Case Study: Arbeitsplan aus dem CAD-Modell, was wirklich messbar war

Wie ein Zerspanungsbetrieb im deutschsprachigen Raum geprüft hat, ob sich Arbeitspläne aus CAD-Modell und Zeichnung vorschlagen lassen, und welche Zahl davon trägt.

Unternehmen (anonymisiert): Zerspanungsbetrieb im deutschsprachigen Raum
Branche: Zerspanung, Einzel- und Kleinserienfertigung
Scope: Arbeitsvorbereitung, Vorschlag eines Arbeitsplans aus CAD-Modell und Zeichnung
Laufzeit: Machbarkeitsphase, Frühjahr bis Sommer 2026

Ergebnis auf einen Blick

- **91,8 % Vorschlagsquote.** Für so viele zurückgehaltene Teile lieferte das Verfahren überhaupt einen vollständigen Arbeitsplanvorschlag statt einer Enthaltung.
- **14,6 % exakt getroffen**, **60,3 % innerhalb von zwei Arbeitsgängen** am Sollplan.
- **Zeitraum:** Messreihe 12. bis 17.08.2026, tragender Messlauf am 13.08.2026.
- **Messverfahren:** Holdout über 496 zurückgehaltene Teile mit Leakage-Sperre. Teile mit gleicher Teile- und Zeichnungsnummer sind aus dem Vergleichsbestand entfernt, der Selbstfund ist gesperrt. Beide Vergleichswege laufen gegen dieselbe Ground Truth. Messskript kaskade_messen.py.
- **Das vereinbarte Abnahme-Gate ist verfehlt.** Im Fachurteil eines AV-Experten war von 20 Teilen der erste Vorschlag 6-mal brauchbar, 9 Vorschläge hat er verworfen. Vereinbart waren mindestens 16 von 20 ohne falschen Wert.

> Diese Case Study nennt beide Zahlen, weil nur beide zusammen eine Aussage ergeben. Eine Vorschlagsquote sagt, dass sich ein System nicht entzogen hat. Sie sagt nicht, dass es richtig liegt.

1. Über den Kunden

Ein Zerspanungsbetrieb im deutschsprachigen Raum, Einzel- und Kleinserienfertigung nach Kundenzeichnung. Die Arbeitsvorbereitung legt für jedes neue Teil einen Arbeitsplan an: welche Arbeitsgänge in welcher Reihenfolge, auf welcher Maschinengruppe, mit welchen Vorgaben. Das Wissen dafür liegt in den Köpfen weniger Fachleute und im gewachsenen Planbestand des ERP.

Die Frage, mit der der Betrieb auf araucon zukam, war keine Produktfrage, sondern eine Machbarkeitsfrage: lässt sich aus dem, was ohnehin vorliegt, also CAD-Modell, Zeichnung und

Stammsatz, ein brauchbarer Arbeitsplanvorschlag ableiten?

2. Ausgangssituation

Die Arbeitsvorbereitung ist der Engpass vor der Maschine. Jedes neue Teil wartet, bis jemand den Plan geschrieben hat, und dieser Jemand ist in den meisten Betrieben eine einzelne Person mit Jahrzehnten Erfahrung.

Drei Dinge waren vor dem Projekt richtig und blieben es:

- Das Wissen ist vorhanden, aber nicht abrufbar. Es steckt in vergangenen Plänen, nicht in einer Regel, die man aufschreiben könnte.
- Ähnliche Teile bekommen ähnliche Pläne. Nur findet sie niemand systematisch wieder, weil die Ablage nach Kunde und Auftrag sortiert ist, nicht nach Geometrie.
- Jede Übernahme aus dem Bestand ist schneller als jede Neuanlage. Vorausgesetzt, man trifft den richtigen Plan.

3. Herausforderung

Das Ziel war ausdrücklich nicht, den Planer zu ersetzen. Es war, die offene Frage vor einer Investitionsentscheidung sauber zu beantworten, und zwar so, dass die Antwort auch dann trägt, wenn sie unbequem ausfällt.

Daraus wurden drei harte Anforderungen an die Messung selbst:

1. **Kein Blick auf die Lösung.** Die Prüfmenge wird zurückgehalten und nie zum Anlernen benutzt. Teile mit derselben Teile- oder Zeichnungsnummer fliegen aus dem Vergleichsbestand, sonst findet das Verfahren sich selbst wieder und misst nichts.
2. **Ein Fachurteil, kein Zeichenvergleich.** Ob ein Plan brauchbar ist, entscheidet der Arbeitsvorbereiter des Betriebs, nicht ein Textvergleich mit dem Sollplan.
3. **Ein vorab vereinbartes Gate.** Festgelegt am 27.07.2026, bevor gemessen wurde: mindestens 16 von 20 Teilen mit vollem Vorschlag und kein falscher Wert.

4. Lösung

Gebaut wurden zwei Wege zum Arbeitsplan, und der entscheidende Schritt war, sie zu verbinden.

Weg 1, das Regelwerk. Aus dem CAD-Modell werden Merkmale gelesen, aus denen sich die Fertigungsart ableiten lässt: Formklasse, Rotationssymmetrie, Flachteil-Eigenschaft und weitere Selektoren. Das Verfahren läuft ohne KI-Modell, als reines Python auf der Standardbibliothek, und damit vollständig auf der Hardware des Kunden. Über diese Merkmale wird das Teil in ein Fach einsortiert, und für jedes Fach ist der typische Arbeitsplan bekannt.

Weg 2, der Teilefinder. Das CAD-Modell wird in Ansichten gerendert, aus den Ansichten wird ein Vektor gebildet, und über eine Ähnlichkeitssuche findet das Verfahren die nächsten

Nachbarn im Bestand. Der Plan des ähnlichsten Teils ist der Vorschlag.

Die Kaskade. Liegt ein Nachbar über der Ähnlichkeitsschwelle, gewinnt sein Plan. Sonst greift das Regelwerk. Der dahinterliegende Gedanke ist der eigentliche Kern des Projekts: **auswählen schlägt konstruieren.** Ein Plan, den ein Mensch für ein ähnliches Teil schon einmal geschrieben hat, ist besser als ein Plan, den eine Regel neu zusammensetzt.

Quality Gates. Die Prüfmenge wurde nie zum Anlernen benutzt und bleibt gesperrt. Jeder Messlauf schreibt ein Manifest mit Prüfsummen, ein zweiter Lauf auf demselben Stand muss bitgleiche Zahlen liefern. Die Leakage-Sperre ist Teil des Messskripts, nicht eine Zusicherung im Bericht.

5. Ergebnis

Die Kaskade schlägt beide Einzelwege

Gemessen am 13.08.2026 über 496 zurückgehaltene Teile:

Weg	Vorschläge	exakt getroffen	innerhalb 2 Arbeitsgängen
nur Regelwerk	457	10,5 %	58,0 %
nur Teilefinder, ohne Schwelle	496	11,9 %	45,0 %
nur Teilefinder, ab Schwelle 0,948	70	34,3 %	65,7 %
Kaskade: Nachbar, sonst Regelwerk	**459**	**14,6 %**	**60,3 %**

Die Kaskade ist besser als jeder der beiden Wege für sich: 19 Teile mehr exakt getroffen als das Regelwerk allein. Die Annahme, der Teilefinder nehme dem Regelwerk nur die leichten Fälle ab, hat sich nicht bestätigt. Er trifft gerade dort, wo das Regelwerk scheitert.

Bemerkenswert ist die dritte Zeile: wo der Teilefinder sich sicher ist, also oberhalb der Schwelle, trifft er mehr als jeder dritte Plan exakt. Er weiß nur nicht oft genug, dass er sich sicher ist.

Das Fachurteil, und was es kostet, es zu ignorieren

Am 14.08.2026 hat der Arbeitsvorbereiter des Betriebs 20 Teile bewertet, nach Brauchbarkeit, nicht nach Zeichengleichheit. Ergebnis: 6 Vorschläge brauchbar, mit Alternativvorschlägen 7. 9 verworfen. 4 Enthaltungen, davon hielt er 2 für berechtigt.

Das vereinbarte Gate ist damit verfehlt.

Die Begründungen ergeben ein sehr klares Bild, 17 Nennungen auf 14 Teilen:

Ursache	Nennungen
Formklasse falsch erkannt	6
Angabe auf der Zeichnung nicht gelesen (Rauheit, Passung, Nutmaß)	4
Rohmaterial und Halbzeugform nicht bekannt	4
Aufspannung nicht richtig bestimmt	2
Gravur	1

Keine einzige Nennung lautete: dieser Arbeitsgang kommt bei dem Teil nie vor. Das System erfindet keine Bearbeitung. Es erkennt das Teil falsch und wählt dann für dieses falsche Teil sauber den passenden Plan. Der Fehler sitzt beim Erkennen, nicht beim Auswählen.

Dazu passt der Bestandsabgleich: für 18 der 20 Testteile stand der als richtig beurteilte Plan bereits im Planbestand des Betriebs. Das ist gleichzeitig die Obergrenze dieses Verfahrens. Es wählt aus und erfindet nicht.

Was sich im Alltag verändert hat, und was nicht

Ehrlich gesagt: noch nichts. Diese Phase hat nichts in der Arbeitsvorbereitung ersetzt. Sie hat eine Investitionsentscheidung von einer Meinungsfrage in eine Rechenaufgabe verwandelt, mit benannten Ursachen und einer Obergrenze.

Was sich für die Planung der nächsten Stufe verändert hat, ist die Reihenfolge der Arbeit. Sie steht jetzt nicht mehr in einem Konzept, sondern in der Ursachentabelle des Fachmanns: Formklassen, Zeichnungsangaben, Halbzeugform, Aufspannung, und die Auswahllogik, die die vier erst wirksam macht.

6. ROI

Was belegt ist

Der Ertrag dieser Phase ist eine vermiedene Fehlinvestition, keine eingesparte Stunde. Drei Befunde tragen ihn:

1. **Die Obergrenze ist bekannt.** Für 18 von 20 Testteilen liegt der richtige Plan im Bestand. Mehr kann ein auswählendes Verfahren nicht erreichen, und das ist eine Zahl, gegen die sich jedes Angebot der Folgephase messen lassen muss.
2. **Der Engpass ist benannt und liegt auf der Merkmalsseite.** Dieselbe Messreihe zeigt: werden die Merkmale als korrekt unterstellt, steigt die exakte Trefferquote von 8,9 auf 24,8 %. Der Hebel liegt also im Lesen des Teils, nicht in der Auswahllogik.
3. **Mehr Daten sammeln hilft nicht.** Gemessen am 12.08.2026 über die jeweils ältesten 25, 50, 75 und 100 % des Planbestands, also echte frühere Datenstände statt einer Zufallsdünnung: die exakte Trefferquote liegt bei 8,7 / 8,7 / 8,7 / 8,9 %. Die vierfache Datenmenge bringt 0,2 Punkte. Die Enthaltungsquote ist über alle vier Stufen exakt 21,1 %, sie hängt gar nicht an der Datenmenge.

Befund 3 ist die wirtschaftlich wertvollste Zeile dieser Case Study. Die naheliegende Antwort auf ein schwaches Ergebnis lautet fast immer: noch ein halbes Jahr Daten sammeln, dann nochmal. Hier ist gemessen, dass das nichts bringt. Ein halbes Jahr entspricht in diesem Bestand 4 bis 8 % mehr Daten, und vier Mal so viel bewegt 0,2 Punkte.

Was nicht belegt ist, und deshalb hier nicht steht

Keine Zeitersparnis je Arbeitsplan, keine Durchlaufzeit, keine Amortisationsrechnung. Bei einer Trefferquote, die den Prüfaufwand des Planers nicht sicher unterschreitet, wäre jede Euro-Zahl eine Annahme im Mantel eines Ergebnisses. Der Stand nach dieser Phase ist ein Assistenzsystem mit gemessener Obergrenze, nicht eine Automatisierung mit Payback.

Nicht gemessen und deshalb nicht versprochen: das Lernen aus den Korrekturen des Planers. Das ist ein anderer Mechanismus als das Nachladen weiterer Altpläne, und er ist in dieser Phase nicht vermessen worden.

7. Call-to-Action

Wenn Sie vor derselben Frage stehen, ob sich Ihre Arbeitsvorbereitung aus CAD-Modell und Zeichnung unterstützen lässt, dann ist der erste Schritt keine Software, sondern eine Messung an Ihren eigenen Teilen: eine zurückgehaltene Prüfmenge, ein vorab vereinbartes Gate und das Urteil Ihres Arbeitsvorbereiters.

Genau das ist der Zuschnitt, den wir liefern. Das Ergebnis ist eine belastbare Zahl und eine Empfehlung, auch wenn sie lautet: noch nicht.