



End to End Automatisierung im Anlagenbau: Von 30 auf 7 Wochen

**Wie Formateil Varianten, intelligentes Toolset Management und KI
gestützte Suche die Entwicklungszeit senken und die Fertigung
beschleunigen.**



Case Study – End-to-End-Automatisierung im Anlagenbau: Von 30 auf 7 Wochen

Unternehmen (anonymisiert): Hersteller von Abfüll- und Verpackungslinien

Branche: Anlagenbau / FMCG

Scope: Vom mechanischen Design über Produktionsplanung bis CAD/CAM

Laufzeit (Implementierung): 6 Monate Pilot, anschließender Rollout in Wellen

Executive Summary

- **Ausgangslage:** Die Lieferung neuer Formteile und Formatteile für Produktumstellungen dauerte im Schnitt **~30 Wochen** – von Bestelleingang bis Auslieferung. Die Ursachen: manuelle Recherche ähnlicher Teile, verstreute Dokumentation, Medienbrüche zwischen CAD/PLM/CAM und fehlende Wiederverwendbarkeit in der NC-Programmierung.
- **Ziel:** Eine **durchgängige, teil- bis vollautomatisierte Prozesskette** vom mechanischen Design über die Produktionsplanung bis in die CAM-Programmierung – mit laufender Simulation und klaren Checklisten.
- **Lösung:** Kombination aus **Shape-Search, RAG-gestützter Dokumentensuche, CAD-basierten LLMs** (inkl. Vision-Modelle) sowie **standardisierten CAM-Templates** und Toolset-Verwaltung. Orchestrierung via Workflows; Human-in-the-Loop an Qualitäts-Gates.
- **Ergebnis (Pilot):** **Durchlaufzeit von ~30 auf 7 Wochen** reduziert (–77%). Höhere Teile-Wiederverwendung (+65%), kürzere NC-Programmierung (–35%), weniger Fehler in Freigaben (–40%).
- **Ausblick:** Weitere Automatisierung der Änderungsprozesse, Finetuning domänenspezifischer Modelle, Ausbau von Selbstbedienungs-Assistenten für Engineering & Fertigung.



Ausgangssituation

Produktwechsel erforderten neue **Formteile/Formatteile**, die an bestehende Linien angepasst werden mussten. Die Teams arbeiteten in **PLM-System, CAD-System** und unterschiedlichen **CAM-Systemen**. Wissensinseln und uneinheitliche Toolsets führten zu langen Such-, Abstimmungs- und Freigabezyklen. Simulationen wurden sporadisch durchgeführt und selten als kontinuierlicher Prüfanker genutzt.

Herausforderungen im Überblick

- Manuelle Suche nach ähnlichen Linien/Produkten und Referenzteilen
- Geringe Wiederverwendung bereits konstruierter Bauteile
- Unterschiedliche Toolbibliotheken und Postprozessoren in der CAM
- Dokumente/Normen/Zeichnungen verteilt über PLM, Fileshares, E-Mail
- Medienbrüche zwischen CAD → PLM → CAM → Fertigung

Zielbild

Ein **End-to-End automatisierter Fluss** vom Anforderungsprofil bis zur fertigen NC-Programmierung:

1. **Anforderungen erfassen & prüfen** (Checkliste)
2. **Ähnliches identifizieren** (Linien, Produkte, Teile) und **referenzieren**
3. **CAD-Änderungen ableiten** und **halbautomatisch ausführen**
4. **Produktionsplanung** mit automatisierter Stückliste (BOM), Arbeitsplänen & Ressourcen
5. **CAM-Programmierung** via Templates, Toolsets & Simulation-loop
6. **Freigabe & Auslieferung** mit Qualitäts-Gates und Traceability

Lösungsdesign & Architektur

Daten-/Wissensschicht



- **PLM/PDM:** Oracle Agile als führendes System; CAD-Metadaten standardisiert.
- **Geometrie-Embeddings (GC-CAD):** Aus CAD-Daten werden Embeddings erzeugt; Indexierung via **FAISS** oder **Milvus**. Neue Modelle werden **on-the-fly** eingebettet; **Nearest-Neighbor-Suche** liefert ähnliche Teile.
- **Dokumenten-RAG:** Zeichnungen, Normen, Prozesshandbücher, Änderungsstände; semantische Suche mit Citations, Zugriff via SQL/API.

Retrieval & Suche

- **Shape-Based Search:** Native CAD-Shape-Search oder integrierbar mit **3DSemantix**; Alternativ: PLM-Add-ons.
- **Ähnlichkeit im 3D-Raum:** Kombination aus Geometrie- und Metadaten-Suche (z. B. Material, Toleranzen, Herstellverfahren).

Intelligenzschicht (KI/LLM)

- **Vision-LLM (Seek-CAD, PoC):** Einsatz als Retrieval-Booster für Geometrie-Fragen; mehrstufige RAG-Runden.
- **CAD-Coder (Open Source):** Übersetzt Bildinputs/CAD-Schnappschüsse in **CadQuery-Code** – nützlich für Cross-Modal-Vergleich & Vorschau.
- **CAD-basierte LLMs:** Automatisieren Routine-Änderungen (Parameter, Features, Constraints).
- **Domänen-Finetuning:** Schulung auf dem **FlexCAD Design-Handbuch** und firmeneigenen Konstruktionsregeln.

Prozessorchestrierung

- Workflow-Engine (z. B. BPM/Orchestrator) verbindet CAD/PLM/CAM, Simulation und Freigaben.
- **Human-in-the-Loop** an definierten Qualitäts-Gates (Design-Review, Simulation-OK, CAM-Dry-Run).

Qualität & Governance

- Einheitliche **Toolset-Verwaltung** (Werkzeuge, Schnittdaten, Postprozessoren).



- **Traceability:** Versions-/Änderungshistorie, automatische Protokolle in PLM.
 - **Security & Compliance:** Rechteverwaltung, Audit-Trails, Prüfprotokolle.
-

Die automatisierte Prozesskette (End-to-End)

Mechanical Design Process

1. Requisiten/Anforderungen bestimmen – Machbarkeit

- KI-gestützte Checkliste prüft Datenlage (Lastenheft, Normen, Toleranzen).
- Output: validiertes Anforderungsprofil mit Risikomatrix.

2. Ähnliche Linien finden (PLM)

- Semantische Suche im **PLM-System** + Geometrie-Embeddings; Ranking nach Ähnlichkeit & Lifecycle-Status.

3. Ähnliche Produkte zu Referenzlinien finden (PLM)

- Verknüpft Produktvarianten, BOMs und Formteile; Trefferliste mit Wiederverwendungsgrad.

4. Referenzprodukt vs. aktuelle Maschine vergleichen (CAD-System)

- Automatisierter Geometrievergleich (Feature/Parameter-Delta), Kollisionscheck, Toleranzprüfung.
- **Simulation (laufend):** Jede Änderung triggert einen Simulations-Job (Kinematik, Durchsatz, Kollisionsfreiheit).

5. Design-Review & Freigabe (Neu hinzugefügt)

- Human-in-the-Loop; Abweichungen werden erklärt, offene Punkte im Ticketing dokumentiert.

6. Notwendige Designänderungen durchführen (CAD-System)



- CAD-LLM schlägt Parameteränderungen vor; Makros führen wiederkehrende Tasks aus; Compliance-Check gegen FlexCAD-Regeln.

Production Planning Process

- **Automatische BOM-Generierung** aus CAD, inkl. Kauf-/Fertig-teile-Trennung.
- **Arbeitspläne** werden aus Referenzen abgeleitet; Kapazitätsabgleich.
- **Toolset-Management:** Zentrale Bibliotheken, Versionierung, Freigaben.
- **Dokumentensuche (RAG):** Zeichnungen, NC-Anweisungen, Prüfpläne schnell auffindbar.

CAD/CAM Programming Process

- **CAM-Templates** je Teilefamilie (Strategien, Zustellungen, Geschwindigkeiten).
- **Intelligente Verwaltung von Toolsets:** Werkzeugzuordnung & Schnittdaten automatisch; Konflikte werden markiert.
- **Simulation-Loop:** Rohteil-/Spannmittel-Simulation, NC-Code-Verifikation, Postprozessor-Export.
- **Kontinuierliche Verbesserung:** Rückläufer aus der Fertigung (Messberichte, Shopfloor-Feedback) fließen als Features in die Templates ein.

Ergebnisse & KPIs (Pilot)

- **Durchlaufzeit:** von ca. **30 auf 7 Wochen** (-77%).
- **Wiederverwendung Form-/Formatteile:** **+65%**.
- **NC-Programmierung:** **-35%** Aufwand durch Templates & Toolsets.
- **Fehlerquote in Freigaben:** **-40%**.
- **Dokumentensuche:** **-70%** Zeit pro Anfrage (RAG).
- **Transparenz & Traceability:** Vollständige Änderungsverfolgung in PLM.

Kundenstimme (Leiter Mechanik): „Früher waren wir Wochen mit Suchen und Abstimmen beschäftigt. Heute finden wir passende Referenzen in



Minuten – und die CAM-Programme stehen, bevor die Teile in der Fertigung sind.“

Checkliste: Go/No-Go für die Automatisierung

Daten & Systeme

- CAD-Standards (Benennungen, Parameter, Toleranzen) konsolidiert
- PLM-Metadaten vollständig (Lifecycle, Freigaben, Varianten)
- Toolbibliotheken gepflegt (Werkzeuge, Schnittwerte, Postprozessoren)
- Zeichnungen/Normen digital verfügbar (Zugriffsrechte geklärt)

Prozesse & Qualität

- Quality-Gates definiert (Design-Review, Simulation-OK, CAM-Dry-Run)
- Rückmeldeschleifen Shopfloor → Engineering
- Änderungsmanagement (ECR/ECO) standardisiert

KI-Bausteine

- Geometrie-Embeddings (GC-CAD) & Index (FAISS/Milvus) eingerichtet
 - RAG-Pipelines für Dokumente mit Quellenangaben
 - CAD-LLM auf domänenspezifische Regeln (FlexCAD) feinjustiert
 - Vision-Modelle (z. B. Seek-CAD/CAD-Coder) pilotiert
-

Implementierung & Rollout

Welle 1 – Discovery & Foundations (8 Wochen)

- Datenaufnahme, Standards, Embedding-Pipeline, erste RAG-Suche, CAM-Template-Katalog.

Welle 2 – Automatisierung Kernkette (10–12 Wochen)



- Shape-Search, Referenzableitung, Simulation-Loop, Toolset-Governance, Human-in-the-Loop.

Welle 3 – Skalierung & Finetuning (6–8 Wochen)

- LLM-Feintuning auf FlexCAD/Regelwerken, Self-Service-Assistenten, KPI-Dashboards.

Learnings

- **Wiederverwendung vor Neukonstruktion:** Shape- und Metadaten-Suche ist der größte Hebel.
- **Templates sind Code für Fertigung:** CAM-Standards schaffen Qualität und Tempo.
- **Simulation „always-on“:** Frühzeitige Fehlererkennung spart teure Re-Runs.
- **Human-in-the-Loop** bleibt entscheidend – aber gezielt an den wenigen, kritischen Gates.

Ausblick

- Vollautomatisierte Änderungen für definierte Teilefamilien
- Erweiterte generative CAD-Assistenten (Parameter-Synthese, Constraint-Checks)
- Closed-Loop: Messdaten & Shopfloor-Signale fließen direkt in CAD/CAM-Regeln ein

Teaser / Social Preview

Von 30 auf 7 Wochen: Wie ein Anlagenbauer seinen kompletten Entwicklungsprozess – vom mechanischen Design über die Produktionsplanung bis zur CAD/CAM-Programmierung – durchgängig automatisierte. Shape-Search, RAG-Suche und CAD-LLMs sorgen für schnellere Konstruktion, standardisierte Toolsets und weniger Fehler.



Ergebnis: -77% Durchlaufzeit, +65% Wiederverwendung – mit Simulation im Loop und klaren Quality-Gates.