

WISSENSCHAFTLICHES HINTERGRUNDPAPIER · PLANSPIEL-PARAMETRIERUNG

Basisparameter: Hochautomatisierter Produktionsbetrieb in Deutschland

Mehrquellen-Synthese aus vier KI-Recherchesystemen

Recherche: 25. Februar 2026
Betriebsmodell: 24/7 Lights-Out Manufacturing
Rechtsstand: Deutschland

1 Präambel und Methodologie

1.1 Kontext und Zielsetzung

Dieses Dokument dient als wissenschaftliches Hintergrundpapier für die Parametrierung eines wirtschaftswissenschaftlichen Planspiels. Im Mittelpunkt stehen realistische, methodisch nachvollziehbar hergeleitete Basisparameter für einen hochautomatisierten, 24/7-fähigen Produktionsbetrieb in Deutschland. Alle Annahmen sind quellenbasiert oder durch ein transparentes Schätzverfahren begründet. Das Dokument unterscheidet konsequent zwischen belastbaren Daten [B], plausiblen Branchenbenchmarks [BR] und modellhaften Annahmen [M].

1.2 Entstehung und Mehrquellen-Ansatz

Zur Sicherstellung einer robusten, methodisch vielfältigen Datenbasis wurde die identische Forschungsanfrage am 25. Februar 2026 simultan an vier führende KI-Recherchesysteme gestellt:

System	Anbieter	Charakteristik
Claude (Sonnet)	Anthropic	Strukturierte Herleitung mit expliziten Quellenangaben; Fokus auf deutscher Tariflandschaft
Gemini	Google	Technisch-quantitative Analyse; starke Orientierung an ERA-Systematik und OEE-Benchmarks
Perplexity AI	Perplexity Inc.	Quellengestützte Marktrecherche; Einbezug von Gehaltsportalen und öffentlichen Statistiken
DeepSeek	DeepSeek AI	Praxisorientierte Herleitung; Industrieerfahrungswerte aus Automobilzuliefer- und Maschinenbau
ChatGPT (GPT-4o)	OpenAI	Synthese und kritische Bewertung aller vier Quellen; Kompromisskonsens-Bildung

Der Mehrquellen-Ansatz dient zwei wissenschaftlichen Zwecken: Erstens ermöglicht er eine Plausibilitätsprüfung durch Konvergenz der Ergebnisse - Werte, in denen mehrere Systeme übereinstimmen, weisen auf robustere Schätzungen hin. Zweitens werden Abweichungen zwischen den Systemen transparent, was eine bewusste und begründete Parametersauswahl erlaubt anstelle einer unreflektierten Übernahme einer Einzelquelle.

1.3 Hinweise zur Nutzung

Das Konsensdokument (Kapitel 3) enthält die empfohlenen Basiswerte für das Planspiel. Die Einzelrecherchen (Kapitel 4) dienen der wissenschaftlichen Nachvollziehbarkeit und ermöglichen Sensitivitätsanalysen. Abweichende Werte zwischen den Quellen sind explizit ausgewiesen und als Bandbreiten für Szenario-Analysen nutzbar.

Wo ChatGPT als Syntheseinstanz bestimmte Quell-Behauptungen der anderen Systeme als nicht belastbar eingestuft und verworfen hat, ist dies im Konsensdokument transparent dokumentiert.

Kapitel 2 - Eingabeprompt (Forschungsauftrag)

Folgender Prompt wurde am 25.02.2026 identisch an alle vier KI-Systeme übermittelt:

Kontext und Zielsetzung

Ich entwickle ein wirtschaftswissenschaftliches Planspiel. Dafür benötige ich realistische, nachvollziehbar hergeleitete Basisparameter für einen hochautomatisierten Produktionsbetrieb in Deutschland. Die Ergebnisse sollen später in einem wissenschaftlichen Hintergrundpapier dokumentiert und gegenüber Dritten begründet werden.

Alle Annahmen müssen daher quellenbasiert oder methodisch transparent hergeleitet werden. Wo keine belastbaren Zahlen verfügbar sind, sind begründete Schätzverfahren darzustellen.

Rahmenbedingungen des Unternehmens

- ▶ Standort: Deutschland
- ▶ Rechtsrahmen: Deutsches Arbeitsrecht, Arbeitszeitgesetz, Arbeitsschutz, Sozialversicherungssystem
- ▶ Betriebsmodell: 24/7-Betrieb
- ▶ Automatisierungsgrad: nahezu vollständig automatisierte Produktion ("lights-out"-fähig)
- ▶ Vollautomatische Produktionsmaschinen; Industrieroboter (z. B. KUKA) für Be- und Entladung
- ▶ Vollautomatische Fördertechnik und Puffersysteme; 100 % automatisiertes Lagersystem
- ▶ Minimaler manueller Eingriff im Störfall ("Hausmeisterprinzip")
- ▶ Schwerpunkt Personal: qualifizierte Instandhaltung und technische Betreuung

Untersuchungsauftrag (5 Themenbereiche)

1. Personal- und Vergütungsstruktur

- Bruttomonatsgehalt und Jahresgehalt
- Vollkosten für den Arbeitgeber (Lohnnebenkosten, Sozialabgaben, Zuschläge)
- Bonus- oder variable Bestandteile
- Tarifliche Orientierung, Datenquellen, Jahr der Datenbasis

2. Arbeitszeit und effektive Arbeitstage

- Theoretische Arbeitstage, Abzüge für Wochenenden, Feiertage, Urlaub, Krankheit
- Effektive Netto-Arbeitstage/Jahr und produktive Arbeitstage/Monat

3. Betriebszeit der Fabrik

- Technisch verfügbare Jahreslaufzeit
- Typische Stillstandszeiten (Wartung, Revision, Umbauten)
- Realistische OEE-Verfügbarkeitskennzahlen

4. Personalbedarf (Daumenregeln)

- Näherungsregeln: x Instandhalter pro y Maschinen/Roboter/Förderstrecken/Lagersysteme
- Differenzierung nach Komplexitätsgrad; Stützung auf VDI-Richtlinien, Industrieerfahrungswerte

5. Maschinenstundensätze

- Kalkulations-Systematik: Investition, Abschreibung, Wartung, Energie, IH-Personal, Gemeinkosten

Darstellungsvorgaben: Klare Strukturierung · Transparente Herleitung · Kennzeichnung [B]/[BR]/[M] · Quellenangaben · Explizite Schätzverfahren bei fehlenden Primärdaten · Spannbreiten und Unsicherheitshinweise.

3 KONSENSDOKUMENT (PLANSPIEL-BASISWERTE)

Erstellt durch: ChatGPT (OpenAI GPT-4o) | Funktion: Kritische Synthese und Kompromisskonsens der vier Einzelrecherchen

Wichtiger Hinweis (ChatGPT): Ein Teil der Quellenbehauptungen der Modelle ist nicht belastbar (z. B. konkrete VDI-Richtlinien als Beleg für Kopfzahl-Regeln). Es werden daher keine Zahlen übernommen, die sich nicht sauber verifizieren lassen. Die Kennzeichnung [B]/[BR]/[M] wird konsequent angewendet.

3.1 Personal- und Vergütungsstruktur

Gegenüberstellung der vier Quellen

Parameter	Gemini	Perplexity	Claude	DeepSeek
Brutto/Monat (Grundgehalt)	~4.800 €	4.200-4.600 €	4.000 €	5.200-6.000 €
Jahresbrutto inkl. Zulagen	~80.000 €	~60.000 €	~63.760 €	72.000-84.000 €
AG-Vollkosten/Jahr	~125.000 €	~81.000 €	~79.000 €	~96.330 €

Konsenswerte (ChatGPT-Synthese)

Parameter	Modellwert	Spannbreite	Kennz.
Bruttomonatsgehalt (Grundgehalt)	4.700 €/Monat	4.200-5.500 €	[M]
Jahresbrutto inkl. Sonderzahlungen & 24/7-Zuschläge	70.000 €/Jahr	60.000-85.000 €	[BR]+[M]
AG-Vollkostenfaktor (auf Jahresbrutto)	1,28	1,25-1,35	[B]+[M]
AG-Vollkosten gesamt	89.600 €/Jahr	85.000-100.000 €	[M]

Herleitung Grundgehalt: Arithmetisches Mittel der vier Modell-Outputs: $(4.800 + 4.400 + 4.000 + 5.600) / 4 = 4.700 \text{ €}$. [M]

Herleitung Jahresbrutto: Kompromiss aus ~80k (Gemini), ~60k (Perplexity), ~63,8k (Claude), ~78k (DeepSeek) $\Rightarrow \sim 70,4k \rightarrow$ gerundet 70.000 €. [BR]+[M]

Herleitung AG-Vollkostenfaktor: SV-Anteile 2026 (RV 9,3 + AV 1,3 + KV 7,3 + PV 1,8 + Zusatzbeitrag hälftig) = ~21-23 % + BG/Umlagen/Weiterbildung/Overhead = ~28 %. [B]

Verworfenne Werte (Begründung)

- Gemini "Vollkosten 125.000 EUR": Zu hoch ohne nachweisbare Overhead-Logik; kein belastbarer Standardwert.
- DeepSeek "SV-Beiträge 2026 leicht gestiegen": Laut AOK bleiben Sätze stabil; Zusatzbeitrag variiert einzeln, steigt nicht pauschal.
- Claude: EG-Zuordnung als [B] deklariert - ohne abrufbare Flachentarif-Tabellenstelle nicht belastbar verifizierbar.

3.2 Arbeitszeit und effektive Arbeitstage

Position	Tage	Quelle/Method e	Kennz.
Theoretische Jahrestage	365	Kalender	[B]
	-104./. Wochenenden (52 × 2)	Kalender	[B]
= Werktage (Mo-Fr)	261	Kalender	[B]
./ . Feiertage auf Werktagen (2026)	-10,5	Destatis 2026: 261 – 250,5	[B]
= Potenzielle Arbeitstage 2026	250,5	Destatis Arbeitstage 2026	[B]
./ . Urlaubsanspruch (M+E Tarif)	-30	IG Metall / Tarifvertrag	[B]
./ . Krankheitstage	-14,8	Destatis / IAB 2024	[B]
./ . Fortbildung / Sonstiges	-5	Modellannahme	[M]
= Effektive Netto-Arbeitstage/Jahr	200,7	Rechnerisch	[M]
= Effektive produktive Tage/Monat	16,7	200,7 / 12	[M]
Netto-Arbeitsstunden/Jahr (35h/Woche)	1.405 h	200,7 × 7,0 h	[M]

3.3 Betriebszeit der Fabrik

Kenngröße	Wert	Basis/Methode	Kennz.
Theoretische Maximalkapazität (24 × 365)	8.760 h/a	Definition	[B]
Technische Verfügbarkeit (Kompromiss 4 Modelle)	95,5 %	Ø Gemini/Perplex/Claude/D S	[BR]
Reale Anlagennutzungszeit (Availability)	8.364 h/a	8.760 × 0,955	[M]
OEE Modellwert (Planspiel-Basiswert)	75 %	Allg. Benchmark + Modell	[BR]+[M]
OEE Szenario-Korridor	70-82 %	Szenarien	[M]
Effektive Produktionsstunden (OEE-Basis)	6.570 h/a	8.760 × 0,75	[M]

OEE = Verfügbarkeit × Leistungsgrad × Qualitätsgrad. Für Planspiel-Zwecke wird empfohlen: MSS auf Availability-Basis (8.364 h) UND auf OEE-Basis (6.570 h) auszuweisen, da Fixkosten auch bei Leistungsverlusten anfallen (Availability-h = Kostenbasis; OEE-h = Nutzenbasis).

3.4 Personalbedarf - Daumenregeln Instandhaltung

VDI 2886 existiert, enthält aber keine einfachen Kopfzahl-Quoten. Alle Kopfzahl-Regeln sind daher Modellannahmen - auch wenn einzelne KI-Systeme VDI-Normen als Beleg angegeben haben. Das Konsensdokument nutzt das Äquivalenz-Gewichtungsmodell als robuste, skalierbare Alternative.

Schichtfaktor-Herleitung

Szenario	Berechnung	Faktor	Kennz.
Faktor A - Volle 24/7-Besetzung je Posten	8.760 h / 1.405 h/MA	6,2 FTE	[M]
Faktor B - Hausmeisterprinzip (Nacht schlank)	Organisationsannahme	4,8 FTE	[M]

Äquivalenz-Gewichtungsmodell

Anlage	AE-Gewicht	Begründung
Vollautomatische Produktionsmaschine	1,0 AE	Komplexe Sensorik, häufig kritischer Prozessschritt
Industrieroboter (Standardapplikation)	0,4 AE	Hohe Zuverlässigkeit; Hauptaufwand: Greifer, Achsen
Automatisierte Fördertechnik (je 100 m)	0,25 AE	Mechanischer Verschleiß, Sensorik; gut standardisierbar
Automatisiertes Lagersystem (AS/RS)	3,0 AE	Kritischer Single-Point-of-Failure; hohe Systemkomplexität

Kernteam-Formel: $FTE_{Kern} = \text{Summe(AE)} / 15$ (Mittelwert aus Korridor 12-18 AE/Techniker) [M]

24/7-Team-Formel: $FTE_{24/7} = FTE_{Kern} \times SF$ (SF = 6,2 volle Besetzung; SF = 4,8 Hausmeisterprinzip) [M]

3.5 Maschinenstundensätze - Systematik

#	Kostenblock	Ansatz / Parameter	Beispiel (1,2 Mio. €)	Kennz.
1	Abschreibung (lineare AfA)	Invest / Nutzungsdauer (8-12 J.)	120.000 €/a	[B]
2	Kalkulatorische Zinsen	Ø Kapital × Zinssatz (5-7 %)	36.000 €/a	[M]
3	Wartung/Instandhaltung	3 % Wiederbeschaffungswert p.a.	36.000 €/a	[BR]
4	Energie	kW × h × Strompreis (0,20-0,23 €)	Anlagenspez.	[B]
5	Raumkosten	Fläche × kalk. Miete (15-30 €/m²)	Standortspez.	[BR]
6	IH-Personal (Umlage)	AG-Vollkosten / Maschinenanzahl je MA	IH-abhängig	[M]
7	IT/Software (MES, SCADA, Lizenzen)	Pauschal oder anteilig	Systemspez.	[M]
8	Gemeinkostenzuschlag	8-12 % auf Summe 1-7	~10 %	[M]

Stundenbasis-Empfehlung

Variante	Stundenbasis	Verwendungszweck	Kennz.
MSS_avail	8.364 h/a (95,5 % Avail.)	Kostenbasierte Kalkulation (Fixkosten laufen immer)	[M]

Variante	Stundenbasis	Verwendungszweck	Kennz.
MSS_oeo	6.570 h/a (75 % OEE)	Nutzwertbasierte Kalkulation (Gut-Output-Stunden)	[M]

Zusammenfassung Planspiel-Basiswerte

Schnellreferenz - Konsenswerte für das Planspiel (1) Bruttomonatsgehalt Instandhalter: 4.700 €/Monat (Spanne: 4.200-5.500 €) (1) Jahresbrutto inkl. Sonderzahlungen/Zuschläge: 70.000 €/Jahr (Spanne: 60.000-85.000 €) (1) AG-Vollkosten: 89.600 €/Jahr (Faktor 1,28; Spanne 85.000-100.000 €) (2) Netto-Arbeitstage: 200,7 Tage/Jahr → 16,7 Tage/Monat (3) Technische Availability: 95,5 % → 8.364 h/a (3) OEE (Basiswert): 75 % → 6.570 h/a (Szenarien: 70-82 %) (4) IH-Personal: AE-Modell; Schichtfaktor 6,2 (voll) oder 4,8 (Hausmeisterprinzip) (5) MSS-Wartungsansatz: 3 % des Wiederbeschaffungswerts p.a. (Korridor: 2-4 %)
--

Kapitel 4 - Einzelrecherchen der vier KI-Systeme

Die folgenden vier Unterkapitel dokumentieren die Primärrecherchen im vollständigen Detail. Sie dienen der wissenschaftlichen Nachvollziehbarkeit und ermöglichen eine eigenständige Beurteilung der Datengrundlage.

4.1 Einzelrecherche: Claude (Anthropic)

Vergütungsstruktur

Tarifliche Einordnung: M+E-Industrie, EG 7-9 (ERA-Systematik). Eingruppierung EG 8 für qualifizierten Instandhalter/Mechatroniker mit ≥ 3 Jahren Berufserfahrung als Regelfall.

Position	Betrag	Basis	Kennz.
Bruttomonatsentgelt (EG 8, M+E 2024)	3.800-4.200 €	IG Metall Tarif	[B]
Mittlerer Planspiel-Basiswert	4.000 €/Monat	Modellansatz	[M]
Jahresgrundgehalt (13 ML inkl. Urlaubsgeld)	52.000 €/Jahr	Tarif	[BR]
Tarifliches Urlaubsgeld (~0,5 ML)	2.000 €	Tarif	[B]
Weihnachtsgeld / Jahressonderzahlung (~1,0 ML)	4.000 €	Tarif	[B]
Variable Schichtzulage (24/7, ca. 12 %)	5.760 €	Branchenüblich	[BR]
Summe Bruttojahresvergütung	ca. 63.760 €	Summe	[M]
AG-SV-Abgaben (ca. 21,1 %)	ca. 13.453 €	SV-Recht 2024	[B]
Gesamt-Personalvollkosten	ca. 79.000 €/Jahr	Gesamtrechnung	[M]

Arbeitstage

Position	Tage	Quelle	Kennz.
Kalender	365	Kalender	[B]
./ . Wochenenden	-104	Kalender	[B]
./ . Feiertage (IAB 2024 Schnitt)	-9,5	IAB	[B]
./ . Urlaub (M+E Tarif)	-30	Tarif	[B]
./ . Krankenstand (BAuA 2023: Ø 19,4 AT)	-19,4	BAuA	[B]
./ . Sonstiges (Fortbildung etc.)	-5	Modellannahme	[M]
= Netto-Arbeitstage/Jahr	ca. 197	Rechnerisch	[M]
= Produktive Tage/Monat	ca. 16,4	197 / 12	[M]

Betriebszeit & OEE

- Theoretische Maximalkapazität: 8.760 h/a [B]
- Geplante Stillstände: ca. 200 h; Ungeplante Ausfälle: ca. 120 h; Rüst-/Wartungsfenster: ca. 80 h [BR]/[M]
- Reale Anlagennutzungszeit: ca. 8.360 h (95,4 %) [M]
- Technische Verfügbarkeit: 96-98 % [BR]; OEE Zielwert lights-out: 75-85 % [BR]; Praxiswert: 70-78 % [BR]

- OEE-Komponenten: Availability 96-98 %, Performance 88-93 %, Quality 98-99,5 % [BR]

Personalbedarf

Anlage	Daumenregel	Kennz./Quelle
Vollautom. Produktionsmaschine	1 IH je 6-8 Maschinen	[BR] VDMA 2022
Industrieroboter	1 IH je 10-15 Roboter	[BR] Fraunhofer IPA 2021
Automatische Fördertechnik	1 IH je 300-600 m Strecke	[M] eigene Herleitung
Automatisiertes Lagersystem (HRL/AKL)	1 IH je AKL-Gasse (3-5 Gassen)	[BR] SSI Schäfer 2023
Schichtfaktor 24/7	4,2-4,8 (Hausmeisterprinzip)	[M]

Maschinenstundensatz (Beispiel)

Kostenblock	€/Jahr	€/Std. (8.360 h)
Abschreibung	120.000	14,35
Kalk. Zinsen (5,5 % × 600.000 €)	33.000	3,95
Instandhaltung (3 % × 1,2 Mio. €)	36.000	4,30
Energie (45 kW × 8.360 h × 0,22 €)	82.764	9,90
Personal IH (79.000 € / 7 Maschinen)	11.286	1,35
Flächenkosten (15 m² × 20 €/m² × 12)	3.600	0,43
Gemeinkostenzuschlag (10 %)	28.665	3,43
MSS gesamt	315.315	37,72 €/h

Benchmarkvergleich: Typische MSS-Werte für Bearbeitungszentren DE 2024: 30-55 €/h. Ergebnis 37,72 €/h liegt im unteren Mittelfeld. [BR]

4.2 Einzelrecherche: Gemini (Google)

Vergütungsstruktur

Parameter	Wert	Herleitung / Quelle
Eingruppierung	ERA 9-10	Facharbeiter mit Spezialisierung Mechatronik/SPS
Bruttomonatsgehalt	~4.800 €	Eckentgelt + Leistungszulage ca. 10-15 %
Jahresgrundgehalt	~65.000 €	Inkl. Urlaubs-/Weihnachtsgeld (13,2-13,5 ML)
Schichtzulagen (24/7)	+15.000 €	Nacht 25 %, Sonntag 50 %, Feiertag 100-150 %
AG-Brutto (Lohnnebenkosten)	~100.000 €	Faktor 1,2-1,3 (SV + Umlagen + BG)
Vollkosten (Employer Cost)	~125.000 €	Inkl. Weiterbildung, PSA, Arbeitsplatzumlage (Overhead)

Parameter	Wert	Herleitung / Quelle
Variable Anteile	5-10 % des JB	OEE-gekoppelte Zielprämie in Hochautomation üblich

Datenbasis: Destatis Reallohnindex 2024 / IG Metall Entgelttabellen 2024/25.

Arbeitstage

Position	Tage/Jahr	Methode
Theoretische Tage	365	Kalenderjahr
./. Wochenenden	-104	52 × 2
./. Feiertage	-11	Ø DE (bundeslandspez. 9-14)
./. Urlaub	-30	Tariflicher Standard M+E
./. Krankheit	-15	~6 % Quote (TK/DAK 2024)
./. Fortbildung/Sonstiges	-5	Hochtechnologie-Betrieb
= Netto-Arbeitstage	200 Tage	Effektive Anwesenheit

Produktivstunden: 200 Tage × 7,0 Std./Tag = 1.400 Std./Jahr. Schichtfaktor 24/7: ~6,25.

Betriebszeit & OEE

- Kalenderzeit: 8.760 h/a (100 %)
- Geplante Stillstände: -438 h (5 % für Wartung, Software-Updates, Revisionen)
- Technische Verfügbarkeit: 95 %
- OEE-Benchmark Hochautomatisiert: 85 % (Verfügbarkeit 95 % × Leistungsgrad 95 % × Qualitätsrate 94 %)
- Realistische Netto-Produktionszeit: ~7.450 h/a

Personalbedarf

Asset-Typ	Relation (MA pro Einheit)	Begründung	Kennz.
Produktionsmaschine	1 : 15 bis 1 : 20	Hohe Komplexität, Sensorik-Kalibrierung	[M]
Industrieroboter	1 : 40 bis 1 : 50	Hohe MTBF, meist nur Greifer-Verschleiß	[M]
Fördertechnik (pro km)	1 : 5	Mechanischer Verschleiß, Sensorik	[M]
Autom. Lager (AS/RS)	1 : 2 (Regalbediengeräte)	Kritischer Single-Point-of-Failure	[M]

Schichtfaktor 24/7: ~6,25 (= 8.760 / 1.400 Nettostunden). VDI 2888 Benchmark: IH-Kosten 2-5 % Wiederbeschaffungswert/Jahr.

Maschinenstundensatz (Systematik)

- Abschreibung: Investition / Nutzungsdauer (7-10 Jahre)
- Kalkulatorische Zinsen: halber Anschaffungswert × Zinssatz (z. B. 5 %)
- Instandhaltung: 3-5 % des Investitionswerts p. a.
- Energie: Anschlusswert (kW) × Lastfaktor × h/a × Strompreis (€/kWh)
- Raumkosten: Fläche (m²) × Kostensatz (€/m²)
- Verwaltungsgemeinkosten: Zuschlagssatz ca. 10 % (gering in Vollautomation)

4.3 Einzelrecherche: Perplexity AI

Vergütungsstruktur

Datenbasis: Stepstone, jobvector, kununu, diverse Gehaltsanalysen 2025/2026.

Parameter	Wert	Herleitung / Quelle
Ø Jahresgehalt Instandhalter/in allg.	40.000-44.000 €	Gehaltsportale 2025/2026
Ø Jahresgehalt Instandhaltungstechniker	~47.400 € (3.950 €/Monat)	Portale (12 Monatsgehälter)
Modellwert hochautomatisiert (Grundgehalt)	4.200-4.600 €/Monat	Portalwerte + Spezialisierungsaufschlag
Jahresgehalt (12 ML + Sonderzahlungen)	~60.000 € brutto	$12 \times 4.400 + 2 \times 0,8 \times 4.400$
AG-Vollkostenfaktor	1,35 auf Jahresbrutto	30-40 % Aufschlag inkl. SV, bAV, Weiterbildung
AG-Vollkosten gesamt	~81.000 €/Jahr	$60.000 \times 1,35$
Variable Bestandteile	10-15 % des JB	Schichtzulagen, Bereitschaft, Erfolgsprämien

Arbeitstage

Position	Tage	Quelle/Methode
Theoretische Arbeitstage (5-Tage-Woche)	260	52×5
./.. Feiertage auf Werktagen (Bundesdurchschn.)	-10	je 9-13, Ø ~10
./.. Urlaub (tarifnah)	-30	M+E Tarif
./.. Krankheit	-15	Ø 15-17 Tage (alle Branchen)
= Effektive Netto-Arbeitstage/Jahr	205	Rechnerisch
= Produktive Tage/Monat	17,1	$205 / 12$

Betriebszeit & OEE

- Theoretisch: 8.760 h/a (365×24)
- Geplante Stillstände: 5-10 % → 438-876 h geplante Nichtverfügbarkeit → Verfügbarkeit 90-95 %
- OEE für realistisches Planspiel: 75-80 % (Ø Deutschland 60 %; Best-in-Class bis 85 %)
- Technisch verfügbare Stunden (Verfügbarkeit 92 %): $8.760 \times 0,92 \approx 8.060$ h/a
- Effektive produktive Stunden (OEE 78 %): $8.760 \times 0,78 \approx 6.830$ h/a

Personalbedarf - Äquivalenzmodell

Anlage	AE-Faktor	Begründung
Vollautom. Produktionsmaschine	1,0	Komplexe Kernanlagen
Industrieroboter (Standardapplikation)	0,5	Geringerer Wartungsaufwand als Maschinenlinien
Komplexe Förderstrecke je 10 m	0,25	Mechanischer Verschleiß, Sensorik

Anlage	AE-Faktor	Begründung
Automatisiertes Lagersystem (AS/RS)	3,0	Hohe Kritikalität / Single-Point-of-Failure

Daumenregel: 1 IH-Techniker je 12-15 AE. 24/7-Schichtfaktor: ~4,2 FTE je Schichtplatz.

Maschinenstundensatz (Beispiel)

Kostenblock	€/Jahr	Annahme
Abschreibung (1 Mio. €, 10 J.)	100.000	Lineare AfA
Kalkulatorische Zinsen (6 % × 500 T€)	30.000	Halber Invest
Wartung (3 % × 1 Mio. €)	30.000	Standardansatz
Energie	10.000	Mittlerer Ansatz
Raumkosten	10.000	Anteilig
Werkzeuge/Betriebsstoffe	5.000	Pauschal
IT/Software	5.000	Lizenzen anteilig
IH-Personal (81 T€ × 50 % Zurechnung)	40.500	Anlagenanteils-Umlage
SUMME	230.500	-
MSS (auf 8.060 h)	230.500 / 8.060 = 28,6 €/h	-

4.4 Einzelrecherche: DeepSeek (DeepSeek AI)

Vergütungsstruktur

Orientierung: M+E-Industrie (IG Metall), EG 9-10 für Instandhalter mit Mechatronik-Kenntnissen und SPS-Programmierung.

Parameter	Wert	Quelle/Methode	Kennz.
Monatsbrutto (inkl. Leistungszulage 10-15 %)	5.200-6.000 €	ERA EG 9-10, 35h-Woche	[BR]
Jahresbrutto Mitarbeiter (gesamt)	72.000-84.000 €	12 × Monatsbr. + Sonderzahlungen	[M]
Tarifl. Sonderzahlungen gesamt	~10.000-12.000 €	T-ZUG 27,5 % + Transf.-geld 18,4 % + Urlaubs-/Weihnachtsgeld	[B]
Lohnnebenkosten AG gesamt	~23,5 % des Jahresbruttos	SV 2026: KV 8,75+RV 9,3+AV 1,3+PV 1,8 % + BG	[B]
AG-Vollkosten (Mittelwert 78 T€ JB)	~96.330 €/Jahr	78.000 × 1,235	[M]

Arbeitstage

Position	Abzug	Verbleib	Quelle
Theoretische Jahrestage	-	365	Kalender
./ . Wochenenden	-104	261	52 × 2
./ . Feiertage (NRW/Bayern Ø)	-8	253	10 Feiertage, ca. 2 an WE
./ . Urlaub (Tarif)	-30	223	Standard Industrie
./ . Krankheit (4-5 % der Anwesenheitst.)	-10	213	Industrie-Benchmark
= Netto-Arbeitstage/Jahr	-	213	Rechnerisch
= Produktive Tage/Monat	-	17,75	213 / 12

Produktive Stunden/Jahr: 213 Tage × 7 h = 1.491 h → gerundet ~1.490 h/a.

Betriebszeit & OEE

Position	Stunden/Jahr	Methode/Annahme
Theoretische Jahreslaufzeit	8.760	Kalender
./ . Geplante Stillstände (Großrevision 1 Woche + monatl. Wartung + Umbauten)	-250	~2,9 % der Jahreslaufzeit
./ . Ungeplante Stillstände	-100	Annahme: Hohe Verfügbarkeit >98 %
= Realistische Produktionszeit	~8.410 h	Entspricht 96 % techn. Verfügbarkeit
OEE-Weltklasse-Wert	>85 %	Best-Practice-Benchmark

Personalbedarf - Daumenregeln

Kategorie	Relation	Begründung/Methode
Vollautom. Produktionsmaschinen	1 IH je 15-20 Maschinen	Basiswert mechanische IH
Industrieroboter	1 IH je 5-8 Roboter	Automatisierungs-/Robotiktechnik-Schwerpunkt
Infrastruktur (Lager + Förderband)	1-2 Spezialisten je Schicht (pauschal)	Elektriker/Mechanik Systemverantwortung

Beispiel (40 Maschinen, 25 Roboter, 1 Lager, Fördertechnik): 3 IH Mechanik + 4 IH Automatisierung + 2 Infrastruktur = 9 Instandhalter je Schicht.

Hochrechnung 24/7: Schichtfaktor 4,5-5,0 → Gesamtpersonalbedarf IH: ~40-45 Köpfe.

Maschinenstundensatz (Beispiel)

Investition 500.000 €, Nutzungsdauer 8 Jahre, Wartung 4 %, 8.400 h/a Laufzeit:

Kostenblock	€/Jahr	Anmerkung
Abschreibung (500 T€ / 8 J.)	62.500	Lineare AfA
Kalk. Zinsen (5 % × 250 T€)	12.500	Halber Invest × Zinssatz

Kostenblock	€/Jahr	Anmerkung
Wartung (4 % × 500 T€)	20.000	Industrieübliche Pauschale
Raumkosten	2.000	Anteilig Hallenfläche
Energie	10.000	Verbrauchsbasiert
SUMME	107.000	-
MSS (auf 8.400 h)	107.000 / 8.400 = 12,74 €/h	zzgl. IH-Personal als Gemeinkostenblock

Hinweis DeepSeek: IH-Personalkosten werden als separater Gemeinkostenblock empfohlen (nicht im MSS enthalten), um Wirkung auf Produkte transparenter auszuweisen.

Anhang - Quellenverzeichnis und Abkürzungen

Genannte Quellen (aus allen vier Recherchen)

Kürzel	Quelle / Institution	KI-Quelle
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Arbeitszeitreport 2023	Claude
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft: Strompreisanalyse Industrie 2024	Claude
BfA	Bundesagentur für Arbeit: Entgeltatlas 2024 (Berufsklasse 26112 - Mechatroniker)	Claude
Destatis	Statistisches Bundesamt: Arbeitstage 2026 (250,5 Tage, bundesweit)	ChatGPT
DGUV/BGHM	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung: Beitragsfuß Metallgewerbe 2024	Claude
DRV	Deutsche Rentenversicherung: Beitragssätze und BBG 2024	Claude
Fraunhofer IPA	Studie Instandhaltung 4.0 - Personalbedarfsszenarien 2021	Claude
GKV	GKV-Spitzenverband: Beitragssatz KV/PV 2024	Claude
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung: Arbeitszeitrechnung 2024	ChatGPT
IG Metall	Tarifabschluss NRW M+E 2023/2024; T-ZUG und Transformationsgeld (belegt)	Claude/DS
LNS Research	OEE Benchmark Report Manufacturing 2023	Claude
Portale	Stepstone, jobvector, kununu: Gehaltsanalysen 2025/2026	Perplexity
SSI Schäfer	Praxisreferenz automatisiertes Lagersystem 2023	Claude
TK/DAK	Gesundheitsreport 2024: Krankheitsquoten	Gemini
VDI 2886	VDI-Richtlinie 2886 (2019): Kennzahlen der Instandhaltung	Claude/Perp.
VDMA	Benchmarkstudie Maschinenverfügbarkeit und OEE 2022	Claude

Kürzel	Quelle / Institution	KI-Quelle
WSI	WSI-Tarifarchiv: Tarifübersicht Metall- und Elektroindustrie 2024	Claude

Abkürzungsverzeichnis

Kürzel	Bedeutung
AE	Anlagen-Äquivalente (Gewichtungseinheit im IH-Personalmodell)
AKL	Automatisches Kleinteilelager
AS/RS	Automated Storage and Retrieval System (Automatisches Lagersystem)
bAV	Betriebliche Altersvorsorge
BBG	Beitragsbemessungsgrenze (Sozialversicherung)
EG / ERA	Entgeltgruppe / Entgeltrahmenabkommen (M+E-Tarifrecht)
FTE	Full-Time Equivalent (Vollzeitäquivalent)
IH	Instandhaltung
M+E	Metall- und Elektroindustrie
MSS	Maschinenstundensatz
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time To Repair
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Gesamtanlageneffektivität)
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SV	Sozialversicherung
T-ZUG	Tarifliches Zusatzgeld (IG Metall)
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau

Recherche-Datum: 25. Februar 2026 | Synthese-Erstellung: Februar 2026
Beteiligte KI-Systeme: Claude (Anthropic) · Gemini (Google) · Perplexity AI · DeepSeek · ChatGPT/GPT-4o (OpenAI, Synthese)
Dieses Dokument dient ausschließlich der Parameterherleitung für ein wirtschaftswissenschaftliches Planspiel.

Version 1.0
Date 2026-02-27

erstellt durch Prof. Dr.-Ing. Martin Wölker
Hochschule Kaiserslautern
Campus Pirmasens
martin.woelker@hs-kl.de

Blog <https://martins-wahre-logistik.blogspot.com/>

Lizenz

 CC BY 4.0

**Namensnennung
4.0 International**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>