**🎯 Ziel: Industrie-Tool für vollautomatisierte Werkzeugkonzepte**

**💼 Zielgruppe:**

* Werkzeugbauer
* Konstrukteure
* Kunststoffverarbeiter / OEMs

**🧩 Was soll das Tool liefern?**

**1. 🛠 Werkzeugaufbau**

* 3D-Modell des Werkzeugs (Platten, Trennflächen, Aufspannflächen)
* Einpassung des Bauteils in die Kavität
* Kühlkanalbohrungen (intelligent platziert)
* Auswerfer-Vorschläge
* Positionierung von Heißkanal-/Kaltkanalsystemen (optional)

**2. 🌡️ Kühlkanal-Optimierung**

* Automatisierte Platzierung der Bohrungen
* Berechnung Kühlleistung & Zykluszeit-Prognose
* Vorschläge für alternative Kanalführungen (konturnah vs. gebohrt)
* Visualisierung als Heatmap

**3. 📐 Materialempfehlung**

* Auswahl nach Kriterien:
  + Temperaturbeständigkeit
  + Schlagzähigkeit
  + UV-/Wasserbeständigkeit
  + Rezyklierbarkeit
  + Oberflächenoptik
* Ausgabe: 3–5 passende Werkstoffe mit Datenblättern/Verlinkung

**4. 📦 Exportfunktionen**

* CAD-Export: STEP, STL, DXF
* Stücklisten-Export (Platten, Einsätze, etc.)
* Kühlbohrpläne (2D)
* Konfigurationsbericht als PDF

**5. 🖥️ Benutzeroberfläche**

* Bauteil-Upload (STL/STEP)
* Intelligenter Konfigurator (Checklisten, Schieberegler, Dropdowns)
* Live-Vorschau 3D
* Export-Buttons

**🧠 Tech-Stack-Vorschlag**

| **Bereich** | **Tools** |
| --- | --- |
| Backend/Logik | Python, NumPy, scikit-learn |
| Geometriehandling | trimesh, cadquery, pyvista |
| UI | streamlit, später evtl. Qt oder Web-Frontend |
| Datenexport | openpyxl, reportlab, ezdxf |
| CAD-Export | pythonocc-core, cadquery, FreeCAD-API |
| ML-Komponente | Scikit-learn oder TensorFlow Light |

**🧭 Erweiterbare Bausteine für den Start**

Wenn du möchtest, können wir z. B. sofort folgende Module definieren und stückweise umsetzen:

1. ✅ Bauteil einlesen + Materialvorschlag
2. ✅ Kühlkanäle automatisch platzieren
3. 🆕 „Eigenschaften wählen“ → Materialempfehlung
4. 🆕 Grundstruktur Werkzeugplatten erzeugen
5. 🆕 Stückliste + Exportlogik

**🤖 ML in deinem MoQ-System – Übersicht**

**🎯 Ziele mit ML:**

1. **Kühlleistung vorhersagen**  
   → Basierend auf Geometrie, Volumen, Kavitätenzahl, Material
2. **Optimale Kühlkanal-Positionen vorschlagen**  
   → aus historischen Daten lernen (z. B. FEM, Moldflow)
3. **Materialvorschläge priorisieren**  
   → per Klassifizierung nach Eigenschaften
4. **Zykluszeit- und Energieverbrauchs-Prognose**  
   → optional mit Erweiterung durch Echtzeitdaten

**🧠 Konkrete ML-Komponenten**

| **ML-Ziel** | **Input Features** | **Modelltyp** | **Output** |
| --- | --- | --- | --- |
| 🔥 Kühlleistungsprognose | Volumen, Kavitäten, Wanddicke, Material | Regression | kW oder ΔT |
| 📏 Kanalplatzierungsmodell | Mesh, BoundingBox, Kavitäten | Geometrisches Modell | Koordinaten für Kühlbohrungen |
| 🧪 Materialklassifizierung | Bauteileigenschaften (chemisch, mechanisch) | Klassifikation | Materialvorschläge |
| 🕒 Zykluszeit & Energieverbrauch | Kombination aller o. g. Daten | Regression | Sekunden / kWh |