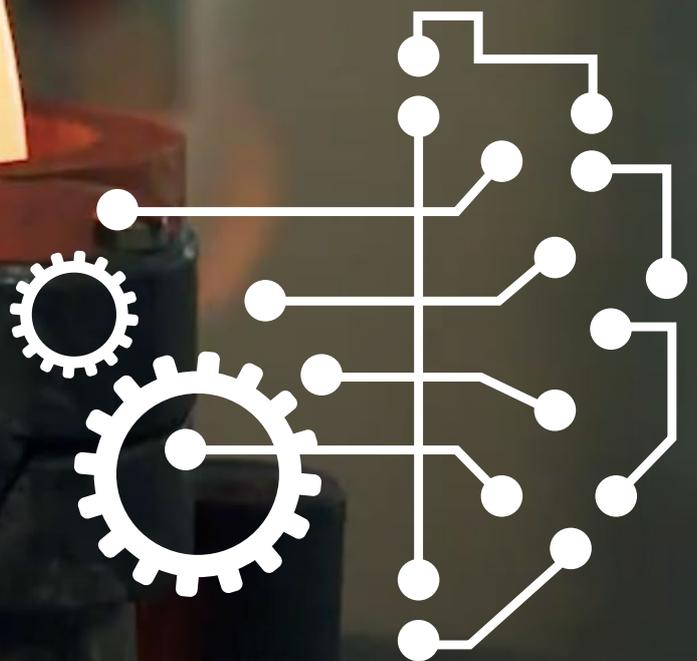


# KI-Transfer BW: Praxispilot

Friedrich Binder GmbH & Co. KG

Priomonitoring – Auftragspriorisierung durch KI



# Transferdokumentation für den Praxispiloten: Priomonitoring – Auftragspriorisierung durch KI

## Beteiligte Partner

- Friedrich Binder GmbH & Co. KG
- Universität Stuttgart – Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement

## Autoren

- Niclas Renner, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Universität Stuttgart – Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement
- Harald Papp, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Universität Stuttgart – Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement
- Kevin Haijkens, Projektleiter IT, Friedrich Binder GmbH & Co. KG
- Andreas Rüd, Leitung IT & Prozesse, Friedrich Binder GmbH & Co. KG

Foto Titelseite: aus dem Produktionsprozess bei Friedrich Binder GmbH & Co. KG. Strangguss in der Schmelzerei, aus einem Stahlbehälter wird die geschmolzene Metalllegierung in einen Endlosstrang gegossen, aus dem Walzdrähte gezogen werden.

Foto Rückseite: aus dem Produktionsprozess bei BINDER, automatisches Anbringen des Verschlusses an einer Kette durch einen Finierautomaten in der Montageabteilung.



# Inhalt

<b>1.</b>	<b>Management Summary</b>	<b>4</b>
1.1.	Was ist ein Praxispilot?	4
1.2.	Kurzzusammenfassung des Praxispiloten mit BINDER	4
<b>2.</b>	<b>Einführung</b>	<b>6</b>
2.1.	Ausgangssituation und Motivation	6
2.2.	Ziele und Nutzen der Zielgruppen	7
2.3.	Projektrahmen	8
<b>3.</b>	<b>Inhaltliches</b>	<b>9</b>
3.1.	Anforderungen	9
3.1.1.	Funktionale Anforderungen	9
3.2.	IT-Architektur	10
3.3.	Daten und Algorithmen	11
3.3.1.	Daten	11
3.3.2.	Datenaufbereitung	12
3.3.3.	Erstellen der Zielvariable	13
3.3.4.	Auswahl und Training des KI-Algorithmus	15
3.3.5.	Warum wird KI benötigt?	16
3.4.	Prototypische Umsetzung des Priomonitors	16
3.5.	Evaluation	17
3.6.	Herausforderungen	18
<b>4.</b>	<b>Resümee</b>	<b>19</b>
4.1.	Wissensgewinn	19
4.2.	Ausblick	20
<b>5.</b>	<b>Impressum</b>	<b>21</b>
5.1.	Kontaktdaten	21
5.1.1.	Unternehmen	21
5.1.2.	KI-Transfer BW	21
5.1.3.	Fördergeber	21
5.2.	Bildnachweis	21
5.3.	Gestaltung und Umsetzung	21

# 1. Management Summary

## 1.1. Was ist ein Praxispilot?

Praxispiloten innerhalb des Projekts KI-Transfer BW sind kleine Projekte zwischen einem Unternehmen und KI-Transfer BW Experten, um einen konkreten Aspekt der Anwendung von KI-Lösungen zur Weiterentwicklung des Unternehmens zu untersuchen und erste Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Im Rahmen der Praxispiloten werden, die in dem Projekt KI-Transfer BW entwickelten, vielfältigen Methoden, Werkzeuge und Vorgehensweisen in der betrieblichen Praxis getestet und so auch Weiterentwicklungspotenziale identifiziert.

Die in den Praxispiloten gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse werden vom KI-Transfer-BW-Team aufgenommen, dokumentiert und im Rahmen des Wissenstransfers verbreitet. Dies soll bei der Implementierung von KI in anderen KMU unterstützen. Dazu dient auch die vorliegende Dokumentation des Praxispiloten, der beim Unternehmen Friedrich Binder GmbH & Co. KG (im folgenden BINDER) umgesetzt worden ist.

## 1.2. Kurzzusammenfassung des Praxispiloten mit BINDER

Die Firma BINDER stellt Schmuckketten und Creolen her. Eine Kette durchläuft bei ihrer Herstellung mehrere verschiedene Arbeitsschritte. Diese Prozesse können bei aufwendigen Ketten aus bis zu 50 einzelnen Schritte bestehen, die innerhalb von sechs Fertigungsstufen durchlaufen werden. Die Arbeitsschritte werden manuell, halbautomatisch oder maschinell durchgeführt.

Die Firma BINDER fertigt für Wiederverkäufer im In- und Ausland. Die Bestellmengen variieren zwischen ein und mehreren Tausend. Die Ketten unterscheiden sich in der Meterkettenart (verschiedenste Glieder und Legierungen möglich) stark voneinander. Der Durchmesser reicht von unter 1 Millimeter bis zu 20 Millimetern. BINDER produziert in den Standard-Goldlegierungen, in 925/-Silber, in Platin und Palladium, wie auch in unechten Materialien wie z. B. Stahl oder Tombak. Insgesamt bietet die Firma BINDER mehr als 20.000 verschiedene Artikel an.

Durch die große Anzahl an verschiedenen Ketten, Kundenaufträgen und Prozessschritten kommt es bei einzelnen Abteilungen zu einer Häufung von Betriebsaufträgen.

**# öffentliche Förderung durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg**

**# Spezialist für die Herstellung hochwertiger Schmuckketten und Creolen**

**# ein riesiges Sortiment**

Damit Arbeitende in der Produktion wissen, welche der vielen offenen Aufträge zu priorisieren sind, werden die offenen Aufträge aktuell von einem Mitarbeitenden überwacht und priorisiert. Die Priorität hängt jedoch nicht nur vom Liefertermin ab, sondern auch z. B. von der Legierung, da hier große Summen an Kapital gebunden sind. Auch weitere Parameter können auf diese Priorisierung Einfluss nehmen.

## # Ausgangsherausforderung

Im Projekt wird eine KI-Lösung konzipiert, die die Priorisierung von bestehenden Fertigungsaufträgen vornehmen soll. Am Ende soll eine einfache Liste die Priorität der Fertigungsaufträge wiedergeben, die den Arbeitenden in der Produktion als Anzeige der nächsten Fertigungsaufträge – Priomonitor genannt – dienen soll.

## # Lösungsansatz

Creolen  
 Edelmetalle  
**Auftragspriorisierung**  
 Data Science **Automatisierung**  
**Produktion**  
**Prognosen Effizienz**  
 Machbarkeitsanalyse  
**Domain Knowledge Künstliche Intelligenz**  
**Schmuckketten**

Da die Firma BINDER Durchlaufdaten aus mehreren Jahren gesammelt hat, konnte der Praxispilot von der Konzeption bis hin zur prototypischen Umsetzung durchgeführt werden. Die Ergebnisse des Prototyps wurden von von der Firma BINDER in der Produktion mit guten Ergebnissen getestet.

<b>Unternehmen</b>	Friedrich Binder GmbH & Co. KG
<b>Branche</b>	Produktion
<b>Unternehmensbereich</b>	Herstellung von Schmuckwaren
<b>Unternehmensgröße</b>	247
<b>Technologie und Methoden</b>	Machine Learning (überwachtes Lernen)
<b>KI-Lösung</b>	Prio-Monitor
<b>Ziel</b>	Verbesserung der Auftragspriorisierung
<b>Dauer</b>	3 Monate
<b>Personenzahlen (beteiligte Personengruppen)</b>	6 Personen (IT-Fachkräfte, Produktionsplanung, Abteilungsleiter*innen Produktion, externe Data Scientists)

## 2. Einführung

Der Praxispilot „Priomonitor- Auftragspriorisierung durch KI“ wurde von Oktober 2020 bis Januar 2021 durchgeführt und lieferte eine prototypische Umsetzung des sogenannten Priomonitors, der in der Produktion einem ersten Praxistest unterzogen wurde. Es konnte gezeigt werden, dass durch KI gestützt, die Priorität der eingehenden und offenen Aufträge gut vorgenommen werden konnte.

### 2.1. Ausgangssituation und Motivation

In der Produktion einer Kette, von den Edel- und Unecht-Bestandteilen, bis zum fertigen Produkt sind zahlreiche Schritte nötig. Zuerst muss aus dem Edelmetall eine Legierung in der gewünschten Qualität und dem gewünschten Gold- bzw. Silbergehalt erstellt werden. Anschließend wird daraus ein Draht oder ein Blech erstellt, die als Grundlage für jegliche weiteren Produktionsschritte dienen. BINDER produziert neben Ketten in verschiedenen Ausführungen auch Creolen und Einzelteile wie Finierteile (Ringe, Schlaufen, Verschlusssteile) oder Zwischenteile (wie Anhänger, ID-Platten). Im Projekt „Priomonitor – Auftragspriorisierung durch KI“ wurde nur die Produktion von Fertigprodukten (Collier, Armbänder) betrachtet, da dies der größte Anteil der Aufträge von BINDER sind. Die Ketten werden sowohl für Kunden im preiswerten Segment produziert, als auch für Kunden aus dem Designerbereich, die höchste Ansprüche an Verarbeitung und Qualität legen. Der Qualitätsunterschied kommt nicht nur durch den Edelmetallgehalt der Legierung, sondern insbesondere durch die Anzahl und Komplexität der benötigten Produktionsschritte zustande. Ketten, die den höchsten Ansprüchen genügen müssen, werden z. B. am Ende der Produktion nochmals von Hand poliert, wobei preiswertere Ketten maschinell poliert werden.

Eine Kette durchläuft in der Regel folgende Produktionsschritte, welche aus weiteren Unterprozessschritten bestehen:

- Strangguss in der Schmelzerei
- Draht-/Blech-Herstellung
- Kettenmechanik
- Kettenlöterei
- MK-Varianten
- Endmontage: Linkomaten/Finierautomaten/Manufaktur
- Oberflächenbehandlung

**# Priomonitor: Auftragspriorisierung in der Produktion durch KI**

**# vom Metall zur fertigen Kette**

Bei einigen aufwendigen Prozessschritten kann es häufig dazu kommen, dass viele Aufträge auf einmal in einer Abteilung zu bearbeiten sind. Dabei ist oft nicht ersichtlich, welcher Auftrag zuerst bearbeitet werden sollte und welche Aufträge eine geringere Priorität haben. Genau mit diesem Problem beschäftigt sich der vorliegende Praxispilot.

Die Priorität eines Auftrages hängt von verschiedenen Faktoren ab. Zum einen sollen alle Aufträge fristgerecht geliefert werden und keine Liefertermine überschritten werden. Andererseits sind große Mengen an Kapital in den Edelmetallen, die zur Produktion benötigt werden, gebunden. Deshalb sollten Aufträge die z. B. Goldanteile aufweisen, einem mit Silberanteilen vorgezogen werden. Des Weiteren betreibt die BINDER einen eigenen B2B-Onlineshop mit einem Angebot von über 16.000 Artikeln, die jederzeit bestellt werden können. Der Kernteil von diesen Artikeln muss dauernd verfügbar sein, jedoch nicht in zu hoher Zahl, da sonst große Mengen an Kapital gebunden sind. Diese sogenannten NOS Artikel (never out of stock, dt.: nie ausverkauft) müssen, wenn diese nachbestellt werden, mit einer hohen Priorität produziert werden. Insgesamt gibt es über 20 Merkmale, die die Priorität eines Auftrages beeinflussen können.

Um in den oben genannten Abteilungen mit großer Auftragsanzahl eine Übersicht zu bekommen, wird derzeit von einem erfahrenen Mitarbeiter händisch die Priorisierung der Aufträge vorgenommen. Dies führt dazu, dass dieser Mitarbeiter viel Zeit in diese Arbeit investieren muss und die Qualität von der Erfahrung dieses Mitarbeiters abhängt. Bei der teils hohen Anzahl von offenen und neu hinzukommenden Aufträgen ist der Aufwand hoch die Priorisierung immer aktuell zu halten.

## **2.2. Ziele und Nutzen der Zielgruppen**

Durch die KI-basierte Auftragspriorisierung werden zum einen die Mitarbeitenden entlastet, die bis zum jetzigen Zeitpunkt die Priorisierung der Aufträge manuell vornehmen. Außerdem könnten die Mitarbeitenden in der Produktion von einer besseren Priorisierung der Aufträge profitieren, sodass es zu weniger Zeitdruck in einzelnen Abteilungen kommt und der dadurch entstehende Stress reduziert werden kann. Durch die Priorisierung aller Aufträge ist auch ein zuverlässiges Bearbeiten der Aufträge möglich.

**# komplexe Aufgabe: Prioritätsbewertung der Aufträge**

**# Entlastung der Mitarbeiter durch bessere Priorisierung mithilfe von KI**

Des Weiteren profitiert das Unternehmen auch allgemein durch die Auftragspriorisierung. Gebundenes Kapital wird durch eine funktionierende Priorisierung der Aufträge schneller wieder verfügbar. Dadurch könnte sich die Liquidität des Unternehmens verbessern.

### 2.3. Projektrahmen

BINDER stellt Schmuckketten, Creolen und andere Teile, wie z. B. Verschlüsse von Ketten oder ID-Platten her. Um interne Prozesse zu digitalisieren, optimieren und automatisieren arbeitet die interne IT-Abteilung eng mit den betreffenden Abteilungen aus der Produktion zusammen. Die Anwendung von Verfahren der künstlichen Intelligenz ist für BINDER jedoch neu. Ein erstes Projekt zur prototypischen Umsetzung wurde in diesem Rahmen durchgeführt. Dabei wurde eng zwischen BINDER und dem Projektteam von KI-Transfer BW zusammengearbeitet. Die Projektleitung seitens BINDER wurde von zwei IT-Fachkräften durchgeführt. Diese hatten stets die Unterstützung der Geschäftsleitung. Außerdem waren im Projekt noch ein Mitarbeiter aus der Produktionsplanung sowie zwei Abteilungsleitende aus der Produktion beteiligt.

Nach einem Erstkontakt zwischen BINDER und dem Fraunhofer IAO während einer Transferveranstaltung, erfuhr BINDER von der Möglichkeit zur Teilnahme an einem Praxispiloten im Projekt KI-Transfer BW, worauf sich BINDER erfolgreich für einen Praxispiloten bewarb. Im Projekt kam es zum Austausch von fachlichem Domänenwissen sowie technischem Know-how im Bereich KI.

Der Praxispilot wurde im Zeitraum von Oktober 2020 bis Januar 2021 mit folgendem Arbeitsplan durchgeführt:

1. **Aufnahme der Ist-Situation:** In einem gemeinsamen Kick-Off-Workshop wurde die bisherige Situation aufgenommen und erste Ideen für eine prototypische Umsetzung ausgearbeitet. Es wurde sich auf die prototypische Umsetzung des Priomonitors geeinigt. Die Kommunikation fand daraufhin hauptsächlich in Form einer wöchentlichen Regel-Videokonferenz und einem zweistündigem Abschlussworkshop statt.
2. **Lieferung erster Beispieldaten durch BINDER:** Dieser Beispieldatensatz wurde zusammen diskutiert und die Eignung der Daten für das geplante Vorhaben festgestellt.

**# enge Zusammenarbeit für ein erfolgreiches Projekt**

**# Domänenwissen, IT Know-how und Data Science als erfolgsversprechende Grundlage**

3. **Datenlieferung durch BINDER:** Die Daten wurden aus internen Systemen exportiert und zusammengefasst und anschließend an das KI-Transfer-BW-Team übergeben.
4. **Datensichtung und Vorverarbeitung der Daten durch das KI-Transfer-BW-Team:** Der Datensatz wurde bereinigt und für die Nutzung für Algorithmen aufbereitet. Hierbei stand ein ständiger Austausch zwischen dem KI-Transfer-BW-Team und BINDER statt, um die Daten richtig zu verstehen und einordnen zu können.
5. **Modellauswahl und Training der KI durch das KI-Transfer-BW-Team:** Nachdem die Daten entsprechend aufbereitet waren, wurden verschiedene Algorithmen aus dem Bereich des maschinellen Lernens angewandt.
6. **Einbindung der Modelle (trainierten Algorithmen) in eine prototypische Umsetzung durch das KI-Transfer-BW-Team in Kooperation mit BINDER:** Dabei wurden die Modelle in ein ausführbares Programm eingebunden.
7. **Evaluation der Ergebnisse durch BINDER:** Der Priomonitor wurde von BINDER mit aktuellen Daten aus dem laufenden Betrieb getestet und die berechneten Prioritäten des Priomonitors ausgewertet.
8. **Dokumentation der Ergebnisse** durch das KI-Transfer Team in Absprache mit BINDER.

## 3. Inhaltliches

### 3.1. Anforderungen

Der Praxispilot „Priomonitoring – Auftragspriorisierung durch KI“ hat zum Ziel bei BINDER offene Aufträge der Abteilungen, bei denen es am häufigsten zu Engpässen kommt zu priorisieren, um einen reibungslosen Ablauf zu ermöglichen. Zu diesem Zweck sollten auf Basis der Daten von den vergangenen zwei Jahren eine KI-Lösung entwickelt werden.

#### 3.1.1. Funktionale Anforderungen

Im Kick-Off-Workshop wurden verschiedene mögliche Problemstellungen diskutiert. Von den verschiedenen Problemstellungen wurde aufgrund der Relevanz für BINDER, der potentiellen Machbarkeit und der vorhandenen Daten, der Priomonitor als am besten geeignet befunden. Aus dem Kick-Off-Workshop ergaben sich folgende Anforderungen an den Priomonitor, die im Laufe der nächsten Wochen noch geschärft wurden:

**# Nutzen und Umsetzbarkeit**

- Der Priomonitor benötigt eine Schnittstelle, mit deren Hilfe Daten in einem festgelegten Format einfach eingegeben werden können.
- Der Priomonitor muss in der Lage sein, alle eingegebenen Daten mit einer Priorität zu verssehen.
- Die Eingabe der Daten muss zwingend alle benötigten Daten erhalten, um zuverlässig eine Priorität bestimmen zu können. Falls Daten nicht eingegeben werden, muss eine entsprechende Warnung ausgegeben werden.
- Der Priomonitor soll die Aufträge in geordneter Reihenfolge ausgeben.
- Der Priomonitor benötigt eine geeignete Schnittstelle für eine simple Ausgabe der Aufträge in geordneter Reihenfolge.

### 3.2. IT-Architektur

Für die Speicherung und Lieferung der Daten war die BINDER verantwortlich. Dies wurde über interne Systeme und Datenbanken durchgeführt.

Die Daten wurden auf Basis von Durchlaufdatensätzen aus dem ERP-System von BINDER aufgebaut und sind dann um weiter benötigte Informationen aus anderen Datensätzen ergänzt worden. Die Datensätze werden grundsätzlich in einer betriebs-eigenen SQL-Datenbank auf einem internen Server gelagert. Die Datensätze wurden für die Datenlieferung und um die Weiterverarbeitung zu erleichtern, in eine CSV-Datei ausgelagert.

Für die Datenreinigung und -vorbereitung sowie für das Trainieren der Algorithmen wurde ausschließlich auf Python 3 basierende Open-Source-Software verwendet. Innerhalb des Python-Ökosystems wurden die folgenden Open-Source-Bibliotheken genutzt:

- Numpy, Pandas, Pandas-Profiling und Matplotlib: Softwarebibliotheken zum Einlesen der Daten, zur Datenexploration, zur Datenaufbereitung und für die visuelle Darstellung
- Scikit-learn und TensorFlow: Softwarebibliotheken zum Trainieren der Algorithmen aus dem Bereich des maschinellen Lernens

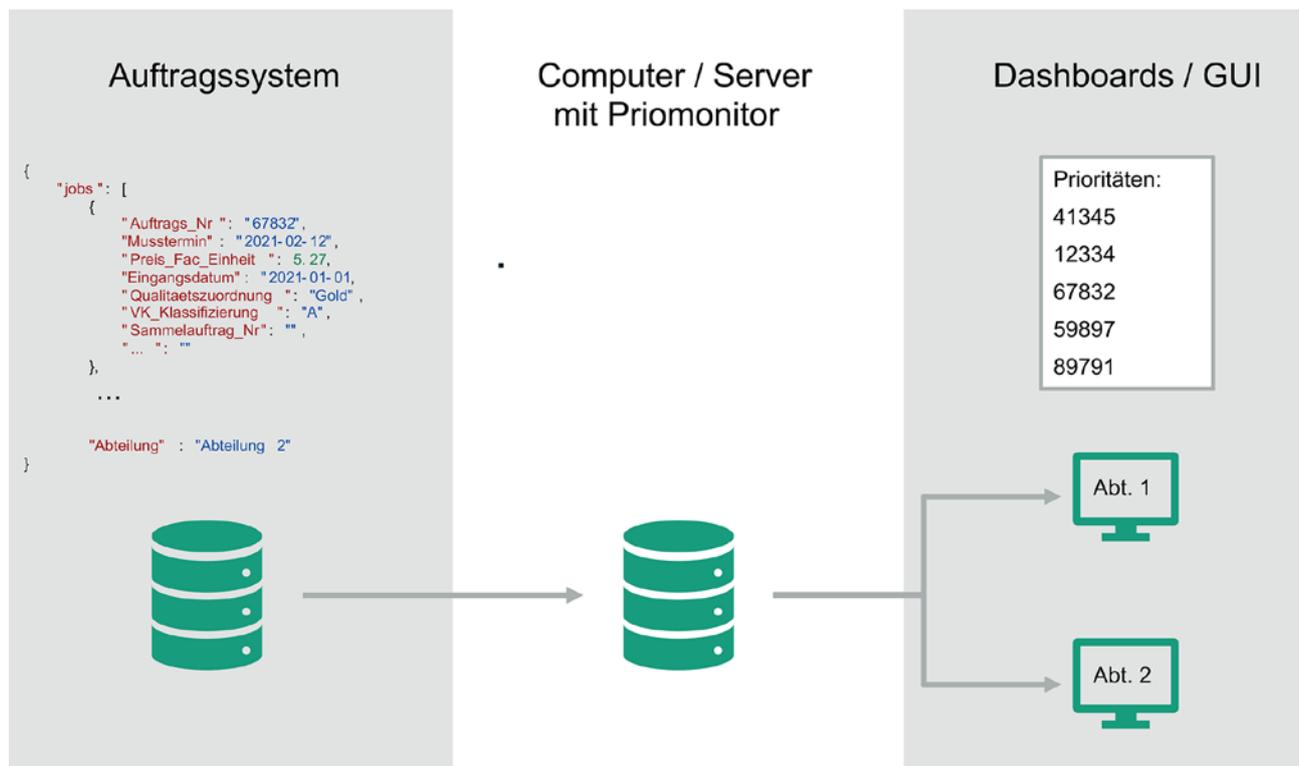
Für genügend Rechenleistung diente ein GPU-Rechner des Fraunhofer IAO. Für das Training der Algorithmen wurde je nach Algorithmus und Anzahl der zu optimierenden Hyperparameter wenige Minuten bis zu knapp einer Stunde benötigt.

**# Daten als Basis für die Umsetzung**

**# Open-Source-Software im Bereich KI**

## # leichtgewichtiger Prototyp

Zum Ausführen des Prototyps musste seitens Binder Python 3 mit den benötigten Bibliotheken installiert werden und über die Konsole gestartet werden. Per „POST“-Request werden die offenen Aufträge an das laufende Programm geschickt. Das Programm antwortet in Sekundenschnelle mit der Ausgabe einer nach der Priorität sortierten Liste der Aufträge. Hierfür wurde keine spezielle Hardware benötigt. Das Programm läuft auf jedem handelsüblichem PC oder Laptop der letzten Jahre.



Figur 1: Schematische Darstellung der Programminfrastruktur mitsamt Schnittstellen. Anhand des internen Auftragsystems werden REST-kompatible POST-Requests im gängigen JSON erstellt. Diese enthalten mehrere Betriebsaufträge einer konkreten Abteilung, die zu priorisieren sind. Nach automatischer Übersendung an den Priomonitor, der auf einem weiteren internen Rechner läuft, wird eine nach Prioritäten sortierte Liste der eingegebenen Betriebsaufträge, zurückgegeben. Diese Liste ermöglicht es zukünftig, Informationen über zu bearbeitende Aufträge in einer geeigneten GUI darzustellen.

### 3.3. Daten und Algorithmen

#### 3.3.1. Daten

Die verwendeten Daten im KI-Projekt beinhalten historische Daten von zwei Jahren aus dem Zeitraum November 2018 bis Oktober 2020. In Tabelle 1 ist ein Teil der verwendeten Datenmatrix exemplarisch dargestellt. Der komplette Datensatz beinhaltete mehr als 1,6 Millionen Aufträge (Zeilen) mit jeweils 22 Merkmalen (Spalten).

Auftragsnummer	Abteilung	Eingangsdatum	Ausgangsdatum	Material	...
526789	Abteilung 11	01.01.2019 08:01:00	01.01.2019 10:19:00	Gold	...
499412	Abteilung 2	01.01.2019 08:02:00	01.01.2019 14:49:00	Silber	...
761394	Abteilung 17	01.01.2019 08:03:00	02.01.2019 09:01:00	Gold	...
954812	Abteilung 1	01.01.2019 08:03:00	02.01.2019 09:01:00	Gold	...
...	...	...	...	...	...

Tabelle 1: Nachbildung der von BINDER zur Verfügung gestellten Datenmatrix

Für die prototypische Umsetzung des Priomonitors wurden zwei Abteilungen – im folgenden Abteilung A und Abteilung B genannt – gewählt, die für BINDER am wichtigsten waren und für die genug Daten vorlagen. Für Abteilung A lagen 39.456 Aufträge vor. Damit ergab sich eine Datenmatrix der Größe  $39.456 * 22$  (Aufträge \* Merkmale). Für Abteilung B lagen 29.697 Aufträge (Datenmatrix der Größe  $29.697 * 22$ ).

Nach der Datenaufbereitung, die im nächsten Abschnitt näher erläutert wird, blieben für Abteilung A 22.533 und für Abteilung B 17.237 Aufträge mit jeweils 11 Merkmalen übrig. Diese Daten wurden genutzt, um die Algorithmen aus dem Bereich des maschinellen Lernens zu trainieren.

### 3.3.2. Datenaufbereitung

Der von BINDER zur Verfügung gestellte Datensatz musste für das Vorhaben entsprechend aufbereitet werden, um die oben genannten Datensätze für die Abteilungen A und B zu erhalten. Im Folgenden werden einige dieser Schritte beschrieben.

Um aus dem Datensatz über alle Abteilungen mit insgesamt über 1,6 Millionen Datenpunkten zwei abteilungsspezifische Datensätze zu erstellen, wurden die Daten nach dem Merkmal „Abteilung“ getrennt. Die Aufträge der anderen Abteilungen wurden in diesem Projekt nicht weiter betrachtet.

**# große Datenmenge ermöglicht erfolgreiche Umsetzung**

Die zwei erstellten Datensätze wurden dann in weiteren Schritten äquivalent bereinigt. So wurden Merkmale, die keine Informationen zur Lösung des Problems enthielten, aus dem Datensatz entfernt. Solche Merkmale waren z. B. die Art der Glieder

der einzelnen Kette oder händisch erstellte Bemerkungen, die auch nur für einen Bruchteil der Aufträge vorhanden waren.

Nach sorgfältiger Betrachtung der Merkmale wurden 11 der 22 Merkmale genutzt, um die Modelle zu trainieren. Von den 11 Merkmalen waren 3 numerische Merkmale und die restlichen 8 Merkmale kategoriell kodiert.

Nachdem 11 Merkmale aus dem Datensätzen entfernt wurden, wurden die übrig gebliebenen Merkmale genauer untersucht. Dabei gab es zum Teil fehlende Einträge. Zum Beispiel waren für manche Aufträge keine Liefertermine hinterlegt. Aufträge, bei denen der Liefertermin fehlte, wurden aus dem Datensatz entfernt. Bei weiteren fehlenden Merkmalen wurde zum Teil durch Imputation – Verfahren, mit denen fehlende Datenpunkte ersetzt werden können – vervollständigt. So konnte ein möglichst großer Datensatz für das Trainieren der KI-Modelle geschaffen werden.

Auch wurden die einzelnen Merkmale auf Ausreißer untersucht. Ausreißer sind extreme Werte, die häufig auf eine fehlerhafte Eingabe oder einen sonstigen Fehler beruhen. Diese führen oftmals zu einer Verzerrung der Ergebnisse bzw. zu einem schlechteren Lernergebnis des Algorithmus. Um festzustellen, ob es sich bei den Ausreißern tatsächlich um fehlerhafte Informationen handelte, wurden diese genau untersucht und das Domänenwissen der Mitarbeitenden von BINDER miteinbezogen. Auch Aufträge mit entsprechenden Ausreißern wurden aus den Datensätzen entfernt.

Zurück blieben zwei Datensätze ohne fehlende Werte. Bevor diese für die Algorithmen genutzt werden konnten, wurden die Datensätze noch skaliert oder standardisiert.

### **3. 3. 3. Erstellen der Zielvariable**

Im Rahmen des Priomonitors soll jedem Auftrag eine Priorität zugewiesen und die Aufträge entsprechend sortiert werden. Dabei sollen die Priorisierung und Sortierung mithilfe von Algorithmen des maschinellen Lernens erfolgen. Eine Technik des maschinellen Lernens ist das sogenannte „überwachte Lernen“, das bei der Umsetzung zum Einsatz kam. Beim überwachten Lernen benötigt ein Algorithmus eine Zielvariable (oder Zielmerkmal). Der Algorithmus muss während des Trainings die Information erhalten, ob seine Vorhersage falsch oder richtig war,

**# viele Arbeitsschritte bis zur  
Verwendung der Daten**

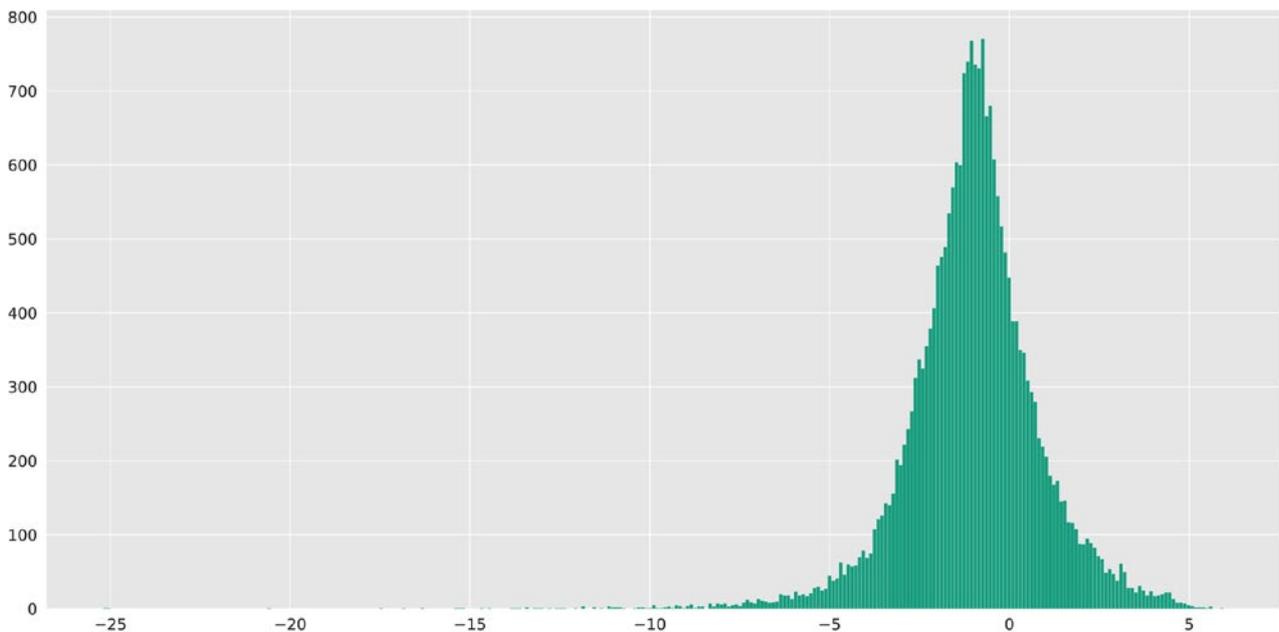
bzw. wie sehr die Vorhersage daneben lag, um daraus lernen zu können.

Da die Priorität als solche nicht konkret erfasst werden kann, musste ein sogenanntes Proxy-Merkmal erstellt werden, das die Zielgröße möglichst gut widerspiegelt. Ein Proxy-Merkmal ist ein Merkmal, das verwendet wird, wenn das eigentliche Merkmal nicht gemessen werden kann. Dafür wurden einige der Merkmale zu einem Prioritätswert zusammengeführt. Für den Prioritätswert wurden einerseits sich nicht verändernde Merkmale wie z. B. die Art des Edelmetalls der Kette oder der Preis pro Kette genutzt. Andererseits wurden auch sich über die Zeit verändernde Merkmale, wie die verbleibende Zeit zum Liefertermin und die historische Arbeitszeit – also die Zeit, die ein Auftrag in einer Abteilung war – verwendet. Mit diesen und noch einigen weiteren Merkmalen wurde das Zielmerkmal berechnet.

## # Auftragspriorität als Proxy-Merkmal

Mit Hilfe dieses Zielmerkmals war es möglich Algorithmen des überwachten Lernens anzuwenden und ein KI-Modell zu trainieren.

In Bild 1 ist die Verteilungen des erstellten und standardisierten Zielmerkmals anhand eines Histogramms zu sehen. Dabei erkennt man, dass das Zielmerkmal normalverteilt ist.



Figur 2: Histogramm des Zielmerkmals. Die x-Achse zeigt den Wert der errechneten Priorität und die y-Achse die Anzahl der Aufträge mit entsprechend berechnetem Wert.

### 3.3.4. Auswahl und Training des KI-Algorithmus

Durch das Erstellen des Zielmerkmals konnten Algorithmen des überwachten Lernens genutzt werden. Diese Klasse von Algorithmen bietet eine sehr große Auswahl an verschiedensten Algorithmen. Für das vorliegende Problem wurden mehrere Algorithmen trainiert und deren Leistung verglichen. Dabei war das Vorgehen für Abteilung A und Abteilung B identisch.

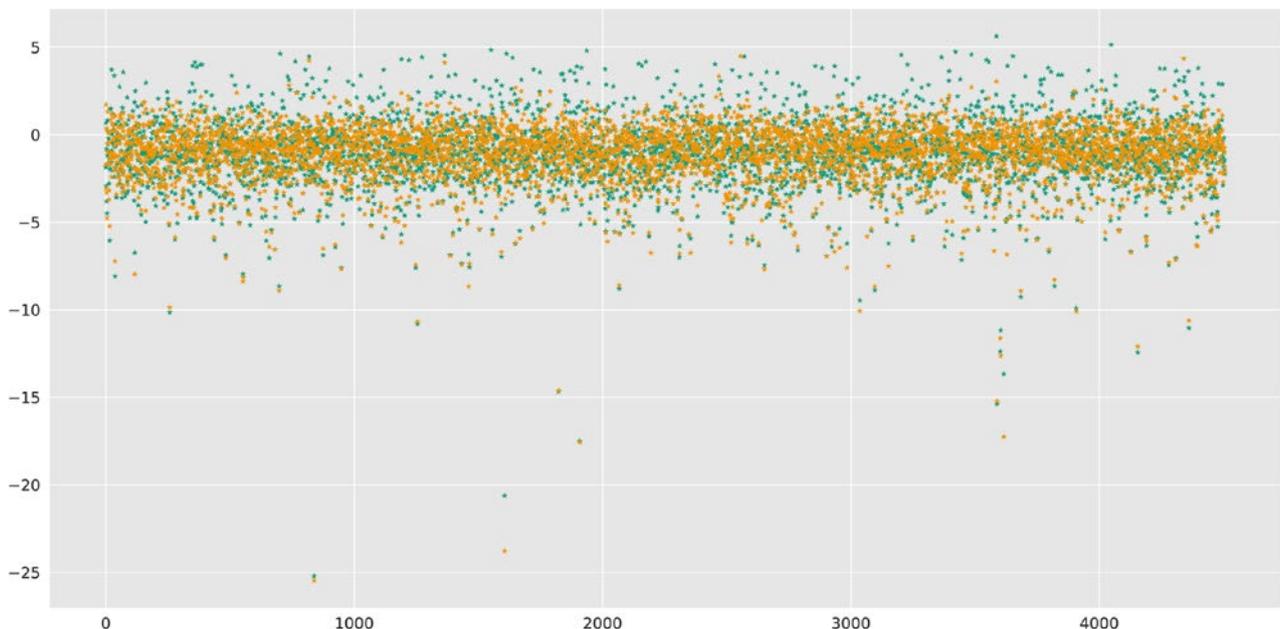
Zuerst wurde ein sehr einfacher Algorithmus genutzt, um eine Baseline zu erstellen. Dies wurde getan, um ohne großen Aufwand feststellen zu können, ob die verfügbaren Daten tatsächlich die Fragestellung beantworten können. Für diesen Zweck wurde eine einfache lineare Regression durchgeführt. Diese bestätigte, dass die Daten das zugrunde liegende Problem lösen können.

Nun wurden verschiedene aufwendigere Algorithmen trainiert, um ein bestmögliches Ergebnis zu erzielen. Dabei wurden unter anderem tiefe neuronale Netze (Deep Neural Networks), Support Vector Machines und Ensemblemethoden genutzt.

Für Abteilung 1 erzielte eine Ensemblemethode, genauer ein Random Forest das beste Ergebnis, für Abteilung 2 erzielte ein tiefes neuronales Netz das beste Ergebnis.

**# Algorithmus zur Erkennung, ob die Daten das Problem beschreiben**

**# Anpassung des Algorithmus je nach Problem**



Figur 3: Der von dem Modell geschätzte Wert der Priorität (grün) und der tatsächliche Wert der Priorität (orange) der Aufträge aus Abteilung 1.

### 3.3.5. Warum wird KI benötigt?

Die Frage, ob KI überhaupt benötigt wird oder nicht ein „einfaches“ mathematisches Modell genügen würde, um die Priorität zu bestimmen, stellte sich auch während dieses Projekts.

Grundsätzlich könnte man versuchen das Problem auch auf traditionelle Weise – ohne maschinelles Lernen – zu lösen. Der Vorteil des maschinellen Lernens ist hier, dass für die Berechnung der Priorität auch Merkmale genutzt werden können, die erst nach Abschluss des Auftrages vorliegen und einen höheren Informationsgehalt bieten. Zum Beispiel ist die Arbeitszeit eines Auftrags erst bekannt, sobald dieser abgeschlossen ist. Dieses Merkmal kann also nicht genutzt werden, wenn Priomonitor im Betrieb läuft und die Priorität voraussagen soll. Die angewandten Algorithmen können aus den Daten der Vergangenheit jedoch unbekannte Zusammenhänge und Korrelationen lernen, die für das menschliche Auge nicht erkennbar sind. Diese nutzt der Algorithmus, um aus den vorhandenen Informationen jedem Auftrag eine Priorität zuweisen zu können, um diese in eine vorgeschriebene Arbeitsabfolge bringen zu können.

**# Mehrwert von KI**

### 3.4. Prototypische Umsetzung des Priomonitors

Der Priomonitor wurde als Prototyp implementiert und bei BINDER zur Evaluation eingesetzt. Dafür wurde ein einfaches Programm entwickelt. An diese können die Mitarbeitenden eine Liste von offenen Betriebsaufträgen im JSON-Format senden. Als Ergebnis erhalten sie eine Liste mit Aufträgen, die nach Priorität geordnet sind. Das Programm nutzt dafür intern die zuvor trainierten Algorithmen und berechnet mit deren Hilfe die Priorität für jeden Auftrag. Diese Prioritäts-Werte werden anschließend der Größe nach sortiert und die sortierte Liste mit den Auftragsnummern der eingebenden Aufträge ausgegeben.

**# Umsetzung nutzbar machen**

<pre> {   „jobs“: [     {       „Auftrags_Nr“: „00001“,       „Musstermin“: „2021-02-12“,       „Preis_Fac_Einheit“: 5.27,       „Eingangsdatum“: „2021-01-01 08:00:00“,       „Qualitaetszuordnung“: „Gold“,       „VK_Klassifizierung“: „A“,       „Sammelauftrag_Nr“: „“,       „...“: „“     },     {       „Auftrags_Nr“: „00002“,       „Musstermin“: „2021-02-05“,       „Preis_Fac_Einheit“: 3.70,       „Eingangsdatum“: „2021-01-01 08:00:00“,       „Qualitaetszuordnung“: „Gold“,       „VK_Klassifizierung“: „B“,       „Sammelauftrag_Nr“: „Z12345“,       „...“: „“     },     {       „Auftrag_Nr“: „00003“,       „Musstermin“: „2021-01-31“,       „Preis_Fac_Einheit“: 10.81,       „Eingangsdatum“: „2021-01-01 08:00:00“,       „Qualitaetszuordnung“: „Silber“,       „VK_Klassifizierung“: „A“,       „Sammelauftrag_Nr“: „Z12345“,       „...“: „“     }   ],   „Abteilung“: „Abteilung2“ } </pre>	<pre> {   „Auftrags_Nr“: „00002“,   „Auftrags_Nr“: „00003“,   „Auftrags_Nr“: „00001“, } </pre>
--	--

Figur 4: Links: nachgebaute Eingabe für den Priomonitor. Rechts: geordnete Liste nach Prioritäten.

### 3.5. Evaluation

Der Priomonitor wurde beim Verfassen dieses Dokuments bereits ca. drei Wochen bei BINDER eingesetzt. In dieser Zeit wurde die Priorisierung des Priomonitors genau beobachtet und evaluiert. Dabei wurde festgestellt, dass der Priomonitor gute Ergebnisse erzielt.

Ein Mitarbeitender hat bisher die offenen Aufträge händisch sortiert, indem er eine Bemerkung in ein Feld des Auftrags schrieb, wenn dieser eine hohe Priorität hatte. Dieses Feld „Bemerkung“ wurde nicht für das Training der Algorithmen genutzt. Trotzdem wurden Aufträge, die eine Bemerkung erhielten, in der oberen Hälfte der Prioritätenliste gelistet. Den Aufträgen, die der Mitarbeitende als wichtig eingestuft hatte, hat das KI-Modell auch eine erhöhte Priorität zugeordnet. Das KI-Modell trifft also

ähnliche Entscheidungen wie der Mitarbeitende für den Teil der Aufträge, die durch den Mitarbeitenden priorisiert wurden.

Des Weiteren priorisiert das KI-Modell jedoch auch alle weiteren offenen Aufträge. Bei der Auswertung der Priorisierung ergab sich, dass Aufträge mit hohen Materialwerten früher priorisiert wurden und auch die verbleibende Zeit bis zum Liefertermin berücksichtigt wurde.

Im Allgemeinen scheint das KI-Modell verlässlich die Prioritäten aller offenen Aufträge vorherzusagen und ordnet diese entsprechend. Die genaue Güte und der gesamte Mehrwert des KI-Modells für BINDER ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht genau abzuschätzen. Die ersten Ergebnisse stimmen jedoch positiv und eine Einbindung in die alltäglichen Prozesse wird zeigen, welchen Mehrwert der Einsatz von KI bereiten kann.

BINDER ist mit der Fertigstellung des Prototyps für zwei Abteilungen sehr zufrieden und kann sich ein Weiterführen und Ausbau der Lösung vorstellen. Vor allem die Geschwindigkeit der Lösung hat bei BINDER Eindruck gemacht, da mehrere hundert Betriebsaufträge innerhalb von Sekundenbruchteilen verarbeitet wurden.

Die Einblicke in die Verfahrensweise und Möglichkeiten bei der Arbeit mit künstlicher Intelligenz geben BINDER viele Ideen für zukünftige Einsatzmöglichkeiten von KI im Unternehmen.

**# Funktionalität auch in der Praxis**

**# Erfolg bei Priomonitor als Basis für weiteren KI-Einsatz**

### **3. 6. Herausforderungen**

Während des Projektes gab es eine Reihe von Herausforderungen, die durch das Projektteam gelöst werden mussten.

Eine Herausforderung war der Aufbau von Domänenwissen im Bereich der Schmuckproduktion. Der Ablauf der vielen einzelnen Prozessschritte und die vielen verschiedenen Merkmale brauchten einige Zeit der Einarbeitung, um diese richtig zu verstehen. Hierfür war ein stetiger Austausch ausschlaggebend. Dieses Verständnis ist unerlässlich zur erfolgreichen Durchführung der Datenanalyse und -aufbereitung, da nur mit entsprechendem Verständnis Zusammenhänge erfasst und modelliert bzw. angepasst werden können. Durch die gute Kommunikation und Anleitung der Kolleginnen und Kollegen von BINDER aber gelang es, die Sachverhalte zu durchdringen und inhaltlich darauf aufzubauen.

Seitens BINDER war das Fehlen des KI-Know-hows eine Herausforderung. Das Verständnis für KI konnte durch das Projekt erweitert werden. Der positive Verlauf des Praxispiloten und der Nutzen des Priomonitors haben die Mitarbeitenden von BINDER motiviert, sich in Zukunft tiefergehend mit dem Thema KI zu befassen.

Vor Beginn des Projekts war es nicht klar, inwiefern die vorhandenen Daten das Erstellen des Priomonitors ermöglichen. Es war nach dem Kick-Off-Workshop klar, dass eine große Anzahl Aufträge mit vielen verschiedenen Merkmalen über einen langen Zeitraum vorhanden waren, jedoch war nicht klar, wie vollständig diese Daten waren. Nach der Analyse eines überschaubaren Beispieldatensatzes schien es wahrscheinlich, dass das Vorhaben, einen Priomonitor zu erstellen, möglich ist.

Durch einen wöchentlichen Regeltermin war ein regelmäßiger Austausch zwischen BINDER und dem KI-Transfer-BW-Team ein fester Bestandteil der Durchführung des Projekts. In diesen Videokonferenzen wurden Fortschritte, offene Fragen oder Herausforderungen gemeinsam diskutiert und ein weiteres Vorgehen festgelegt. Bei dringenden Dingen wurden weitere Telefonate geführt. Durch diesen engmaschigen Austausch war es möglich, das Projekt im Voraus festgelegten Zeitplan abzuschließen.

## **4. Resümee**

### **4.1. Wissensgewinn**

Die Lösung des Problems der Priorisierung der Aufträge kann mithilfe von KI, genauer mit Algorithmen des maschinellen Lernens, gelöst werden. Für diese Lösung wurde sowohl das Know-how der Data Scientists des KI-Transfer-BW-Teams als auch das Know-how der Mitarbeitenden von BINDER benötigt. Ohne einen engen Austausch zwischen beiden Parteien wäre eine Umsetzung nicht möglich gewesen. Die Unterstützung seitens der Geschäftsführung von BINDER ermöglichte es, genügend Ressourcen seitens BINDER bereitzustellen. Dadurch war ein reibungsloser Ablauf des Praxispiloten möglich.

Die Zusammenarbeit mit KI-Transfer BW ermöglichte BINDER anhand eines praxisbezogenen Projektes mit Mehrwert für das Unternehmen einen Einblick in die Möglichkeiten und Einsatzbereiche von KI. Innerhalb des zur Verfügung stehenden Zeit-

rahmens wurden ein gut funktionierender Prototyp sowie Ideen zum Ausbau des Prototyps und andere KI Projekte erarbeitet. Dies wäre ohne die enge und gute Zusammenarbeit mit dem KI-Transfer-BW-Team nicht möglich gewesen.

## 4.2. Ausblick

Die Prototypische Umsetzung des Priomonitors konnte aufzeigen, dass die gespeicherten Daten von BINDER einen großen Wert für diese haben können. Mit etablierten Algorithmen konnte eine Priorisierung der offenen Aufträge erzeugt werden. Jedoch gibt es auch hier weiteres Potential. Zum Beispiel werden mögliche Rüstzeiten in den Abteilungen nicht bei der Priorisierung berücksichtigt. Für diese und weitere Aufgaben hatte BINDER zu Beginn des Praxispilots noch nicht genügend Daten. Jedoch sollen diese in absehbarer Zeit gesammelt werden, um weitere Lösungen schaffen zu können und den Priomonitor in seinem Umfang und Funktionsweise weiterzuentwickeln.

Über die Inhalte des Praxispilots gibt es seitens BINDER auch Interesse, KI in Zukunft auch in weiteren Projekten zu nutzen. Hierfür wollen sich z. B. die Mitarbeitenden der IT-Abteilung im Bereich KI weiterbilden und die vielfältigen Möglichkeiten, die durch öffentlich geförderte Projekte – wie KI-Transfer BW und die regionalen KI-Labs – nutzen.

**# KI-Einsatz als Motivation für weitere KI-Projekte, Sammlung von weiteren Daten**

## 5. Impressum

### 5.1. Kontaktdaten

Sie haben eine Frage zum Praxispiloten? Gerne können die Vertreter der Praxispilotpartner bei Fragen und Anmerkungen direkt angesprochen werden:

#### 5.1.1. Unternehmen

Friedrich Binder GmbH & Co. KG  
Kevin Haijkens  
Projektleiter IT  
E-Mail: kevin.haijkens@binder-fbm.de  
Leonberger Strasse 34  
71297 Mönsheim

#### 5.1.2. KI-Transfer BW

Universität Stuttgart – Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement  
Niclas Renner  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
E-Mail: niclas.renner@iat.uni-stuttgart.de  
Allmandring 35  
70569 Stuttgart

Universität Stuttgart – Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement  
Harald Papp  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
E-Mail: harald.papp@iat.uni-stuttgart.de  
Allmandring 35  
70569 Stuttgart

DIZ Digitales Innovationszentrum  
Alexander Dregger  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
E-Mail: dregger@diz-bw.de  
Telefon: +49 721 9654-659  
Haid-und-Neu-Straße 18  
76131 Karlsruhe

#### 5.1.3. Fördergeber

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus  
Baden-Württemberg

Postfach 10 01 41  
Schlossplatz 4 (Neues Schloss) 70001 Stuttgart  
Telefon +49 711 123-2869  
Fax +49 711 123-2871  
E-Mail: pressestelle@wm.bwl.de  
www.wm.baden-wuerttemberg.de

Projektverantwortliche  
Mascha Ananda Eckhardt  
Referat 31 „Industrie- und Technologiepolitik, Digitalisierung“  
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus  
Baden-Württemberg  
Postanschrift: Schlossplatz 4 (Neues Schloss)  
70173 Stuttgart  
Dienst Sitz: Willi-Bleicher-Straße 19  
70174 Stuttgart  
Telefon: +49 711 123-2442  
E-Mail: mascha.eckhardt@wm.bwl.de

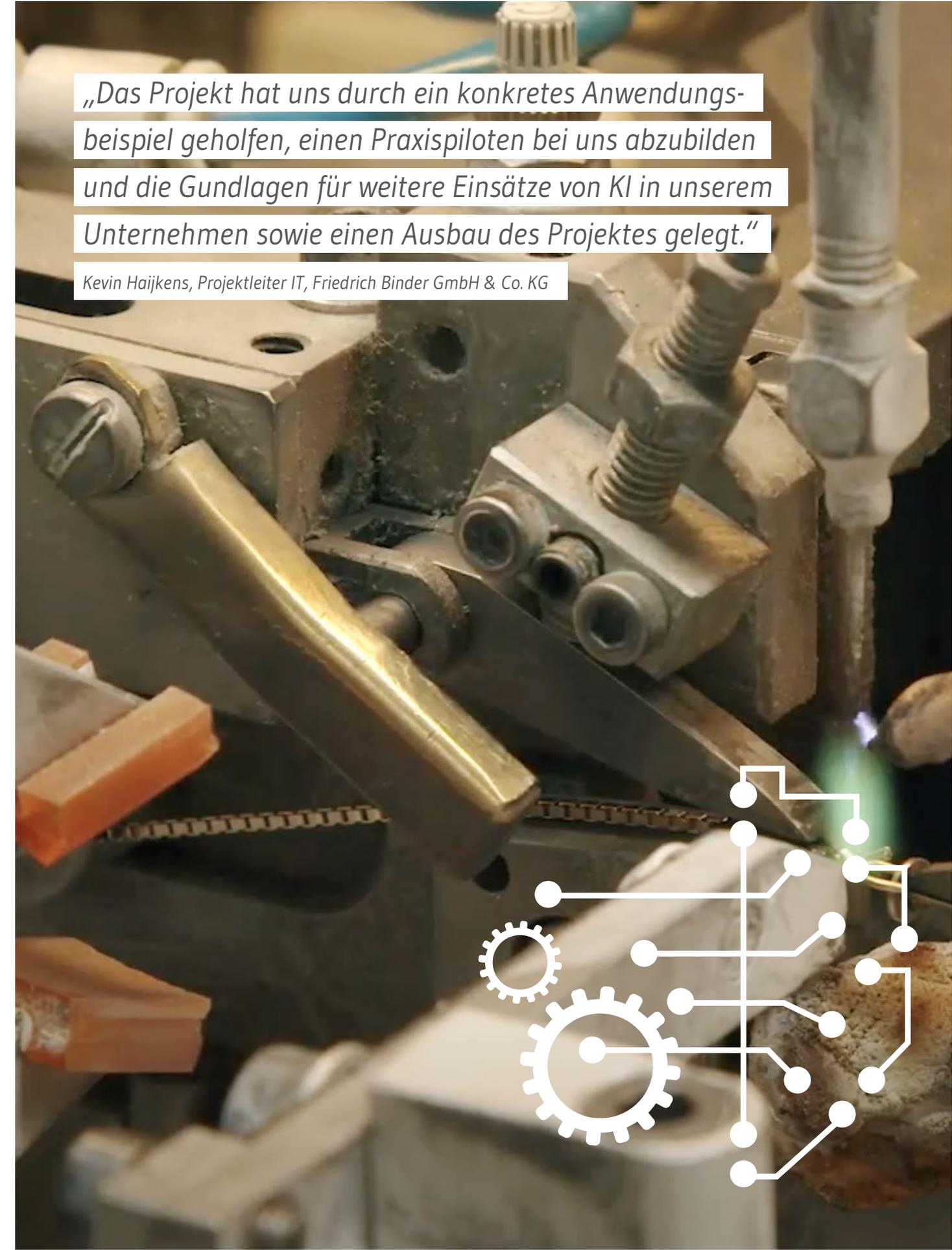
Der Praxispilot ist im Rahmen des vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus geförderten Projektes KI-Transfer BW entstanden. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter:  
<https://www.wirtschaft-digital-bw.de/ki-labs>

### 5.2. Bildnachweis

S. 1, S 22: Friedrich Binder GmbH & Co. KG

### 5.3. Gestaltung und Umsetzung

DIZ Digitales Innovationszentrum  
Sabine Schneider



*„Das Projekt hat uns durch ein konkretes Anwendungs-  
beispiel geholfen, einen Praxispiloten bei uns abzubilden  
und die Grundlagen für weitere Einsätze von KI in unserem  
Unternehmen sowie einen Ausbau des Projektes gelegt.“*

*Kevin Haijken, Projektleiter IT, Friedrich Binder GmbH & Co. KG*

