



Kollaborative Wandlungsfähigkeit in produzierenden KMU (KoWaK)

Vom Forschungsprojekt KoWaK in die Praxis: Erkenntnisse und Impulse

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

BETREUT VOM



PTKA
Projektträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie

Produzierende KMU in der Transformation – Wandlungsfähigkeit als Schlüssel

In vielen Branchen der deutschen Industrie bilden kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) mit ihren hochgradig spezialisierten Erzeugnissen ein entscheidendes Rückgrat der Wertschöpfungsprozesse. Gerade im Maschinenbau und in der Automobilindustrie haben sich ausdifferenzierte Wertschöpfungsstrukturen und die bedarfssynchrone Zusammenarbeit in unternehmensübergreifenden Netzwerken als wesentlicher Erfolgsfaktor für Technologie- und Effizienzvorsprünge auf den Weltmärkten erwiesen.

Viele Unternehmen des industriellen Mittelstands sind derzeit jedoch mit großen Herausforderungen konfrontiert. Im Zentrum stehen neben wachsenden Unsicherheiten in den globalen Lieferketten, Preissprüngen bei Energie- und Materialkosten, neuen Wettbewerbern und Fachkräftemangel langfristige Entwicklungen wie die fortschreitende Digitalisierung (Stichwort: Industrie 4.0) und der Umstieg auf eine nachhaltige und klimaneutrale Wirtschaftsweise. Von der Geschäftsmodellentwicklung über die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit bis hin zum Shopfloor nehmen damit die Ungewissheitsdimensionen zu, die produzierende KMU sowohl bei der Gestaltung ihrer Unternehmensstrategie als auch im operativen Betrieb managen müssen. In dieser Konstellation avanciert der Aufbau von Wandlungsfähigkeit zu einem zentralen Erfolgsfaktor für die Sicherung der Zukunftsfähigkeit produzierender Unternehmen sowie die Stabilisierung der Wertschöpfungs-systeme in der Industrie insgesamt.

Der KoWaK-Forschungs- und Gestaltungsansatz

Das KoWaK-Projekt zielt darauf, einen Beitrag zur Stärkung der Wandlungsfähigkeit in produzierenden KMU zu leisten. Dafür verfolgt das Projekt einen soziotechnischen Mehrebenenansatz, der die Wertschöpfungsprozesse der beteiligten KMU über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg in den Blick nimmt. Diese Ebenen umfassen die situative Anpassung der Geschäftsmodelle, eine vorausschauende und verbesserte unternehmensübergreifende Zusammenarbeit und die Optimierung der Produktionsprozesse in den Unternehmen. Die soziotechnische Spezifik des Ansatzes besteht darin, dass bei der Lösungsentwicklung innovative technologische Entwicklungen mit organisationalen Dimensionen und dem Arbeitshandeln und Erfahrungswissen der Führungskräfte und Beschäftigten systematisch verknüpft werden.

Der Forschungs- und Gestaltungsansatz setzt zudem konsequent auf Beteiligungsorientierung, um die Wandlungsbefähigung in produzierenden KMU systemisch zu stärken. Statt sich auf die Entwicklung abstrakter Lösungen „auf dem Reißbrett“ zu beschränken, sollen den Führungskräften und Beschäftigten für ihre Unternehmen Wege aufgezeigt werden, eine ungewisse Zukunft selbst zu gestalten. Zentrale Elemente dieses Vorgehens sind eine wandlungsbefähigende Technikgestaltung und Arbeitsorganisation. Eine wandlungsbefähigende Technikgestaltung ist durch ein möglichst effizientes Zusammenspiel technischer Automatisierungspotenziale und der Spezifika menschlichen Arbeitshandelns gekennzeichnet. Eine wandlungsbefähigende Arbeitsorganisation ist dadurch gekennzeichnet, dass in den Unternehmen Räume für eine innovative und gegenstandsbezogene Arbeitspraxis zur Entwicklung neuer Lösungen eröffnet werden.

KoWaK ist ein interdisziplinäres Verbundprojekt mit zehn Partnern, darunter sieben produzierenden KMU, einem Beratungsunternehmen sowie Forschungsinstituten aus den Bereichen Ingenieurwissenschaft und Arbeitssoziologie. Die erzielten Ergebnisse umfassen prototypische Lösungen in den genannten drei Handlungsfeldern, die in den folgenden Ausführungen dargestellt werden.

Aufbau der Abschlussbroschüre

Die vorliegende Publikation präsentiert die zentralen Ergebnisse dieses Vorhabens. Sie gliedert sich entlang der drei Ebenen des soziotechnischen Mehrebenenansatzes:

Im ersten Handlungsfeld wird ein prototypisches Vorgehensmodell für Geschäftsmodellentwicklung vorgestellt, das spezifisch auf KMU ausgerichtet ist. KMU verfügen meist über keine spezialisierten Abteilungen und Fachkräfte für Geschäftsmodellentwicklung. Deshalb ist die Einbindung von Beschäftigten unterschiedlicher Abteilungen in einem beteiligungsorientierten Vorgehensmodell zur Geschäftsmodellentwicklung erforderlich. Im Mittelpunkt der Ausführungen stehen die einzelnen Elemente dieses Vorgehensmodells sowie ein Praxisbericht zu seiner Erprobung.

Im zweiten Handlungsfeld stehen prototypische Lösungen für robuste Lieferketten im Mittelpunkt. Dies umfasst zum einen die Konzeption einer Simulationsplattform, durch die unterschiedliche Szenarien wie etwa der Ausfall einzelner Lieferanten, Substitutionen von Komponenten oder Prioritätsverschiebungen in

der Produktion dargestellt und Handlungsoptionen abgeleitet werden können. Zum anderen wird das im KoWaK-Projekt entwickelte modular aufgebaute Datenmodell zur Abbildung von Ressourcenflüssen und Beziehungen in Planungsprozessen dargestellt.

Im dritten Handlungsfeld werden prototypische Lösungen einer modularisierten Bearbeitung von Aufträgen durch Matrixfertigung präsentiert. Dabei geht es um eine angepasste Automatisierung durch modulare technische Systeme und den bedarfsgerechten Aufbau neuer Prozessketten. Die vorgestellten Lösungen reichen von der modularisierten Bearbeitung von Aufträgen durch Matrixfertigung über Lösungen zum Tracking von Assets und Methoden zur Steuerung der intralogistischen Prozesse bis zur Einführung eines Warenwirtschaftssystems in die KMU-Teilefertigung.

Danksagung

An dieser Stelle gilt es, vielen Akteurinnen und Akteuren zu danken: Vor allem danken wir dem Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR), ohne dessen Förderung das Verbundvorhaben nicht umsetzbar gewesen wäre. Dem Projektträger Karlsruhe (PTKA) danken wir für die umsichtige Betreuung des Vorhabens, insbesondere Frau Heike Menzel und Frau Susanne Melde für ihre konstruktive Begleitung. Ein ganz besonderer Dank gilt unseren Verbundpartnern für ihr großartiges Engagement: der HAVLAT Präzisionstechnik GmbH, der HONASCO Kunststofftechnik GmbH & Co. KG, der HÖRMANN Rawema Engineering & Consulting GmbH, der LOGSOL GmbH, der Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG, der R. & S. Präzisionsdrehteile GmbH, der triloglQa und der ZIGPOS GmbH. Durch das engagierte und vertrauensvolle Zusammenwirken der Verbundpartner ist es gelungen, abstrakte Ideen in konkrete Prototypen und praxistaugliche Gestaltungskonzepte zu transformieren. Diese können, so hoffen wir, einen Beitrag zur Stärkung der Wandlungsfähigkeit produzierender KMU vor dem Hintergrund der aktuellen Transformation leisten. Unser Dank geht auch an die Partnerinnen und Partner aus unserem Netzwerk, die das Projekt mit ihrem Fachwissen unterstützt und in diesem Prozess viele wichtige Impulse gegeben haben.

Markus Wabner, Eckhard Heidling und Alexander Ziegler

Inhalt

Handlungsfeld 1

Wandlungsfähigkeit und Resilienz in KMU durch beteiligungsorientierte Geschäftsmodellentwicklung stärken	6
1. Geschäftsmodellentwicklung im Mittelstand	6
2. Anforderungen an Geschäftsmodellentwicklung in KMU	7
2.1. Anforderungen und Umgang mit Wandlungstreibern in produzierenden KMU	7
2.2. Beteiligungsorientierte Gestaltung der Geschäftsmodellentwicklung	8
3. Methodisches Vorgehen zur Geschäftsmodellentwicklung in KMU	9
4. Beteiligungsorientierte Geschäftsmodellentwicklung in der Praxis	13
4.1. Analysen zur Ausgangssituation	13
4.2. Entwicklungsschritte im KoWaK-Projekt	14
4.3. Perspektiven über das KoWaK-Projekt hinaus	14
5. Zusammenfassung und Ausblick – Lessons Learned	15

Handlungsfeld 2

Unternehmensübergreifende Kollaboration in der Supply Chain	17
1. Robuste Lieferketten für den Mittelstand	17
2. Erarbeitung eines Methodenbaukastens zur Planung und Logistik wandlungsfähiger Fertigungstechnik	18
2.1. Motivation	18
2.2. Entwicklung und Integration der Simulationsplattform	18
2.3. Automatisierung und Nutzerzentrierung	19
2.4. Validierung und Prototypenphase	19
2.5. Wissenschaftliche Relevanz und Ausblick	19
3. Planung flexibler Fabriken und ihre Umsetzung in wandlungsfähigen Lieferketten	20

Handlungsfeld 3

Prospektive Effizienz in der KMU-Matrixproduktion	22
1. Wandlungsfähigkeit durch physische und digitale Modularität in der Produktion	22
2. Wandlungsfähigkeit auf dem Shopfloor durch technologiefähige Robotik	23
2.1. Modularisierung als zentraler Wandlungsfähiger	23
2.2. Wandlungsfähigkeit durch Bearbeitungsroboter	23
2.3. Einsatzszenarien für Bearbeitungsroboter in der spanenden Fertigung	23
2.4. Technologiefähigkeit von Zerspanrobotern	24
2.5. Verschiebung von Grenzen in der Roboterzerspannung	25
2.6. Bearbeitungsroboter als Teil der Matrixfertigung	25
2.7. Ausblick	25
3. Erarbeitung eines Methodenbaukastens zur Planung und Logistik wandlungsfähiger Fertigungstechnik	26
3.1. Motivation	26
3.2. Kernkomponenten des Methodenbaukastens	26
3.3. Automatisierung und datengetriebene Prozessunterstützung	26
3.4. Transparenz und interdisziplinäre Kommunikation	27
3.5. Wissenschaftliche Relevanz und Ausblick	27
4. Produktionsplanungssystem auf Basis einer dynamischen Materialflusssimulation	28
5. Entwicklung eines Tools zur matrixorientierten Logistikplanung	29
5.1. Ausgangspunkt und Zielsetzung	29
5.2. Technischer Hintergrund	29
5.3. Entwicklung eines Analyse- und Tracking-Tools	30
5.4. Validierung und Anwendung in der Praxis	30
5.5. Ausblick	30
6. Verbesserung der Wandlungsfähigkeit in der Dreiteilefertigung durch Einführung eines Warenwirtschaftssystems	31
6.1. Einführung und Motivation	31
6.2. Systematische Analyse und zielgerichtete Umsetzung	31
6.3. Zentrale Projektziele und deren Umsetzung	32
6.4. Technologiemanagement und Prozessoptimierung	32
6.5. Digitale Arbeitsplätze und Benutzerfreundlichkeit	32
6.6. Nachhaltiger Erfolg und Zukunftsperspektiven ..	32

Wandlungsfähigkeit und Resilienz in KMU durch beteiligungsorientierte Geschäftsmodellentwicklung stärken

1. Geschäftsmodellentwicklung im Mittelstand

Die Akteure in vielen Unternehmen des industriellen Mittelstands sind derzeit mit großen Herausforderungen konfrontiert. Im Zentrum stehen – neben wachsenden Unsicherheiten in den globalen Lieferketten, Preissprüngen bei Energie- und Materialkosten, neuen Wettbewerbern und Fachkräftemangel – langfristige Entwicklungen wie die fortschreitende Digitalisierung (Stichwort Industrie 4.0) und die Dekarbonisierung. Von Elektrofahrzeugen und Ladestationen über Solar- und Windkraftanlagen bis hin zu Elektrolyseuren und Wärmepumpen ersetzen in vielen Bereichen Produktsegmente mit neuen Anforderungen etablierte Produkte, wodurch sich die Rahmenbedingungen für die Geschäftstätigkeit vieler produzierender Unternehmen grundlegend verändern.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen geht es für viele produzierende Unternehmen bei der Gestaltung ihrer Strategien und ihrer Innovationsprozesse nicht mehr primär um die Weiterentwicklung des bestehenden Kerngeschäfts. Sie stehen vielmehr gleichzeitig stärker denn je vor der Herausforderung, in einem sich dynamisch verändernden Marktumfeld ihre Wandlungsfähigkeit zu stärken, um langfristig stabile Zukunftsperspektiven für die Betriebe und Beschäftigten zu schaffen. Angesichts limitierter Investitionsspielräume stehen KMU dabei vor der Herausforderung, kreative und effektive Wege zu finden, um parallel zum Tagesgeschäft neue Geschäftsfelder zu erschließen.

Das KoWaK-Projekt hat sich dieser Herausforderung im Handlungsfeld Geschäftsmodellentwicklung angenommen. Im Mittelpunkt stand zum einen die Bearbeitung der Fragen, wie in produzierenden KMU Geschäftsmodellentwicklung betrieben wird, welchen Herausforderungen die Akteure dabei begegnen und welche Rolle die Mitarbeitenden bei der Geschäftsmodellentwicklung spielen können. Zum anderen wurde aufbauend auf diesen Erkenntnissen ein prototypisches Vorgehensmodell für beteiligungsorientierte Geschäftsmodellentwicklung in KMU entwickelt und getestet.

Die folgenden Ausführungen fassen die Ergebnisse dieser Aktivitäten zusammen. Dafür wird im Abschnitt 2 zunächst der Begriff des Geschäftsmodells näher bestimmt. Anschließend werden einige zentrale Ergebnisse der KoWaK-Befragung zur Geschäftsmodellentwicklung in KMU präsentiert und daraus Anforderungen an einen beteiligungsorientierten Geschäftsmodellentwicklungsprozess abgeleitet. In Abschnitt 3 wird ein Vorgehensmodell zur Geschäftsmodellentwicklung vorgestellt, das auf die spezifischen Anforderungen von KMU zugeschnitten und in der Zusammenarbeit zwischen trilogIQa, dem Praxispartner HONASCO und dem ISF München entstanden ist. Abschnitt 4 gibt einen Einblick in die praktische Entwicklungsphase des Vorgehensmodells aus Sicht von HONASCO. In Abschnitt 5 werden die Lessons Learned aus der gemeinsamen Entwicklungsarbeit präsentiert.

2. Anforderungen an Geschäftsmodellentwicklung in KMU

Eckhard Heidling, Alexander Ziegler (ISF München)

Das Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. – ISF München ist eines der führenden Forschungsinstitute auf dem Gebiet der Arbeits- und Industriosozologie in Deutschland. Das 1965 gegründete, unabhängige und gemeinnützige Institut führt Forschungs- und Gestaltungsprojekte zum Wandel von Arbeitswelt und Wirtschaft in enger Kooperation mit Unternehmen, Verbänden und anderen Forschungseinrichtungen durch. Mit seiner Forschung verfolgt das ISF das Ziel, Beiträge zur Humanisierung von Arbeit und zur Gestaltung einer nachhaltigen Wirtschaft zu leisten.

Der Begriff des Geschäftsmodells wurde von der Managementforschung im Rahmen der New-Economy-Diskussion zu Beginn der 2000er Jahre aufgegriffen (Stähler 2002). In einer engen Verwendung umfasst das Konzept kaum mehr als das Erlösmodell (z. B. Pay-per-use, Subskription), in einer erweiterten Fassung werden viele zusätzliche Dimensionen der Geschäftsaktivitäten von Unternehmen betrachtet, die von den Kundenbeziehungen bis hin zur Ressourcenallokation reichen (Teece 2010; Zott et al. 2011; Foss, Saebi 2017). Legt man die verschiedenen Begriffsverständnisse übereinander, zeichnet sich in der Literatur dennoch ein gemeinsamer Nenner ab. Geschäftsmodelle bestehen demnach im Kern aus drei Elementen: erstens einer Beschreibung des Wertes, den das Unternehmen für Kunden generiert (Nutzenversprechen); zweitens der Art und Weise, wie das Unternehmen diesen Wert erzeugt (Architektur der Wertschöpfung); und drittens dem Mechanismus, durch den der geschaffene Wert realisiert und in Erlöse umgewandelt wird (Ertragsmodell). Eine auch in der Praxis weite Verbreitung hat eine Definition gefunden, die das Geschäftsmodell als „the rationale of how an organization creates, delivers and captures value“ (Osterwalder, Pigneur 2010, 14) kennzeichnet – also als das logische Grundprinzip, nach dem eine Organisation Wert erzeugt, den Kunden bereitstellt und realisiert.

Bislang gibt es jedoch kaum geeignete Vorgehensmodelle und aufbereitete Beispiele guter Praxis, an denen sich betriebliche Akteure in KMU orientieren können, um neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Die im deutschen Sprachraum vorliegenden Handlungsleitfäden (z. B. Großheim, Sonntag 2019; Kersten 2019) richten sich fast ausschließlich an das Management und konzentrieren sich überwiegend darauf, Konzepte und Instrumente der Geschäftsmodellentwicklung, die für Großunternehmen mit spezialisierten Innovationsabteilungen entwickelt wurden, auf die Unternehmen des industriellen Mittelstands zu übertragen. Die KMU-spezifischen Ausgangsbedingungen, also die limitierten Handlungsspielräume und auch die Stärken wie etwa kurze Entscheidungswege, werden weitgehend ausgeblendet. Ebenfalls kaum thematisiert wird die Frage, wie die Mitarbeitenden in diesen Prozessen aktiv werden und sich einbringen können. Für ein auf die Anforderungen des industriellen Mittelstands zugeschnittenes beteiligungsorientiertes Vorgehensmodell zur Erschließung neuer Geschäftsfelder liegen insgesamt noch wenige Ergebnisse vor.

Darauf verweisen auch die Ergebnisse der KoWaK-Befragung, die im Punkt 2.1 dargestellt werden. Die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die beteiligungsorientierte Gestaltung von Prozessen der Geschäftsmodellentwicklung werden anschließend in Punkt 2.2 thematisiert.

Methodische Grundlagen der Befragung

Die im Abschnitt 2.1 zusammengefassten Ergebnisse basieren auf einer im KoWaK-Projekt durchgeführten Befragung zur Geschäftsmodellentwicklung, die im Zeitraum 10/2023 bis 04/2024 mit einem online gestellten Fragebogen durchgeführt und von 18 KMU beantwortet wurde. Die quantitative Befragung umfasste vier Fragenkomplexe: erstens, welche Entwicklungen dazu führen, dass das Handlungsfeld Geschäftsmodellentwicklung an Relevanz gewinnt; zweitens, auf welche Weise die Unternehmen versuchen, ihre Geschäftsmodelle anzupassen und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln; drittens, wie sie ihre Kompetenzen in der Geschäftsmodellentwicklung einschätzen; viertens, welchen Handlungsbedarf sie sehen.

2.1. Anforderungen und Umgang mit Wandlungstreibern in produzierenden KMU

Die Auswertung der quantitativen Befragung zeigt, dass sich nach Einschätzung von zwölf der 18 Befragten die Marktentwicklung für ihr Unternehmen im Verlauf der letzten zehn Jahre stark bzw. sehr stark verändert hat. Leichte Veränderungen sahen fünf der Befragten, nur eine Person sieht eine weitgehende Konstanz des Marktumfelds für ihr Unternehmen. Die aktuell stärksten Wandlungstreiber umfassen die Felder Digitalisierung der Prozesse und Produkte, Fachkräftemangel und ökologische Nachhaltigkeit (siehe Abbildung 1).

Die weiteren Ergebnisse zeigen, dass die befragten KMU nur über sehr geringe Kenntnisse und Erfahrungen mit dem Einsatz von bekannten und in Großunternehmen zumindest teilweise etablierten Methoden und Vorgehensweisen zur Geschäftsmodellentwicklung verfügen (Business Model Canvas, Design Thinking u. a.). Auch greifen sie kaum auf den Einsatz externer Berater zurück.

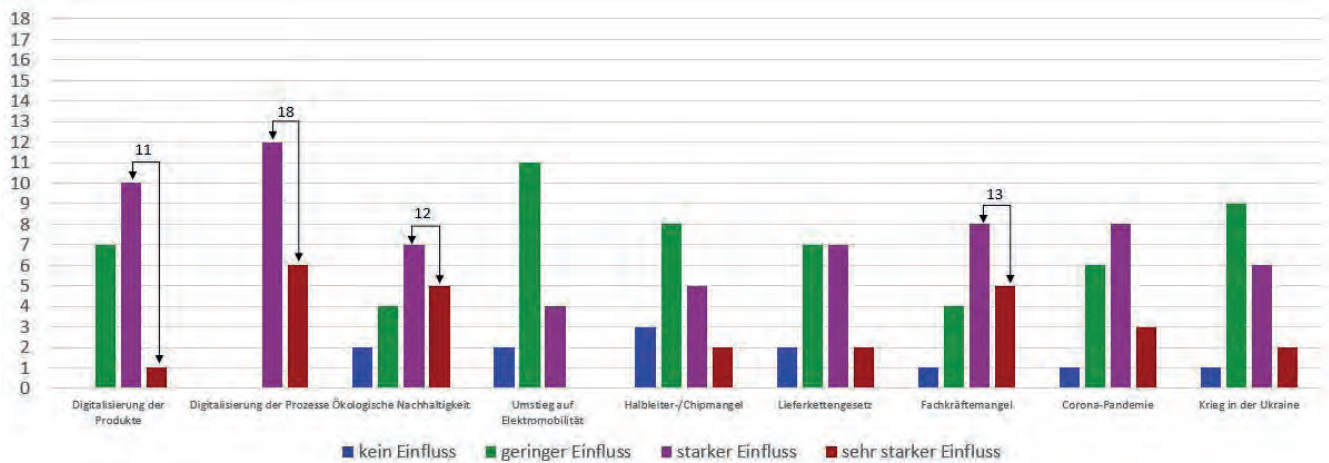


Abbildung 1: Wandlungstreiber in KMU; Quelle: ISF München, Erhebung zur Geschäftsmodellentwicklung in KMU 2023/2024

Gleichwohl sind die befragten Unternehmen im Feld Geschäftsmodellentwicklung – häufig ohne diese Tätigkeiten im betrieblichen Kontext explizit so zu bezeichnen – durchaus aktiv und bearbeiten diese Aufgaben weitgehend mit eigenen Mitteln. Im Mittelpunkt stehen dabei die Aktivitäten zur Pflege der Geschäftsbeziehungen mit Bestands- und Stammkunden, die vielfach auf langjährigen Partnerschaften beruhen. Dies verweist auf ein weitgehend inkrementelles Vorgehen bei der Geschäftsmodellentwicklung.

Allerdings sehen die befragten KMU zugleich erheblichen Handlungsbedarf bei der Verstärkung ihrer Vertriebs- und Marketingaktivitäten zur kontinuierlichen Marktbeobachtung sowie bei der Erweiterung der Kenntnisse über die Kundenbedürfnisse. Deutlichen Verbesserungsbedarf sehen die befragten Unternehmen auch bei der Nutzung der Kompetenzen der Mitarbeitenden als zentralem Element der Unternehmensressourcen (vgl. Abbildung 2).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die KMU ihre Geschäftsmodelle zwar weiterentwickeln, dies aber in den meisten Fällen eher in den Feldern der etablierten Produkte und Dienstleistungen stattfindet. Die Erschließung neuer Geschäftsfelder hat in vielen Unternehmen noch keinen eigenständigen strategischen

Stellenwert. Dies gilt sowohl für Unternehmen mit einem eher positiven als auch mit einem eher schwierigen Marktumfeld. Damit stehen die Unternehmen vor grundlegenden Wandlungsanforderungen ihrer Geschäftsmodelle. Eine wichtige Ressource zur Bewältigung dieser Herausforderungen bildet die Nutzung der Kompetenzen der Beschäftigten, wobei dieses Potenzial bisher kaum erschlossen ist.

2.2. Beteiligungsorientierte Gestaltung der Geschäftsmodellentwicklung

Ein zentraler Ansatz zur Nutzung der Kompetenzen der Beschäftigten ist eine beteiligungsorientierte Geschäftsmodellentwicklung. Dies schließt an Untersuchungen an, die zeigen, dass Beschäftigte bei der Einführung neuer technologischer Verfahren und der Beteiligung an der Prozess- und Produktentwicklung vielfach Innovationsarbeit leisten. Diese Form des Arbeitshandelns zielt auf die systematische Hervorbringung von Neuem unter den Bedingungen von Ungewissheit (Schwarz-Kocher, Stieler 2019; Böhle et al. 2012). Neuere Untersuchungen verweisen darauf, dass Innovationsarbeit auch im Feld der Geschäftsmodellentwicklung von zentraler Bedeutung ist (Ziegler, Heidling 2025).

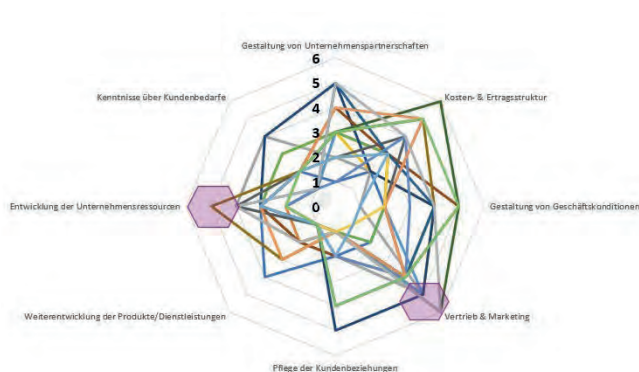


Abbildung 2: Überblick zum Handlungsbedarf der Unternehmen (in Schulnoten); Quelle: ISF München, Erhebung zur Geschäftsmodellentwicklung in KMU 2023/2024

Eine wesentliche Voraussetzung für erfolgreiche Innovationsarbeit bei Geschäftsmodellentwicklung ist eine beteiligungsorientierte Organisation dieses Feldes. Wie die empirischen Erhebungen zeigen, bleibt die Arbeit an der Geschäftsmodellentwicklung in KMU häufig nicht primär der Unternehmensleitung vorbehalten. Angesichts enger Investitionsspielräume werden zunehmend Mitarbeitende eingebunden, allerdings vielfach nur ad hoc und unsystematisch. Deutlich wird, dass es unter den Rahmenbedingungen von KMU besonders darauf ankommt, durch ein pragmatisches und effektives Vorgehen sowie ein gutes Timing geeignete Einstiege und Übergänge vom Bestands- zum Neugeschäft zu identifizieren und umzusetzen. In diesem Prozess können sich die Mitarbeitenden durch ihre Kreativität, ihr Erfahrungswissen und ihre häufig ausgeprägte Identifikation mit den Unternehmen umfassend einbringen.

Allerdings stehen die Akteure bei der Arbeit an einer beteiligungsorientierten Organisation der Geschäftsmodellentwicklung vor weitreichenden Herausforderungen. Bezogen auf die organisatorischen Rahmenbedingungen geht es darum, den Spagat zwischen der Arbeit an der Geschäftsmodellentwicklung und der Fortführung des Bestandsgeschäfts zu meistern. Eine wichtige Voraussetzung sind temporär eingerichtete Räume für die Geschäftsmodellentwicklung, die davor geschützt werden müssen, im allgegenwärtigen Tagesgeschäft immer wieder zu versinken. Die inhaltlichen Anforderungen bestehen darin, die Besonderheiten des etablierten Geschäftsmodells korrekt zu analysieren und eine gemeinsame Perspektive darauf zu entwickeln, um insbesondere die Kernkompetenzen genauer bestimmen zu können. Denn gerade für produzierende KMU ist es entscheidend, an bestehende Stärken anzuknüpfen und die Suchkriterien für die Erschließung neuer Geschäftsfelder richtig zu setzen.

Bei der Arbeit an Geschäftsmodellentwicklung stehen Unternehmensleitungen und Beschäftigte gleichermaßen vor der Herausforderung, neue Kompetenzfelder zu erschließen. Erstens müssen sie sich Fachwissen über die Besonderheiten potenzieller zukünftiger Geschäftsfelder aneignen und sich dabei auch in technische Fragestellungen einarbeiten. Zweitens müssen sie Methoden des Projektmanagements, der Analyse von Kernkompetenzen und Marktentwicklungen sowie der Kundenakquise beherrschen. Drittens müssen sie soziale Kompetenzen entwickeln, um in interdisziplinären Arbeitszusammenhängen unter hoher Unsicherheit eine vertrauensvolle und zielorientierte Zusammenarbeit bei der Geschäftsmodellentwicklung zu fördern.

Wie mit diesen Herausforderungen durch eine beteiligungsorientierte Gestaltung umgegangen werden kann, zeigen die folgenden Ausführungen zu einem konkreten Vorgehen im Feld der Geschäftsmodellentwicklung.

3. Methodisches Vorgehen zur Geschäftsmodellentwicklung in KMU

Julia Boppert, Janina Durchholz (trilogIQa)

trilogIQa ist eine Unternehmensberatung aus München, die Organisationen seit 2008 dabei unterstützt, schlanke, robuste und anpassungsfähige Prozesse zu gestalten. Unsere besondere Stärke liegt in der Verbindung von Lean Management, Change Management und praxisnaher Qualifizierung. Wir begleiten Veränderungsprozesse ganzheitlich – von der Analyse über die Konzeption bis zur Umsetzung mit den Mitarbeitenden vor Ort. Ein Schwerpunkt unserer Arbeit liegt auf der Entwicklung von Resilienz: Wir helfen Unternehmen, ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen gezielt zu stärken. Dabei setzen wir auf pragmatische, wirksame Lösungen, die sich im Alltag bewähren.

Die im KoWaK-Projekt entwickelte Methodik richtet sich an KMU, die häufig unter begrenzten personellen und finanziellen Ressourcen arbeiten. Charakteristisch für KMU ist eine hohe Auslastung im Tagesgeschäft, wodurch strategische Fragestellungen – wie die Weiterentwicklung des Geschäftsmodells – oft in den Hintergrund rücken. Zudem verfügen viele KMU über keine spezialisierten Fachkräfte für Geschäftsmodellentwicklung, was einfache, anwendbare und praxisorientierte Vorgehensweisen umso notwendiger macht.

Ziel der Methodik

Ziel der entwickelten Methodik ist es, KMU dabei zu unterstützen, resilienzsteigernde Geschäftsmodelle zu entwickeln – also Geschäftsmodelle, die gegenüber internen und externen Störungen robuster und anpassungsfähiger sind. Die Methode befähigt KMU dazu, ihre bestehenden Geschäftsmodelle eigenständig zu erfassen, kritisch zu reflektieren sowie gezielt weiter-

zuentwickeln. Dabei stehen einfache Werkzeuge, nachvollziehbare Schritte und praxisnahe Empfehlungen im Vordergrund, um eine direkte Anwendbarkeit im Unternehmensalltag sicherzustellen.

Methodisches Vorgehen zur resilienzsteigernden Geschäftsmodellentwicklung bei KMU

Die Methodik folgt einem strukturierten, aber flexibel anpassbaren Vorgehen, das speziell auf die Bedürfnisse und Möglichkeiten von KMU zugeschnitten ist. Der Fokus liegt darauf, vorhandene Ressourcen effektiv zu nutzen, unternehmerisches Erfahrungswissen systematisch zu heben und praxisnahe Weiterentwicklungen anzustoßen – mit dem Ziel, die Resilienz des Unternehmens nachhaltig zu stärken.

Die einzelnen Schritte bauen logisch aufeinander auf und ermöglichen sowohl punktuelle Interventionen als auch einen vollständigen Durchlauf als moderierter Prozess oder internes Selbstlernformat.

Schritt 1: Aufnahme und Dokumentation bestehender Geschäftsmodelle

Zu Beginn wird das bestehende Geschäftsmodell strukturiert erfasst. Dabei kommt das Business Model Canvas als visuelles Werkzeug zum Einsatz. Es ermöglicht eine übersichtliche Darstellung der wichtigsten Bausteine des Geschäftsmodells – von der Zielkundengruppe über das Leistungsversprechen bis hin zu Einnahmequellen und Kostenstruktur.

Ziele dieses Schrittes:

- Transparenz über die aktuelle Ausgestaltung des Geschäftsmodells oder der verschiedenen Geschäftsmodelle schaffen
- Gemeinsames Verständnis im Unternehmen fördern, strukturiertes Basiswissen zur Methodik aufbauen bzw. Unternehmenswissen strukturiert extrahieren
- Grundlage für anschließende Analyse- und Entwicklungsarbeit legen

Schritt 2: Erkennen und Benennen von Alleinstellungsmerkmalen (USPs)

Im zweiten Schritt werden die besonderen Stärken und Alleinstellungsmerkmale des Unternehmens identifiziert. Diese können sich aus Produkten, Dienstleistungen, internen Kompetenzen, Kundennähe, Prozessen oder auch aus der Unternehmenskultur ergeben. Oftmals sind diese USPs bereits vorhanden, werden aber im Alltag nicht explizit wahrgenommen oder strategisch genutzt.

Ziele dieses Schrittes:

- Bewusstmachen von Differenzierungsmerkmalen am Markt
- Stärkung des Selbstverständnisses und strategischen Fokus
- Ausgangspunkt für die Definition resilienzrelevanter Wertangebote

Schritt 3: Klassifizierung und integrierte Gap-Analyse

In diesem Schritt wird das bestehende Geschäftsmodell auf Produkt- oder Dienstleistungsgruppen heruntergebrochen und systematisch bewertet. Dabei unterstützt die in Abbildung 3 aufgezeigte Skala, bei der sich wandlungsfähige Unternehmen möglichst immer im grünen Bereich bewegen. Durch eine integrierte Ist- und Soll-Analyse wird erkennbar, wo Handlungsbedarf besteht. Die Einteilung nach Gruppen ermöglicht eine präzise Betrachtung – gerade bei Unternehmen mit unterschiedlichen Geschäftsfeldern.

Ziele dieses Schrittes:

- Stärken und Schwächen einzelner Geschäftsmodellkomponenten sichtbar machen
- Entwicklungsbedarfe strukturiert erfassen
- Grundlage für konkrete Handlungsfelder schaffen

Schritt 4: Identifikation geschäftsmodellassoziierter Handlungsfelder

Auf Basis der Gap-Analyse werden zentrale Handlungsfelder herausgearbeitet, die das Geschäftsmodell langfristig stärken können. Dabei steht nicht nur die Behebung von Schwächen im Vordergrund, sondern auch die gezielte Weiterentwicklung bestehender Potenziale. Im Projekt haben wir vier miteinander verknüpfte Handlungsfelder identifiziert.

a) Stärkenprofil & Wertangebote

Basierend auf den identifizierten Alleinstellungsmerkmalen und unternehmerischen Kompetenzen wird ein individuelles Stärkenprofil erstellt. Dieses umfasst sowohl interne Ressourcen – wie technisches Know-how, Innovationsfähigkeit, Mitarbeiterkompetenz oder Prozessexzellenz – als auch externe Erfolgsfaktoren wie Netzwerkbeziehungen, regionale Verankerung oder Marktkenntnis.

Ein zentrales Ziel ist es, diese Stärken in klare, verständliche und für Kunden attraktive Wertangebote zu übersetzen. Dabei zeigt sich in der Praxis: Die Formulierung solcher Nutzenversprechen fällt vielen KMU schwer. Was im Unternehmen als selbstverständlich gilt, wird oft nicht als besonderer Wert erkannt – oder nicht so kommuniziert, dass es bei Kunden Resonanz erzeugt.



Abbildung 3: Wandlungsfähige Unternehmen entstehen im grünen Bereich; Quelle: trilogIQa

Die Herausforderung liegt vor allem darin, die Perspektive zu wechseln und die Stärken aus Kundensicht zu betrachten:

- Was hilft meinen Kunden konkret weiter?
- Worin liegt der tatsächliche Nutzen?
- Warum sollten sich die Kunden gerade für uns entscheiden?

Dieser „Blick von außen“ erfordert methodisches Vorgehen, kritische Selbstreflexion und idealerweise externe Impulse. Die Fähigkeit, das eigene Leistungsversprechen kundenorientiert, emotional verständlich und differenzierend zu formulieren, muss aktiv erarbeitet und oft erst erlernt werden. Genau hier setzt die Methode mit gezielten Fragestellungen, Formulierungshilfen und Beispielen an.

b) Kundenstruktur & Wunschkundenbeziehungen

In vielen KMU hängt die wirtschaftliche Stabilität – und nicht selten die gesamte Existenz – an wenigen Hauptkunden oder langjährigen Auftraggebern. Diese engen Kundenbindungen sind auf den ersten Blick ein Erfolgsfaktor: Sie sichern Auslastung, sorgen für wiederkehrende Umsätze und reduzieren den Akquiseaufwand. Doch gerade in dieser Konstellation liegt auch ein erhebliches Risiko.

Wer stark abhängig ist, ist auch stark verwundbar.

Ein plötzlicher Projektstopp, ein Strategiewechsel beim Hauptkunden oder Preisdruck aus dem Einkauf – all das kann ein KMU ins Wanken bringen. Viele Unternehmen bewegen sich deshalb in einem ständigen Spannungsfeld:

Einerseits müssen sie die bestehenden Kundenbeziehungen aufrechterhalten, um kurzfristig zu überleben. Andererseits fehlt die Zeit, Energie oder Sicherheit, um sich strategisch weiterzuentwickeln und neue Kundengruppen zu erschließen.

Die Folge: Die Kundenbasis bleibt eng, reaktiv und oft zufällig gewachsen. Wachstum findet – wenn überhaupt – innerhalb bestehender Strukturen statt. Resilienz, also die Fähigkeit, Krisen und Veränderungen standzuhalten, bleibt dadurch stark eingeschränkt.

Die Methode setzt hier an und sieht folgende Schritte vor:

1. Kritische Analyse der bestehenden Kundenstruktur:
Welche Kunden sichern aktuell unser Geschäft – und welche gefährden es möglicherweise langfristig durch Abhängigkeit oder ungleiche Machtverhältnisse?
2. Definition von Wunschkundenprofilen:
Welche Kundengruppen würden zu unserem zukünftigen Geschäftsmodell passen – ökonomisch, kulturell und strategisch? Wer zahlt nicht nur Rechnungen, sondern trägt zur Weiterentwicklung bei?

Dabei geht es nicht um die sofortige Abkehr von Bestandskunden – im Gegenteil: Die Realität von KMU erfordert in vielen Fällen, das Bestehende zu sichern und gleichzeitig behutsam neue Optionen aufzubauen. Die Diversifizierung

der Kundenbasis ist deshalb eine Notwendigkeit für mehr unternehmerische Handlungsfreiheit.

c) Kommunikationskanäle & Personas

Ein zentrales Element resilienter Geschäftsmodelle ist die Fähigkeit, gezielt und wirksam mit (potenziellen) Kunden zu kommunizieren – und zwar über passende Kanäle, mit relevanten Inhalten und in einer Sprache, die verstanden wird.

In vielen KMU wird dies jedoch nicht als eigenständiger strategischer Aufgabenbereich verstanden, sondern eher pragmatisch mitbearbeitet – häufig von der Geschäftsführung oder von Mitarbeitenden „nebenbei“, wenn gerade Zeit dafür ist. Vertrieb, Marketing, Kundenansprache oder Markenauftritt stehen dadurch nicht im Fokus – was zur Folge hat, dass sie oft wenig effektiv und kaum effizient umgesetzt werden.

Das Potenzial, das in einer gezielten Marktkommunikation liegt, bleibt so vielfach ungenutzt:

- Chancen auf Neukundengewinnung werden nicht erkannt
- Bestehende Kunden fühlen sich nicht angesprochen oder gebunden
- Die Außendarstellung bleibt vage oder unklar

Die Methode unterstützt KMU dabei, ihre bestehenden Kommunikations- und Vertriebskanäle zu reflektieren – also zu analysieren, über welche Wege Kunden derzeit erreicht werden (z. B. persönliche Kontakte, Website, Empfehlungen, soziale Medien, Messen etc.) und wie erfolgreich diese Kanäle tatsächlich sind. Dabei geht es nicht um „mehr Werbung“, sondern um gezieltere Kommunikation mit klarer Botschaft und Plan.

Ein zentrales Werkzeug dafür ist die Entwicklung von Personas – also idealtypischen, konkret beschriebenen Wunschkundinnen und -kunden, für die sich Kommunikationsinhalte, Anlässe und Kanäle deutlich wirksamer gestalten lassen. Wer weiß, wen er ansprechen will, kann gezielt entscheiden, was er kommuniziert – und wie und wo er es tut (Abbildung 4).



Abbildung 4: Beschreibung von Personas zur Vorbereitung einer zielgerichteten Ansprache, Beispiel; Quelle: trilogiQa

d) Entwicklung von neuen Produkten und Dienstleistungen

Hier wird der Blick gezielt nach vorn gerichtet: Welche neuen Leistungen lassen sich aus den bisherigen Erkenntnissen ableiten? Welche Angebote stärken die Resilienz des Unternehmens und schaffen echten Mehrwert für Kunden?

Die Kombination aus Stärkenprofil, Wunschkunden-Perspektive und Kommunikationspotenzial bildet dabei eine tragfähige Grundlage für Innovationen, die nicht nur kreativ, sondern auch strategisch fundiert und marktnah sind. Es geht nicht um spontane Einfälle, sondern um systematisch entwickelte Produkt- und Dienstleistungsideen, die auf reale Bedarfe reagieren – und dabei auf das aufbauen, was das Unternehmen heute schon gut kann.

Ein besonderer Fokus liegt dabei auf Umsetzbarkeit und Resilienzpotenzial:

- Wie krisenfest, anpassbar oder skalierbar sind die neuen Ideen?
- Inwiefern tragen sie dazu bei, Abhängigkeiten zu reduzieren oder neue Zielgruppen zu erschließen?
- Welche internen Ressourcen sind erforderlich – und welche externen Partner könnten unterstützen?

Die Methode hilft, kreative Denkprozesse anzustoßen, Ideen zu strukturieren und erste Schritte in Richtung Umsetzung greifbar zu machen, und nutzt dazu einen Steckbrief (Abbildung 5). So wird aus strategischer Analyse konkrete unternehmerische Gestaltung.



Abbildung 5: Steckbrief zur Bewertung einer Produkt- oder Dienstleistungsidee, Beispiel; Quelle: trilogIQa

Fazit

Die Anwendung des Methodenbaukastens bewirkt mehr als nur die Weiterentwicklung des Geschäftsmodells: Sie schafft Wissen, stärkt Kompetenzen und verändert Perspektiven. Mitarbeiter entwickeln ein strategisches Verständnis für das eigene Unternehmen. Es entsteht ein neues Bewusstsein für die Bedeutung von Geschäftsmodellen, Kundenzentrierung und Kommunikation. Dieser Lernprozess ist ein zentraler Baustein für organisatorische Resilienz.

KMU werden dadurch langfristig robuster, flexibler und handlungsfähiger – in stabilen wie in unsicheren Zeiten.



Abbildung 6: Methodenbaukasten zur resilienzsteigernden Geschäftsmodellentwicklung befähigt Mitarbeiter und macht kleine und mittlere Unternehmen wandlungsfähig; Quelle: Canva trilogIQa

4. Beteiligungsorientierte Geschäftsmodellentwicklung in der Praxis

Ina Wilkenhöner, Thomas Beckmann (HONASCO)

HONASCO stellt Kunststoffbauteile mit Mehrkomponenten-Hybrid-Technologie her, oft in Kombination mit Metall- oder Sieb- gewebe. Das Unternehmen hat am Stammsitz in Deutschland rund 50 Beschäftigte und verfügt über weitere Standorte in Ost- europa und Asien. Nachdem das Unternehmen lange Jahre vor allem die Haushaltsgeräteindustrie beliefert hat, wird heute der überwiegende Teil des Umsatzes im unteren zweistelligen Millionenbereich als Tier-2-Zulieferer mit Auftragsfertigung für die Automobilindustrie erzielt. Die technische Kompetenz in der Hybridbauteilfertigung war lange ein Differenzierungsmerkmal, wird aber zunehmend durch günstigere Wettbewerber aus Osteuropa und Asien herausgefordert. Im Rahmen des KoWaK-Projekts wurden daher Strategien zur Stärkung der Wandlungsfähigkeit entwickelt.

4.1. Analysen zur Ausgangssituation

Die interne Situation

Im aktuellen Arbeitsumfeld zeigt sich, dass die Entwicklung neuer Ideen zur Verbesserung von Prozessen und Angeboten häufig vernachlässigt wird. Viele Abläufe werden routinemäßig durchgeführt, ohne sie regelmäßig zu hinterfragen oder aktiv nach innovativen Ansätzen zu suchen. Dies führt dazu, dass bestehende Prozesse und Aktivitäten selten kritisch beleuchtet oder neugestaltet werden. Eine wesentliche Ursache hierfür ist die weit verbreitete Betriebsblindheit: Mitarbeitende sind so stark in ihre gewohnten Abläufe eingebunden, dass sie Optimierungspotenziale oft nicht mehr wahrnehmen. Gleichzeitig fehlt es häufig an Wissen über alternative Methoden, neue Technologien oder bewährte Praktiken aus anderen Bereichen oder Branchen, die als Inspiration dienen könnten.

Hinzu kommt, dass Veränderungen und Innovationen nicht ausreichend durch personelle Ressourcen unterstützt werden. Im Tagesgeschäft sind viele Mitarbeitende stark ausgelastet, sodass kaum Zeit und Kapazitäten bleiben, um sich mit strategischen Fragestellungen oder der Entwicklung neuer Lösungen zu beschäftigen. Ohne gezielte Freiräume und zusätzliche Unterstützung laufen viele Innovationsvorhaben Gefahr, ins Stocken zu geraten oder gar nicht erst begonnen zu werden. Dadurch bleiben wertvolle Chancen zur Weiterentwicklung ungenutzt und das Unternehmen verliert an Dynamik und Zukunftsfähigkeit.

Die Außenwirkung

Im Rahmen der strategischen Überprüfung unserer Außenwirkung hat sich deutlich gezeigt, dass die Qualität und Aussagekraft unserer aktuellen Unternehmenswebsite nicht den heutigen Anforderungen entsprechen. Inhalte sind teilweise veraltet, wichtige Informationen für potenzielle Kunden, Partner oder Bewerber fehlen oder sind nur schwer auffindbar. Darüber hinaus ist die Benutzerführung nicht intuitiv genug und das Design wirkt im Vergleich zu Wettbewerbern wenig ansprechend oder zeitgemäß. Diese Schwächen führen dazu, dass unser Unternehmen online nicht in dem Maße sichtbar

und überzeugend auftritt, wie es für eine starke Marktpräsenz erforderlich wäre.

Ein weiterer zentraler Punkt ist die bislang unzureichende Präsenz in den sozialen Medien. Angesichts der zunehmenden Digitalisierung aller Branchen und der sich wandelnden Kommunikationsgewohnheiten ist eine gezielte und professionelle Nutzung von Plattformen wie LinkedIn, Instagram oder X (ehemals Twitter) inzwischen zwingend erforderlich. Über diese Kanäle lassen sich nicht nur neue Zielgruppen ansprechen, sondern auch die eigene Marke stärken, Fachkräfte gewinnen und aktuelle Entwicklungen sowie Innovationen kommunizieren.

Darüber hinaus wurde erkannt, dass eine konsistente und strategisch durchdachte Außendarstellung – sowohl online als auch offline – entscheidend für die Wahrnehmung und das Vertrauen in das Unternehmen ist. Dazu gehört ein klar definiertes Corporate Design, eine einheitliche Kommunikationslinie über alle Kanäle hinweg sowie die regelmäßige Erstellung relevanter Inhalte, z. B. in Form von Fachartikeln, Blogbeiträgen oder Videoinhalten.

Auch wurde deutlich, dass potenzielle Kunden und Geschäftspartner zunehmend schon vor dem ersten persönlichen Kontakt über Online-Plattformen Informationen einholen und sich ein Bild vom Unternehmen machen. Wer hier nicht professionell und glaubwürdig auftritt, riskiert, frühzeitig aus dem Entscheidungsprozess ausgeschlossen zu werden.

Zusätzlich hat sich gezeigt, dass die Vernetzung mit Branchenakteuren und Innovationsnetzwerken – sowohl digital als auch vor Ort – ein wichtiger Hebel für zukünftiges Wachstum sein kann. Die bisherigen Kommunikations- und Marketingmaßnahmen greifen zu kurz, um diese Potenziale voll auszuschöpfen.

4.2. Entwicklungsschritte im KoWaK-Projekt

Ein zentraler Bestandteil unserer Strategie ist die Durchführung interner Workshops, in denen Mitarbeitende unterschiedlicher Fachbereiche zusammenkommen, um bestehende Prozesse zu hinterfragen, neue Produktideen zu entwickeln und Innovationspotenziale zu identifizieren. Diese Workshops fördern den interdisziplinären Austausch, stärken das Innovationsklima und helfen dabei, unternehmerisches Denken im gesamten Unternehmen zu verankern.

Ein konkreter technischer Innovationsansatz ist die Neuentwicklung von Lösungen für den Toleranzausgleich, die gezielt auf neue Anwendungsbereiche und Branchen übertragen werden soll. Ziel ist es, bestehende Kompetenzen technologisch weiterzuentwickeln und auf weitere industrielle Einsatzfelder zu adaptieren, um neue Märkte zu erschließen und bestehende Risiken durch Diversifikation zu reduzieren.

Darüber hinaus setzen wir verstärkt auf die Nutzung von Auftragsvermittlern und externen Vertriebspartnern, um gezielt neue Kundenkreise zu erschließen, insbesondere in bisher nicht bearbeiteten Märkten. Dieser Zugang erlaubt es uns, Marktchancen effizienter zu nutzen, ohne sofort eigene Strukturen in neuen Branchen aufbauen zu müssen.

Im Rahmen der strategischen Geschäftsentwicklung wird außerdem das bestehende Geschäftsmodell um ein eigenes Produktangebot erweitert. Dieser Schritt ermöglicht es, unabhängiger von reinen Auftragsarbeiten zu agieren und gleichzeitig ein skalierbares Geschäftsmodell zu etablieren. Zur gezielten Entwicklung dieses Produktportfolios finden regelmäßig strukturierte Kreativ-Workshops statt, in denen neue Produktideen gesammelt, bewertet und prototypisch weiterentwickelt werden.



Abbildung 7: Identifizierte Handlungsschwerpunkte im Praxisunternehmen; Quelle: trilogIQa

Ein weiterer Impuls zur Ideenfindung ist der gezielte Besuch von Fachmessen und Innovationsveranstaltungen außerhalb unseres bisherigen Geschäftsfeldes, z. B. die Plattform „it's OWL“, ein Innovationsnetzwerk in unserer Region Ostwestfalen-Lippe. Durch den Blick über den eigenen Branchentellerrand hinaus stärken wir unsere Fähigkeiten, neue Trends, Technologien und Kundenbedürfnisse zu erkennen und als Inspirationsquelle für eigene Entwicklungen zu nutzen.

Ergänzend dazu bereiten wir die Einführung eines Ideenmanagementsystems vor, das es Mitarbeitenden ermöglicht, innovative Vorschläge kontinuierlich einzubringen. Zudem ist geplant, ein unternehmensweites Innovationsboard einzurichten, das neue Impulse systematisch bewertet, priorisiert und in die Umsetzung überführt. Die gezielte Vernetzung mit Start-ups, Hochschulen und Innovationsclustern wird als weiteres Mittel genutzt, um Zugang zu externem Know-how und neuen Denkansätzen zu erhalten.

4.3. Perspektiven über das KoWaK-Projekt hinaus

Im Rahmen des Projekts erarbeiten wir gemeinsam mit unseren Partnern ISF und trilogIQa konkrete Diversifizierungsstrategien. Diese zielen darauf ab, neue Geschäftsfelder zu erschließen, bestehende Abhängigkeiten von einzelnen Märkten oder Kunden zu reduzieren und unsere wirtschaftliche Stabilität insgesamt zu erhöhen. Angesichts der wachsenden Herausforderungen durch internationale Wettbewerber, volatile Märkte und steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit und Effizienz ist eine gezielte Diversifizierung für uns von zentraler Bedeutung.

Die intensive und wissenschaftlich fundierte Auseinandersetzung mit unseren bestehenden Geschäftsmodellen, den aktuellen Produktportfolios sowie den unterschiedlichen Kundenstrukturen hat sich im KoWaK-Projekt als äußerst wertvoll erwiesen. Durch die systematische Analyse dieser zentralen Unternehmensbereiche erhalten wir tiefere Einblicke in unsere Marktposition, die Wettbewerbsfähigkeit unserer Angebote und das Verhalten sowie die Bedürfnisse unserer Kundengruppen. Diese Erkenntnisse fließen bereits jetzt unmittelbar in unsere strategischen und operativen Entscheidungsprozesse ein und tragen dazu bei, unsere Ausrichtung fundierter und zukunftsorientierter zu gestalten.

Ein wichtiger Erfolgsfaktor ist die breite Nutzbarkeit der Projektergebnisse über den ursprünglichen Anwendungskontext hinaus. Die gewonnenen Daten, Modelle, Prototypen oder Systemlösungen sollen – soweit möglich – in öffentlich zugänglichen Datenbanken, Fachportalen oder über spezialisierte Transferstellen auffindbar gemacht werden. Auf diese Weise können sie nicht nur anderen Forschungseinrichtungen und Hochschulen zur Verfügung gestellt werden, sondern auch in öffentliche Aufgaben, beispielsweise im Bereich Infrastruktur, Bildung oder Nachhaltigkeit, einfließen.

Darüber hinaus bieten die im Aufbau befindlichen Kooperationsbeziehungen zu verschiedenen externen Partnern wie wissenschaftlichen Einrichtungen, Unternehmen, Fachnetzwerken und Innovationsclustern große Potenziale. Diese können genutzt werden, um die Ergebnisse zu validieren, praxisrelevante Fragestellungen frühzeitig zu integrieren und eine möglichst schnelle Verwertung in industriellen oder gesellschaftlichen Kontexten zu ermöglichen. Der Wissenstransfer zwischen Forschung und Anwendung kann durch regelmäßige Workshops, Fachkonferenzen, Publikationen und gemeinsame Pilotprojekte unterstützt werden.

Insgesamt bietet das Projekt damit vielversprechende Perspektiven für eine nachhaltige wirtschaftliche Verwertung, eine breite Anwendbarkeit in unterschiedlichen Branchen sowie eine Stärkung unseres Unternehmens am Innovationsstandort Deutschland.



Abbildung 8: *Beteiligungsorientierung: Mitarbeiterwissen und -kreativität nutzen, um als Unternehmen widerstandsfähig zu sein; Quelle: Canva trilogyIQa*

5. Zusammenfassung und Ausblick – Lessons Learned

Die Arbeiten im Handlungsfeld zeigen, dass Geschäftsmodellentwicklung in KMU unter besonderen Bedingungen stattfindet und eine Reihe von Unterschieden zu entsprechenden Aktivitäten in größeren Unternehmen aufweist. Dazu zählen einerseits geringere Investitionsspielräume sowie die enge Parallelität zum Tagesgeschäft, welche die Arbeit an der Geschäftsmodellentwicklung erschweren. Andererseits haben KMU jedoch auch spezifische Stärken wie kurze Entscheidungswege sowie eine (häufig) hohe Identifikation der betrieblichen Akteure mit ihren Unternehmen und deren positiver Entwicklung.

Diese positiven Elemente gilt es im Sinne von „Wandlungsressourcen“ für eine beteiligungsorientierte Praxis der Geschäftsmodellentwicklung zu nutzen und auszubauen.

Dafür ist es erforderlich:

- Commitment seitens der Unternehmensleitung für eine beteiligungsorientierte Geschäftsmodellentwicklung herzustellen;
- ein interdisziplinäres Team von Beschäftigten aus unterschiedlichen Abteilungen zu bilden (Marketing, Vertrieb, Einkauf, IT, Produktion, Controlling), das sich grundlegende Kenntnisse zur Geschäftsmodellentwicklung aneignet und dieses Feld kontinuierlich bearbeitet;

- punktuell Freiräume für dieses Team zu schaffen, um Ideen sowie Anregungen zu neuen Kundenanforderungen, neuen Produkten u. a. zu sammeln und zu verarbeiten. Durch solche Arrangements wird es möglich, parallel zum Tagesgeschäft situativ, flexibel und schnell auf Marktänderungen zu reagieren und damit Wandlungsprozesse durch Änderungen am Geschäftsmodell jederzeit in Gang zu setzen;
- sich an dem im KoWaK-Projekt entwickelten methodischen Vorgehen und seinen Instrumenten einer beteiligungsorientierten Geschäftsmodellentwicklung zu orientieren, um angesichts begrenzter finanzieller und personeller Ressourcen gute Ergebnisse zu erzielen;
- die unternehmensübergreifenden Aktivitäten durch die Mitarbeit in regionalen Netzwerken (Unternehmensclustern sowie Ökosystemen mit Start-ups und etablierten Unternehmen) und dem Besuch von Messen, Veranstaltungen u. a. zu intensivieren, um dadurch regelmäßige Anstöße „von außen“ zu erhalten und Beziehungen zu potenziellen Neukunden und Partnern aufbauen zu können.

Literatur

Böhle, F.; Bürgermeister, M.; Porschen, S. (Hrsg.) (2012):
Innovation durch Management des Informellen.
Berlin, Heidelberg: Springer Gabler.

Foss, N. J.; Saebi, T. (2017):
Fifteen Years of Research on Business Model Innovation:
How Far Have We Come, and Where Should We Go?
In: Journal of Management, Vol. 43(1), 200–227.
<https://doi.org/10.1177/0149206316675927>

Großheim, P.; Sonntag, A. (2019):
Ideen sind ein guter Anfang. Geschäftsmodellentwicklung im
Mittelstand.
Eschborn: RKW Kompetenzzentrum.
[https://www.rkw-kompetenzzentrum.de/publikationen/buch/
geschaeftsmodellentwicklung-im-mittelstand/](https://www.rkw-kompetenzzentrum.de/publikationen/buch/geschaeftsmodellentwicklung-im-mittelstand/)

Kersten, W. (Hrsg.) (2019):
Geschäftsmodellinnovation. Wie Sie erfolgreich Ihr Geschäfts-
modell verändern und dadurch wettbewerbsfähig werden.
Hamburg: Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg.
[https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Pub-
likationen/zentrum-hamburg-geschaeftsmodellinnovation.
pdf?__blob=publicationFile&v=1](https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/zentrum-hamburg-geschaeftsmodellinnovation.pdf?__blob=publicationFile&v=1)

Osterwalder, A.; Pigneur, Y. (2010):
Business Model Generation. A Handbook for Visionaries,
Game Changers, and Challengers.
Hoboken: Wiley.

Schwarz-Kocher, M.; Stieler, S. (2019):
Die Bedeutung regionaler Wertschöpfungskuster der Auto-
mobilindustrie im Prozess fortschreitender Globalisierung und
der Transformation zur Elektromobilität.
In: AIS Studien, 12(2), 35-56.
[https://www.imu-institut.de/fileadmin/Downloads/Publikatio-
nen/AIS-19-02-04_Schwarz-Kocher_Stieler_-1.pdf](https://www.imu-institut.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/AIS-19-02-04_Schwarz-Kocher_Stieler_-1.pdf)

Stähler, P. (2002):
Geschäftsmodelle in der digitalen Ökonomie: Merkmale,
Strategien und Auswirkungen.
2. Auflage. St. Gallen: Josef Eul.

Teece, D. (2010):
Business Models, Business Strategy and Innovation.
In: Long Range Planning, 43, 172-194.
<https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>

Ziegler, A.; Heidling, E. (2025):
Geschäftsmodellentwicklung als Handlungsfeld industrieller
Arbeit.
Erscheint in: ARBEIT 34(4)/2025.

Zott, C.; Raphael, A.; Massa, L. (2011):
The Business Model: Recent Developments and Future
Research.
In: Journal of Management 37(4), 1019-1042.
<https://doi.org/10.1177/0149206311406265>

Unternehmensübergreifende Kollaboration in der Supply Chain

1. Robuste Lieferketten für den Mittelstand

Die zunehmende Zahl an Varianten und die Verringerung der Losgrößen in Kombination mit einer fortschreitenden Arbeitsteilung führen dazu, dass nicht nur innerhalb einzelner Unternehmen, sondern auch im unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerk immer schneller auf eine sich ändernde Auftragslage reagiert werden muss. Jede Produkt-Variante kann eine unterschiedliche Prozesskette zur Folge haben. Bei Veränderungen müssen Parameter wie Materialien und Kaufteile, Arbeitsfolgen und Leistungserbringer zeitnah neu synchronisiert werden. Gerade in unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken entsteht dadurch eine wesentlich höhere Komplexität und Dynamik. Zu ihrer Beherrschung sind neuartige Prinzipien der Informationsverarbeitung, neue Organisationskonzepte und eine neue Kultur der Zusammenarbeit erforderlich. Industrie 4.0 (I.4.0) bietet hierfür völlig neuartige Möglichkeiten, die perspektivisch zu einer vollständigen Digitalisierung der unternehmerischen Kollaboration und insbesondere der Lieferketten führen wird (Hahn 2020).

Im Mittelpunkt des Handlungsfeldes 2 steht das Ziel, durch Simulation der Zusammenarbeit mehrerer Unternehmen in Lieferketten einen Wandlungsbedarf zu erkennen, die

Auswirkungen verschiedener Handlungsmöglichkeiten zu bewerten sowie entsprechende Lösungsansätze auszuwerten und umzusetzen. Dazu wird eine I4.0-Lösung erarbeitet, die durch zielgerichtete Koordination der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit in Lieferketten

- a) die Flexibilität und Resilienz der Lieferketten-Strukturen (Auswahl neuer Leistungspartner) erhöht;
- b) die Abstimmung zwischen Unternehmen dynamisiert und dadurch Engpässe sichtbar macht, gezielte Handlungsmöglichkeiten vorschlägt und die Reserven in der Lieferkette zur Stabilisierung der Wertschöpfungsprozesse ausnutzt;
- c) die Digitalisierung der Supply Chain als Basis für eine zunehmend automatisierte Angebotserstellung, -bewertung und -nachverfolgung zwischen Auftraggebern und Zulieferern ermöglicht.

Das technische System erkennt und bewertet die Lieferketten-situation und unterstützt bei unternehmensübergreifenden Kollaborationsentscheidungen sowie der Organisation der Zusammenarbeit zwischen Auftraggebern, Partnern und Zulieferern.

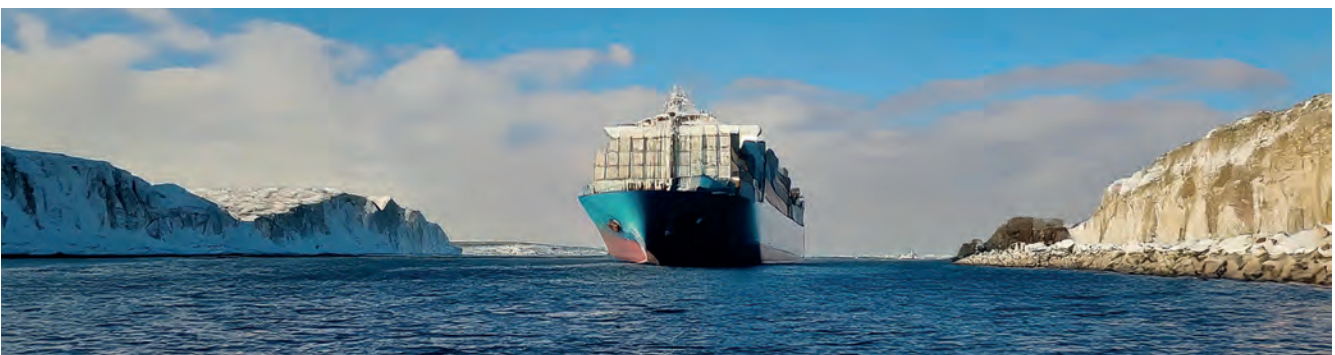


Abbildung 1: Containerschiff (Symbolbild); Quelle: KI erzeugt mit Adobe Firefly

2. Erarbeitung eines Methodenbaukastens zur Planung und Logistik wandlungsfähiger Fertigungstechnik

Michael Maier (Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG)

Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG ist als Anwendungspartner ein Hersteller hochpräziser, schneller Bearbeitungszentren für die Metallbearbeitung. Wir bieten Serienmaschinen angepasst auf die Bedürfnisse des Kunden und sein spezifisches Fertigungsproblem. Dabei setzen wir zunehmend auf ein modulares Konzept, bei dem sich die unterschiedlichen Maschinentypen hauptsächlich durch die Art und Komplexität der Bearbeitungsmöglichkeiten unterscheiden.

2.1. Motivation

Die Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG steht als mittelständischer Hersteller vor der zunehmenden Herausforderung, hochindividualisierte Produkte in einem zunehmend volatilen und dynamischen Marktumfeld termingerecht, kosteneffizient und qualitativ hochwertig zu liefern. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Resilienz und Flexibilität der gesamten Lieferkette als integraler Bestandteil wandlungsfähiger Fertigungssysteme zunehmend an Bedeutung. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) geförderten Forschungsprojekts KoWaK wurde daher eine innovative digitale Simulationslösung entwickelt, welche die komplexen Strukturen und Dynamiken moderner Lieferketten unter realen betrieblichen Bedingungen modelliert, analysiert und datenbasiert bewertet.



Abbildung 2: Test driven development als Basis der Wandlungsfähigkeit; Quelle: Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG

2.2. Entwicklung und Integration der Simulationsplattform

Die Konzeption der Simulationslösung orientierte sich dabei an der praktischen Anwendbarkeit und basierte auf realen ERP-Daten der Maier Werkzeugmaschinen GmbH. Diese Datenintegration ermöglichte eine nahtlose Einbindung in die bestehende IT-Systemlandschaft, wodurch eine durchgängige und dynamische Transparenz über die aktuelle Versorgungssituation und potenzielle Engpässe geschaffen werden konnte. Ziel war es, Entscheidungsträgern ein Werkzeug an die Hand zu geben, mit dem sie frühzeitig Risiken in der Lieferkette identifizieren, alternative Bezugsquellen evaluieren und die Auswirkungen von Störungen wie Lieferausfällen oder geänderten Produktionsprioritäten simulieren können.

Zur Realisierung wurde eine Web-basierte Anwendung entwickelt, die in Echtzeit mit aktuellen Daten gespeist wird. Die Schnittstelle zur Datenquelle erfolgt über eine eigens programmierte REST-API, welche die kontinuierliche Synchronisation mit dem ERP-System sicherstellt und somit die Datenaktualität und -integrität gewährleistet. Nutzerinnen und Nutzer der Plattform können unterschiedliche Szenarien, beispielsweise den Ausfall einzelner Lieferanten, Substitutionen von Komponenten oder Prioritätsverschiebungen in der Produktion, definieren und simulieren. Die Ergebnisse der Simulation werden in intuitiver, visuell und tabellarisch aufbereiteter Form präsentiert, sodass die relevanten Handlungsoptionen unmittelbar erkennbar sind.

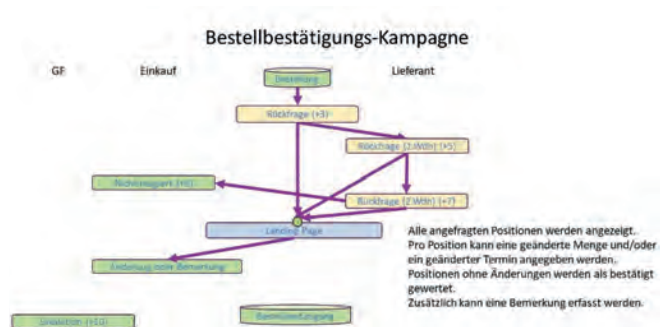


Abbildung 3: Beispielhafte Routine zum Anlernen; Quelle: Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG

2.3. Automatisierung und Nutzerzentrierung

Ein besonderer Fokus lag auf der automatisierten Ableitung von Handlungsempfehlungen. Die Simulationsplattform generiert auf Wunsch vorformulierte E-Mail-Vorlagen zur direkten Kommunikation mit Lieferanten und unterstützt durch automatische Bestellvorschläge die Beschaffungsprozesse. Dies reduziert Reaktionszeiten und stärkt die proaktive Steuerung der Lieferkette. Um eine hohe Akzeptanz und Bedienbarkeit sicherzustellen, wurde die Nutzeroberfläche im Rahmen iterativer Workshops mit Mitarbeitern aus den Bereichen Einkauf, Planung und Fertigung kontinuierlich optimiert. Dabei wurde großer Wert auf ergonomische Gestaltung, intuitive Bedienbarkeit und Transparenz gelegt, um auch unter hoher zeitlicher Belastung schnelle und fundierte Entscheidungen zu ermöglichen.

Simulations-Einstellungen	
- Leistungsdaten	
Leistungserbringer	Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG
Leistungsart	Produktion
Leistungs-ID	process
Leistung	Prozess
Beschreibung	
Ein vom Kunden gewünschter Produktionsprozess wird testweise durchgeführt und damit die Machbarkeit und Güte der Maschine nachgewiesen.	

Abbildung 4: Screenshot Leistungsdaten des Geschäftsprozesses;
Quelle: Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG

2.4. Validierung und Prototypenphase

Die Pilotphase der Lösung ergab signifikante Vorteile: Kritische Engpässe konnten deutlich früher identifiziert werden, was zu einer Verringerung von Lieferverzögerungen und einer verbesserten Abstimmung mit Partnern führte. Somit trägt die entwickelte Lösung nicht nur zur Stabilisierung und Erhöhung der Resilienz der Lieferkette bei, sondern schafft auch die Voraussetzung für eine weitergehende Automatisierung und Digitalisierung der Planungs- und Beschaffungsprozesse.

2.5. Wissenschaftliche Relevanz und Ausblick

Das Teilprojekt demonstriert exemplarisch, wie wandlungsfähige Fertigungssysteme nicht isoliert innerhalb der Produktionsprozesse realisiert werden, sondern in einem ganzheitlichen Ansatz gemeinsam mit digitalen, flexiblen und resilienten Liefernetzwerken wirken müssen. Die entwickelte Simulationslösung erhöht die Transparenz, unterstützt die Entscheidungsfindung und stärkt die Planungssicherheit – zentrale Faktoren für die Wettbewerbsfähigkeit mittelständischer Industrieunternehmen im Zeitalter der Digitalisierung und Industrie 4.0. Die Verbindung von Echtzeitdatenintegration, modellbasierten Simulationen und automatisierten Handlungsempfehlungen stellt einen innovativen Beitrag zur wissenschaftlichen Diskussion über adaptive und resiliente Produktions- und Lieferkettenstrukturen dar. Zukünftige Forschungsarbeiten werden insbesondere die Weiterentwicklung der KI-basierten Prognosemodelle und deren Integration in operative Systeme fokussieren, um die Flexibilität und Selbststeuerungsfähigkeit wandlungsfähiger Lieferketten weiter zu verbessern und neue Impulse für die industrielle Praxis zu liefern.

3. Planung flexibler Fabriken und ihre Umsetzung in wandlungsfähigen Lieferketten

Felix Ullmann, Benjamin Bielefeld (Hörmann Rawema Engineering & Consulting GmbH)

HÖRMANN besitzt umfangreiche Erfahrung in der Anwendung von Simulation/Digitalem Zwilling im Bereich der Fabrikplanung. Dabei zeichnet es uns aus, dass wir im Vergleich zu unseren Mitbewerbern eine hohe Bandbreite an Betrachtungsebenen abdecken können, begonnen von der Fabrikebene bis zur Fertigungsebene. Ziel der Hörmann Rawema Engineering & Consulting GmbH ist die Erarbeitung eines auf die VUCA-Welt angepassten Fabrikplanungsprozesses für produzierende KMU. „VUCA“ ist ein Akronym, das sich auf „volatility“ (Volatilität), „uncertainty“ (Unsicherheit), „complexity“ (Komplexität) und „ambiguity“ (Mehrdeutigkeit) bezieht.

Die bisherigen theoretischen Grundlagen zur Realisierung einer modularen Fabrikplanung nach Meckelnborg einerseits und Hawer andererseits bildeten das Fundament für eine rechnergestützte Formalisierung der Zusammenhänge in Planungsprozessen. Obwohl beide Modelle wertvollen fachlichen Input lieferten, waren weitere formale Ausarbeitungen nötig, um diese zuverlässig rechnergestützt verarbeiten und automatisieren zu können. Dies schlug sich in einem graphenbasierten Datenmodell nieder, das den Namen ModPlan erhielt.

Modulare Strukturen sind sehr hilfreich in komplexen Systemen. Sie ermöglichen eine Aufteilung des großen Ganzen in handhabbare Einheiten, die Trennung von nicht zusammenhängenden Einheiten und den Austausch durch gleichwertige Module, die für ein bestimmtes Projekt besser geeignet sein können als Module, die in einem anderen Projekt verwendet wurden. Ein gut ausgearbeiteter Modulbaukasten kann maßgeblich die Flexibilität erhöhen – das gilt sowohl für Fabrikplanungsprozesse als auch für die Fabriken selbst. Außerdem kann Modularisierung dabei helfen, Initialkosten zu senken, Fehler zu vermeiden und agile Prozesse zu etablieren.

Beziehungen und Ressourcenflüsse spielen hier eine zentrale Rolle bei der Abbildung der Abhängigkeiten in sowohl den beispielhaft herangezogenen Planungsprozessen als auch sonstigen Dienstleistungen. In der Projektplanung im Allgemeinen sind Abhängigkeitsbeziehungen für den Aufbau eines Projektplans mit Aufgaben, Ressourcen- und Zeitplanung längst etabliert, ModPlan erweitert diese um einen modularen Aufbau und berechenbare Formalismen, um eine Grundlage für eine automatisierte Angebotserstellung zu schaffen.

Für den Umfang des Projekts lag der Fokus auf modularen Fabrikplanungsprozessen auf Grundlage von Abhängigkeitsbeziehungen, Informationsfluss und informationsverarbeitenden Aufgaben, die zu Modulen zusammengefasst und als Bestandteil von Zustandsautomaten modelliert wurden. Die Zustandsautomaten definieren einen Projektverlauf, visualisiert durch Flowcharts.

Beginnend mit einem neuen Projekt oder einer Kopie eines alten Projekts mit entsprechenden Anpassungen, kann eine

Abfrage des Datenmodells unterschiedliche Auskünfte als Hilfestellung liefern und durch Automatisierungsverfahren Bürokratieaufwände verringern. Unter anderem sind dies:

- Ermittlung von Veränderungsbefähigern: Wo kann für Änderungen angesetzt werden?
- Ermittlung notwendiger Initialaufgaben, Informationen und Dokumente: Was ist zuerst zu erledigen und was wird dafür benötigt?
- Abarbeitungsreihenfolgen: In welcher Reihenfolge sind Module oder Aufgaben zu erledigen, sodass Abhängigkeitsbeziehungen eingehalten werden?
- Informationsstruktur: Welche Information gehört in welches Dokument?
- Eingabebedarf: Welche Module oder Aufgaben benötigen welche Informationen bzw. Dokumente wann?
- Ausgabeverfügbarkeit: Ab wann ist eine Information bzw. ein Dokument verfügbar? Was ist zu erledigen, damit dies geschieht?
- Checklisten: formatierte Ausgabe von zu erledigenden Aufgaben oder benötigten Dokumenten o. ä.
- Ermittlung von Risiken, Konflikten, Fehlstellen und sonstigen Problemen in Prozessen
- Ermittlung von alternativen Modulen, durch die vorhandene Module ersetzt werden können
- Skalierung von Aufwandsschätzungen auf Grundlage von parametrisierten Modellen

Durch umfassende Unterstützung von Ressourcenverwaltung, Abhängigkeits- und Prozessdefinitionen ist auch eine Übertragbarkeit auf andere Dienstleistungen und Produktionsprozesse sehr gut vorstellbar. Diese Grundlage kann verwendet werden, um z. B. mithilfe von LLMs auf Grundlage der resultierenden Projektkonfiguration und Beispieltextrn der Einzelmodule ganze Angebote automatisiert zu erstellen, was die Lieferkettens-kommunikation deutlich effektiver gestalten könnte.

Literatur

Hahn, G. (2020): Industry 4.0: a supply chain innovation perspective. In: International Journal of Production Research, Jg. 58(5), 1425-1441.

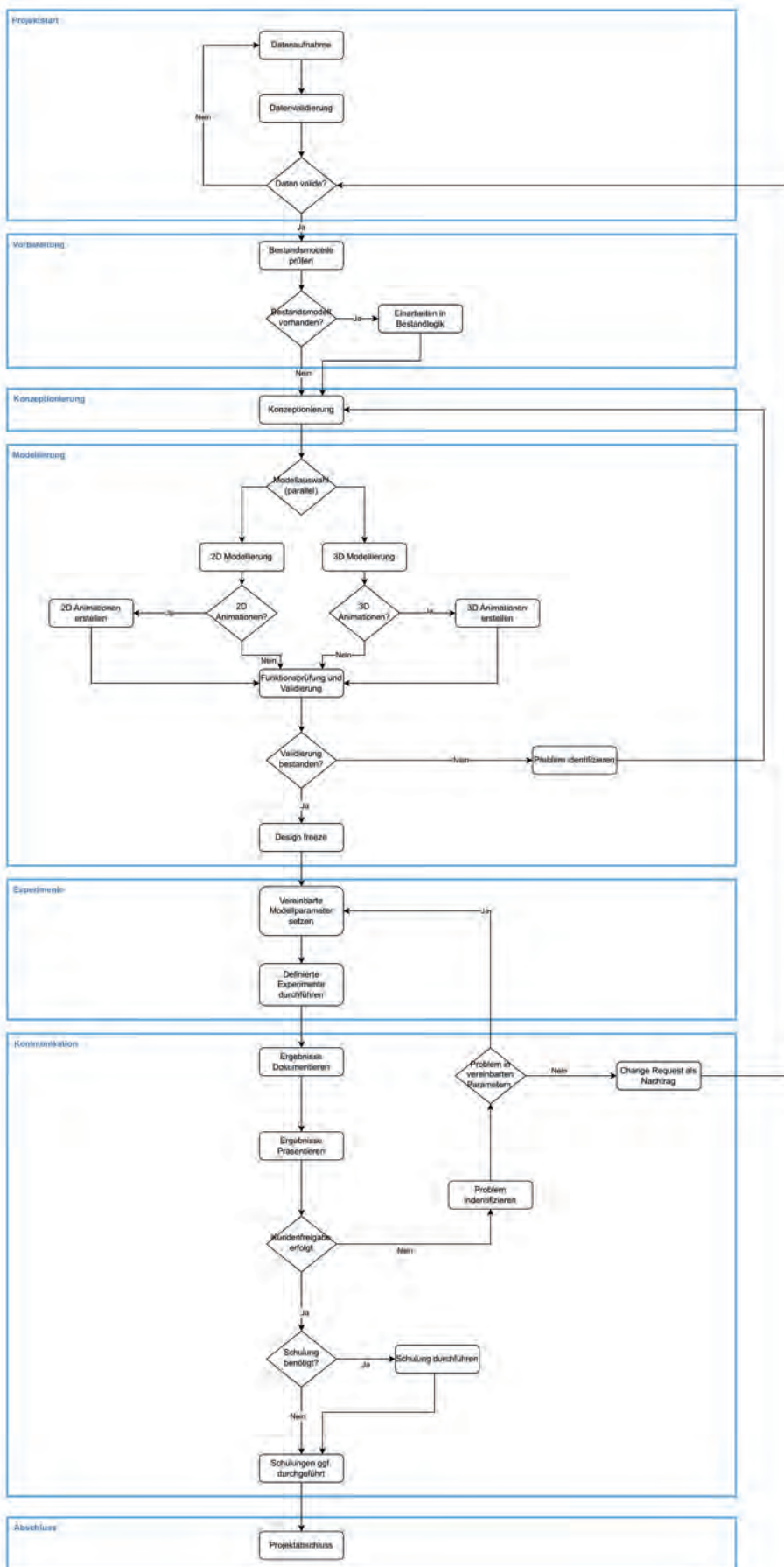


Abbildung 5: Struktur Simulationsprojekt; Quelle: Felix Ullmann, Hörmann Rawema Engineering & Consulting GmbH

Prospektive Effizienz in der KMU-Matrixproduktion

1. Wandlungsfähigkeit durch physische und digitale Modularität in der Produktion

Disruptive und kurzzyklische Veränderungen von Märkten stellen produzierende Mittelständler seit einigen Jahren vor neue Herausforderungen. Unzuverlässige oder unterbrochene Lieferketten aufgrund unvorhersehbarer geopolitischer Veränderungen, grundlegende Veränderungen im Automobil- und Energiesektor, aber auch zunehmender Fachkräftemangel, abnehmende Unternehmenstreue von Erfahrungsträgern und ein genereller Mentalitätswandel in der Arbeitswelt erfordern von produzierenden Unternehmen immer wieder kurz- und mittelfristige Reaktionsfähigkeit. Getrieben vom rasanten Fortschritt bei den Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK), Industrie 4.0/5.0 und der Künstlichen Intelligenz wird der automatisierten modularen Produktion dabei zukünftig eine Schlüsselrolle bei der Herstellung von Wandlungsfähigkeit zukommen, deren Ende noch lange nicht abzusehen ist. Neben den modularen technischen Systemen (Assets) liegt der Fokus dabei zunehmend auf der digitalen Modularität und deren Konnektivität, und das auf den verschiedensten Ebenen von der Datenerfassung am Asset über Edge- und Cloudlayer bis hin zum noch am Anfang stehenden Industrial Metaverse. Erst die digitale Modularität wird es ermöglichen, umfassend zu automatisieren und dabei kurzfristig die vorhandenen Assets bedarfsgerecht in neuen Prozessketten zu kombinieren.

Das KoWaK-Projekt hat sich deshalb auch der Herausforderungen eines wandlungsfähigen Shopfloors angenommen und hier unterschiedliche Handlungsebenen adressiert, welche in den nachfolgenden Abschnitten etwas detaillierter dargestellt werden. Abschnitt 2 ist der Entwicklung von Strategien für wandlungsfähige Prozessketten in der Matrixfertigung sowie roboterbasierte Prozessketten in der Präzisionsteilfertigung gewidmet. In Abschnitt 3 werden Methoden und Lösungen für die flexible Drehteilebearbeitung vorgestellt.

Um das Zusammenspiel der einzelnen Systeme in der Fabrik zu optimieren, werden in Abschnitt 4 Methoden zur Planung und Simulation flexibler Wertschöpfung in der Matrixfertigung auf Basis eines digitalen Zwillings präsentiert. Um die hierfür erforderlichen Daten im realen Produktionsumfeld erheben zu können, werden in Abschnitt 5 Lösungen zum Tracking von Assets und Methoden zur Steuerung der intralogistischen Prozesse vorgestellt. Schlussendlich wird in Abschnitt 6 die Einführung eines Warenwirtschaftssystems in die KMU-Teilfertigung beschrieben.



Abbildung 1: Prototyp Matrixfertigung; Quelle: Fraunhofer IWU

2. Wandlungsfähigkeit auf dem Shopfloor durch technologiefähige Robotik

Markus Wabner, Franz Schwarz (Fraunhofer IWU)

Das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU betreibt angewandte Forschung und Entwicklung für Neuerungen im Umfeld der Produktion. Schwerpunkte bilden der Automobil- und Maschinenbau, die Luft- und Raumfahrt, die Medizintechnik, die Elektrotechnik sowie die Feinwerk- und Mikrotechnik. Im Fokus von Wissenschaft und Auftragsforschung stehen Bauteile, Verfahren und Prozesse sowie die zugehörigen komplexen Maschinensysteme bis hin zur ganzen Fabrik.

Holger Kretschmer, Stephan Jüstel (HAVLAT)

HAVLAT Präzisionstechnik GmbH ist als Anwendungspartner Fertigungsdienstleister für Präzisionsbauteile in den Bereichen Dreh-, Fräs- und Schleiftechnologie sowie der Baugruppenmontage. Das sächsische Familienunternehmen in zweiter Generation hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Verbindung von Heimat und Arbeitsplatz in der Region um Zittau zu schaffen, und steht dabei für nachhaltiges Wachstum und langjährige partnerschaftliche Beziehungen zu Kunden und Mitarbeitern.

2.1. Modularisierung als zentraler Wandlungsbefähiger

Die modulare Produktion wird zukünftig ein Schlüsselfaktor für eine verbesserte Wandlungsfähigkeit in der Fertigung sein. Eine konsequente Modularisierung der KMU-Auftragsfertigung mit ihrer Einzelteil- und Kleinserienfertigung wird jedoch kurz- und mittelfristig wahrscheinlich noch nicht umsetzbar sein, zumal die Entwicklungen bei der digitalen Modularisierung gerade erst an Fahrt aufgenommen haben und verschiedene Standards noch stark miteinander konkurrieren. Nichtsdestotrotz kann eine Modularisierung auch heute schon an verschiedenen Stellen zielführend vorgenommen werden. Neben digitalen Systemen wie MES und ERP betrifft das auch den Einsatz modularer Assets oder die Matrixfertigung mit den Assets als einzelnen Modulen der Matrix. Bei Letzterem spielen Industrieroboter eine zentrale Rolle. Sie dienen nicht nur der Automatisierung, sondern übernehmen auch zunehmend technologische Aufgaben.

2.2. Wandlungsfähigkeit durch Bearbeitungsroboter

Typische Industrieroboter bzw. Knickarmroboter können im Regelfall alle sechs Raumfreiheitsgrade bedienen und sind damit sehr flexibel einsetzbar. Damit sind sie grundsätzlich für technologische Prozesse mit Relativbewegung einsetzbar. Zudem decken sie im Vergleich zu ihrem Bauraum einen sehr großen Arbeitsraum ab und sind recht einfach hinsichtlich ihrer Kraft und Größe skalierbar. Durch Hinzufügen einer siebenten Achse (Linearachse) kann der Arbeitsraum noch signifikant erweitert werden, sodass ein derartiger Roboter sehr lange Bauteile oder mehrere Arbeitsstationen bedienen kann. Den im Vergleich zu ähnlich großen Werkzeugmaschinen deutlich geringeren Beschaffungskosten stehen jedoch auch Nachteile

gegenüber. Prinzipbedingt besitzen sie eine deutlich geringere Steifigkeit, und die Absolutpositioniergenauigkeit ist geringer als bei Maschinen, und beides ist zudem stark posenabhängig. Aufgrund der meist fehlenden NC-Steuerung ist das erforderliche Abfahren von definierten Bahnen kaum oder nur mit hohem Programmieraufwand möglich. Zudem bieten sie standardmäßig nahezu keine Peripherie (z. B. Kühlschmierstoff, Späneabfuhr, Arbeitsschutz).

Trotz alledem erschien es den Projektpartnern HAVLAT, einem KMU-Auftragsfertiger von Einzelteilen und Kleinserien, und Fraunhofer IWU aufgrund der genannten Vorteile als sehr interessant, im Rahmen des KoWaK-Projekts zu eruiieren, inwiefern Industrieroboter auch technologische Aufgaben in der spanenden Metallbearbeitung übernehmen können, um zum einen ihre hohe Flexibilität zur Verbesserung der Wandlungsfähigkeit auf dem Shopfloor zu nutzen und zum anderen wirtschaftliche Vorteile zu generieren. Seit einige Roboteranbieter eigene NC-Steuerungen anbieten bzw. große Steuerungshersteller ihre Systeme für die Nutzung von Robotern weiterentwickelt haben, hat diese Thematik nochmals deutlich an Attraktivität gewonnen. Zudem ist damit eine einfache CAM-Programmierung möglich, wodurch sich kaum noch Unterschiede zur Bedienung von klassischen Bearbeitungszentren ergeben.

2.3. Einsatzszenarien für Bearbeitungsroboter in der spanenden Fertigung

In einer gemeinsamen Potenzialanalyse wurden erste Szenarien und Randbedingungen für den technologischen Einsatz von Bearbeitungsrobotern in der spanenden Fertigung ermittelt. Es hat sich unter anderem gezeigt, dass die grundsätzliche Attraktivität des Einsatzes von Zerspanungsrobotern mit zunehmender Bauteilgröße zunimmt, da hier die Maschinenstundensätze überproportional schnell ansteigen. Zudem

erscheint die Substitution von Handarbeit als erstrebenswert, um Mitarbeiter zu entlasten oder um das Risiko von Bearbeitungsfehlern gerade bei Bauteilen, die schon einen hohen Wertschöpfungsgrad erfahren haben, zu minimieren. Das robotergeführte Entgraten ist hierfür ein Beispiel mit hohem Nutzenpotenzial. Auch ist eine duale Roboternutzung (Bearbeitung und Automatisierung) anzustreben, damit der Roboter sich selbst mit Werkstücken versorgt oder zwischen den Be- und Entladeoperationen von Maschinen Bauteile vor- und/oder nachbearbeitet. Bei Letzterem wäre zudem auch eine direkte technologische Kollaboration des Roboters mit der Maschine denkbar, indem der Roboter als zusätzlicher Achsverbund am gleichen Werkstück wie die Maschine arbeitet. Darüber hinaus ist es essenziell, dass die Bedienung des Roboters nicht komplexer als die eines typischen Bearbeitungszentrums ist und somit durch einen entsprechend geschulten Maschinenbediener möglich ist.

2.4. Technologiefähigkeit von Zerspanrobotern



Abbildung 2: Werkstücke mit Grat als Einsatzbeispiele für das roboterbasierte Entgraten; Quelle: HAVLAT Präzisionstechnik GmbH

Da die technologischen Fähigkeiten von Industrierobotern bis heute kaum systematisch quantifiziert wurden und damit nur eine grobe Vorstellung darüber existiert, was sie hier leisten können und wo ihre Grenzen liegen, wurde sich dieser Thematik in einem noch andauernden iterativen Prozess sowohl bauteil- als auch roboterseitig genähert. Während sich das Fraunhofer IWU der Quantifizierung der technologischen Eigenschaften von Industrierobotern messtechnisch und experimentell mittels Bearbeitungstests näherte (skill level), analysierte HAVLAT ihr Bauteilspektrum hinsichtlich der notwendigen Operationen und der zu erzielenden Eigenschaften (task level). Sich hieraus ergebende Schnittmengen definieren die aktuellen Handlungsräume.

Es gilt, zwei grundlegende strategische Richtungen bei der Roboterzerspannung zu berücksichtigen. Die erste Richtung beschreibt den Einsatz von speziell für die Zerspanung konstruierten Knickarmrobotern, wie sie von einigen wenigen Herstellern angeboten werden. Sie besitzen eine verbesserte

Technik und sind standardmäßig mit einer NC-Steuerung ausgestattet, was allerdings auch mit deutlich höheren Investitionskosten verbunden ist. Die andere Richtung umfasst Standard-Roboter, wie sie für das Teilehandling eingesetzt werden. Diese sind vergleichsweise weit verbreitet, besitzen jedoch keine NC-Steuerung und nur eine einfache Technik. Aufgrund der Kostenvorteile und der guten Verfügbarkeit von Standardrobotern liegt der Fokus im KoWaK-Projekt auf dieser Art Roboter. Eine Umrüstung auf eine entsprechende NC-Steuerung war jedoch unabdingbar.

Es zeigte sich, dass die Zerspanung von verschiedenen metallischen Werkstoffen bis hin zu höherlegierten Stählen möglich ist. Jedoch sind zum einen den Prozesskräften deutliche Grenzen gesetzt, die sich aus der Leistungsfähigkeit der Roboterantriebe und der Nachgiebigkeit des Roboters ergeben. Letzteres wirkt sich insbesondere auf die erreichbare Bearbeitungsgenauigkeit und die Schwingneigung aus, und insgesamt begrenzt es beispielsweise den Bohrdurchmesser ins Volle oder die Spandicke beim Fräsen. Zum anderen ist die Bahngenauigkeit von Industrierobotern begrenzt, da – anders als bei kartesischen Maschinen – schon für das Fräsen einer geradlinigen Bahn oder das Bohren mindestens drei Roboterachsen miteinander interpolieren müssen. Hier ist die erreichbare Bahngenauigkeit eher indirekt proportional zur Bahngeschwindigkeit, was die Produktivität begrenzt. Weiterhin ist die absolute Positioniergenauigkeit stark äußeren Einflüssen wie thermischen Längenänderungen der Roboterstruktur unterworfen und damit begrenzt, während die Relativ- und die Wiederholgenauigkeit deutlich höher ist.

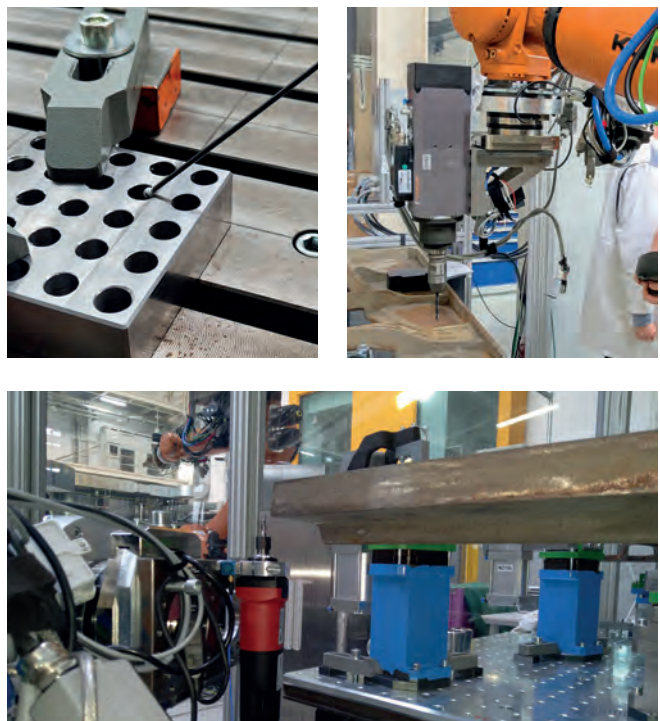


Abbildung 3: Roboterbasiertes Entgraten (oben links), Bohren (oben rechts) und Fräsen (unten); Quelle: Fraunhofer IWU

2.5. Verschiebung von Grenzen in der Roboterzerspanung

Die Grenzen der Roboterfunktionalität zeigen auch Handlungspotenziale auf, denen sich an ausgewählten Stellen im KoWaK-Projekt gewidmet wurde. Dazu gehört die Erarbeitung von technologischen Strategien, um die Prozesskräfte zu begrenzen und trotzdem das gewünschte Formelement herzustellen. Ein Beispiel ist das stufenweise Aufbohren bis zum benötigten Durchmesser oder das Fräsen von Schraubenkopfsenkungen. Weiterhin zählt dazu die Entwicklung von Prozessen, die eine gewisse Robustheit gegenüber Bahnfehlern aufweisen, da sie beispielsweise kraftgesteuert ablaufen. Solche Prozesse sind zum Beispiel das Schleifen und Polieren von Oberflächen oder das Oberflächenhämmern.

Eine besondere Herausforderung ist die geringe Steifigkeit von Knickarmrobotern. Diese begrenzt die Leistungsfähigkeit von Bohroperationen, da zu große Prozesskräfte den Roboter unzulässig verformen bzw. verkippen und damit ein Bohrerbruch droht. Aufgrund der posenabhängigen Steifigkeit lohnt es sich, Bearbeitungsoperationen in Bereiche höherer Steifigkeit zu legen, was jedoch auch den nutzbaren Arbeitsraum eingrenzt. Eine andere Strategie, die in KoWaK entwickelt wurde, ist das kraftgesteuerte Vorspannen des Roboters gegen das Werkstück oder die entsprechende Vorrichtung. Die Werkzeugbewegung wird dann nicht mehr über die Roboterachsen, sondern über ein spezielles Technologiemodul realisiert. Diese Strategie eignet sich nur für sequenziell-lokale Bearbeitungen, ist aber gerade für das Herstellen von Bohrungen sehr zielführend. Hierfür wurde ein spezielles Technologiemodul in Form einer Bohrpinoles mit einer separaten Linear-Vorschubachse entwickelt, was die Grenzen bei Bohrtiefe und -durchmesser deutlich erweitert, da die Prozesskräfte innerhalb der Vorspannkraft des Roboters keine unzulässigen Deformationen mehr erzeugen.

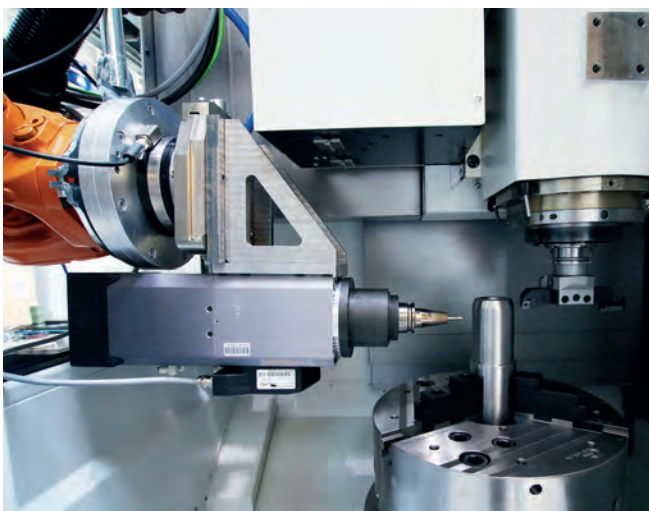


Abbildung 4: Bohrpinoles sowie technologische Kollaboration von Bearbeitungszentrum und Bearbeitungsroboter durch steuerungsseitige Kopplung für die gemeinsame interpolierende Bearbeitung eines Werkstücks; Quelle: Fraunhofer IWU

2.6. Bearbeitungsroboter als Teil der Matrixfertigung

In analoger Weise zur Bohrpinoles wurde eine kleine parallelkinematische 5-Achs-Fräsmaschine als Technologiemodul für Bearbeitungsroboter weiterentwickelt. Zusätzlich wurden an diesem System verschiedene Schritte der Automatisierung, wie sie in einer zukünftigen, weitestgehend autonomen Matrixfertigung benötigt werden, demonstriert. Die Fräseinheit stellt dabei eines von mehreren Technologiemodulen dar, die der Roboter je nach Bedarf automatisch – analog einem Werkzeugwechsler bei Bearbeitungszentren – einwechseln kann. Ein fahrerloses Transportsystem (FTS) liefert dem Roboter das angeforderte Technologiemodul. Mittels eines Vision-Systems erkennt der Roboter das Modul und dessen Schnittstelle und koppelt es automatisch an. Dann verfährt der Roboter das Modul zur geplanten Bearbeitungsstelle, richtet es mittels des Vision-Systems an der erkannten Referenzgeometrie aus und verspannt sich am Werkstück. Nach erfolgter Bearbeitung übergibt er das Technologiemodul wieder an das FTS und übernimmt ein anderes Modul.



Abbildung 4: zur Nachbearbeitung eines Tiefziehwerkzeugs; Quelle: Fraunhofer IWU

2.7. Ausblick

Es hat sich im Laufe der Arbeiten gezeigt, dass die Roboterzerspanung technologisch durchaus eine sinnvolle Ergänzung zur klassischen Zerspanung auf Bearbeitungszentren darstellen und damit zu einer Verbesserung der Wandlungsfähigkeit auf dem Shopfloor führen kann. Die unterstützende Bearbeitung von großen Bauteilen, die Bearbeitung von Sekundärflächen an Bauteilen innerhalb einer Prozesskette vor oder nach der Hauptbearbeitung, das Entgraten oder die Realisierung verschiedener Verfahren des Oberflächen-Finishing sind hier besonders hervorzuheben. Jedoch erfordert der Einsatz von Robotern aufgrund ihrer technologischen Grenzen neue Herangehensweisen bei der Fertigungsplanung, die erst noch erarbeitet und validiert werden müssen. Auch ist es erforderlich, die Roboterbearbeitung weiter zu automatisieren (Bauteilerkennung, Referenzierung und Kalibrierung, Werkzeugwechsel, Einbindung in die Intralogistik etc.), um die sich bietenden Potenziale auch voll ausnutzen zu können.

3. Erarbeitung eines Methodenbaukastens zur Planung und Logistik wandlungsfähiger Fertigungstechnik

Michael Maier, Nico Kern, Siegfried Schmalzried (Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG)

3.1. Motivation

Die kundenindividuelle Fertigung von Drehmaschinen bei Maier Werkzeugmaschinen stellt aufgrund der hohen Variantenvielfalt und der Modularität der Maschinenkonfiguration besondere Anforderungen an die Planung und Logistik. Jede Maschine basiert auf einem modularen Baukastensystem, das eine Vielzahl an Konfigurationsmöglichkeiten eröffnet. Dieses modulare Prinzip ist ein wesentlicher strategischer Wettbewerbsvorteil, generiert jedoch zugleich eine hohe Komplexität in der Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette.

Insbesondere ergeben sich Herausforderungen hinsichtlich der Lieferkettenkoordination, der Materialbeschaffung, der Kapazitätsplanung und der Einhaltung von Lieferterminen.

Im Rahmen des KoWaK-Projekts wurde daher ein methodischer Baukasten konzipiert und implementiert, der es ermöglicht, diese Komplexität systematisch zu erfassen, zu analysieren und zu beherrschen. Ziel ist es, durch eine datenbasierte und strukturierte Vorgehensweise eine höhere Planungssicherheit sowie eine effizientere und flexiblere Steuerung der Produktion zu erreichen.

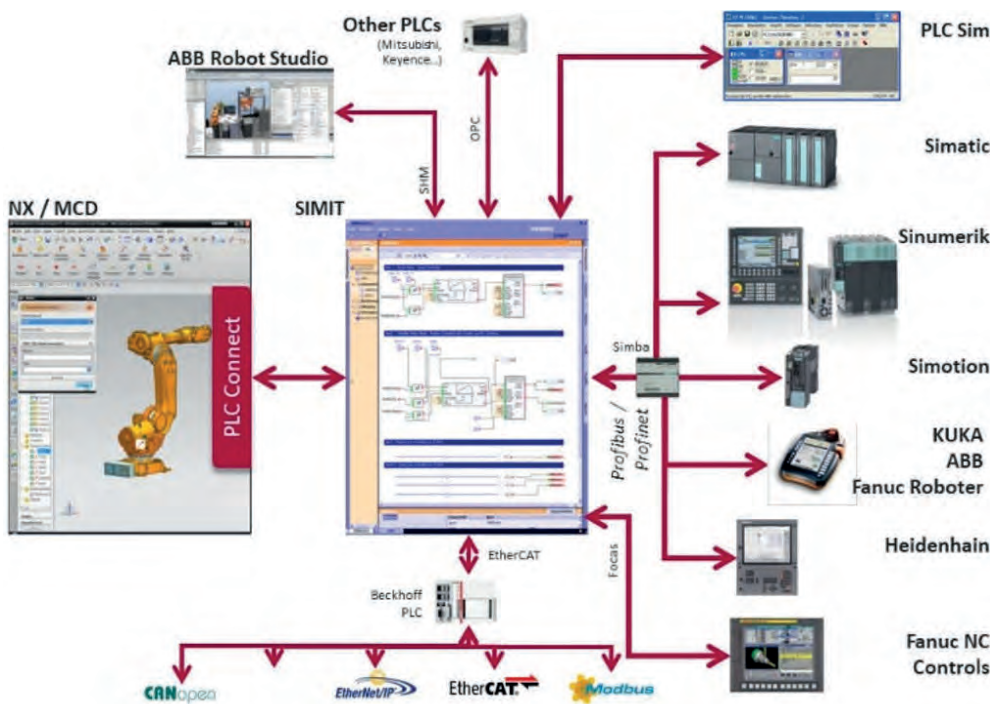


Abbildung 1: Struktur und Konzeption des Methodenbaukastens; Quelle: Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG

3.2. Kernkomponenten des Methodenbaukastens

Das zentrale Element des Baukastens bildet ein umfassendes Variantenmodell, das sämtliche konfigurierbaren Baugruppen und Komponenten systematisch erfasst. Dieses Modell beinhaltet neben einer detaillierten Strukturierung der Produktvarianten auch eine Klassifizierung der Baugruppen hinsichtlich ihrer Lieferzeiten, ihrer Kritikalität im Montageprozess sowie ihrer Beschaffungsrisiken. Auf Basis dieses Variantenmodells werden planungsrelevante Parameter extrahiert und in die operativen IT-Systeme, insbesondere das Enterprise Resource Planning (ERP), integriert. Durch diese Integration können

Aufträge effizienter und fehlerärmer konfiguriert werden, da die relevanten Risiken und Engpässe bereits im Planungsstadium identifiziert und adressiert werden können.

3.3. Automatisierung und datengetriebene Prozessunterstützung

Zur weiteren Automatisierung der Steuerungsebene wurde eine sogenannte Automatisierungs-Cloud eingeführt, die als Erweiterung des bestehenden ERP-Systems fungiert. Diese Cloud-Lösung vereint diverse Datenquellen – darunter externe

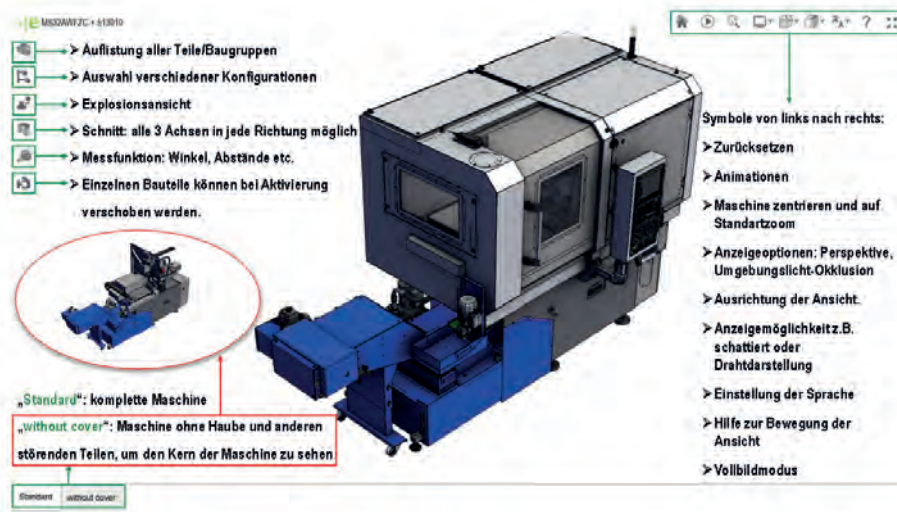


Abbildung 2: Anwendung des modularen Prozessmodells – Ergebnisdarstellung; Quelle: Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG

Marktinformationen, historische Fertigungsdaten sowie aktuelle Auftrags- und Bestandsinformationen – und ermöglicht deren intelligente Auswertung durch algorithmische Prognosemodelle und automatisierte Entscheidungsunterstützung. Insbesondere werden automatische Bestellvorschläge generiert, Terminüberwachungen durchgeführt und potenzielle Engpässe prognostiziert.

Erste Live-Tests demonstrieren, dass mit der Cloud-Anwendung Engpässe bis zu zwei Wochen früher erkannt werden können, was signifikant zur Steigerung der Termintreue und zur Minimierung von Produktionsunterbrechungen beiträgt.

3.4. Transparenz und interdisziplinäre Kommunikation

Ein weiterer wesentlicher Vorteil des entwickelten Baukasten-systems liegt in der erhöhten Transparenz über alle Stufen des Produktionsprozesses hinweg. Die zentrale Datenhaltung stellt eine einheitliche und stets aktuelle Sicht auf den Auftragsstatus sicher, was die bereichsübergreifende Kommunikation zwischen Konstruktion, Einkauf und Montage deutlich verbessert.

Darüber hinaus wurde ein 3D-Visualisierungstool in die Planungssoftware integriert, das es ermöglicht, Maschinenkonfigurationen virtuell darzustellen und hinsichtlich technischer Machbarkeit sowie logistischer Anforderungen zu evaluieren. Diese Visualisierung trägt zur Reduktion von Planungsfehlern bei und beschleunigt die Abstimmungsprozesse, was wiederum zu einer kürzeren Durchlaufzeit in der Fertigung führt.

	Plan	Soll	Ist	simuliert
Reserve	0 h			
Risiko	0 %			
Bewertung	0 %			
Menge	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Start	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ende	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kosten	<input type="checkbox"/> EUR	<input type="checkbox"/> EUR	<input type="checkbox"/> EUR	<input type="checkbox"/> EUR

Abbildung 3: Screenshot Simulationsprototyp; Quelle: Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG

3.5. Wissenschaftliche Relevanz und Ausblick

Der entwickelte Methodenbaukasten repräsentiert einen wesentlichen Fortschritt hin zu einer wandlungsfähigen und intelligent gesteuerten Fertigungstechnik, die den Herausforderungen einer zunehmend individualisierten und volatilen Produktion gerecht wird. Die Kombination von technischer Modularität, systematischer Variantenklassifizierung und datengetriebener Planung bildet die Grundlage für eine resilientere und effizientere Wertschöpfungskette im industriellen Mittelstand. Zukünftige Entwicklungen sehen die Übertragung des Baukastens auf weitere Produkttypen sowie die Integration fortschrittlicher KI-Methoden vor. Dabei sollen insbesondere adaptive Prognosemodelle zur Bedarfsplanung und dynamische Steuerungsmechanismen zur Reaktion auf externe Marktveränderungen entwickelt werden. Dies wird eine noch höhere Flexibilität und Resilienz der Fertigung ermöglichen und somit einen bedeutenden Beitrag zur Digitalisierung und Industrie-4.0-Transformation leisten.

4. Produktionsplanungssystem auf Basis einer dynamischen Materialflusssimulation

Felix Ullmann, Benjamin Bielefeld (Hörmann Rawema Engineering & Consulting GmbH)

Besonders in Produktionskonfigurationen wie der Werkstattfertigung oder der Matrixproduktion sind die Anforderungen an die Produktionsplanung aufgrund der ständigen Änderung von Bearbeitungsreihenfolgen, Maschinenauslastungen und Logistikwegen deutlich höher als z. B. bei einer Serienfertigung. Dies gründet sich unter anderem darauf, dass bei Serienfertigungen langfristige Planungen und somit Optimierungen im Vorfeld erfolgen können, um eine möglichst verlustfreie Produktion zu ermöglichen. Aufgrund der wechselhaften Natur der Matrix- und Werkstattproduktion muss diese Optimierung relativ kurzfristig erfolgen, um einen entscheidenden Vorteil bringen zu können.

Zur Lösung dieser Problemstellung wurde ein Ansatz erarbeitet, der auf Basis einer dynamischen Materialflusssimulation ein Produktionsplanungssystem aufbaut. Hierbei wurde vor allem auf eine modulare Herangehensweise gesetzt, welche neben dem Kernmodul zum automatisierten Aufbau des Grundmodells Module zur Implementierung von Schichtsystemen, Lager- und Logistikstrategien und Möglichkeiten zur Realdatenanbindung zur Verfügung stellt.

Der Lösungsansatz sieht vor, dass auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Informationen (Anlagen, Lager- und Logistikstrategie, Auftragslage) das Modell mit jeder Änderung automatisiert neu erstellt wird und eine Optimierung hinsichtlich Rüstzeiten, Anlagenauslastung und Maschinenstundensatz pro Produkt gefahren wird.

Das Ergebnis der resultierenden Simulation gibt Auskunft darüber, ob geplante Aufträge in einer vorgegebenen Zeit realisierbar sind und wo Flaschenhälse in den verfügbaren Ressourcen liegen. Es bietet eine Grundlage für die Abarbeitungsreihenfolge und die Zuweisungen zu verfügbaren Anlagen und Arbeitsplätzen. Dabei werden die Anlagengruppen logisch von den physisch existierenden Anlagen abgekoppelt, so kann z. B. eine Kombimaschine, die Drehen und Fräsen unterstützt, in der Anlagengruppe der Drehmaschinen und ebenso in der Anlagengruppe Fräsmaschinen als Kapazität angelegt werden. Durch eine semantische Referenzierung auf die reell existierende Maschine wird eine Doppelbebuchung wiederum vermieden. Ebenso kann die Funktionalität durch Module erweitert werden, die auf Grundlage von historischen Daten Anlagenparameter ermitteln und diese aktuell halten, ohne dass das Modell durch entsprechendes Fachpersonal neu erzeugt werden muss.

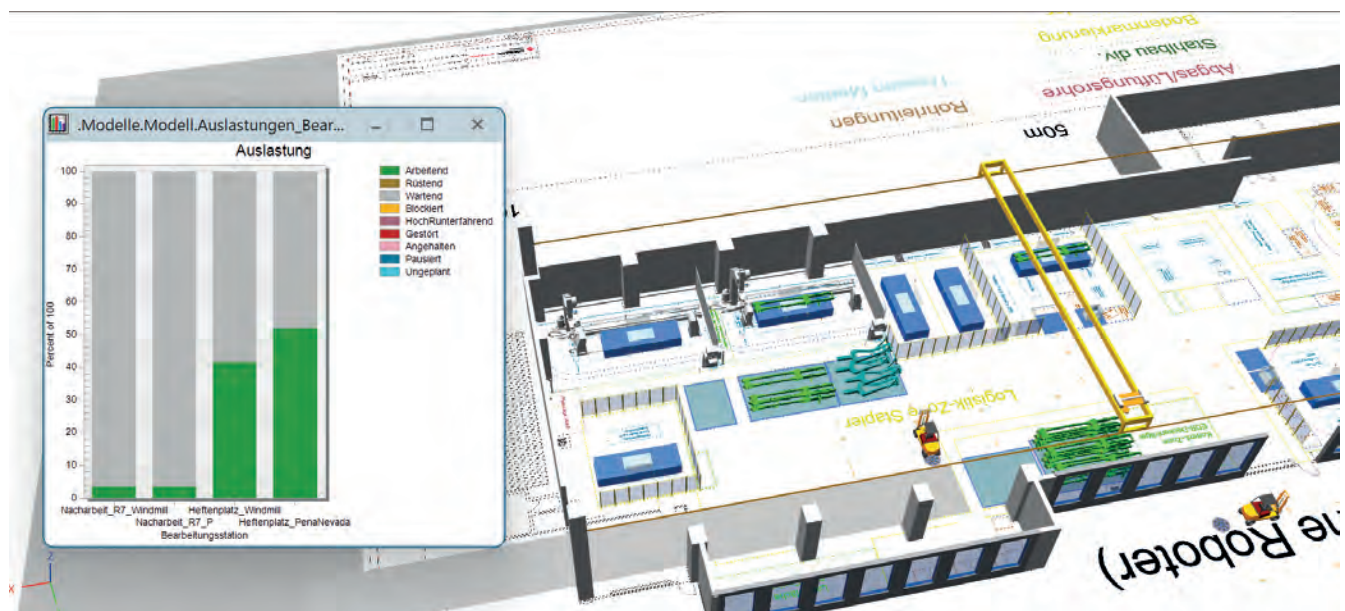


Abbildung 5: Simulationsmodell; Quelle: Felix Ullmann, Hörmann Rawema Engineering & Consulting GmbH

5. Entwicklung eines Tools zur matrixorientierten Logistikplanung

Martin Schöne (LOGSOL GmbH)

LOGSOL bietet ein einzigartiges Ökosystem, das Logistik- und Fabrikplanung mit Logistiksoftware verbindet. Seit über 20 Jahren entwickelt unser Expertenteam Lösungen für Logistik und Produktion entlang der gesamten Supply Chain. Unsere Dienstleistungen basieren auf bewährten Untersuchungsmethoden, praxisorientierten Konzepten und zukunftsfähigen Innovationen. Wir begleiten Projekte allumfassend: Von der Analyse über die Potenzialbewertung bis hin zur Konzeption, Feinplanung und Realisierung.

Erik Mademann (ZIGPOS GmbH)

ZIGPOS wurde 2011 von Professoren und Absolventen der Elektrotechnik in Dresden gegründet. Das Ingenieurteam forscht mit internationalen Partnern in EU-Projekten. Von der Gebäudeautomation bis zum autonomen Fahren werden hochgenaue Positions- und Sensordaten für smarte Objekte der IoT-Welt generiert. Unser eingespieltes Entwicklerteam designt Hardware, Software und schlüsselfertige Sensor-Netzwerke. Globale Kunden schätzen unser agiles Engineering. Heute setzen namhafte Integratoren weltweit auf ZIGPOS-Technologie.

5.1. Ausgangspunkt und Zielsetzung

Die zunehmende Dynamik industrieller Fertigungsumgebungen verlangt nach wandlungsfähigen Produktionskonzepten. Im Folgenden steht die Stärkung der innerbetrieblichen Logistik durch matrixartige Produktionsstrukturen im Mittelpunkt, die insbesondere KMU eine höhere Flexibilität und Effizienz bei gleichzeitiger Ressourcenschonung ermöglichen sollen.

ZIGPOS und LOGSOL widmen sich innerhalb dieses Handlungsfelds der Entwicklung eines Planungs- und Steuerungstools, das KMU bei der Einführung und Optimierung matrixbasierter Produktionskonzepte unterstützt.



Abbildung 1: ZIGPOS-Hardware-Komponenten: links Satelliten, rechts Tags; Quelle: ZIGPOS GmbH

5.2. Technischer Hintergrund

Das ZIGPOS-Echtzeit-Ortungssystem (RTLS) ist ein drahtloses Sensornetzwerk, das hochpräzise ortsbezogene Anwendungen in GPS-unzugänglichen Gebieten ermöglicht. Das drahtlose Ortungssystem arbeitet mit Zeitmessung im Ultrabreitband-Spektrum und besteht aus mobilen (Tags) und festen Geräten (Satelliten).

Die bereitgestellten Positionsdaten werden über eine von LOGSOL entwickelte Schnittstelle extrahiert. Diese Schnittstelle wurde um eine direkte Verbindung zu Microsoft Power BI* ergänzt, um eine nahtlose Weiterverarbeitung der Daten und deren Visualisierung zu ermöglichen.



Abbildung 2: Ansicht Coriva-Engine (Backend des ZIGPOS-RTLS) zur Einrichtung und Steuerung; Quelle: ZIGPOS GmbH

*Microsoft und Power BI sind Marken der Microsoft Corporation.

5.3. Entwicklung eines Analyse- und Tracking-Tools

Basierend auf den erhobenen Daten entstand ein Analyse-Framework zur Erfassung und Bewertung logistischer Kennzahlen (z. B. Wegzeiten, Wartezeiten, Bearbeitungszeiten). Ein ergänzendes VBA-gestütztes Tool erlaubt die Rückverfolgung

spezifischer Produktionsaufträge und unterstützt die Identifikation systematischer Engpässe oder Ineffizienzen.

Ein zentrales Ergebnis dieser Phase war die Ableitung praxisrelevanter Routing-Regeln und Best Practices für die Logistikplanung in Matrixproduktionen, insbesondere für Umgebungen mit hohem Variantenmix und geringen Stückzahlen.

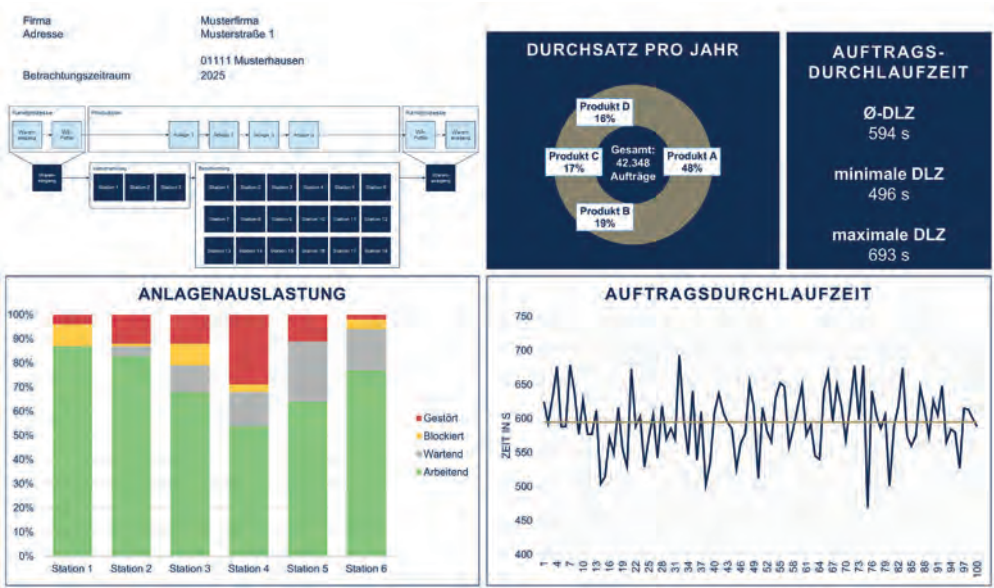


Abbildung 3: Exemplarische Darstellung der ausgewerteten Kennzahlen des Tools; Quelle: LOGSOL GmbH

5.4. Validierung und Anwendung in der Praxis

Um die Tauglichkeit des entwickelten Tools unter realen Bedingungen zu evaluieren, wurde ein geeigneter Praxispartner aus dem KMU-Umfeld gewonnen. Gemeinsam wurden drei Anwendungsszenarien erarbeitet, die unterschiedliche Ausprägungen einer matrixbasierten Fertigung simulierten – von flexiblen Einzelplatzmontagen bis hin zu kombinierten Linien-Matrix-Konzepten.

Der entwickelte Prototyp zeigt eindrucksvoll, wie digitale Trackingtechnologien und datenbasierte Analysewerkzeuge KMU bei der Gestaltung effizienter und wandlungsfähiger Produktionsprozesse unterstützen können.

5.5. Ausblick

Das Tool lässt sich um Echtzeit-Optimierungsalgorithmen erweitern, um nicht nur retrospektive Auswertungen, sondern auch automatisierte Eingriffe in laufende Prozesse zu ermöglichen – z. B. durch dynamisches Routing, Job-Shop-Scheduling oder intelligente Priorisierungen auf Basis aktueller Systemzustände.

Darüber hinaus bieten sich vielfältige Anwendungsfelder über das Projekt hinaus: von der simulationsgestützten Planung neuer Matrixlayouts über die Integration in bestehende MES-/ERP-Landschaften bis hin zur strategischen Erweiterung für andere Industriezweige wie die Medizintechnik oder Elektronikfertigung.



Abbildung 4: Produktionsumgebung mit nachzuverfolgenden Aufträgen (rote Kisten); Quelle: iStock

6.3. Zentrale Projektziele und deren Umsetzung

Das Hauptziel des Projekts bestand in der Ablösung des bisherigen Rechnungsprogramms durch eine umfassende ERP-Lösung, die alle Unternehmensprozesse optimal unterstützt. Dabei war es von entscheidender Bedeutung, das Fachwissen der sogenannten Poweruser – jener Mitarbeiter, die über besonders tiefgreifende Kenntnisse der Arbeitsabläufe verfügen – direkt in die Programmkonfiguration einfließen zu lassen. Diese Herangehensweise gewährleistete, dass das neue System nicht nur technisch funktioniert, sondern auch die praktischen Anforderungen des Arbeitsalltags optimal erfüllt. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Optimierung der internen Logistik durch die Implementierung klar definierter Logistikrouten und eindeutiger Lagerorte im ERP-System. Diese Strukturierung schafft Transparenz in den Materialflüssen und reduziert Suchzeiten erheblich. Die grafische Darstellung der Logistikrouten im System ermöglicht es den Mitarbeitern, auf einen Blick zu erfassen, wo sich Materialien befinden und welche Wege sie durch die Produktion nehmen.

6.4. Technologiemanagement und Prozessoptimierung

Die strikte Pflege von Technologien und Abläufen zu den hergestellten Produkten stellt einen weiteren Meilenstein des Projekts dar. Durch die systematische Hinterlegung aller relevanten Fertigungsinformationen im ERP-System werden manuelle Angaben auf Fertigungspapieren überflüssig. Dies reduziert nicht nur den administrativen Aufwand, sondern minimiert auch Fehlerquellen und gewährleistet eine konsistente Qualität der Fertigungsdokumentation. Die Implementierung einer Matrixfertigung ermöglicht es dem Unternehmen, flexibel auf alternative Arbeitsplätze auszuweichen. Diese Flexibilität ist besonders in der heutigen Zeit von unschätzbarem Wert, da sie es ermöglicht, auch bei Ausfällen oder Engpässen die Produktion aufrechtzuerhalten und Liefertermine einzuhalten.

6.5. Digitale Arbeitsplätze und Benutzerfreundlichkeit

Ein besonders innovativer Aspekt des Projekts ist die Verteilung der Arbeitsaufgaben durch Tablets direkt an den Maschinen. Diese digitale Lösung bringt die relevanten Informationen genau dorthin, wo sie benötigt werden, und schafft eine direkte Verbindung zwischen der Planungsebene und der Produktion. Die Mitarbeiter erhalten alle notwendigen Informationen in Echtzeit und können ihrerseits Rückmeldungen über den Fertigungsfortschritt direkt ins System eingeben. Die neue ERP-Software überzeugt durch übersichtliche und intuitive Benutzeroberflächen, die auch Beschäftigten ohne umfangreiche IT-Kenntnisse einen einfachen Zugang ermöglichen. Diese Benutzerfreundlichkeit war ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Akzeptanz des Systems in der Belegschaft.

6.6. Nachhaltiger Erfolg und Zukunftsperspektiven

Das Projekt „Wandlungsfähiger Teilefluss in der Drehteilfertigung“ demonstriert eindrucksvoll, wie produzierende KMU durch die intelligente Kombination von technologischen Innovationen und organisatorischen Veränderungen ihre Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig stärken können. Die im Rahmen des KoWaK-Projekts entwickelten Lösungen schaffen nicht nur kurzfristige Effizienzgewinne, sondern legen das Fundament für eine zukunftsfähige Unternehmensausrichtung.

Die R. & S. Präzisionsdrehteile GmbH hat mit diesem Projekt bewiesen, dass auch kleinere Unternehmen erfolgreich den Schritt in die digitale Zukunft meistern können, wenn sie dabei ihre Mitarbeiter mitnehmen und deren Expertise wertschätzen. Das Ergebnis ist ein Unternehmen, das nicht nur effizienter arbeitet, sondern auch besser gerüstet ist für die Herausforderungen einer sich schnell wandelnden Industrielandschaft.

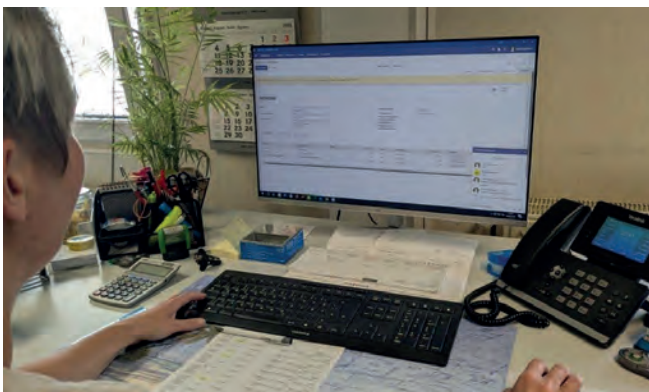


Abbildung 7: Übersichtliche und intuitive Benutzeroberflächen des ERP-Systems im Büro (links) und zur Optimierung der Fertigungsprozesse (rechts); Quelle: R. & S. Präzisionsdrehteile GmbH

Impressum

Die vorliegende Publikation ist im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekts „KoWaK – Kollaborative Wandlungsfähigkeit in produzierenden KMU stärken“ entstanden.

Das interdisziplinäre Verbundvorhaben wurde vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU geleitet und in enger Zusammenarbeit mit der HAVLAT Präzisionstechnik GmbH, der Hörmann Rawema Engineering & Consulting GmbH, der HONASCO Kunststofftechnik GmbH & Co. KG, dem Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. – ISF München, der LOGSOL GmbH, Maier Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG, trilogIQa, der R. & S. Präzisionsteile GmbH und der ZIGPOS GmbH umgesetzt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Herausgeber

Markus Wabner, Eckhard Heidling und Alexander Ziegler

Verbundkoordination

Dr. Markus Wabner
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen
und Umformtechnik IWU
Reichenhainer Str. 88
09126 Chemnitz

Bildnachweis

Titelbild: trilogIQa

Förderhinweis

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

Laufzeit

Januar 2023 bis Dezember 2025

Förderkennzeichen

02J21C080, 02J21C081, 02J21C082, 02J21C083, 02J21C084,
02J21C085, 02J21C086, 02J21C087, 02J21C088, 02J21C089,
02J21C090



**Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt**

