FluxLane-Studie

Wann rechnet sich hochautomatisierte Produktion in Deutschland?

Kurzfassung: Eine Modell- und Sekundärdatenstudie zu Vollkosten je gutem Teil, vier Alternativen und Standortbedingungen

Studie I der fluxlane-Forschungsreihe zur Automatisierungsdividende · Pfad B · Modell- und Sekundärdatenstudie
Fassung 1.0 · Stand: 18. November 2026 · Deutschland

Einordnung. Modell- und Sekundärdatenstudie. Keine Betriebsdatenerhebung, keine Rechts-, Steuer-, Anlage- oder Investitionsberatung, keine Prognose. Die Ergebnisse sind Rechnungen unter offengelegten Annahmen; sie sind keine Entscheidungsgrundlage für konkrete Investitionen.

Entstehung. Text und Rechnungen sind mit Unterstützung eines KI-Systems entstanden; verantwortlich ist die Redaktion von fluxlane. Die Rechenprogramme, Eingaben und Nachweise sind offengelegt (Nachweise: Begleitdatei „Nachweise“). Die Studie ist eine redaktionelle Eigenrechnung und nicht fachlich begutachtet. Es wurden keine Unternehmen kontaktiert und keine Betriebsdaten erhoben.

Pflichtsatz. Jede Rechenaussage steht unter dem Satz: *Modellergebnis unter den genannten Annahmen, kein gemessenes Unternehmensergebnis.*

Impressum und Verantwortlichkeit

Die folgenden Angaben sind wörtlich dem Impressum von fluxlane.eu entnommen, abgerufen am 24. September 2026. Sie wurden nicht ergänzt und nicht umformuliert.

Angabe	Inhalt
Angaben gemäß § 5 DDG	WebTrades GmbH Am Ölberg 2 55459 Grolsheim Deutschland
Vertreten durch	Geschäftsführerin: Laurice Bussmer
Kontakt	Telefon: 0170 890 78 00 E-Mail: info@fluxlane.eu
Registereintrag	Eintragung im Handelsregister Registergericht: Amtsgericht Mainz Registernummer: HRB 54479
Umsatzsteuer-ID	Umsatzsteuer-Identifikationsnummer gemäß § 27 a Umsatzsteuergesetz: DE461650292
Redaktionell verantwortlich	Verantwortlich für den Inhalt nach § 18 Abs. 2 MStV: Laurice Bussmer, Am Ölberg 2, 55459 Grolsheim
Verbraucherstreitbeilegung	Wir sind nicht bereit oder verpflichtet, an Streitbeilegungsverfahren vor einer Verbraucherschlichtungsstelle teilzunehmen.

Redaktioneller Hinweis des Herausgebers (wörtlich)

„fluxlane ist ein unabhängiges, redaktionelles Fachportal für Robotik, autonome physische Systeme und verkörperte KI. Der redaktionelle Geltungsbereich umfasst Industrie und Produktion, Logistik, Medizin, Pflege und Rehabilitation, Service und Haushalt sowie Forschung, Hersteller, Markt und Regulierung; künstliche Intelligenz gehört dazu, auch ohne physischen Körper. Die Inhalte dienen der allgemeinen Information und stellen keine Rechts-, Kauf- oder Anlageberatung dar. Angaben zu Preisen, Verfügbarkeit und Terminen erfolgen ohne Gewähr und können sich jederzeit ändern.“

Zitierweise

FluxLane (2026): Wann rechnet sich hochautomatisierte Produktion in Deutschland? Eine Modell- und Sekundärdatenstudie zu Vollkosten je gutem Teil, vier Alternativen und Standortbedingungen. Fassung 1.0, Stand 18. November 2026. Herausgegeben von der WebTrades GmbH, Grolsheim, fluxlane.eu.

Herstellung dieses Dokuments

Das vorliegende PDF ist maschinell aus der Markdown-Fassung des Manuskripts gesetzt. Vor dem Satz prüft das Erzeugungsskript Belegziffern gegen das Literaturverzeichnis und die Anrede. Gesetzt wurde mit IBM Plex Sans und Sora.

Abbildungsnachweis

Diese Studie enthält keine Abbildungen.

Fragestellung

Ab welchen Arbeits-, Kapital- und Energiekosten liegen die Vollkosten je gutem Teil einer automatisierten deutschen Fertigung unter denen der Alternativen, und ab welchen Kosten ist sie gegenüber automatisierten Standorten in China und den USA konkurrenzfähig? Die Studie beantwortet das für einen **definierten Modellprozess**: eine Werkzeugmaschine mit einem Referenzteil von sechs Minuten Zykluszeit, gefertigt in Losen und Varianten, in vier Alternativen von der Fortführung (A0) bis zum maschinenorientierten Re-Design (A3).

Methode in Kürze und Methodenwechsel

Das vorab festgelegte Studienprotokoll sah einen Hypothesenpfad vor (Pfad A, H1 bis H5). Sein Abbruchkriterium A1 wurde am 17.11.2026 ausgelöst, weil kein Mittelstandsfall vorliegt; Pfad A ist deshalb **nicht testbar**. Danach wurde Pfad B eingeführt, eine Modellrechnung ohne Fallbezug, die Pfad A nicht ersetzt und über H1 bis H5 kein Urteil fällt. Für den Mittelstand gilt: „Für den Mittelstand liegt in diesem Pfad kein Fall vor; Aussagen zum Mittelstand sind nicht möglich."

Die Studie legt offen, was in welcher Reihenfolge entstand, weil Pfad B eine nachträgliche Methode ist.

1. Am 16.11.2026 wurde das Studienprotokoll mit den Hypothesen H1 bis H5 und dem Abbruchkriterium A1 festgelegt.
2. Am 17.11.2026 wurde A1 ausgelöst, weil kein Mittelstandsfall vorliegt; Pfad A ist seitdem nicht testbar. Erst danach wurde Pfad B vorgeschlagen und am 18.11.2026 als dokumentierte Ergänzung des Protokolls eingeführt. Pfad A und A1 blieben dabei wörtlich unverändert. Für Pfad B gilt eine Frist von sechs Wochen (18.11.2026 bis 30.12.2026); das entspricht dem im Protokoll für die zweite Studienphase vorgesehenen Zeitdeckel.
3. Der Annahmensatz wurde vor dem ersten Rechenlauf geschrieben. Der erste Lauf brach bei der Prüfung der Belegtexte ab, bevor eine Kostenzahl entstand, weil zwei Suchtexte falsch abgeschrieben waren; korrigiert wurde nur der Suchtext, kein Wert. Nach den ersten Ergebnissen wurde kein Wert im Annahmensatz geändert. Danach kamen Auswertungen hinzu (getrennte Eckfälle, Kippverfügbarkeit, Materialanteil, Zerlegung des Standortabstands, Kapital nominal gegen real, Vergleich mit einem früheren Beitrag, Quantile der relativen Kostendifferenz); sie sind im Ergebnisteil jeweils als nachträglich ergänzt gekennzeichnet.

Der Annahmensatz wurde nicht vorab mit einer Prüfsumme festgehalten. Das ist ein Planungsmangel gegenüber Pfad A: Dass er ohne Kenntnis der Ergebnisse entstand, ist eine Zusicherung der Redaktion und kein extern prüfbarer Nachweis. Pfad B darf deshalb nicht als bestätigender Test gelesen werden; er ist ein offengelegtes Rechenmodell.

Von 81 Modelleingaben sind 63 gesetzt, also nicht aus einer Quelle abgeleitet; elf tragen einen Basiswert aus einer Quelle (drei beobachtet, acht Modellannahmen Dritter), sieben mischen Quelle und Setzung. Kein geprüfter Fall erfüllt die Aufnahmekriterien. Die Aussagen sind so belastbar wie die gesetzten Eingaben und ihre Bandbreiten; sie sind keine Häufigkeits-, Branchen- oder Mittelstandsaussage.

Wichtigste Ergebnisse, jeweils bedingt auf den Annahmensatz

1. *Inland, Kippauslastung.* Die selektive Nachrüstung (A2) ist im Rechenpunkt ab einer Nachfrageauslastung von rund 0,12 günstiger je gutem Teil als die Fortführung (A0), das sind rund 7.300 gute Teile im Jahr. Über ein Gitter aus acht Eingaben mit je drei Stufen (6.561 Kombinationen, drei hoch acht) liegt diese Grenze zwischen 0,07 und 0,36 (10- und 90-Prozent-Quantil der 6.546 Gitterpunkte mit Kipp), im Median bei 0,16. In 15 der 6.561 Gitterpunkte wird A2 nie günstiger; das ist eine Zählung im Gitter und keine Häufigkeit in der Wirklichkeit.
2. *Rangfolge.* Mit steigender Auslastung wechselt die günstigste Alternative von A0 über A1 zu A2. A3 wird nur dort die günstigste, wo A2 die Menge nicht mehr schafft (Kapazitätseffekt bei mindestens 50 Varianten). Wo beide die Menge schaffen, ist A2 im Basisfall immer günstiger als A3.

3. *Schwellen im Inland.* Bei Lohnkosten von 28 bis 50 EUR je Stunde ist A2 bei den Auslastungen 0,3, 0,5 und 0,7 günstiger als A0; die Lohnschwelle liegt dort bei 15, 8,7 und 6,1 EUR je Stunde. Der Anlagenpreis darf bei u = 0,5 bis zum rund 5,2-Fachen des Annahmensatzes steigen, bevor A2 gegenüber A0 verliert. Der Strompreis kippt die Rangfolge im Inland im Modell nicht, weil die Zelle wenig Leistung zieht.
4. *Standort.* Bei gleicher Technik liegen die Stückkosten einer deutschen Anlage bei u = 0,5 rund 4,9 Prozent über der chinesischen und rund 1,8 Prozent über der amerikanischen. Der Abstand zu China hängt am stärksten an der Auslastung und an der Variantenzahl; der gesetzte Materialanteil von 74 Prozent bestimmt zusätzlich, wie viel vom Kostenabstand überhaupt sichtbar wird.
5. *Wer den Abstand trägt.* Gegenüber China trägt bei automatisierter Anlage (A2) der Lohn rund 80 Prozent des verbleibenden Abstands, der Strom rund 16 und das Kapital rund 5 Prozent. Gegenüber den USA überwiegt der Strom (rund 63 Prozent), der Lohn trägt rund 37 Prozent.
6. *Konkurrenzfähigkeit.* Ob die deutsche automatisierte Anlage „konkurrenzfähig“ ist, entscheidet fast vollständig der Parameter δ, die als tolerierbar gesetzte Preislücke. **δ ist nicht belegt.** Bei δ = 0 ist Gleichstand mit der chinesischen Anlage über Energie oder Zins nie, über den Lohn erst bei rund 2,3 EUR je Stunde erreichbar; bei δ = 5 Prozent genügt der Basispunkt knapp.
7. *Risiko.* Ein Nachfrageeinbruch um 30 Prozent oder eine Investitionsüberschreitung um 50 Prozent macht A3 teurer als A0; A2 bleibt in allen drei Stressfällen und in ihrer Kombination günstiger als A0.

Modellergebnis unter den genannten Annahmen, kein gemessenes Unternehmensergebnis.

Grenzen

Nicht gezeigt wird, dass ein reales Werk diese Kostenstruktur hat, wie oft solche Bedingungen vorliegen, ob Betriebe die Alternativen so wählen und ob die Ergebnisse nach Steuern und Förderung gleich ausfallen. Die im Protokoll verlangte nachsteuerliche Variante fehlt in Pfad B und ist eine ausgewiesene Lücke (Abschnitt 8.3).

Die Aussagen gelten für den definierten Modellprozess (eine Werkzeugmaschine mit Beschickung, Referenzteil, Klein- bis Mittelserie) und nicht für andere Prozesse, andere Branchen oder Gesamtwerke. Sie sind keine Häufigkeits-, Branchen- oder Mittelstandsaussage und keine Aussage, dass ein bestimmtes Unternehmen eine Kennzahl erreicht hat; es liegt in diesem Pfad kein Fall vor, der den Aufnahmekriterien genügt. Die Gitter-Quantile gehen von gleichgewichteten Stufen aus und sind keine Wahrscheinlichkeiten. Nationale Mittelwerte (Eurostat, NBS, BLS, EZB-Jahresmittel) repräsentieren kein Werk; der chinesische Lohn ist ein Jahresbruttolohn, kein Stundenkostenwert; der Strompreisabstand beruht auf einer IEA-Aussage für Großverbraucher über 150 GWh, die hier auf einen Mittelstandsbetrieb übertragen wird (gesetzt); der Preismonat 2026 trifft auf den EZB-Jahresmittelkurs 2025; der Eurostat-Preis 2026-S1 ist vorläufig. Alle Ergebnisse sind vorsteuerlich.

Abschnittsangaben in den übernommenen Absätzen beziehen sich auf den Volltext der Studie.

Rechtliche Hinweise

Keine Beratung

Diese Veröffentlichung ist ein redaktionelles Erzeugnis. Sie stellt keine Rechtsberatung, keine medizinische, pflegerische, arbeitsrechtliche oder datenschutzrechtliche Beratung und keine Beschaffungs- oder Vergabeberatung dar. Sie ersetzt insbesondere nicht die Prüfung durch Rechtsanwaltschaft, Datenschutzaufsicht, Medizinprodukteberatung, Vergabestelle, Ethikkommission nach Medizinprodukterecht oder Arbeitnehmervertretung. Wer auf Grundlage dieses Dokuments entscheidet, entscheidet auf eigene Verantwortung und hat den Sachverhalt vorher eigenständig fachlich prüfen zu lassen.

Keine Zusicherung, keine Konformitätsaussage

Die beschriebenen Verfahren, Prüfstufen und Checklisten sind redaktionelle Vorschläge. Sie sind keine Zusicherung einer Eigenschaft, kein garantiertes Ergebnis und kein Nachweis der Einhaltung einer Rechtsvorschrift. Wer ein Verfahren aus diesem Dokument anwendet, erfüllt damit keine gesetzliche Anforderung; ob eine Anforderung erfüllt ist, entscheidet die zuständige Stelle am Einzelfall.

Rechtsstand

Rechtsstände, Fristen und Fundstellen beziehen sich auf den im Dokumentkopf genannten Tag. Der KI-Rechtsrahmen wird laufend geändert; ein älterer Fristenplan darf nicht unverändert weiterverwendet werden. Genannte Gesetze und Verordnungen sind in ihrer jeweils geltenden Fassung heranzuziehen.

Haftung

Die Inhalte wurden mit Sorgfalt erstellt und, soweit im Methodenteil beschrieben, gegengeprüft. Für Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität wird gleichwohl keine Gewähr übernommen. Eine Haftung des Herausgebers ist auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt; dies gilt nicht bei der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit sowie bei zwingender gesetzlicher Haftung.

Verweise auf fremde Inhalte

Dieses Dokument verweist auf Inhalte Dritter, insbesondere auf Behörden-, Fachgesellschafts-, Normen- und Fachverlagsseiten. Auf deren Gestaltung und Inhalt hat der Herausgeber keinen Einfluss; für sie ist jeweils der dortige Anbieter verantwortlich. Die Nennung eines Produkts, Herstellers oder Dienstes ist weder eine Empfehlung noch eine Bewertung seiner Eignung.

Marken und Produktbezeichnungen

Genannte Produkt-, Marken- und Unternehmensbezeichnungen sind Kennzeichen ihrer jeweiligen Inhaber und werden ausschließlich zur Beschreibung des Sachverhalts verwendet. Aus der Nennung folgt keine Verbindung zwischen dem Herausgeber und dem jeweiligen Unternehmen und keine Aussage über Zulassungs-, Konformitäts- oder Zertifizierungsstatus.

Urheberrecht und Nutzung

Dieses Dokument, sein Text, seine Tabellen und seine Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Rechteinhaberin ist die WebTrades GmbH. Zulässig sind das Lesen, das Speichern und der Ausdruck für den eigenen Gebrauch sowie das Zitieren einzelner Stellen mit vollständiger Quellenangabe nach der im Impressum genannten Zitierweise. Die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung, öffentliche Zugänglichmachung oder kommerzielle Verwertung des Dokuments oder wesentlicher Teile daraus bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der Rechteinhaberin. Das gilt ausdrücklich auch für die Übernahme von Tabellen und Abbildungen.

Keine personenbezogenen Daten

Für dieses Dokument wurden keine personenbezogenen Daten verarbeitet. Es beruht auf veröffentlichten Quellen, Statistiken und Fachliteratur; es wurden keine Unternehmen kontaktiert und keine Betriebsdaten erhoben.

Unabhängigkeit

Dieses Dokument ist ohne Auftrag, ohne Finanzierung und ohne inhaltliche Beteiligung eines Herstellers, Verbands oder Beratungsunternehmens entstanden. Es besteht kein Vergütungs- oder Beteiligungsverhältnis zu einem der genannten Unternehmen oder Institutionen. Genannt werden Systeme, Anbieter und Dokumente, weil sie in den beschriebenen Gegenstand fallen, nicht weil sie beworben werden sollen.

Anwendbares Recht

Es gilt das Recht der Bundesrepublik Deutschland unter Ausschluss des UN-Kaufrechts. Gesetzliche Verbraucherschutzvorschriften bleiben unberührt.