

W H I T E P A P E R

---

# FactoryLine Pro

KI-native Materialflusssimulation  
für den deutschen Mittelstand

*Lokal. Intelligent. Durchgängig – vom Konzept bis zum Digitalen Zwilling.*

Version 1.1 – 2026  
[www.factorylinepro.com](http://www.factorylinepro.com)

# Inhaltsverzeichnis

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Inhaltsverzeichnis .....                                | 2  |
| 1. Executive Summary .....                              | 4  |
| 2. Die Herausforderung: Simulation im Mittelstand ..... | 5  |
| 2.1 Planungslücke im Mittelstand .....                  | 5  |
| 2.2 Das Kostenproblem etablierter Lösungen .....        | 5  |
| 2.3 Cloud-Abhängigkeit und Datensouveränität .....      | 5  |
| 3. Die Lösung: FactoryLine Pro .....                    | 6  |
| 3.1 Architektur .....                                   | 6  |
| 3.2 Drei Simulationsmodi .....                          | 6  |
| 4. Kernfunktionen im Detail .....                       | 7  |
| 4.1 2D-Layouteditor .....                               | 7  |
| 4.2 Physikbasierte Simulation .....                     | 7  |
| 4.3 KI-Berater .....                                    | 8  |
| 4.4 Component Logic Editor (IEC 61131-3) .....          | 8  |
| 4.5 Virtuelle Inbetriebnahme (PLCSIM Advanced) .....    | 10 |
| 4.6 Signal Flow Editor .....                            | 10 |
| 4.7 Import, Export und Migration .....                  | 11 |
| TIA Portal .....                                        | 11 |
| WinMod .....                                            | 11 |
| Namensschema-System .....                               | 11 |
| Dokumentation und Testgenerierung .....                 | 11 |
| 5. Monitoring und Digitaler Zwilling .....              | 12 |
| 5.1 Drift Detection .....                               | 12 |
| 5.2 Predictive Maintenance .....                        | 12 |
| 5.3 Alert Engine .....                                  | 12 |
| 5.4 Headless-Simulation und Batch-Analyse .....         | 12 |
| 6. KPIs und Metriken .....                              | 13 |
| 6.1 Materialfluss .....                                 | 13 |
| 6.2 Maschinen und Förderer .....                        | 13 |
| 7. Lizenzmodelle .....                                  | 14 |
| 8. Technologie-Stack .....                              | 15 |
| 9. Typische Anwendungsszenarien .....                   | 16 |
| 9.1 Greenfield: Neuplanung einer Produktionslinie ..... | 16 |
| 9.2 Brownfield: TIA-Portal-Migration .....              | 16 |
| 9.3 Virtuelle Inbetriebnahme .....                      | 16 |
| 9.4 Batch-Analyse und Reporting .....                   | 16 |
| 9.5 Produktionsbegleitendes Monitoring .....            | 16 |

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 10. Sicherheit und Datenschutz .....    | 17 |
| 11. Produktentwicklung und Roadmap..... | 18 |
| 12. Zusammenfassung.....                | 19 |

# 1. Executive Summary

Die diskrete Fertigung im DACH-Raum steht unter doppeltem Druck: Produktionslinien müssen schneller geplant und häufiger umgerüstet werden, während gleichzeitig Kosten und Komplexität steigen. Die etablierten Simulationswerkzeuge – zugeschnitten auf Konzernstrukturen – übersteigen das Budget vieler mittelständischer Unternehmen deutlich.

FactoryLine Pro schließt diese Lücke. Die Software ist die erste KI-native Materialflusssimulation, die vollständig offline auf dem lokalen Arbeitsplatzrechner läuft und dabei einen durchgängigen Workflow abdeckt: von der Konzeptplanung über die virtuelle Inbetriebnahme mit PLCSIM Advanced bis zum produktionsbegleitenden Monitoring als Digitaler Zwilling.

## 100% Offline

Keine Cloud, keine Datenübertragung. KI läuft lokal auf Ihrem Rechner.

## 3 Simulationsmodi

Flow, Co-Sim (PLCSIM) und Hybrid – in einem einzigen Werkzeug.

## KI-integriert

Engpassanalyse, Optimierung und SCL-Codegenerierung per KI-Berater.

## IEC 61131-3 Logik

FBD/Ladder-Editor mit 27 Standard- und 5 FlowSim-Funktionsbausteinen.

## Virtuelle IBN

PLCSIM Advanced über SharedMemory: Signalmonitor, Trace, Timing-Analyse.

## Flexible Lizenz

Subscription, Perpetual oder Enterprise – passend für Ihren Bedarf.

## 2. Die Herausforderung: Simulation im Mittelstand

### 2.1 Planungslücke im Mittelstand

Rund 45.000 diskret fertigende KMU in Deutschland, Österreich und der Schweiz planen ihre Produktionslinien auf Basis von Erfahrungswerten, Excel-Tabellen und Bauchgefühl. Engpässe werden erst im laufenden Betrieb erkannt, Pufferauslegungen sind nicht validiert, und eine systematische What-If-Analyse findet mangels Werkzeugen nicht statt.

### 2.2 Das Kostenproblem etablierter Lösungen

Die führenden Simulationssuiten – Siemens Tecnomatix Plant Simulation, Dassault DELMIA, Rockwell Arena – setzen jährliche Lizenzkosten von 15.000 bis 50.000 Euro pro Arbeitsplatz voraus. Hinzu kommen Server-Infrastruktur, Schulungskosten und IT-Administration. Für ein mittelständisches Unternehmen mit 50 bis 500 Mitarbeitern ist dieses Investitionsvolumen häufig nicht darstellbar.

| Lösung                 | Jahreslizenz (ca.)      | TCO 5 Jahre / Platz          |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Tecnomatix Plant Sim   | 25.000–50.000 €         | 125.000–250.000 €            |
| DELMIA                 | 20.000–40.000 €         | 100.000–200.000 €            |
| Rockwell Arena         | 15.000–30.000 €         | 75.000–150.000 €             |
| <b>FactoryLine Pro</b> | <b>ab X00 €/Monat *</b> | <b>Deutlich niedriger **</b> |

\* Einstiegspreis Subscription-Modell. Perpetual- und Enterprise-Lizenzen verfügbar. \*\* Ohne Server-Infrastruktur, ohne Cloud-Kosten.

### 2.3 Cloud-Abhängigkeit und Datensouveränität

Für deutsche Fertigungsunternehmen ist Datensouveränität eine Grundanforderung. Produktionsdaten – Taktzeiten, OEE-Werte, Maschinenauslastungen – sind strategische Informationen. Cloud-basierte Simulationslösungen, bei denen Fabrikmodelle auf externe Server übertragen werden, stellen für viele Betriebe ein inakzeptables Risiko dar. FactoryLine Pro läuft vollständig lokal – kein Byte verlässt das Unternehmensnetzwerk, sofern der Anwender dies nicht explizit wünscht.

## 3. Die Lösung: FactoryLine Pro

FactoryLine Pro vereint drei Kernprinzipien: vollständige Offline-Fähigkeit mit lokaler KI-Verarbeitung, einen durchgängigen Workflow von der Konzeptplanung bis zum Digitalen Zwilling, und flexible Lizenzmodelle für jede Unternehmensgröße.

### 3.1 Architektur

Die Hybrid-Architektur kombiniert eine moderne React-Webapp für datenintensive 2D-Editoren und Dashboards mit einem eingebetteten 3D-Viewport (WASM) für immersive Fabrikvisualisierung. Das Backend steuert die Simulationsengine, Physikmodelle und KI-Analyse. Die Kommunikation läuft ausschließlich über WebSocket (JSON) auf localhost.

- **React 19 Frontend:** Vite 6, Tailwind v4, Zustand State Management, React Flow für den 2D-Layouteditor, AG Grid für Signalmonitor, Monaco Editor für SCL-Code, Recharts und uPlot für KPI-Dashboards
- **3D-Engine:** WASM-eingebettet oder Pop-out-Fenster. Animierte Teilebewegung, farbcodierte Maschinenzustände, Signal-State-Visualisierung
- **Backend:** Diskrete Ereignissimulation, Datenmodelle, Ergebnisspeicher, Konfiguration

### 3.2 Drei Simulationsmodi

| Modus             | Engine                         | Einsatzzweck                                                                   |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A – Flow</b>   | SimPy + Physik-Timing          | Materialflussoptimierung, KPI-Analyse, Monte-Carlo-Sweeps, Engpasserkennung    |
| <b>B – Co-Sim</b> | PLCSIM Advanced (SharedMemory) | Virtuelle Inbetriebnahme, SPS-Programmtest, Signalverifikation, Timing-Analyse |
| <b>C – Hybrid</b> | SimPy + PLCSIM (Zeitdomäne)    | Kombinierte Fluss- und SPS-Validierung, Regressionstests nach SPS-Änderungen   |

Diese drei Modi ermöglichen einen nahtlosen Workflow: von der frühen Konzeptplanung (Modus A) über die virtuelle Inbetriebnahme (Modus B) bis zur kombinierten Validierung (Modus C). Kein Werkzeugwechsel, keine Datenkonvertierung, ein durchgängiges Modell.

## 4. Kernfunktionen im Detail

### 4.1 2D-Layouteditor

Der React Flow-basierte Layouteditor ermöglicht intuitive Fabrikplanung per Drag-and-Drop. Über eine umfangreiche Komponentenbibliothek (Bibliothek- und Inventar-Tabs) werden Maschinen, Transportstrecken und Flussbauteile platziert.

- **12+ Maschinentypen:** CNC, Schleifen, Montage, Prüfung, Schweißen, Lager, Verpackung, Kennzeichnung, Reinigung, Wärmebehandlung, Lackierung, Trocknung
- **24 Fördererpresets:** Rollen-, Band- und Kettenförderer; Kurven (45/90/180°); Vertikalförderer (Hub, Spirale, Paternoster); Spezial (Stau, Teleskop, Direct-on-Line)
- **KUKA-Roboter:** KR 6 R700, KR 16 R2010, KR 60-3, KR 210 R3100 mit konfigurierbaren Transferprogrammen
- **Flussbauteile:** Stopper (manuell/Sensor/Timer/Batch), Weichen (Round Robin/Attribut/Last/Überlauf), Zusammenführungen (FIFO/Priorität/kürzeste Warteschlange)
- **Sensoren:** Lichtschranken, RFID-Gates, Vision-Stationen – triggerbar für Geschwindigkeitszonen auf Förderern
- DXF-Import/-Export, JSON-Layout-Format (.fac), Layout-zu-Simulation-Konvertierung per Knopfdruck

### 4.2 Physikbasierte Simulation

Die Simulationsengine modelliert die physikalischen Gegebenheiten der Produktionslinie weit über reine Taktzeitberechnungen hinaus:

- **Antriebsmodell:** Motoren (IE2–IE4, CMP Servo), Getriebe (R/F/K/S/P/W), Frequenzumrichter (MOVITRAC B, MOVIDRIVE B, MOVIMOT). Reibungsmodell
- **Pneumatikzylinder:** 5/2- und 3/2-Ventilsteuerung, Federrückstellung, 6 Zustände (retracted–extending–extended–retracting–fault–moving)
- **Geschwindigkeitsprofil:** Trapezförmig (Beschleunigung/Konstantfahrt/Verzögerung), sensorgetriggerte Speed Zones für Positioniergenauigkeit
- **Fehlermodelle:** Motorüberlast, thermische Überlastung, Getriebeüberlast, Bandschlupf, Bremsverschleiß, VFD-Überstrom
- **Stochastik:** Normal-/Lognormalverteilung für Taktzeiten, Exponential-/Weibull-Verteilung für MTBF, Monte-Carlo-Parametersweeps mit Multi-Seed-Analyse
- **Schichtmodelle:** 1/2/3-Schicht-Betrieb, Teiltypentransformation (Masseänderung, Typänderung nach Bearbeitung)

## 4.3 KI-Berater

FactoryLine Pro integriert künstliche Intelligenz als zentralen Bestandteil des Planungsworkflows – nicht als nachgelagertes Feature:

- **Multi-Provider:** Ollama (lokale LLMs – kein Datenabfluss), Anthropic oder OpenAI kompatible API – flexibel konfigurierbar je nach Anforderung und Datenschutzrichtlinie
- **Kontextsensitive Analyse:** Die KI erhält vollständigen Zugriff auf das Fabrikmodell: Maschinenkonfigurationen, Transportstrecken, Pufferauslastungen, Signaltabellen und historische Simulationsergebnisse.
- **Unified Advisor:** Einzigartiger Cross-Domain-Berater, der Materialfluss-KPIs mit signalbasierten Timing-Daten und Energieverbrauch korreliert – kein Wettbewerber bietet diese domänenübergreifende Intelligenz
- **Strukturierte Vorschläge:** Optimierungsempfehlungen als konkrete JSON-Änderungen mit Konfidenzwerten, erwarteter Auswirkung und Begründung. Jeder Vorschlag erfordert explizite Benutzerfreigabe.
- **SCL-Codegenerierung:** Automatische Erzeugung von TIA-Portal-kompatiblen SCL-Code: Timeout-Anpassungen, Part-Present-Verriegelungen, Handshake-Optimierungen, vollständige Stations-Funktionsbausteine
- **KI-Auto-Platzierung:** Importierte Komponenten (z.B. aus TIA Portal) werden automatisch im Layout arrangiert. TopologyInferer analysiert Signalnamen und TIA-Tags, LayoutPlacer berechnet Positionen (LINEAR, U\_SHAPE, L\_SHAPE, SERPENTINE), PlacementAdvisor liefert bis zu 3 Strategiealternativen.

## 4.4 Component Logic Editor (IEC 61131-3)

Der integrierte Logikeditor ermöglicht die Erstellung von komponentenbezogenem Steuerungsverhalten direkt in der Simulationsumgebung – kompatibel zum IEC 61131-3 Standard:

- **Zwei äquivalente Darstellungen:** FBD (Funktionsbausteindiagramm) als React Flow-Canvas und Ladder (Kontaktplan/KOP) als klassische Leiterdarstellung. Beide Ansichten arbeiten auf demselben Modell.
- **27 Standard-IEC-Funktionsbausteine:** Logik (AND/OR/NOT/XOR), Bistabil (SR/RS), Flanke (R\_TRIG/F\_TRIG), Timer (TON/TOF/TP), Zähler (CTU/CTD/CTUD), Vergleich (GT/LT/EQ/GE/LE), Arithmetik (ADD/SUB/MUL/DIV), Daten (MOVE/SEL/MUX)
- **5 FlowSim-spezifische FBs:** SEQUENCE (N-Schritt-Ablaufsteuerung), CYLINDER\_CTRL (6-Zustands-FSM), HANDSHAKE (Station-zu-Station-Protokoll), MOTOR\_CTRL (Rampe + Fehlermanagement), SENSOR\_DEBOUNCE
- **Logik-Runtime:** Topologische Sortierung (Kahn-Algorithmus) für korrekte Auswertungsreihenfolge. Zyklische Ausführung mit optionaler SignalTable-Integration für I/O-Synchronisation.
- **6 Maschinenvorlagen:** CNC\_BASIC, PRESS\_BASIC, ASSEMBLY\_STATION, CONVEYOR\_CONTROL, ROBOT\_CELL und EMPTY – für schnellen Einstieg



- **Step Debugger:** Breakpoints, Einzelschrittausführung, Watch-Liste, Zykluszähler und visuelles Overlay mit Live-Werten
- **SCL-Export:** TIA Portal V17 kompatibler Structured Control Language Code mit FUNCTION\_BLOCK, REGION-Blöcken und vollständiger Parameterierung

## 4.5 Virtuelle Inbetriebnahme (PLCSIM Advanced)

Die Co-Simulationsfähigkeit verbindet die Materialflusssimulation direkt mit dem SPS-Programm über Siemens PLCSIM Advanced und SharedMemory-IPC:

- **Deterministische Sync-Schleife:** Konfigurierbare Scan-Zykluszeit (Standard 10ms), bidirektionale Signalverarbeitung
- **Live-Signalmonitor:** AG Grid mit Echtzeit-Filterung, Richtungsanzeige, Cell-Flash bei Wertänderungen, Rechtsklick-Forcing
- **Oszilloskop-Signaltrace:** Wellenformdarstellung mit Dual-Cursor-Zeitmessung, Zoom, Replay gespeicherter Traces
- **Timing-Analyzer:** Physik-Vorhersage vs. SPS-Ist-Zeiten mit farbcodierter Bewertung (OK/Warnung/Verletzung, Schwelle: 10%/25%)
- **Signalaufzeichnung:** Ringpuffer (100K Samples im RAM) oder Full-Recording (DuckDB-Streaming). Trace-Replay für Offline-Analyse.
- **Hardware-Interrupts:** OB40-Simulation mit Auto-Trigger bei gebundenen Signalfanken
- **Hybrid-Scheduler:** Simultane Co-Simulation für mehrere aktive Stationen auf einer SPS. Zeitscheiben-Co-Sim: ein run\_cycle() fördert alle Stationen.

## 4.6 Signal Flow Editor

Das zentrale Werkzeug für die Brücke zwischen Simulation und SPS-Programmierung:

- **Signalnamen-Konvention:** {component\_id}\_{actuator}\_{signal}, z.B. ST10\_Clamp\_Y1
- **Visuelles Mapping:** Farbcodiert (grün=Input, orange=Output, blau=Analog, gelb=Forced) mit interaktivem Diagramm
- **PLC-Adressverwaltung:** Siemens S7-Format mit automatischer Validierung, Byte/Bit-Visualisierung des %I- und %Q-Adressraums
- **Konflikterkennung:** Automatische Identifikation überlappender Adressen (doppelte Bits, Word/Bit-Überlappung)
- **Auto-Adresszuweisung:** Konfigurierbare Startadressen, automatisches Mapping, TIA-Portal-CSV-Export

## 4.7 Import, Export und Migration

FactoryLine Pro integriert sich nahtlos in bestehende Werkzeuglandschaften:

### TIA Portal

- **CSV-Import:** Semikolon-delimitiert, UTF-8, deutsche und englische Spaltenüberschriften, PLC-Adress-Parsing (%I/%Q/%M mit BOOL/WORD/DWORD)
- **Openness API:** Direktimport aus laufender TIA Portal V15+ Instanz über pythonnet/.NET-Interop. Kein CSV-Zwischenschritt.
- **Komponentenableitung:** Reverse-Engineering von Maschinen aus Signalnamen und TIA-Tags

### WinMod

- **CSV- und XML-Import:** WinMod-Punktnotation wird automatisch in FlowSim-Underscore-Konvention übersetzt
- **Migrationsreport:** Markdown-Bericht mit Signalübereinstimmung und Handlungsempfehlungen

### Namensschema-System

- **4 integrierte Schemas:** FlowSim, EPLAN P8, Simple, Siemens KKS. Benutzerdefinierte Schemas mit eigenen Regex-Patterns.

### Dokumentation und Testgenerierung

- **Signal-Dokumentation:** Selbstständige HTML-Datei (inline CSS, druckfertig, bilingual DE/EN) mit Adresskarte, Timing-Tabelle, Kreuzreferenz
- **Test-Generierung:** Automatische Regressionstests aus Simulationsszenarien (TestStationTimings, TestThroughput, TestSignalSequences)
- **DXF-Export:** Maschinen, Roboter, Zonen, Bemaßungen für CAD-Integration

## 5. Monitoring und Digitaler Zwilling

FactoryLine Pro entwickelt sich über ein reines Planungswerkzeug hinaus zu einer Plattform für den kontinuierlichen Produktionsbetrieb. Das Monitoring-System erkennt Drift, prognostiziert Wartungsbedarf und validiert das Simulationsmodell gegen die Realität.

### 5.1 Drift Detection

Der DriftEngine-Algorithmus vergleicht kontinuierlich Soll-Werte (aus der Simulation) mit Ist-Werten (aus OPC-UA oder PLCSIM-Daten). Lineare Regression auf den Abweichungstrends prognostiziert, wann Warnschwellen und kritische Schwellen erreicht werden.

### 5.2 Predictive Maintenance

Weibull-basierte Verschleißmodelle schätzen die Restlebensdauer (RUL) einzelner Komponenten. Betriebsstunden, Zykluszähler und gemessene Degradationstrends fließen in die Prognose ein. Das System generiert wartungsplanerische Empfehlungen mit Dringlichkeitsstufen (INFO, WARNING, CRITICAL).

### 5.3 Alert Engine

Schwellenwert- und driftbasierte Alarmer mit vollständigem Lebenszyklus (erstellt, bestätigt, behoben). Optionale KI-Analyse liefert Ursachenbewertung und Handlungsempfehlungen zu jedem Alarm.

### 5.4 Headless-Simulation und Batch-Analyse

Für Langzeitsimulationen bietet FactoryLine Pro einen kommandozeilenbasierten Runner:

- **Zeiträume:** Stunden, Tage oder Jahre (z.B. 365 Produktionstage im 3-Schicht-Betrieb)
- **Ergebnisse:** hourly\_kpis, machine\_stats, daily\_summary, shift\_summary, conveyor\_stats, simulation\_meta
- **Monte Carlo:** Multi-Seed-Parametersweeps, aggregiert in der DB für statistische Robustheitsanalyse
- **CSV-Export:** Deutsches Excel-Format (Semikolon, Dezimalkomma, UTF-8 BOM) für Reporting-Workflows

## 6. KPIs und Metriken

### 6.1 Materialfluss

| KPI        | Beschreibung                                                    |
|------------|-----------------------------------------------------------------|
| Durchsatz  | Teile pro Stunde am Ausgang der Linie                           |
| WIP        | Teile im System (Bearbeitung + Puffer + Transport)              |
| Zykluszeit | Eintritt-bis-Austritt-Gesamtzeit pro Teil                       |
| OEE        | Verfügbarkeit × Leistung × Qualität (Gesamtanlageneffektivität) |
| Engpass    | Maschine mit höchster Auslastung + längster Blockadezeit        |

### 6.2 Maschinen und Förderer

| Metrik           | Beschreibung                                                                                 |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Auslastung       | Arbeitszeit / Gesamtzeit (pro Maschine, farbcodiert: Idle/Working/Blocked/Starved/Breakdown) |
| MTBF/MTTR        | Zuverlässigkeitsparameter (Exponential-/Weibull-Verteilung)                                  |
| Motorauslastung  | $M_{\text{eff}} / M_N \times 100\%$ (SEW-Antriebsmodell)                                     |
| Energieverbrauch | kWh pro Förderer, aggregiert über Simulation                                                 |
| Bremsverschleiß  | Akkumulierte Arbeit / Nennkapazität × 100%                                                   |
| Thermik          | Temperatur vs. Bemessungswert (Motorüberwachung)                                             |

## 7. Lizenzmodelle

FactoryLine Pro bietet flexible Lizenzoptionen, die sich an Ihre Projektgröße und Organisationsstruktur anpassen:

|                        | Subscription               | Perpetual                        | Enterprise                       |
|------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Zahlungsmodell</b>  | Monatlich / jährlich       | Einmalkauf                       | Individuell                      |
| <b>Zielgruppe</b>      | Einzelprojekte, Evaluation | Dauerhafte Nutzung, CapEx        | Multi-User, Standortübergreifend |
| <b>Updates</b>         | Im Abo enthalten           | 12 Monate inkl., danach optional | Individueller SLA                |
| <b>Support</b>         | Community + E-Mail         | E-Mail + Priorität               | Dediziert, SLA-basiert           |
| <b>Co-Sim (PLCSIM)</b> | Optional zubuchbar         | Enthalten                        | Enthalten                        |
| <b>Monitoring/DZ</b>   | Optional zubuchbar         | Optional zubuchbar               | Enthalten                        |
| <b>Multi-Client</b>    | –                          | Optional                         | Enthalten (Master/Observer)      |

**Alle Lizenzmodelle beinhalten:** Vollständige Offline-Fähigkeit, lokale KI-Verarbeitung (Ollama), 2D-Layouteditor, physikbasierte Simulation, Component Logic Editor, DXF-Import/-Export, TIA-Portal- und WinMod-Import, Headless-Runner, Signaldokumentation.

**CapEx-Vorteil der Perpetual-Lizenz:** Einmalige Investition, die im Anlagenvermögen aktiviert und über die Nutzungsdauer abgeschrieben werden kann – ein entscheidender Vorteil für die Investitionsplanung im Mittelstand.

## 8. Technologie-Stack

| Schicht       | Technologie                     | Lizenz        | Zweck                          |
|---------------|---------------------------------|---------------|--------------------------------|
| Frontend      | React 19 + Vite 6 + Tailwind v4 | MIT           | Web-UI, Editoren, Dashboards   |
| 2D-Editor     | React Flow (@xyflow/react)      | MIT           | Layout-Canvas                  |
| Daten-Grids   | AG Grid + Monaco Editor         | MIT/Community | Signalmonitor, SCL-Editor      |
| Charts        | Recharts + uPlot                | MIT           | KPI-Dashboard, Trace           |
| 3D-Engine     | Godot 4.6 (WASM)                | MIT           | Fabrikvisualisierung           |
| Simulation    | SimPy (Python)                  | MIT           | DES-Engine                     |
| Physik        | Eigenentwicklung (Python)       | –             | SEW-Antrieb, Zylinder, Ventile |
| KI/LLM        | Ollama / Anthropic / OpenAI     | MIT/Apache    | KI-Analyse                     |
| Optimierung   | Google OR-Tools                 | Apache 2.0    | Layout-Platzierung             |
| Datenbank     | SQLite + DuckDB                 | PD/MIT        | Ergebnisspeicher               |
| Co-Simulation | PLCSIM Adv. (SharedMemory)      | Siemens       | Virtuelle IBN                  |
| Desktop       | Tauri v2 (optional)             | MIT           | Native App-Shell               |
| i18n          | react-i18next                   | MIT           | Deutsch (Standard) + Englisch  |

Die Infrastruktur basiert vollständig auf Open-Source-Komponenten. Lizenzkosten entstehen ausschließlich für die FactoryLine Pro Software selbst. Für die virtuelle Inbetriebnahme wird eine vorhandene PLCSIM Advanced-Lizenz von Siemens vorausgesetzt.

## 9. Typische Anwendungsszenarien

### 9.1 Greenfield: Neuplanung einer Produktionslinie

Ein Automotive-Zulieferer plant eine neue Montagelinie für Achsträger. Der Produktionsplaner erstellt das Layout im 2D-Editor, konfiguriert 15 Maschinen, KUKA-Roboter, Förderstrecken mit SEW-Antrieben und Sensoren. Innerhalb von Minuten liefert die Simulation Durchsatz, OEE und Engpässe. Der KI-Berater empfiehlt, den Puffer vor Station 7 zu vergrößern und generiert den zugehörigen SCL-Code für die Zylindersteuerung. Eine Monte-Carlo-Analyse mit 1.000 Seeds bestätigt die Robustheit.

### 9.2 Brownfield: TIA-Portal-Migration

Ein Bestandsbetrieb importiert seine SPS-Konfiguration per TIA-Openness-API. Die KI-Auto-Platzierung erkennt aus Signalnamen (ST10\_Clamp\_Y1, CV20\_Motor\_Enable) die Topologie und arrangiert Stationen automatisch im U-Shape-Layout. Im Hybrid-Modus validiert der Timing-Analyzer das SPS-Programm gegen die physikbasierte Simulation – drei Zeitverletzungen in der Zylindersteuerung werden identifiziert. Der SCL-Generator liefert korrigierten Code.

### 9.3 Virtuelle Inbetriebnahme

Der Automatisierungstechniker nutzt Modus B mit PLCSIM Advanced. Der Live-Signalmonitor zeigt alle 247 I/O-Signale in Echtzeit. Per Oszilloskop-Trace wird das Timing der Handshake-Sequenz zwischen Station 3 und Station 4 überprüft. Der Component Logic Editor modelliert die Ablaufsteuerung als FBD mit SEQUENCE-Baustein und CYLINDER\_CTRL. Nach Validierung wird der SCL-Code für TIA Portal V17 exportiert.

### 9.4 Batch-Analyse und Reporting

Der Werksleiter benötigt eine Jahresprognose. Per Headless-Runner werden 365 Produktionstage im 3-Schicht-Betrieb simuliert – ohne GUI, in Bruchteilen der Echtzeit. Die DB-Ergebnisse fließen in die Analyse: tägliche OEE, Schichtvergleiche, Maschinenstillstände, Energieverbrauch. Der CSV-Export im deutschen Excel-Format ermöglicht direkte Weiterverarbeitung.

### 9.5 Produktionsbegleitendes Monitoring

Nach der Inbetriebnahme läuft das Monitoring-System als Webapp im Werksnetzwerk. OPC-UA-Datenquellen liefern Ist-Werte, die gegen das Simulationsmodell validiert werden. Drift Detection erkennt schleichende Degradation, Predictive Maintenance prognostiziert Komponentenlebensdauer per Weibull-Modell. Bei kritischen Abweichungen generiert die Alert Engine KI-gestützte Handlungsempfehlungen.



## 10. Sicherheit und Datenschutz

FactoryLine Pro wurde für den Einsatz in sicherheitsbewussten Fertigungsumgebungen konzipiert:

- **Kein Cloud-Zwang:** Die Software läuft vollständig auf dem lokalen Rechner. Kein Byte verlässt das Unternehmensnetzwerk.
- **Lokale KI (Standard):** Ollama verarbeitet alle Daten lokal auf der GPU. Kein API-Call, kein Datenabfluss. Cloud-APIs (Anthropic, OpenAI) sind eine bewusste Opt-in-Entscheidung.
- **Keine Telemetrie:** Keine Nutzungsdaten, keine Crash-Reports, keine Lizenzchecks an externe Server.
- **Offene Datenformate:** JSON (.fac), DuckDB, CSV, DXF, HTML. Kein Vendor Lock-in.
- **Multi-Client-Sicherheit:** Master/Observer-Rollenmodell für gleichzeitigen Zugriff. Session-Tokens per UUID v4.

## 11. Produktentwicklung und Roadmap

FactoryLine Pro befindet sich in aktiver Entwicklung. Das System wird durch über 1.620 automatisierte Tests abgesichert (62 Testmodule).

| Zeitraum              | Feature                       | Beschreibung                                                |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Verfügbar</b>      | Flow-Simulation (Modus A)     | SimPy-Engine, Physikmodellierung, KPI-Analyse, Monte Carlo  |
| <b>Verfügbar</b>      | Virtuelle IBN (Modus B/C)     | PLCSIM Advanced, SharedMemory, Hybrid-Modus, Timing-Analyse |
| <b>Verfügbar</b>      | Component Logic Editor        | IEC 61131-3 FBD/Ladder, 32 Funktionsbausteine, SCL-Export   |
| <b>Verfügbar</b>      | KI-Berater + Auto-Platzierung | Multi-Provider KI, Unified Advisor, Topologie-Inferenz      |
| <b>Verfügbar</b>      | Import/Export                 | TIA Portal CSV/Openness, WinMod, DXF, Signaldokumentation   |
| <b>In Entwicklung</b> | Live-Monitoring (Webapp)      | OPC-UA-Datenquellen, Drift Detection, produktionsbegleitend |
| <b>In Entwicklung</b> | Predictive Maintenance        | Weibull-Verschleißmodelle, RUL-Schätzung, Wartungsplanung   |
| <b>Geplant</b>        | OPC-UA Live Connector         | Echtzeit-Vergleich Simulation vs. Realität                  |
| <b>Geplant</b>        | SAP RFC/BAPI Integration      | Automatisierter Datenaustausch mit SAP ERP                  |
| <b>Geplant</b>        | PDF-Reporting                 | Automatisierte Berichte für Management und Kunden           |
| <b>Geplant</b>        | Multi-Line-Layouts            | Parallele Produktionslinien in einem Fabrikmodell           |

## 12. Zusammenfassung

FactoryLine Pro adressiert eine klare Marktlücke: Rund 45.000 diskret fertigende KMU im DACH-Raum, die leistungsfähige Simulation benötigen, aber weder die Budgets noch die IT-Infrastruktur für Enterprise-Lösungen aufbringen können.

Die Software vereint fünf Alleinstellungsmerkmale:

### 1. Offline-First

Vollständige Funktionalität ohne Internet. KI, Simulation und Analyse laufen lokal.

### 2. KI-native

KI als integraler Bestandteil: Engpassanalyse, Optimierung, SCL-Codegenerierung, Auto-Platzierung.

### 3. Durchgängiger Workflow

Vom Konzept über virtuelle IBN bis zum Produktionsmonitoring in einem Tool.

### 4. IEC 61131-3 Logik

Integrierter FBD/Ladder-Editor mit 32 Funktionsbausteinen und TIA-Portal-SCL-Export.

### 5. Flexible Lizenzierung

Subscription, Perpetual oder Enterprise – passend für jedes Unternehmen. CapEx-fähige Einmallizenzen für den Mittelstand.

## Bereit für den nächsten Schritt?

Fordern Sie eine persönliche Demo an oder starten Sie Ihre kostenlose Evaluation.

[info@factorylinepro.com](mailto:info@factorylinepro.com) • [www.factorylinepro.com](http://www.factorylinepro.com)

Dieses Dokument dient ausschließlich Informationszwecken. Die enthaltenen Angaben stellen keine verbindlichen Zusagen dar. Produktänderungen, Funktionserweiterungen und Preisanpassungen bleiben vorbehalten. Alle genannten Marken sind Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber. PLCSIM Advanced ist ein Produkt der Siemens AG. SEW-EURODRIVE ist eine eingetragene Marke der SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG. KUKA ist eine eingetragene Marke der KUKA AG. Stand: 2025.