

Operative Exzellenz in Schweißereien des mittelständischen Maschinenbaus: Ein integriertes Steuerungsmodell für Qualität, Kapazität und Technologie

Ümit Erdus

GrandEdu Research School, Herford, Germany, E-mail:
Uemit.Erdus@stud.grandedu.de

Abstract

Mittelständische Schweißereien müssen heute unter schwierigen Bedingungen produzieren. Fachkräftemangel, steigende Qualitätsanforderungen und kurzfristige Änderungen in der Fertigungsplanung belasten viele Produktionsbereiche. Gleichzeitig steigen die Erwartungen an Dokumentation, Lieferfähigkeit und Automatisierung. Die Folgen zeigen sich oft in Nacharbeit, Zeitdruck und instabilen Abläufen. Diese Arbeit geht der Frage nach, wie schweißtechnische Fertigungsprozesse organisatorisch und technisch stabilisiert werden können. Dafür werden wissenschaftliche Beiträge aus den Bereichen Operational Excellence, Industry 4.0 und Lean Robotics sowie relevante ISO-Normen untersucht. Auf dieser Grundlage wird ein Fünf-Säulen-Modell entwickelt, das Qualität, Kapazität, Personal, Technologie und Wirtschaftlichkeit zusammenführt. Die Untersuchung verdeutlicht, dass stabile Produktionsabläufe vor allem durch klare Prozesse, geregelte Zuständigkeiten und passende Qualifikationsstrukturen unterstützt werden.

Keywords: Operative Exzellenz, Schweißerei, Mittelstand, Maschinenbau, Qualität, Kapazitätssteuerung, Fachkräftemangel, Lean Robotics, Human Capital Management, Industry 4.0

1. Einleitung

Die Anforderungen an mittelständische Schweißereien hinsichtlich der Qualität Lieferfähigkeit und Wirtschaftlichkeit verändern die Produktionsbedingungen (Antony et al., 2024; Carvalho et al., 2023). Gleichzeitig wirken Fachkräftemangel, schwankende Auftragslagen und zunehmende Automatisierungsanforderungen auf die Stabilität operativer Abläufe ein (Yeo & Ong, 2024; Mäule & Götte, 2025). Besonders im Maschinen- und Anlagenbau führen Störungen innerhalb schweißtechnischer Fertigungsprozesse häufig direkt zu Nacharbeit, längeren Durchlaufzeiten und zusätzlichen Fertigungskosten (Brad & Deeb, 2025; Antony et al., 2024).

Hinzu kommen regulatorische Anforderungen an Dokumentation, Prozesssicherheit und Qualifikationsmanagement. Mit ISO 3834, ISO 14731 und ISO 9606 steigen die organisatorischen Anforderungen innerhalb schweißtechnischer Fertigungsbereiche deutlich an. Produktionsplanung, Schweißaufsicht sowie Personalmanagement werden zunehmend durch Dokumentations-, Kontroll- und Qualifikationspflichten erweitert (International Organization for Standardization, 2021, 2019, 2012). Gleichzeitig weisen Mäule und Götte (2025) darauf hin, dass datenbasierte Produktionssteuerung in der industriellen Praxis häufig an instabilen Datenstrukturen oder unzureichender Prozessintegration scheitert. Antony et al. (2024) zeigen ergänzend, dass Operational-Excellence-Initiativen ohne organisatorische Einbindung operativer Bereiche oftmals nur begrenzte Wirkung entfalten können.

Auch die Integration teilautomatisierter Fertigungssysteme verändert die Anforderungen an Qualifikation und Produktionsorganisation deutlich (Callari et al., 2025; Brad & Deeb, 2025). Technologische Systeme allein erzeugen keine stabile Fertigung.

Dauerhaft stabile Produktionsabläufe setzen mehrere Voraussetzungen voraus: Zum einen müssen Prozesse sinnvoll aufeinander abgestimmt sein, belastbare Planungskennzahlen vorliegen sowie Verantwortlichkeit(en) innerhalb der Fertigung klar geregelt werden (Carvalho et al., 2023; Mäule & Götte, 2025).

Gegenstand der Analyse ist die Untersuchung organisatorischer und technischer Ansätze zur Stabilisierung schweißtechnischer Fertigungsprozesse innerhalb mittelständischer Schweißunternehmen. Das Ziel der Arbeit besteht in der Entwicklung eines integrierten Steuerungsmodells, welches die Bereiche Qualität, Kapazität, Personal, Technologie und Wirtschaftlichkeit miteinander kombiniert. Gleichzeitig werden Ursachen von Prozessinstabilitäten, Planungsproblemen und Kapazitätsengpässen innerhalb mittelständische Schweißereien nachvollziehbar dargestellt (Brad & Deeb, 2025; Carvalho et al., 2023).

1.1 Forschungsfrage und Zielsetzung

Gegenstand der Untersuchung ist, wie mittelständische Schweißereien operative Stabilität unter Bedingungen von Fachkräftemangel, steigenden Qualitätsanforderungen und schwankenden Marktbedingungen organisatorisch sowie technisch absichern können. Ziel ist die Entwicklung eines praxisorientierten Orientierungsrahmens, der verdeutlicht, dass technische Standards, organisatorische Steuerung und personelle Entwicklung eng miteinander zusammenhängen. Dabei gilt die Annahme, dass Qualität ohne belastbare Kapazitätssteuerung zu Prozessinstabilität und Engpässen führen kann. Gleichzeitig bleibt Automatisierung ohne geeignete Qualifikationsstrukturen häufig in ihrer operativen Wirkung begrenzt.

1.2 Theoretischer Hintergrund

Operational Excellence Konzepte beschränken sich inzwischen nicht mehr nur auf den Einsatz verschiedener Lean-Methoden. Vielmehr erfordern sie eine stärkere organisatorische Einbindung innerhalb der Unternehmensstruktur und der bestehenden Arbeitsprozesse (Carvalho et al., 2023; Antony et al., 2024). Mäule und

Götte (2025) zeigen im Zusammenhang mit Industrie 4.0, dass datengetriebene Planungssysteme zwar erhebliche Potenziale bieten, gleichzeitig aber oft an mangelhafter Datenqualität und komplexen Integrationsproblemen scheitern. In der Folge entstehen Unsicherheiten innerhalb operativer Planungsprozesse und der Produktionssteuerung.

Eine Schweißerei kann digitale Systeme deshalb nur begrenzt nutzen, wenn Rückmeldungen unvollständig bleiben oder Planzeiten von den tatsächlichen Fertigungsbedingungen abweichen (Mäule & Götte, 2025; Schuhknecht, 2021). Ergänzend beschreiben Yeo und Ong (2024) digitale Kompetenzen und lernförderliche Organisationsstrukturen als Voraussetzungen betrieblicher Leistungssteigerung in KMU. Technologische Anpassungsfähigkeit allein genügt dafür allerdings nicht. Parallel konkretisieren ISO 3834 und ISO 14731 die Anforderungen an Schmelzschweißqualität sowie an Verantwortlichkeiten innerhalb der Schweißaufsicht (International Organization for Standardization, 2021, 2019). Qualität entsteht damit nicht allein technisch, sondern durch organisatorisch abgesicherte Prozesse, standardisierte Kontrollen und qualifizierte Fachkräfte gemäß ISO 9606 (International Organization for Standardization, 2012).

2. Methode

Operative Stabilität in schweißtechnischen Fertigungsprozessen entsteht nicht zufällig. Die Arbeit untersucht organisatorische und technische Mechanismen, mit denen mittelständische Unternehmen Prozessabweichungen, Nacharbeit und Instabilitäten begrenzen können. Grundlage der Analyse bildet ein qualitatives Forschungsdesign mit literatur- und dokumentenanalytischer Ausrichtung (Antony et al., 2024; Carvalho et al., 2023). Ausgewertet wurden Forschungsbeiträge aus Operational Excellence, Lean Robotics, Lean Management, Human Capital Management und Industry 4.0, um wiederkehrende Steuerungsprobleme und Stabilisierungsmuster zu rekonstruieren (Yeo & Ong, 2024; Mäule & Götte, 2025; Brad & Deeb, 2025). Ergänzend integriert die Untersuchung normative Anforderungen aus

den ISO-Normen als institutionelle Rahmenbedingungen schweißtechnischer Fertigung (International Organization for Standardization, 2021, 2019, 2012).

Im Mittelpunkt stehen wiederkehrende Steuerungsprobleme mittelständischer Schweißfertigungen. Die Analyse identifiziert Nacharbeit, fehlerhafte Planungsdaten, begrenzte Kapazitäten und Defizite bei der Integration teilautomatisierter Systeme als relevante Belastungsfaktoren (Callari et al., 2025; Mäule & Götte, 2025). Daraus wurde ein integrierter Bezugsrahmen in Form eines Fünf-Säulen-Modells abgeleitet. Das Modell verbindet Qualität, Kapazität, Personal, Technologie und Wirtschaftlichkeit zu einer gemeinsamen Steuerungslogik. Operative Stabilität resultiert unter diesen Bedingungen aus der Abstimmung technischer und organisatorischer Prozesse.

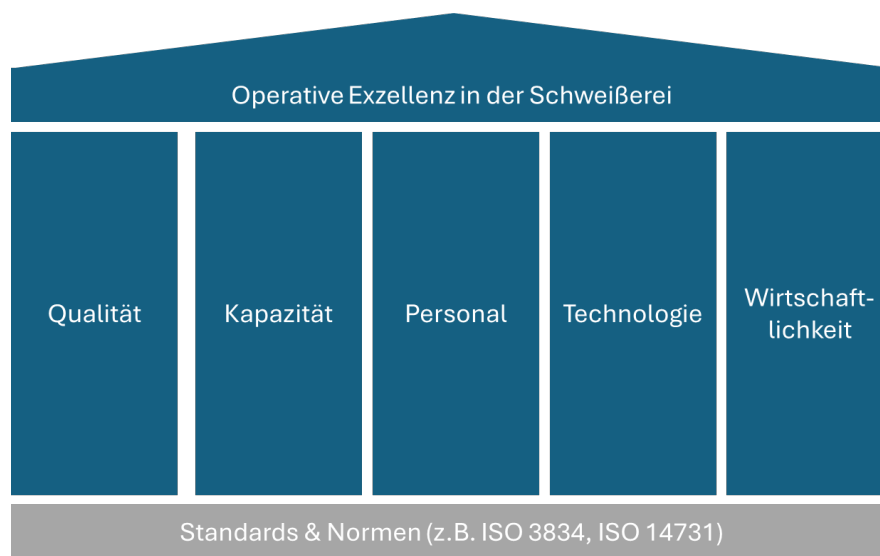
3. Das fünf Säulen Modell operativer Exzellenz in der Schweißerei

Das Fünf-Säulen-Modell: konzentriert sich auf zentrale Steuerungsdimensionen innerhalb mittelständische Schweißereien und verbindet dabei die Bereiche Qualität, Kapazität, Personal, Technologie sowie Wirtschaftlichkeit miteinander (Antony et al., 2024; Carvalho et al., 2023). Berücksichtigt werden die Kernbereiche Qualität, Kapazität, Personal, Technologie und Wirtschaftlichkeit. Die Untersuchung verdeutlicht, dass stabile Fertigungsprozesse nicht aus einzelnen Optimierungsmaßnahmen resultieren. Ausschlaggebend ist vielmehr die koordinierte Steuerung aller relevanten Prozessbereiche (Carvalho et al., 2023; Mäule & Götte, 2025).

Im Maschinen- und Anlagenbau wirken sich Störungen schweißtechnischer Fertigungsprozesse häufig direkt auf Kostenstrukturen, Liefertermine und Nacharbeitsquoten aus (Brad & Deeb, 2025). Das Modell rekonstruiert daher organisatorische und technische Mechanismen, die Prozessabweichungen begrenzen und operative Abläufe stabilisieren sollen (Callari et al., 2025; Mäule & Götte, 2025).

Operative Exzellenz wird innerhalb des Ansatzes als Ergebnis standardisierter Abläufe und institutionalisierter Steuerungsstrukturen verstanden. Technologische Systeme bilden dabei lediglich einen Teilbereich organisatorischer Stabilisierung (International Organization for Standardization, 2019, 2021; Carvalho et al., 2023).

Abbildung 1: Fünf-Säulen-Modell operativer Exzellenz in der Schweißerei



Quelle: Eigene Darstellung

3.1 Qualität als Grundlage der operativen Exzellenz

Qualität darf in der Schweißerei niemals erst am Ende des Prozesses geprüft werden, sie muss von der Zeichnungserstellung bis zur Endkontrolle als roter Faden dienen (International Organization for Standardization, 2021; Antony et al., 2024). Oft liegen die Ursachen für Schweißfehler gar nicht am Brenner, sondern in einer mangelhaften Nahtvorbereitung oder unklaren Schweißanweisungen (International Organization for Standardization, 2021, 2019). Ein moderner Leiter Schweißerei sorgt dafür, dass die normativen Vorgaben der ISO 3834 in den Alltag übersetzt werden, indem er klare Verantwortlichkeiten für die Schweißfolgeplanung schafft und Zwischenprüfungen fest in den Ablauf integriert (International Organization for Standardization, 2021, 2019).

Besonders wertvoll ist dabei eine gelebte Fehlerkultur, in der Nacharbeit nicht nur verbucht, sondern systematisch analysiert wird, um wiederkehrende Probleme bei Material oder Konstruktion dauerhaft zu beheben (Antony et al., 2024; Carvalho et al., 2023).

3.2 Kapazität als tägliche Steuerungsaufgabe

Die Steuerung von Kapazitäten erfolgt in mittelständischen Schweißereien häufig unter Bedingungen begrenzter Planungstransparenz und hoher operativer Dynamik (Mäule & Götte, 2025; Antony et al., 2024). Insbesondere steigende Fertigungskomplexität, kurzfristige Eilaufträge und schwankende Auslastungen erhöhen die Anforderungen an eine belastbare Produktionssteuerung (Carvalho et al., 2023; Mäule & Götte, 2025). Operative Stabilität erfordert deshalb kurze und datenbasierte Steuerungsroutinen zur Priorisierung von Fertigungsaufträgen und zur frühzeitigen Identifikation kritischer Engpässe (Schuhknecht, 2021; Antony et al., 2024). Relevante Engpassfaktoren können beispielsweise spezialisierte Prüfkapazitäten, Hebetchnik oder qualifikationsgebundene Schweißprozesse sein (International Organization for Standardization, 2012, 2019).

Mäule und Götte (2025) verdeutlichen in diesem Zusammenhang, dass digitale Produktionssteuerungssysteme nur dann einen operativen Mehrwert erzeugen, wenn Stillstände, Rüstzeiten und tatsächliche Prozesslaufzeiten realitätsnah erfasst werden (Mäule & Götte, 2025). Belastbare Kapazitätsplanung setzt damit eine konsistente Datenbasis sowie transparente Prozessstrukturen voraus (Schuhknecht, 2021; Carvalho et al., 2023).

3.3 Personal als strategischer Leistungsfaktor

Schweißkompetenz basiert auf der Verbindung praktischer Erfahrung, materialbezogenen Fachwissens und handwerklicher Prozesssicherheit (Yeo & Ong, 2024; International Organization for Standardization, 2012). Qualifizierte Fachkräfte lassen sich deshalb nur eingeschränkt kurzfristig substituieren. Ein systematisches

Personalmanagement erfordert vor diesem Hintergrund belastbare Qualifikationsstrukturen, die über die reine Zuordnung einzelner Schweißverfahren hinausgehen (Kohne, 2022; International Organization for Standardization, 2012). Relevante Steuerungsgrößen sind dabei unter anderem Werkstoffeffahrung, Bauteilkomplexität sowie spezifische Fertigungsanforderungen innerhalb schweißtechnischer Prozesse (International Organization for Standardization, 2012, 2019). Ziel solcher Qualifikationsstrukturen ist die transparente Zuordnung verfügbarer Kompetenzen sowie die Reduktion kritischer Abhängigkeiten von einzelnen Spezialisten (Kohne, 2022; Yeo & Ong, 2024).

Antony et al. (2024) zeigen, dass betriebliche Veränderungsprozesse häufig an einer unzureichenden organisatorischen Einbindung operativer Bereiche scheitern. Die Einführung neuer Technologien oder teilautomatisierter Systeme erfordert daher eine frühzeitige Integration operativer Fachkräfte in Implementierungs- und Anpassungsprozesse (Callari et al., 2025; Brad & Deeb, 2025). Biemann und Weckmüller (2021) verweisen ergänzend auf die Funktion psychologischer Sicherheit innerhalb organisationaler Veränderungsprozesse. Operative Stabilität basiert unter diesen Bedingungen nicht allein auf technischer Qualifikation. Relevant sind zudem Führungs- und Kommunikationsstrukturen, die Beteiligung, Lernprozesse und organisationale Anpassungsfähigkeit unterstützen (Carvalho et al., 2023; Schnetzer, 2014).

3.4 Technologie als gezielter Verstärker menschlicher Fachkompetenz

Technologische Systeme bilden die vierte Säule des Modells und werden im Zusammenhang schweißtechnischer Fertigungsprozesse analysiert (Brad & Deeb, 2025; Callari et al., 2025). Die Untersuchung zeigt, dass Automatisierung allein keine stabile Produktion absichert. Die Wirkung solcher Systeme entsteht daher nicht allein durch die eingesetzte Technologie. Entscheidend sind vielmehr organisatorische

Rahmenbedingungen, abgestimmte Prozessabläufe sowie die vorhandenen Qualifikationen der Mitarbeiter (Carvalho et al., 2023; Antony et al., 2024). Callari et al. (2025) zeigen zusätzlich, dass die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter im Umfeld von Industrie 5.0 neue Anforderungen an Arbeitsorganisation, technische Abstimmung und betriebliche Flexibilität erzeugt.

Vor allem mittelständische Schweißereien profitieren von automatisierten Systemen dann, wenn Prozesse weitgehend standardisiert sind und hohe Wiederholfrequenzen vorliegen (Brad & Deeb, 2025; Mäule & Götte, 2025). In weniger stabilen oder stark variierenden Fertigungsbereichen bleibt deren Nutzen dagegen oftmals begrenzt.

In den Bereichen mit verschiedenen Schweißbaugruppen oder komplexer Einzelteillfertigung bleibt dagegen die Erfahrung qualifizierter Fachkräfte weiterhin ein wichtiger Stabilitätsfaktor (Yeo & Ong, 2024; International Organization for Standardization, 2012). Brad und Deeb (2025) beschreiben Lean Robotics in diesem Zusammenhang als Ansatz zur organisatorischen Einbindung automatisierter Systeme in bestehende Produktionsabläufe. Dadurch sollen zusätzliche Belastungen durch hohe Rüstzeiten, steigende Programmieraufwände oder instabile Schnittstellen reduziert werden (Brad & Deeb, 2025; Mäule & Götte, 2025).

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass technologische Systeme im Mittelstand vor allem unterstützend wirken. Teilautomatisierung dient weniger dem vollständigen Ersatz menschlicher Arbeit, sondern eher der Entlastung körperlich belastender Tätigkeiten sowie der Stabilisierung wiederkehrender Fertigungsabläufe (Callari et al., 2025; Brad & Deeb, 2025).

3.5 Wirtschaftlichkeit als Ergebnis guter Führung

Eine Wirtschaftlichkeit in mittelständischen Schweißereien entsteht nicht primär durch kurzfristige Kostensenkung, sondern durch die Vermeidung von Verschwendung, Nacharbeit und Prozessinstabilität (Antony et al., 2024; Carvalho et al., 2023).

Insbesondere verdeckte Kosten infolge ungeplanter Überstunden, informeller Problemlösungen oder instabiler Produktionsabläufe beeinträchtigen langfristig die operative Leistungsfähigkeit schweißtechnischer Fertigungsbereiche (Schnitzer, 2014; Mäule & Götte, 2025).

Damit gewinnt ein datenbasiertes Produktions- und Leistungscontrolling an primärer Bedeutung (Schuhknecht, 2021; Mäule & Götte, 2025). Kennzahlen wie Nacharbeitsquote, Termintreue oder Auslastungsstabilität erfüllen dabei nicht nur die Funktion klassischer Leistungskontrolle. Sie ermöglichen vielmehr die Identifikation struktureller Schwachstellen innerhalb operativer Prozesse (Schuhknecht, 2021; Antony et al., 2024). Im Mittelpunkt steht dabei die Analyse jener Einflussfaktoren, welche Prozessinstabilität, Qualitätsabweichungen oder Kapazitätsengpässe verursachen können (Carvalho et al., 2023; Mäule & Götte, 2025).

Die Untersuchung verdeutlicht gleichzeitig, dass Investitionen in Vorrichtungstechnik, Qualifikationsentwicklung oder standardisierte Prozesse langfristig zur Verringerung von Fehler- und Folgekosten beitragen können (Kohne, 2022; Yeo & Ong, 2024). Besonders innerhalb schweißtechnischer Fertigungsbereiche zeigen sich organisatorische Stabilität und wirtschaftliche Prozessführung häufig eng miteinander verbunden. Operative Exzellenz erfordert damit die systematische Identifikation organisatorischer Unsicherheiten und qualifikationsbezogener Defizite innerhalb schweißtechnischer Fertigungsprozesse (Schnitzer, 2014; Antony et al., 2024).

4. Umsetzung des Modells in der betrieblichen Praxis

Der Weg zur Exzellenz beginnt mit Transparenz, einer ehrlichen Bestandsaufnahme der Schnittstellenprobleme und Engpässe (Antony et al., 2024; Carvalho et al., 2023). Im nächsten Schritt müssen Führungsroutinen etabliert werden, die den Austausch zwischen Schweißaufsicht, Planung und Werkstatt institutionalisieren (International Organization for Standardization, 2019; Biemann & Weckmüller, 2021). Die Einführung einer Qualifikationsmatrix hilft dabei, die Personalentwicklung

vorausschauend am Produktionsprogramm auszurichten und die Abhängigkeit von einzelnen Wissensträgern zu reduzieren (Kohne, 2022; International Organization for Standardization, 2012). Technologie sollte erst dann eingeführt werden, wenn der zugrunde liegende Prozess stabil und verstanden ist (Brad & Deeb, 2025; Mäule & Götte, 2025). Schließlich sorgt ein einfaches, verständliches Kennzahlensystem dafür, dass Fortschritte sichtbar werden und alle Beteiligten am gleichen Strang ziehen (Schuhknecht, 2021; Antony et al., 2024).

5. Diskussion

Die Untersuchung zeigt, dass operative Stabilität in mittelständischen Schweißereien nicht durch einzelne technische Maßnahmen entsteht. Vielmehr resultiert Stabilität aus der organisatorischen Koordination der Bereiche Qualität, Kapazität, Personal, Technologie und Wirtschaftlichkeit (Carvalho et al., 2023; Antony et al., 2024).

Die Forschungsfrage lässt sich dahingehend beantworten, dass stabile Fertigungsprozesse nicht allein durch technische Systeme abgesichert werden können. Standardisierte Abläufe, belastbare Planungsdaten und klar geregelte Verantwortlichkeiten bilden die Voraussetzungen für stabile Produktionsprozesse. Zusätzlich besitzen systematische Qualifikationsstrukturen eine wichtige Bedeutung für die langfristige Prozessstabilität innerhalb schweißtechnischer Fertigungsbereiche (International Organization for Standardization, 2019, 2021; Mäule & Götte, 2025).

Die Analyse verdeutlicht zudem, dass Qualitätsprobleme häufig keine isoliert technischen Ursachen besitzen. Prozessinstabilität entsteht vielfach durch unzureichende Kapazitätssteuerung, fehlende Prozessintegration oder organisatorische Defizite zwischen Planung, Schweißaufsicht und Fertigung (Antony et al., 2024; Mäule & Götte, 2025). Operative Exzellenz erfordert unter diesen Bedingungen eine integrierte Steuerung relevanter Prozess- und Organisationsbereiche (Carvalho et al., 2023; Antony et al., 2024).

Gleichzeitig zeigt die Untersuchung, dass Automatisierung allein keine stabile Produktion erzeugt. Teilautomatisierte Systeme entfalten nur dann einen nachhaltigen Nutzen, wenn Prozesse organisatorisch vorbereitet, Produktionsdaten belastbar strukturiert sowie Mitarbeiter systematisch qualifiziert werden (Callari et al., 2025; Brad & Deeb, 2025; Yeo & Ong, 2024). Technologische Systeme ersetzen organisatorische Stabilität damit nicht, sondern bauen auf diese auf (Carvalho et al., 2023; Mäule & Götte, 2025).

Das hier entwickelte Fünf-Säulen-Modell rekonstruiert zentrale Steuerungslogiken unter Bedingungen wachsender Komplexität. Die Ergebnisse zeigen, dass operative Stabilität vor allem durch die Verbindung organisatorischer Disziplin, technischer Standardisierung und qualifikationsbasierter Prozesssteuerung abgesichert werden kann (International Organization for Standardization, 2012, 2019, 2021; Antony et al., 2024).

6. Fazit

Diese Arbeit untersuchte, wie mittelständische Schweißereien operative Stabilität unter Bedingungen von Fachkräftemangel, steigenden Qualitätsanforderungen und wachsender Automatisierung absichern können. Die Analyse verdeutlicht, dass stabile Fertigungsprozesse nicht allein aus dem Einsatz technologischer Systeme resultieren. Belastbare Planungsdaten, standardisierte Abläufe, geregelte Verantwortlichkeiten sowie strukturierte Qualifikationssysteme wirken dabei als Voraussetzungen einer stabilen Prozessführung.

Mit dem hier entwickelten Fünf-Säulen-Modell verbindet die Arbeit die Bereiche der Qualität, Kapazität, Personal, Technologie und Wirtschaftlichkeit zu einem integrierten Steuerungsrahmen mittelständischer Schweißfertigungen (Carvalho et al., 2023; Antony et al., 2024). Rekonstruiert werden organisatorische und technische Mechanismen, die zur Reduktion von Prozessinstabilität, Nacharbeit sowie Kapazitätsengpässen beitragen können (Brad & Deeb, 2025; Mäule & Götte, 2025).

Die Untersuchung soll als konzeptionelle Praxisarbeit verstanden werden auf Grundlage einer literaturbasierten Analyse. Im Vordergrund steht dabei nicht die empirische Validierung einzelner Maßnahmen, sondern die Entwicklung eines strukturierenden Bezugsrahmens für operative Exzellenz innerhalb schweißtechnischer Fertigungsbereiche des Mittelstands.

7. Ausblick

Digitale Technologien verändern Produktionsprozesse in mittelständische Schweißereien zunehmend (Mäule & Götte, 2025). Besonders datenbasierte Steuerungssysteme, digitale Qualitätsdokumentation und teilautomatisierte Fertigung erweitern die Anforderungen an Prozesskoordination und Qualifikationsstrukturen (Schuhknecht, 2021; Brad & Deeb, 2025). Parallel dazu bleibt der Fachkräftemangel ein dauerhaft wirksamer Belastungsfaktor schweißtechnischer Fertigungsbereiche (Yeo & Ong, 2024). Wettbewerbsfähigkeit hängt unter diesen Bedingungen verstärkt davon ab, technologische Systeme mit organisatorischer Stabilität und strukturierter Personalentwicklung zu koppeln (Carvalho et al., 2023; Antony et al., 2024).

Weiterführende Forschung könnte das entwickelte Modell empirisch präzisieren und operationalisieren. Denkbar sind Experteninterviews, Fallstudien oder Analysen betrieblicher Produktionsprozesse. Forschungsbedarf besteht insbesondere bei der Untersuchung organisatorischer Integrationsmechanismen automatisierter Fertigungssysteme sowie bei der Verknüpfung von Lean Robotics, Operational Excellence und datenbasierter Produktionssteuerung (Brad & Deeb, 2025; Antony et al., 2024).

Literaturverzeichnis

Antony, J., Sony, M., Jayaraman, R., Swarnakar, V., Tortorella, G. da L., Garza-Reyes, J. A., Rathi, V., Gutierrez, L., McDermott, O., & Lameijer, B. A. (2024). Global perspectives on operational excellence: Unveiling critical failure factors and sustainable pathways. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 41(10), 2604-2626. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-01-2024-0013>

Biemann, T., & Weckmüller, H. (2021). Psychologische Sicherheit: Erfolgsfaktor für Teamerfolg jenseits der Teamzusammensetzung. *PERSONALquarterly*. https://www.haufe.de/personal/hr-management/psychologische-sicherheit-erfolgsfaktor-fuer-teamerfolg_80_553514.html

Brad, S., & Deeb, E. (2025). Integrating lean principles into lean robotics systems for enhanced production processes. *Systems*, 13(2), 106. <https://doi.org/10.3390/systems13020106>

Callari, T. C., Curzi, Y., & Lohse, N. (2025). Realising human-robot collaboration in manufacturing? A journey towards Industry 5.0 amid organisational paradoxical tensions. *Technological Forecasting and Social Change*, 219, 124249. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124249>

Carvalho, A. M., Sampaio, P., Rebentisch, E., McManus, H., Carvalho, J. Á., & Saraiva, P. (2023). Operational excellence, organizational culture, and agility: Bridging the gap between quality and adaptability. *Total Quality Management & Business Excellence*, 34(11-12), 1598-1628. <https://doi.org/10.1080/14783363.2023.2191844>

International Organization for Standardization. (2012). ISO 9606-1:2012, Qualification testing of welders — Fusion welding — Part 1: Steels.

International Organization for Standardization. (2019). ISO 14731:2019, Welding coordination — Tasks and responsibilities.

International Organization for Standardization. (2021). ISO 3834-1:2021, Quality requirements for fusion welding of metallic materials — Part 1: Criteria for the selection of the appropriate level of quality requirements.

Kohne, A. (2022). Business development: Prozesse, Methoden und Werkzeuge (3. Aufl.). Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-37914-8>

Mäule, J., & Götte, G. (2025). Production planning and control in Industry 4.0: Overview on challenges of data-driven PPC systems. IFAC-PapersOnLine, 59(10), 1253-1258. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2025.09.211>

Schnetzer, R. (2014). Achtsames Prozessmanagement: Work-Life-Balance und Burnout-Prävention für Unternehmen und Mitarbeitende. Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-02883-1>

Schuhknecht, F. (2021). Performance management in der digitalen Welt: Die Digitalisierungsscorecard als Instrument für das Management digitaler Geschäftsmodelle. Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32177-2>

Yeo, H. Y., & Ong, C. H. (2024). Industry 4.0 competencies and sustainable manufacturing performance in the context of manufacturing SMEs: A systematic literature review. SAGE Open. <https://doi.org/10.1177/21582440241271263>