



# *Erfolgreich Automatisieren* im Werkzeugbau

2017

Wolfgang Boos  
Kristian Arntz  
Lars Johannsen  
Marcel Prümmer  
Moritz Wollbrink  
Marcel Wilms  
Rainer Horstkotte





## Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

Aufgabe des Fraunhofer IPT ist die Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in wirtschaftlich nutzbare, einzigartige Innovationen auf dem Gebiet der Produktion. Das Fraunhofer IPT fördert und betreibt anwendungsorientierte Forschung, Umsetzung von Forschungsergebnissen und Beratung mit Relevanz und Wirkung zum unmittelbaren Nutzen für die Industrie und leistet dadurch einen signifikanten Beitrag zu deren Wettbewerbsfähigkeit. Das Geschäftsfeld »Werkzeugbau« des Fraunhofer IPT bietet Unternehmen, Zulieferern und Kunden des Werkzeug- und Formenbaus ganzheitliche Lösungen, damit diese die vielfältigen Herausforderungen ihrer Branche erfolgreich bewältigen.



## WBA Aachener Werkzeugbau Akademie

Die WBA Aachener Werkzeugbau Akademie erarbeitet in einem Netzwerk aus führenden Unternehmen des Werkzeugbaus branchenspezifische Lösungen für die nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit der Branche Werkzeugbau. Im Mittelpunkt der Aktivitäten stehen die Schwerpunkte Industrieberatung, Weiterbildung sowie Forschung und Entwicklung. Durch einen eigenen Demonstrationswerkzeugbau hat die WBA die Möglichkeit, innovative Lösungsansätze in einer Laborumgebung zu pilotieren und schnell für ihre Partnerunternehmen zugänglich zu machen. Zusätzlich werden Schwerpunktthemen in aktuellen Studien vertieft. Diese geben Auskunft über Trends und Entwicklungen von Markt und Wettbewerb.

## Impressum

Erfolgreich Automatisieren im Werkzeugbau  
Studie Fraunhofer IPT

Copyright © 2017

Autoren:

Prof. Dr. Wolfgang Boos, Dr. Kristian Arntz, Lars Johannsen,  
Marcel Prümmer, Moritz Wollbrink, Marcel Wilms, Rainer Horstkotte

Gestaltung: Celine Elsner  
ISBN: 978-3-946612-14-8  
Druck: printclub, 1. Edition

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT  
Steinbachstraße 17  
52074 Aachen  
[www.ipt.fraunhofer.de](http://www.ipt.fraunhofer.de)

WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH  
Campus-Boulevard 30  
52074 Aachen  
[www.werkzeugbau-akademie.de](http://www.werkzeugbau-akademie.de)

Bildquelle: Titelbild und Bild von S. 32 wurden von Festo Polymer GmbH zur Verfügung gestellt

# *Erfolgreich Automatisieren* im Werkzeugbau

2017

Wolfgang Boos  
Kristian Arntz  
Lars Johannsen  
Marcel Prümmer  
Moritz Wollbrink  
Marcel Wilms  
Rainer Horstkotte



# Spotlight

Erfolgreich Automatisieren im Werkzeugbau

Die Werkzeugbaubranche in Deutschland steht vor zahlreichen Herausforderungen. Im Rahmen der Globalisierung treten neue Wettbewerber auf den Markt, so dass ein wachsender Kostendruck festzustellen ist. Um den Kundenanforderungen gerecht zu werden, sind eine flexible Werkzeuggestaltung und Qualitätsverbesserungen zunehmend wichtig. Der Einsatz neuester Technologien ist daher essentiell, um Fertigungspotentiale optimal auszuschöpfen. So kann die Automatisierung des Werkzeugbaus dazu führen, dass die oftmals handwerklich geprägte Fertigung einen Wandel zum industriellen Werkzeugbau vollzieht. Die gesteigerte Produktivität und die kürzeren Taktzeiten haben einen positiven Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit des Werkzeugbaubetriebs.

Die Studie „Erfolgreich Automatisieren im Werkzeugbau“ zeigt den derzeitigen Status quo der Automatisierung bei Werkzeugbaubetrieben in Deutschland auf. Des Weiteren werden Handlungsempfehlungen für eine erfolgreiche Automatisierung gegeben.



# 70 %

---

der befragten Unternehmen verfolgen  
Automatisierungsprojekte

## hohe Investitionskosten

---

bei gleichzeitigem Bewusstsein der Vorteile von  
Automatisierung werden von allen befragten  
Unternehmen als der größte Nachteil gesehen

# 62 %

---

beträgt der Automationsgrad bei der am weitesten automati-  
sierten Technologie Fräsen

# 34 %

---

des Investitionsbudgets wird für  
Automatisierungsprojekte verwendet

# 50 %

---

der befragten Unternehmen setzen schon seit mehr als 5 Jah-  
ren Automatisierung in der Fertigung ein

*„Alles begann  
mit Handarbeit!“*



# Executive Summary

Durch den globalen Wettbewerb mit kostengünstigeren Marktbegleitern wird der Werkzeugbau in Hochlohnländern zunehmend zu einer technologischen Differenzierung sowie einer hohen Wirtschaftlichkeit gezwungen.

In Deutschland und anderen Hochlohnländern steht das produzierende Gewerbe vor zahlreichen Herausforderungen. Der globalisierte Wettbewerb führt zu einem erhöhten Kostendruck, während der Kunde steigende Qualität und schnelle Lieferzeiten fordert.<sup>1</sup> Auch vom deutschen Werkzeugbau werden heute neben globaler Ausrichtung höhere Termintreue, Produktqualität und Kosteneffizienz gefordert.<sup>2</sup> Darüber hinaus hat der Fachkräftemangel einen entscheidenden Einfluss auf den Werkzeugbau. Durch den demografischen Wandel werden bis 2035 rund 35 % weniger Arbeitnehmer zur Verfügung stehen.<sup>3</sup> Hinzu kommen höhere Ansprüche an die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen für die im Durchschnitt älter werdenden Arbeitnehmer.<sup>3</sup>

Um diese Herausforderungen bewältigen zu können, ist eine weitere Umstrukturierung des Werkzeugbaus notwendig. Aus dem teils noch handwerklich orientierten Werkzeugbau muss ein industrielles Gewerbe, das modernste Produktionstechnologien einsetzt, entstehen.<sup>4</sup> Hierzu reicht eine reine Adaption der bekannten Automatisierungsmethoden aus der Serienfertigung auf den Werkzeugbau nicht aus. Stattdessen müssen individuelle Fertigungskonzepte gefunden werden, die auf den Werkzeugbau und seine spezifischen Eigenschaften zugeschnitten sind.<sup>5</sup> Ein wichtiges Element der Entwicklung des Werkzeugbaus ist die Automatisierung. Sie ermöglicht eine Erhöhung der Werkstückqualität bei gleichzeitig größerer Prozesszuverlässigkeit und Produktionsgeschwindigkeit in der Fertigung.<sup>6</sup> Somit werden geringere Durchlaufzeiten erzielt und dem Kunden können kürzere Lieferzeiten geboten werden.<sup>7</sup>

Ein weiterer Vorteil der Automatisierung ist die Einsparung von Produktionskosten. Dies wird besonders durch die Reduktion der Haupt- und Nebenzeiten erreicht. Aber auch die Lohnstückkosten können erheblich gesenkt werden. Die teuren, aber qualifizierten Arbeitskräfte können mit anspruchsvollen Aufgaben wie der Bedienung und Wartung der Anlagen betraut werden, während rein manuelle Tätigkeiten wie das Handling oder die Montage von Einzelteilen effizienter maschinell übernommen werden. So kann das Potential der Arbeitskräfte ideal eingesetzt und die Produktivität insgesamt gesteigert werden.<sup>8</sup>

Die nachfolgende Studie beleuchtet daher das konkrete Handlungsfeld des Einsatzes von Automatisierung im Werkzeug- und Formenbau. Durch eine Erhebung mittels Fragebogen wird einerseits ein Überblick über den aktuellen Stand der Automatisierung bei den Werkzeugbaubetrieben aufgezeigt und andererseits ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen gegeben. Des Weiteren werden methodische Vorgehensweisen skizziert, sodass Automatisierungsvorhaben strukturiert und zielgerichtet angegangen werden können. Außerdem ermöglicht die Zusammenstellung von Best-Practice Beispielen von führenden Werkzeugbaubetrieben in Deutschland praxisnahe Einblicke in mögliche Umsetzungskonzepte.


Diese Studie dient somit als Leitfaden für die zukünftige Orientierung, die Investitionsplanung und die erfolgreiche Implementierung von Automation in der Werkzeugbaubranche.



35 %

weniger Arbeitnehmer  
stehen 2035 zur  
Verfügung



A close-up photograph of several interlocking metal gears. The gears are made of a dark, polished metal, possibly steel, and are illuminated from the side, creating bright highlights on their teeth and deep shadows in the gaps. The focus is sharp on the teeth in the foreground, while the background is slightly blurred. The overall color palette is dominated by dark greys and blacks, with bright highlights that give the image a sense of depth and texture.

*„Präzision ist entscheidend  
für die Qualität!“*

# Studiendesign

Die Studie beleuchtet die Frage nach dem heutigen und zukünftigen Einsatz von Automatisierungslösungen in der Branche Werkzeugbau.

Die WBA Aachener Werkzeugbau Akademie beschäftigt sich in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Produktionssystematik des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen sowie dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT seit vielen Jahren mit der Bewertung von Werkzeugbaubetrieben und Marktanalysen in der Branche. Eine einzigartige Datenbank mit mehr als 1.000 Benchmarkingdatensätzen deutscher und internationaler Werkzeugbaubetriebe, die nicht älter als 5 Jahre sind, ist die Grundlage für fundierte Aussagen zur Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit sowie dem Entwicklungspotenzial von Werkzeugbaumärkten und -betrieben.

Ausgehend von dem Handlungsfeld des Einsatzes von Automatisierung in der Branche Werkzeugbau führte die Gruppe Technologieorganisation des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT die vorliegende Studie „Erfolgreich Automatisieren im Werkzeugbau“ durch. Diese Erhebung fokussiert die wichtigsten Fragestellungen nach den heutigen und zukünftigen Voraussetzungen und Implementierungsmaßnahmen für Automatisierung in der Einzel- und Kleinserienfertigung.

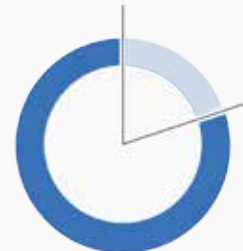
Ziel der Studie ist es, die bestehende Praxis sowie Potentiale des Automatisierungseinsatzes zu analysieren und daraus abgeleitet die Verwendung von Automation branchenweit transparent zu erfassen. Im Rahmen der Studie werden Lösungsansätze für die Ausgestaltung von Automatisierungskonzepten im Werkzeugbau entwickelt sowie Anstöße für zukünftige Investitionen in diesem Themenfeld gegeben.

Die Gruppe der Werkzeugbaubetriebe wird in dieser Studie von insgesamt 10 Unternehmen repräsentiert. Diese Unternehmen haben innerhalb des Konsortialprojekts „Automatisierungskonzepte für den Werkzeugbau“ Einblick in ihren Werkzeugbau gewährt, so dass einerseits eine Aufnahme des bestehenden Automatisierungsgrads erfolgen konnte und andererseits allgemeine Handlungsempfehlungen erarbeitet werden konnten.

Bei den befragten Unternehmen handelt es sich zu einem Großteil um Betriebe mit mehr als 100 Mitarbeitern. Dabei agieren 30 % der befragten Unternehmen als externer Werkzeugbau im Wettbewerb und 70 % der Studienteilnehmer sind als interne Werkzeugbaubetriebe in ein Mutterunternehmen integriert. Außerdem sind die Umfrageteilnehmer vor allem im Zulieferergeschäft der Branchen Automobilindustrie tätig, aber auch Produkte aus der Medizintechnik, Maschinen- und Anlagenbau und Bauindustrie werden mit den Werkzeugen der befragten Unternehmen hergestellt.

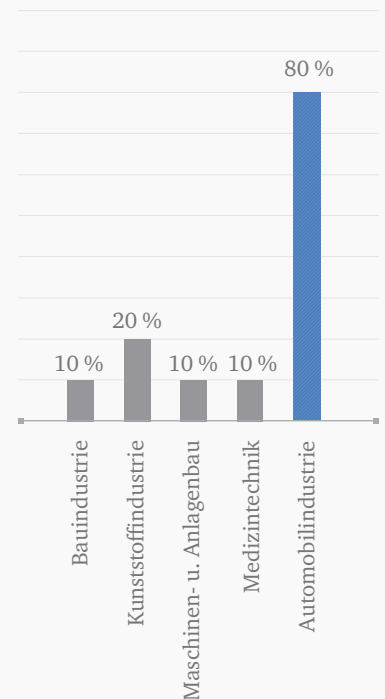
Ausgehend von einem Fragebogen werden Voraussetzungen der Automatisierung betrachtet und anschließend Handlungsempfehlungen abgeleitet. Neben der grundlegenden Beherrschung von Prozessen wird auf Standardisierungsmöglichkeiten eingegangen und Aspekte der Datenverwendung werden beleuchtet. Darüber hinaus wird die Rolle der Mitarbeiter betrachtet, um nach einer Analyse der vorhandenen Automatisierungshardware mit einer monetären Betrachtung abschließen zu können. Durch diesen konzeptionellen Aufbau ist gewährleistet, dass sowohl auf thematische Grundlagen und die erforderliche Vorgehensweise für ein Automatisierungsprojekt eingegangen wird, als auch der gegenwärtige Stand des Werkzeugbaus hinsichtlich Automatisierung betrachtet wird.

Mitarbeiteranzahl



20 % 51-100 Mitarbeiter  
80 % < 100 Mitarbeiter

Branchen  
[Mehrfachnennung möglich]





*„Komplexität, die beherrscht werden muss!“*

# Erfolgreich Automatisieren im Werkzeugbau

Neben Vorteilen bei Produktivität und Durchlaufzeit stellen die mangelnde Standardisierung und hohe Investitionskosten die Unternehmen vor Herausforderungen.

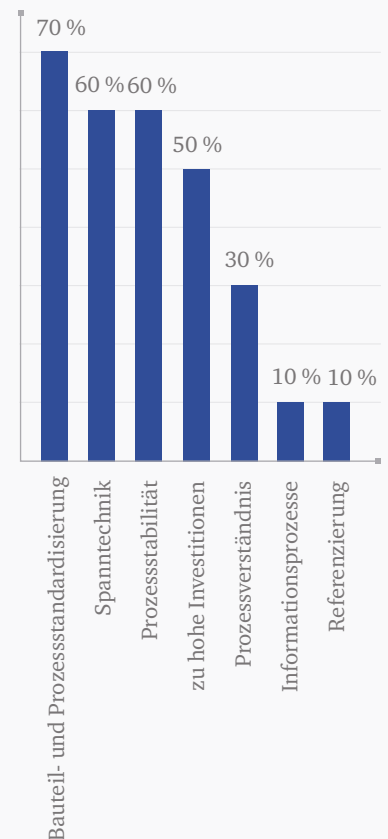
Automatisierung ist einer der vorherrschenden Technologietrends im Werkzeug- und Formenbau. Daher ist es nicht verwunderlich, dass ein Großteil (70 %) der befragten Unternehmen derzeit Automatisierungsprojekte verfolgt. Die Hälfte der Werkzeugbaubetriebe setzt dabei schon seit mehr als fünf Jahren aktiv Automatisierungslösungen ein, sodass Erfahrungen bei Planung und Umsetzung gesammelt werden konnten. Besonders interessant sind die Angaben der Studienteilnehmer in Bezug auf die allgemeinen Vor- und Nachteile im Hinblick auf die Automatisierung des Werkzeugbaus.

Die im Rahmen dieser Studie befragten Unternehmen sehen als größte Vorteile eine Erhöhung der Produktivität sowie eine Verringerung der Durchlaufzeit. Begründet werden kann dies mit einer Erweiterung der mannlosen Fertigung während die Mitarbeiter planende Tätigkeiten ausüben. Außerdem können bislang ungenutzte Zeiten wie bspw. Nachtschichten durch Automatisierung produktiv genutzt werden. Als Resultat ergeben sich sinkende Kosten, welche 50 % der befragten Werkzeugbaubetriebe ebenfalls als Vorteil einer Automatisierung sehen. Der erforderliche Einsatz von zunehmend mehr Messinstrumenten in Kombination mit reproduzierbareren Prozessen durch die Automatisierungshardware führen zudem zu einem Anstieg der Qualität. Dies wird von knapp einem Drittel der Studienteilnehmer als positiver Aspekt wahrgenommen, wohingegen 10 % der Unternehmen die festen Prozessabläufe als vorteilhaft betrachten.

Automatisierungsprojekte sind in der Regel mit dem Einsatz spezieller Hardware wie bspw. Handlineinrichtungen verbunden, sodass größere Investition für eine Umsetzung aufzuwenden sind. Dies wurde von den Werkzeugbaubetrieben auch als Hauptnachteil identifiziert (100 %). Darüber hinaus führt der fortschreitende Einsatz von maschinellen Abläufen zu einer Reduzierung der Flexibilität, die 80 % der Unternehmen als Nachteil benennen. Die schon angesprochene Zunahme der mannlosen Fertigung trifft häufig auf Widerstand der Mitarbeiter, so die Erfahrung von 50 % der Studienteilnehmer. Zusätzlich wurden noch hohe Instandhaltungskosten (30 %) und eine geringe Prozessstabilität (10 %) als Nachteile von den befragten Unternehmen benannt.

Neben den allgemeinen Vor- und Nachteilen eines automatisierten Werkzeugbaus haben die Studienteilnehmer konkrete Erfahrungen bei der Umsetzung und Implementierung machen können. So haben die meistens Unternehmen (70 %) Probleme bei der Bauteil- und Prozessstandardisierung festgestellt. Die mangelnde Standardisierung ist auch ein Grund für die Probleme der Unternehmen beim Spannen der Werkzeuge und Werkstücke (60 %). Der Hauptvorteil der Automatisierung in Form einer erhöhten Produktivität kommt nur zum Tragen, wenn geringe Ausfallzeiten im Prozessablauf vorliegen. 60 % der Werkzeugbaubetriebe hatten bei ihren bisherigen Automatisierungsprojekten Probleme bei der Prozessstabilität. Die hohen Kosten schrecken viele Unternehmen (50 %) bei der Implementierung ab. Knapp ein Drittel der Studienteilnehmer sieht zudem ein mangelndes Prozessverständnis als Implementierungshindernis an, wohingegen Probleme bei Informationsprozessen (10 %) und Referenzierung (10 %) weniger hinderlich aufgefallen sind.

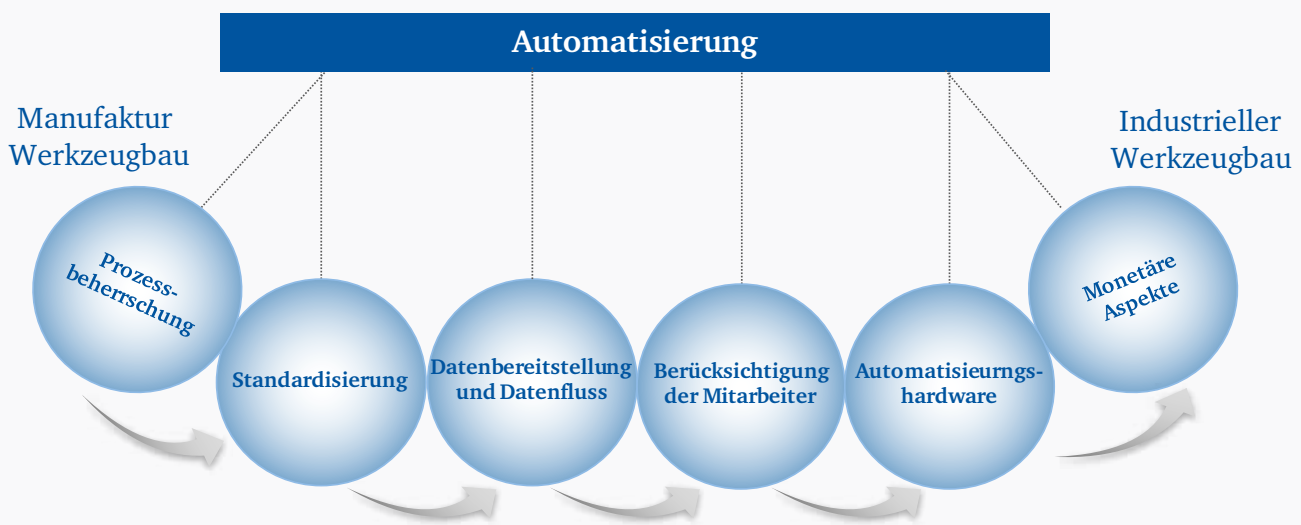
Welche Implementierungshindernisse sehen Sie für eine durchgehende Automatisierung der Fertigung?  
[Mehrfachnennung möglich]



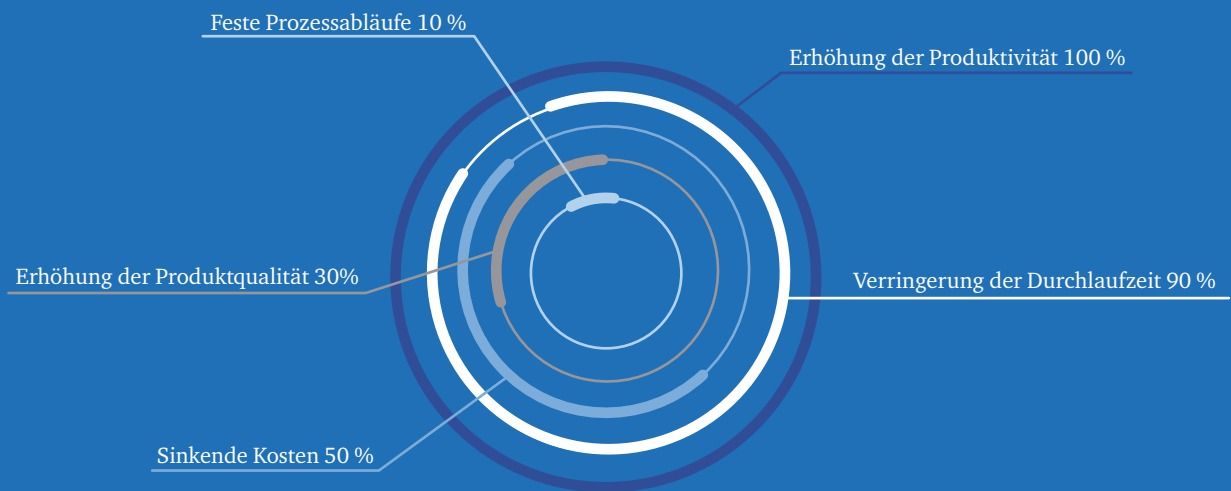
Im weiteren Verlauf der Studie wird anhand mehrerer Handlungsfelder der aktuelle Stand der Automatisierung im Werkzeugbau detailliert analysiert. Des Weiteren werden konkrete Handlungsempfehlungen gegeben, sodass die angesprochenen Implementierungshindernisse bei zukünftigen Projekten umgangen werden können.

Im Einzelnen werden sechs verschiedene Handlungsfelder im Detail betrachtet. Zunächst ist eine sichere Prozessbeherrschung die Grundlage für jegliche Automatisierungsprojekte und stellt somit das erste Handlungsfeld dar. Im zweiten Schritt ist eine Standardisierung von Prozessen und Produkten notwendig, um einerseits die Gleichteilquote im Rahmen einer effizienten Produktarchitektur zu erhöhen und andererseits ist eine Vereinheitlichung von Prozessen vorteilhaft, um u.a. standardisierte Schnittstellen zu schaffen.

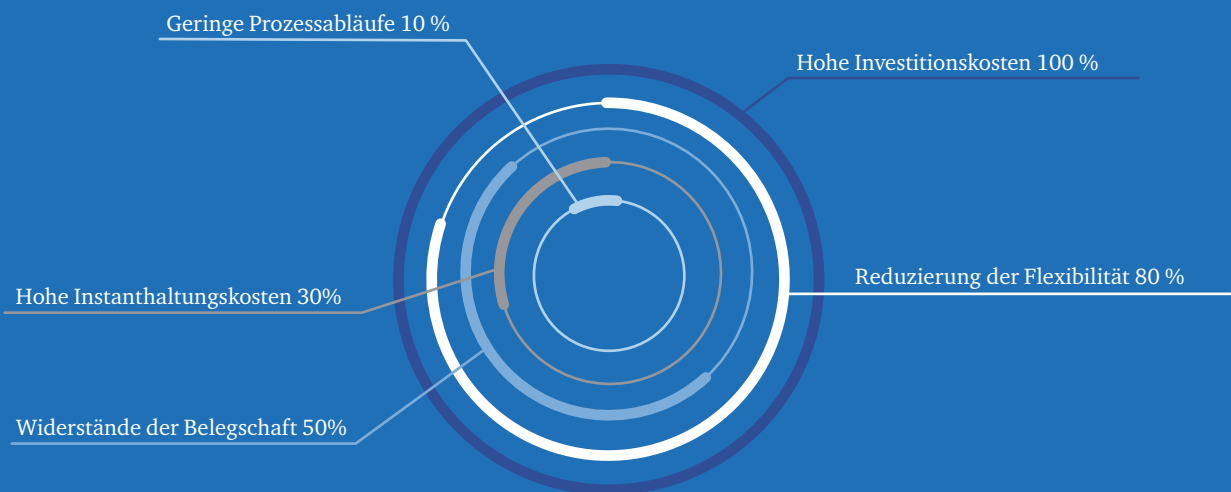
Anschließend ist eine Betrachtung der Datenbereitstellung und des Datenflusses notwendig, um bspw. verschiedene Identifizierungssysteme für Automatisierungshardware implementieren zu können. Für erfolgreiche Automatisierungsprojekte sind motivierte Mitarbeiter essentiell. Daher werden die Mitarbeitermotivation und Einbeziehung in Automatisierungsprojekte detailliert im vierten Handlungsfeld betrachtet. Nach einem Einblick in aktuelle Automatisierungshardware im fünften Handlungsfeld findet abschließend eine monetäre Betrachtung statt, um Automatisierungsprojekte technologisch und finanziell bewerten zu können.



**Welche Vorteile hat aus Ihrer Sicht die durchgehende Automatisierung der Fertigung?**  
[Mehrfachnennung möglich]



**Welche Nachteile hat aus Ihrer Sicht die durchgehende Automatisierung der Fertigung?**  
[Mehrfachnennung möglich]





*„Messen ist  
erforderlich!“*

# Handlungsfeld: Prozessbeherrschung

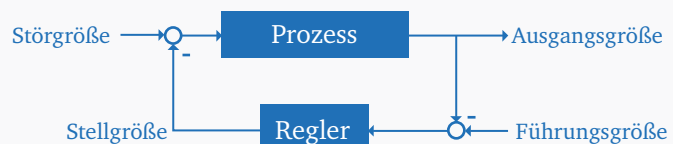
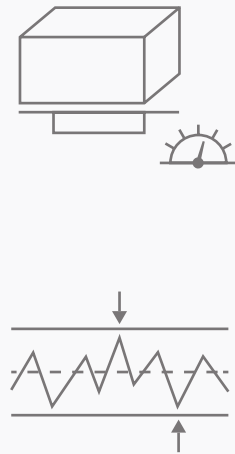
Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Automatisierung ist ein umfassendes Prozessverständnis – So lassen sich Prozesse regeln und stabilisieren!

Die branchenübergreifende Stellung des Werkzeug- und Formenbaus und das daraus resultierende vielseitige Werkstückspektrum stellen hohe Anforderungen an die Fertigungsprozesse. Eine Betrachtung der befragten Unternehmen zeigt, dass trotz überwiegender Tätigkeiten in der Automobilindustrie keine spezifischen Werte für Werkstückabmessungen und das -gewicht ableitbar sind. Zusätzlich werden bei ca. 70 % der produzierten Werkzeuge Toleranzen von weniger als 20 µm gefordert und bis zu 16 verschiedene Fertigungsverfahren bei der Herstellung eingesetzt. Das hieraus resultierende Anforderungskollektiv an die Fertigungsprozesse ist dementsprechend komplex. Gerade für die Automatisierung ist eine sichere Prozessbeherrschung jedoch unabdingbar. Wird ein Prozess automatisiert müssen zusätzliche Maschinenkomponenten montiert werden, die dazu führen, dass der Prozess störanfälliger und schwerer zu steuern ist. Die befragten Unternehmen sind sich dieser Tatsache bewusst, da 60 % die Prozessstabilität und 30 % das Prozessverständnis als Implementierungshindernisse bei der Automatisierung nannten.

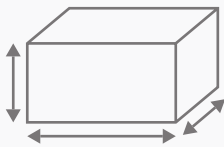
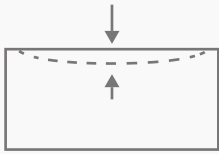
Entscheidend für eine sichere Prozessbeherrschung ist ein Wandel vom vorherrschenden Produktdenken hin zum erforderlichen Prozessdenken. Denn im Gegensatz zu Produkten lassen sich Prozesse aktiv beeinflussen und somit gezielt Verbesserungen vornehmen. Die Beherrschung von Prozessen lässt sich in zwei aufeinander aufbauende Bereiche einteilen. Zunächst muss eine Analyse des Prozesses stattfinden, damit eine Regelung und Messungen möglich ist. Anschließend können Methoden zur Stabilisierung erarbeitet werden.

## Regelbare Prozesse

Nach der allgemeinen Definition eines Prozesses wird dieser als in Wechselwirkung stehende Tätigkeiten verstanden, die basierend auf Eingangsgrößen Ergebnisse generieren. Soll aktiv auf die Prozesse und somit auf die Ausgangsgröße Einfluss genommen werden ist eine Regelung von Nöten. Ziel einer Regelung ist das Angleichen von Ausgangsgrößen an vorgegebene Führungsgrößen. Hierbei soll die zu regelnde Größe sowohl Änderungen der Führungsgröße folgen als auch Störeinflüsse kompensieren. Eine Regelung ist möglich, indem die Ausgangsgröße gemessen wird und ein Vergleich mit der Führungsgröße durchgeführt wird. Aus den Differenzen können potentielle Eingriffe abgeleitet werden, sodass sich Führungsgröße und Ausgangsgröße annähern. Durch eine Rückführung der Ausgangsgröße auf die Eingangsgröße entstehen geschlossene Wirkungsabläufe, die als Regelkreise bezeichnet werden.<sup>9</sup>







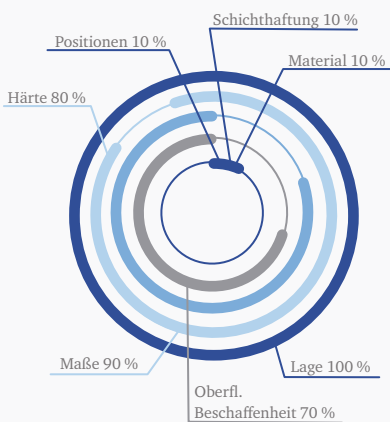
Ausgehend von dieser theoretischen Betrachtung ist ersichtlich, dass das Prozessverständnis für eine Regelung des Prozesses maßgeblich ist. Erst das strukturierte Wissen über den Prozess und dessen Aufteilung in seine Wirkzusammenhänge macht Schwachstellen sichtbar, zeigt Verbesserungspotentiale und ermöglicht schließlich die Automatisierung des Prozesses.

Eine effektive Regelung setzt neben einem umfangreichen Prozessverständnis vor allem einen gezielten Einsatz von Messungen voraus. Eine Betrachtung der in dieser Studie befragten Unternehmen hinsichtlich der gemessenen Werkstückeigenschaften zeigt, dass nahezu in jedem Unternehmen die geometrischen Maße, Härte, Lage und Oberflächenbeschaffenheit gemessen werden. Die Messung dieser Werkstückeigenschaften ist jedoch weniger auf den Einsatz einer Regelung zurückzuführen, sondern auf die Einhaltung der kundenspezifischen Anforderungen an das gefertigte Werkzeug. Dies zeigt sich daran, dass lediglich 10 % der Unternehmen die oftmals für eine Regelung relevanten Messgrößen wie die Position messen.

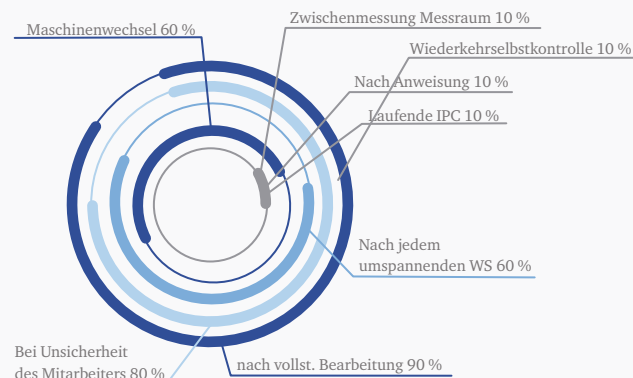
Darüber hinaus ist bei den verschiedenen Messzeitpunkten auffällig, dass zwar zu 80 % bei Prozessunsicherheit des Mitarbeiters nachgemessen wird, aber lediglich nur zu 60 % bei einem Maschinenwechsel eine Messung durchgeführt wird. Hierdurch besteht die Gefahr, dass ggf. auftretende Prozessunstimmigkeiten zu spät bemerkt werden, sodass eine zeitnahe Regelung des Prozesses nicht möglich ist. Eine Möglichkeit die Messhäufigkeit zu erhöhen, wäre beispielsweise eine bessere Ausstattung der Maschinen.

So werden bei den befragten Unternehmen lediglich zu 80 % Lasermesssysteme und zu 70 % Messtaster bei Fräsmaschinen eingesetzt. Bei anderen Fertigungstechnologien wie dem Drehen oder Schleifen wird dagegen überwiegend auf eine Offline-Messung gesetzt. Hierdurch ist einerseits der Messaufwand durch die Verwendung eines Mikrometers oder durch Ankratzen des Werkstücks höher, andererseits kann die Messung nicht mannos stattfinden. Im Hinblick auf die Automatisierung muss daher eine Integration von Messsystemen erfolgen. Besonders von Vorteil sind tomographische Messtechniken, die in Zukunft zunehmend Einsatz finden werden. Diese ermöglichen eine schnelle 3D-Datenerfassung und eine durchgängige Datenkette.

Welche Werkstückeigenschaften werden gemessen?  
[Mehrfachnennung möglich]



Zu welchen Zeitpunkten wird in der Montage und Fertigung gemessen?  
[Mehrfachnennung möglich]



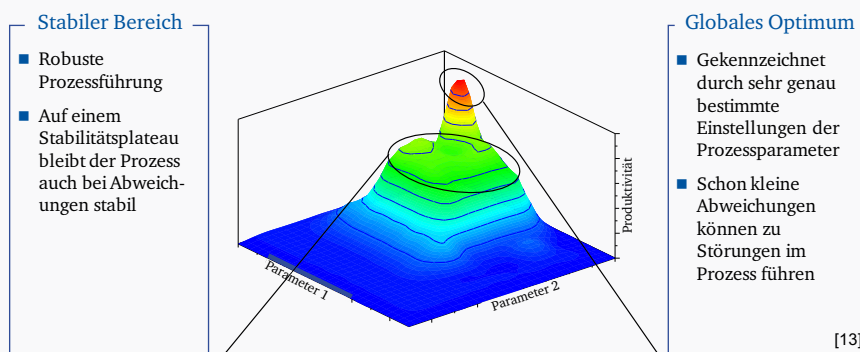
## Stabile Prozesse

Ein Prozess unterliegt verschiedenen Einflüssen, die sich anhand ihres Auftretens unterscheiden lassen. So ist einerseits eine natürliche Streuung zu berücksichtigen, die das Verhalten im ungestörten Zustand und zufällige sowie statistische Einflussgrößen beschreibt. Andererseits treten Verschiebungen der gesamten Prozesslage auf, sodass von systematischen Einflüssen gesprochen wird. Abschließend sind die speziellen Einflüsse zu nennen, deren Auftreten nicht vorhersehbar ist. Die Summe dieser Einflüsse wird auch als Prozessbild bezeichnet. Ziel zur Erreichung eines stabilen Prozesses ist die Fähigkeit, systematische Einflüsse zu kompensieren und spezielle Einflüsse zu kennen. Als Ergebnis bewegt sich der Prozess innerhalb definierter Grenzen.

Eine umfangreiche Datengrundlage ist essenziell für die Erstellung von Selbstdiagnosen und -optimierungen. Bei der Optimierung der Parameter sollte jedoch beachtet werden, dass sich das Prozessoptimum in einem kleinen Toleranzfeld befindet und somit bereits kleine Abweichungen zu Störungen im Prozess oder sogar zum Prozessausfall führen können. Daher ist bei der Auslegung von Parametern eines Prozesses stets abzuwägen zwischen der optimalen Produktivität in einem kleinen Toleranzfeld und einem stabilen Bereich mit hoher Produktivität und großer Parametertoleranz. Gerade im Hinblick auf die Automatisierung ist dieser Aspekt von Bedeutung.

Bei knapp zwei Drittel der befragten Werkzeugbauunternehmen wird die Störanfälligkeit von Prozessen als eines der größten Implementierungshindernisse angegeben. Daher sollte einem sicheren und stabilen Prozess Priorität eingeräumt werden zumal durch einen hohen Automatisierungsgrad ein Produktivitätsanstieg rein durch die Nutzung von bisher ungenutzten Zeiten zu verzeichnen sein wird.

Die besondere Herausforderung im Werkzeugbau bei der Erreichung eines stabilen Prozesses liegt in der geringen Wiederholbarkeit gleicher Prozessschritte bedingt durch geringen Losgrößen der Kleinserien- und Unikatfertigung. Hierdurch liegt eine verhältnismäßig geringe Datengrundlage vor, die zur Analyse der Stabilität verwendet werden kann. Potentielle Lösungsmöglichkeiten sind beispielsweise eine Analyse auf Maschinenbasis, eine Gruppierung von ähnlichen Prozessen oder der Einsatz von Simulationen, um eine größere Datenmenge zu generieren. So setzen die befragten Unternehmen in Abhängigkeit der Technologie moderne Programmiermethoden ein, die Simulationen ermöglichen. Eine detaillierte Betrachtung der eingesetzten Software erfolgt im weiteren Verlauf der Studie.



*„Jedes Werkstück ist ein  
Unikat!“*



# Handlungsfeld: Standardisierung

Architektur ist nicht nur im Baugewerbe entscheidend! – Wie gezielte Produkt- und Prozessstandardisierung Kosten senken und Automatisierungsprojekte vorantreiben kann.

Bei der Bauteil- und Prozessstandardisierung ist eine Herausforderung das breite und sehr individuelle Werkstückspektrum effizient im Zuge eines industriellen Werkzeugbaus umzusetzen. Durch die hohe Heterogenität und die kleinen Losgrößen lassen sich nur bedingt Standardprozessketten bilden. Daher müssen die automatisierten Lösungskonzepte flexibel gestaltet sein, um diesem Individualcharakter gerecht zu werden, ohne dabei an Wirtschaftlichkeit zu verlieren. So wird der effektive Einsatz von Automatisierungshardware, die auf konstante Rahmenbedingungen angewiesen ist, ermöglicht. Dieser Tatsache sind sich auch die befragten Unternehmen bewusst, da die Bauteil- und Prozessstandardisierung mit 70 % als das größte Implementierungshindernis für eine durchgehende Automatisierung genannt wurde. Gegenwärtig prägen Konstrukteure oftmals ihre individuelle „Handschrift“ den Bauteilen auf und nutzen verschiedene Altkonstruktionen als Basis für Neuentwicklungen. Dies führt zu folgenden negativen Einflüssen auf den Produktionsablauf:

- Vertauschte Prozessfolgen
- Variierende Fertigungsprozesse
- Verschiedene Konstruktionen
- Zusätzlicher Aufwand in der Datenverwaltung

Eine Vereinheitlichung der Produktarchitektur sowie der Prozessabfolge schafft somit einerseits die Grundlage für die Automatisierung und Industrialisierung der Produktion und behebt andererseits bestehende Missstände im Betriebsablauf.

## Produktstandardisierung

Der typische Werkzeugbau ist durch eine Unikatfertigung komplexer Werkzeuge gekennzeichnet, die individuell an die Anforderungen der Kunden angepasst werden. So bestehen die Werkzeuge der befragten Unternehmen zu 50 % aus mehr als 200 Einzelteilen, wodurch eine einheitliche Konstruktion und Produktarchitektur erschwert wird. Eine Betrachtung der konstruktiven Vorgehensweise zeigt, dass zwar Standardelemente eingesetzt werden (70 %) und Normteile aus Katalogen verwendet werden (40 %), jedoch weiterhin Optimierungsbedarf besteht. Lediglich 40 % der befragten Unternehmen setzen Werkzeugkonstruktionen ein, die mittels Parametrisierung an die jeweiligen Kundenbedürfnisse angepasst werden und zu nur 30 % finden vorkonstruierte Werkzeugelemente Verwendung.

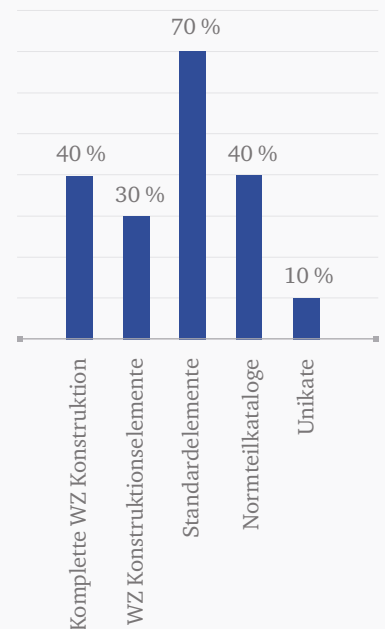
Wird im Hinblick dieser Daten der Verständniswandel im Rahmen der Industrialisierung des Werkzeugbaus betrachtet, lässt sich die derzeitige Vorgehensweise größtenteils dem traditionellen Verständnis zuordnen. Dieses beschreibt eine Verwendung von vielen auftragsspezifischen Komponenten und wenigen Norm- und Kaufteilen. Das in Zukunft erforderliche Verständnis setzt dagegen auf wenige individuell angepasste Werkzeugelemente und auf den Einsatz von standardisierten Modulen.



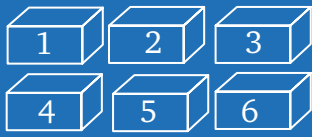
50 %

der Werkzeuge bestehen aus mehr als 200 Einzelteilen

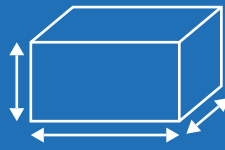
Welche Vorgehensweise beschreibt ihre Werkzeugkonstruktion am besten?  
[Mehrfachnennung möglich]



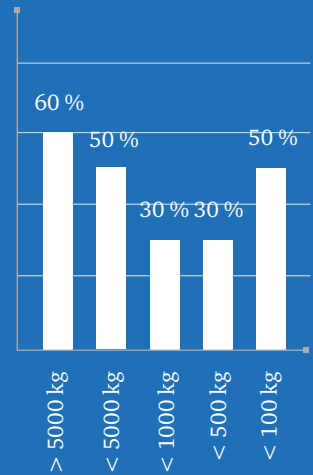
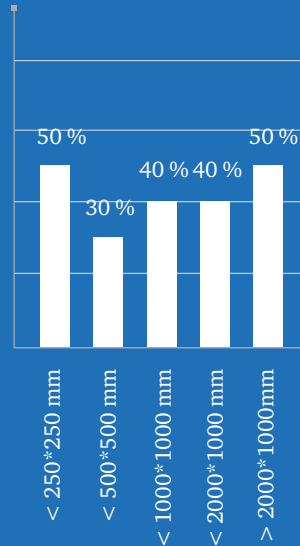
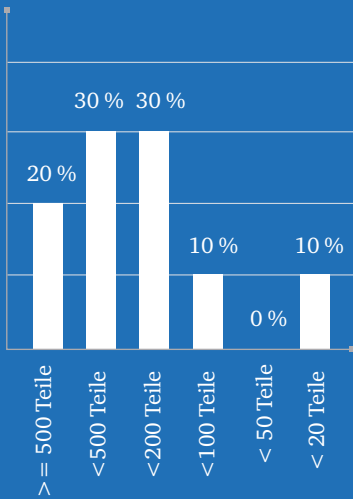
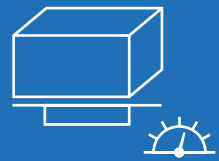
### Anzahl Einzelteile



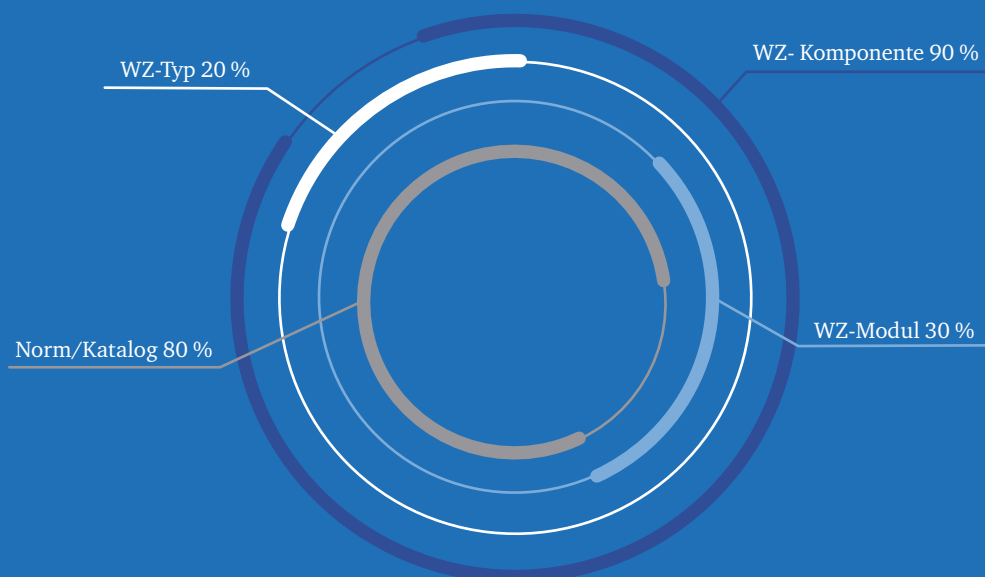
### Typische Abmessung



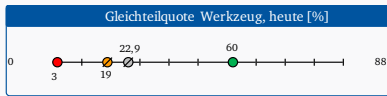
### Typisches Gewicht



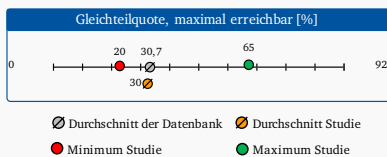
Welche Möglichkeiten zur Standardisierung verwenden Sie, um die Nutzung von Gleichteilen in Konstruktion, Fertigung und Montage zu erhöhen?  
[Mehrfachnennung möglich]



Wie hoch ist die Gleichteilquote eines typischen Werkzeugs heute?

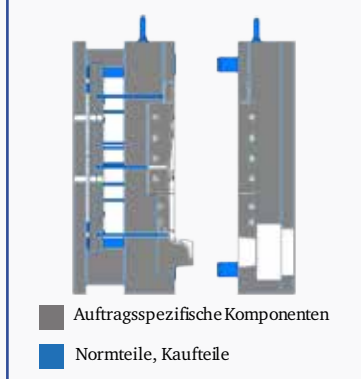


Wie hoch schätzen Sie Ihre maximal erreichbare Gleichteilquote?

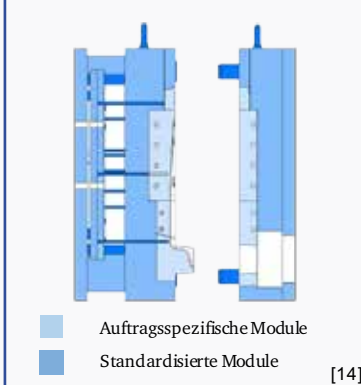


○ Durchschnitt der Datenbank    ○ Durchschnitt Studie  
● Minimum Studie                    ● Maximum Studie

**Traditionelles Verständnis**



**Erforderliches Verständnis**



[14]

Als Indikator für die Verwendung von Komponenten in mehreren Werkzeugen ist die Gleichteilquote heranzuziehen. Die Befragung der Unternehmen zeigt, dass durchschnittlich eine Gleichteilquote von 19 % vorliegt. Auffällig ist hierbei jedoch, dass eine große Spannweite vorherrscht. Einige Unternehmen konstruieren oftmals ohne die Nutzung von Synergieeffekten, sodass in diesem Fall lediglich zu 3 % auf einheitliche Komponenten zurückgegriffen wird. Andere Unternehmen wiederum zeichnen sich durch eine effizientere Produktarchitektur aus und verwenden 60 % der Komponenten in mehreren Werkzeugen. Im Rahmen des sich wandelnden Werkzeugbaus haben die Unternehmen erkannt, dass Standardisierung mittels Verwendung von Gleichteilen forciert werden muss. Daher werden gegenwärtig verschiedene Maßnahmen zur Erhöhung dieser eingesetzt.

Wird eine Standardisierung der Produkte vorangetrieben ist laut den befragten Unternehmen durchschnittlich eine Gleichteilquote von 30 % erzielbar. Im Einzelfall wird sogar von einer erzielbaren Gleichteilquote von 65 % ausgegangen. Diese Quote soll größtenteils mittels des verpflichtenden Einsatzes von Norm- und Katalogteilen (80 %) und der Definition von standardisierten Werkzeugkomponenten (90 %) erzielt werden. Die Möglichkeit der Modularisierung von Werkzeugen (30 %) wird dagegen weniger als adäquate Maßnahme erachtet. In Anbetracht der Tatsache, dass mit der Festlegung von Modulen einerseits die Voraussetzung zur Automatisierung geschaffen wird und andererseits aufgrund von Skaleneffekten Einsparpotentiale von bis zu 20 % realisiert werden können, sollte eine zunehmende Standardisierung in Betracht gezogen werden.<sup>10</sup>

Der vorteilhafte Einsatz der Modularisierung lässt sich mit einer Verschiebung des Zeitpunkts der Variantenentstehung begründen. Je später eine Variante gebildet wird, desto mehr Gleichteile können verwendet werden. Mit Hilfe eines dreischrittigen Vorgehens ist eine Standardisierung der Produktarchitektur möglich:

**1. Analyse des Produktspektrums**

Eine vollständige Auflistung des Produktprogramms und Teilespektrums ermöglicht eine erste Kategorisierung von Werkzeugtypen. Somit können grundlegende Voraussetzungen zur Standardisierung geprüft werden.

**2. Analyse des Werkzeugspektrums**

Hauptziel dieses Schrittes ist der Abgleich der Kundenanforderungen mit der Leistungsfähigkeit der Werkzeuge. Mit Hilfe eines Merkmalbaums wird die Transparenz über die marktseitig geforderte Produktqualität visualisiert. Anschließend kann mittels eines Variantenbaums eine Optimierung der Bauteilvielfalt und Montageprozesse stattfinden.

**3. Definition von Modulen**

Abschließend können die einzelnen Komponenten zusammengefasst werden. Somit ist eine Definition von Standardgestellen möglich. Darüber hinaus ist die Festlegung von übergreifenden Modulen möglich.

## Prozessstandardisierung

Mit weniger als 10 Fertigungsfolgen können zumeist 90 % der Kundenaufträge bearbeitet werden. Wird die Tatsache berücksichtigt, dass bei den befragten Werkzeugbauunternehmen bis zu 16 verschiedene Fertigungstechnologien eingesetzt werden, ist eine effiziente Abfolge von Bedeutung. Neben allgemeinen Vorteilen wie der verkürzten Durchlaufzeit, einer höheren Qualität und geringeren Fertigungskosten ist sie zudem Voraussetzung für die Automatisierung. Optimierte Fertigungsabfolgen gewährleisten gleichbleibende Material- und Logistikwege, sodass bspw. ein automatisches Handlingsystem eingesetzt werden kann.

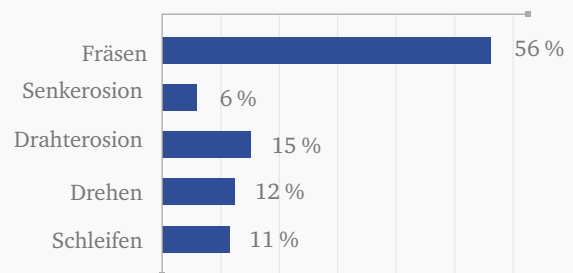
Eine Analyse der Prozesskette ermöglicht hierbei zunächst die Identifizierung von Standardflüssen, sodass anschließend Hauptfertigungsflüsse festgelegt werden können. Abschließend lassen sich mit einer Häufigkeitsverteilung Hauptprozesslinien ableiten. Werden die im Werkzeugbau typischen Fertigungstechnologien betrachtet, gebührt dem Fräsen mit einem Zeitanteil von 56 % bei den befragten Unternehmen besondere Aufmerksamkeit. Diese Technologie bietet somit einen ersten Anhaltspunkt für eine Optimierung der Prozessfolge.

Zudem muss bei der Auslegung der Fertigungsabfolge berücksichtigt werden, dass nicht zwangsläufig die Technologien mit der geringsten Bearbeitungszeit am besten geeignet sind. Aufgrund von hohen Warte-, Rüst- und Einrichtzeiten ist es möglich, dass eine andere Technologiekombination mit einer höheren Bearbeitungsdauer durch geringere Nebenzeiten wirtschaftlicher ist. Im Kontext

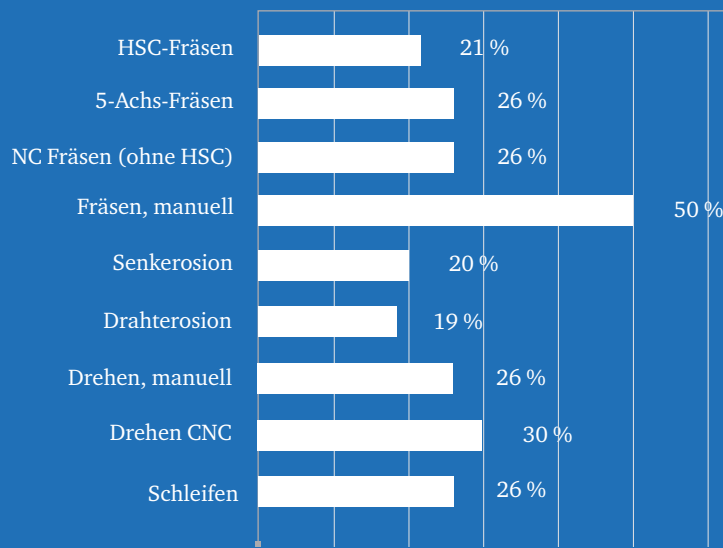
der Automatisierung ist besonders durch die eingesetzte Hardware eine Verkürzung dieser Nebenzeiten zu erzielen. Bei den befragten Unternehmen im Werkzeug- und Formenbau zeichnet sich bei den durchschnittlichen Rüstzeiten mit Ausnahme des manuellen FräSENS ein relativ homogener Rüstzeitanteil von durchschnittlich 24 % ab. Beim internen Rüstzeitanteil, der aufgrund eines Maschinenstillstands möglichst zu vermeiden ist, zeigt sich eine heterogenere Verteilung in Bezug auf die eingesetzten Fertigungstechnologien. Während das HSC-Fräsen (21 %), das 5-Achs-Fräsen (32 %) und die Senk- (32 %) und Drahterosion (41 %) die geringsten internen Rüstzeitanteile aufweisen ist beim Schleifen (74 %) und Drehen (68 %) ein langer Maschinenstillstand zu verzeichnen.

Mit dem Einsatz von Automatisierungshardware ist es möglich, die internen und externen Rüstzeiten zu verringern. Als Resultat können sich neue wirtschaftlichere Technologiekombinationen ergeben. Im weiteren Verlauf der Studie werden die Möglichkeiten von Automatisierungshardware und deren Vorteile detailliert erläutert.

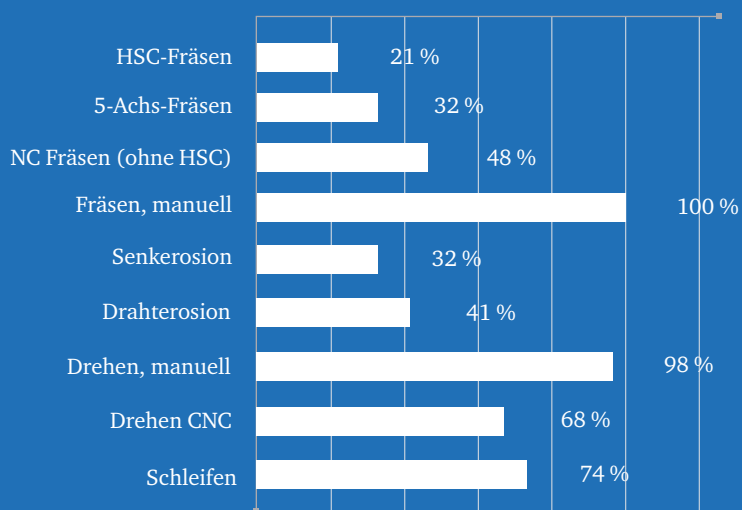
Wie hoch ist der Zeitanteil der genannten Fertigungstechnologien?



### Wie hoch ist der Rüstzeitanteil?



### Wie hoch ist der Anteil des internen Rüstens?





*„Eine Vielzahl an  
Teilen!“*



# Handlungsfeld: Datenbereitstellung und Datenfluss

Elementarer Baustein der Automatisierung sind moderne Computersysteme und deren Vernetzung.

Grundlage für die Automatisierung des Materialtransports, des Werkzeug- und Werkstückwechsels sowie der Werkstückbearbeitung ist die Verfügbarkeit von Daten für Anlagen und Informationssysteme sowie eine technische Infrastruktur. Unter dem Begriff „Daten“ werden sämtliche Informationen über den gesamten Produktlebenszyklus verstanden wie bspw. Geometrie, Werkstoffdaten und Fertigungshistorie. Bei den befragten Unternehmen gibt es eine große Varianz hinsichtlich der verschiedenen Datenarten, der Anzahl sowie der Systemlandschaft. Folgende Daten werden dabei als wichtig für eine Automatisierung erachtet:

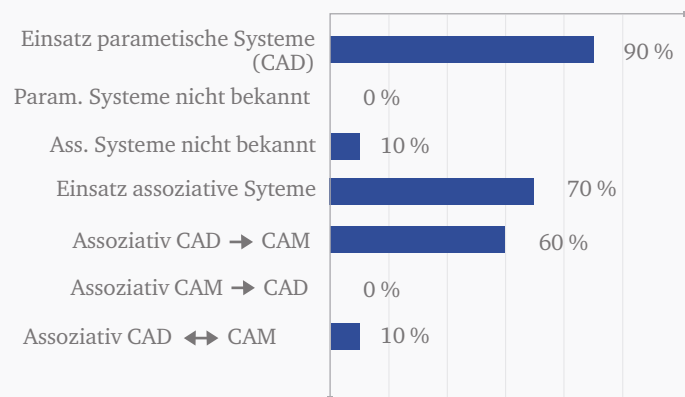
- CAD-/ CAM-/ NC-Programme  
Werkzeug- und Werkzeugersatzdaten
- Werkstückersatzdaten
- Ist-Daten des Werkstücks vor der Bearbeitung
- Bearbeitungswerkzeuge/Standzeiten  
Fräswerkzeuge/Prozessparameter
- Planungsdaten und Vorgabezeiten
- Prozessfolgen/ Jobmanagement
- Spannsituation
- Messprogramme
- Identifikation und Beschriftung

Die folgende Betrachtung der Datenverfügbarkeit und -verwendung gliedert sich in zwei Teile: Die Datenbereitstellung und der Datenfluss innerhalb der Unternehmen.

## Datenbereitstellung

Die häufig vorhandene Unikatfertigung im Werkzeugbau stellt besondere Herausforderungen an die eingesetzten Softwaresysteme, da aufgrund häufiger Anpassungen flexible Systeme gefordert werden. Eine Betrachtung der in der Studie befragten Werkzeugbaubetriebe zeigt, dass zwar überwiegend parametrisierte CAD-Systeme (Computer-Aided Design) eingesetzt werden, jedoch nur zu 70 % auf assoziative Systeme gesetzt wird. Der Vorteil einer Assoziation zwischen Modellen und abgeleiteten Anwendungen wie beispielsweise Zeichnungen und NC-Code (Numerical Control) besteht in der einfachen Übernahme von Änderungen. Hierdurch entfällt das Neuerstellen von Zeichnungen und Konstruktionen lassen sich einfacher abändern und die Flexibilität wird erhöht. Somit besteht auch in diesem Bereich die Möglichkeit für die Steigerung des Automatisierungsgrades.

Welche Eigenschaften weisen Ihre eingesetzten CAD-/CAM- Systeme auf?  
[Mehrfachnennung möglich]

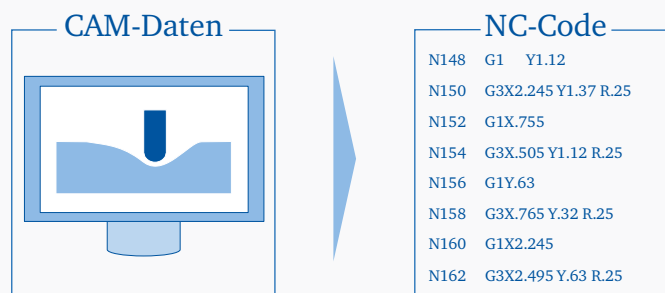


Die direkte Datenbereitstellung an den Maschinen variiert je nach betrachteter Technologie stark. Zu unterscheiden sind die zentrale und dezentrale CAM-Programmierung (Computer-Aided-Manufacturing) sowie die Online-Programmierung an stehender oder laufender Maschine. Das Fräsen und die Drahterosion zeichnen sich größtenteils durch eine CAM-Programmierung aus, die nicht an der Maschine durchgeführt wird. So setzen ca. zwei Drittel der Unternehmen beim Fräsen und bis zu 90 % bei der Drahterosion auf eine von der Maschine getrennte Programmierung. Begründet werden könnte dies mit der Komplexität einer simultanen 5-Achs-Bearbeitung, die im Werkzeugbau häufig Anwendung findet. Beim Fräsen ist des Weiteren aufgrund der großen Geometrieänderung die Gefahr einer Kollision zwischen Werkzeug und Werkstück nicht zu vernachlässigen, weshalb der Einsatz von CAM-Simulationen zur Erstellung einer effektiven und sicheren Bahnplanung zu empfehlen ist. Dementsprechend setzt auch jedes Unternehmen auf eine Simulation des NC-Codes.

Bei anderen im Werkzeugbau relevanten Technologien wie der Senkerosion, dem Drehen oder dem Schleifen ist auffällig, dass der Anteil der direkten Maschinenprogrammierung relativ hoch ist. 40 % der befragten Unternehmen geben an, beim Schleifen und beim Drehen an der stehenden Maschine zu programmieren. Auch wenn der Programmieraufwand aufgrund weniger ansteuerbarer Achsen geringer ist, führt eine stehende Maschine stets zu einem nachteiligen Effekt auf die Durchlaufzeit und sollte möglichst vermieden werden. Des Weiteren bedeutet eine Programmierung an der Maschine, dass

eine Datendurchgängigkeit nicht gegeben ist. Diese ist jedoch essentiell für eine erfolgreiche Maschinenverkettung im Rahmen der Automatisierung von verschiedenen Fertigungstechnologien.

Üblicherweise erfolgt die automatisierte Umwandlung der CAM-Daten in NC-Code mit Post-Prozessoren. Ein Mitarbeiter hat die Aufgabe, Rahmenbedingungen vorzugeben. Da die CNC-Dateien individuell an die verwendete Steuerung und ggf. an die Maschine angepasst werden müssen, sind in jedem Unternehmen durchschnittlich 10,6 verschiedene Post-Prozessoren im Einsatz, wobei eine große Spannweite bei den Unternehmen vorzufinden ist. Während manche Unternehmen einen sehr homogenen Maschinenpark aufweisen und lediglich auf 3 Post-Prozessoren angewiesen sind, verwenden andere Werkzeugbaubetriebe bis zu 21 verschiedene Post-Prozessoren. Auch wenn die Code-Umwandlung automatisiert ist, bedeutet eine hohe Anzahl an Post-Prozessoren dass das Handling der notwendigen Prozessdaten komplex ist und somit eine Automatisierung erschwert wird.



## Datenfluss

Der moderne Werkzeugbau erfordert eine umfangreiche Vernetzung zwischen den verschiedensten Entitäten. Einerseits müssen diese über einen wertschöpfungsrelevanten Datenstrom und andererseits über einen reinen Informationsdatenstrom miteinander verbunden sein. Eine Betrachtung der Datendurchgängigkeit im Bereich des Werkzeugbaus zeigt, dass in ca. 50 bis 60 % der Unternehmen Durchgängigkeit gegeben ist. Auch wenn alle Betriebe über entsprechende Viewer (100 %) verfügen und teilweise bereits Smartphones (30 %) und Tablets (20 %) in der Fertigung einsetzen, ist dies allerdings noch nicht mit einer automatisierten oder papierlosen Datenbereitstellung gleichzusetzen. Im Schnitt werden ungefähr die Hälfte aller Daten auch heute noch auf Papier bereitgestellt. Auffällig ist die breit gestreute Verteilung über die befragten Werkzeugbaubetriebe. Wird beispielsweise die Einrichtung des Maschinenarbeitsplatzes betrachtet, liegen bei knapp einem Drittel der befragten Unternehmen die Informationen ausschließlich elektronisch vor und bei 20 % findet sowohl eine elektronische Datenübertragung als auch die Verwendung von Laufzetteln Anwendung. Jedoch setzen noch die Hälfte der in der Studie befragten Unternehmen alleinig auf händische Datenübertragung mit Blättern, sodass eine Grundvoraussetzung für die Automatisierung nicht gegeben ist.

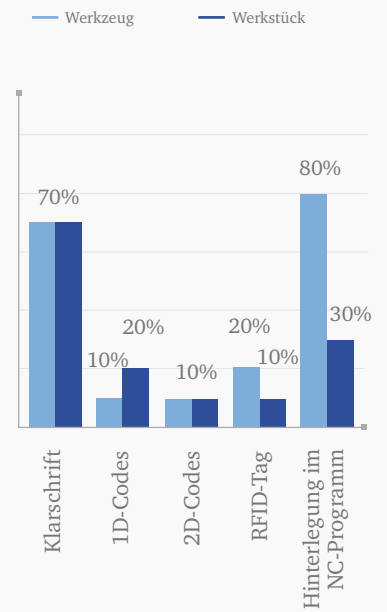
Die Möglichkeiten zur Identifikation von Werkstücken und Werkzeugen sind vielfältig. Diese unterscheiden sich grob in Klarschrift, die manuell ausgelesen werden kann, in 1D und 2D-Codes sowie RFID-Tags (Radio-Frequency-Identification-Kennzeichnung), die automatisch ausgelesen werden können. Eine weitere Möglichkeit ist die Erfassung der Position in einem Werkstück- oder Werkzeugmagazin, die im NC-Programm hinterlegt wird.

Die Verteilungen der eingesetzten Varianten unterscheiden sich bezogen auf Werkstück und Werkzeug. Werkstücke werden in den meisten Fällen mit Klarschrift beaufschlagt. Dadurch lassen sich die Werkstücke einfach manuell identifizieren. Auch die anderen Verfahren finden Anwendung, allerdings bezogen auf das Werkstück nicht so häufig.

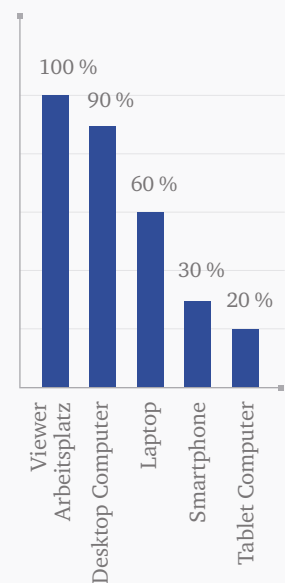
Beim Werkzeug sieht die Verteilung bedeutend anders aus. Auch hier wird Klarschrift zur Identifikation eingesetzt, allerdings sind die Speicherung im NC-Programm der Maschine und die Nutzung von RFID-Tags gleichbedeutend wichtig. Sehr auffällig ist an dieser Stelle der verhältnismäßig hohe Anteil von eingesetzten RFID-Tags. Für eine Automatisierung der Fertigung bietet diese Technik, auf Grund der guten Auslesbarkeit und der hohen Datenspeicherkapazität perfekte Voraussetzungen. Kombinationslösungen aus Speicherung über RFID-Tags und die NC-Steuerung sind bezogen auf das Werkzeug durchaus verbreitet.

Mit fortschreitender Informations- und Übertragungstechnik werden an dieser Stelle weitere Verkettungs- und Erfassungslösungen Einzug erhalten, die über Mittel der Digitalisierung ergänzt und verwaltet werden können. Notwendige Voraussetzung ist allerdings, dass die Zurückhaltung der Werkzeugbaubetriebe aufgrund von Angst vor Datenmissbrauch abnimmt. Außerdem ist anzustreben, dass die Unternehmen im Bereich des Werkzeugbaus eigene Systemlösungen erarbeiten und sich nicht an die Strategien der Großkonzerne anpassen. Diese sind oftmals auf eine Serienfertigung ausgelegt und somit nicht für den Werkzeugbau praktikabel. Als Indikator für eine erfolgreiche Etablierung eines durchgängigen Datensystems dient dabei die Datenverfügbarkeit. Zur richtigen Zeit müssen die richtigen Daten am richtigen Ort sein.

Welche Identifikationssysteme werden bei Ihnen im Unternehmen für die Identifizierung von Werkstücken bzw. Werkzeugen eingesetzt? [Mehrfachnennung möglich]



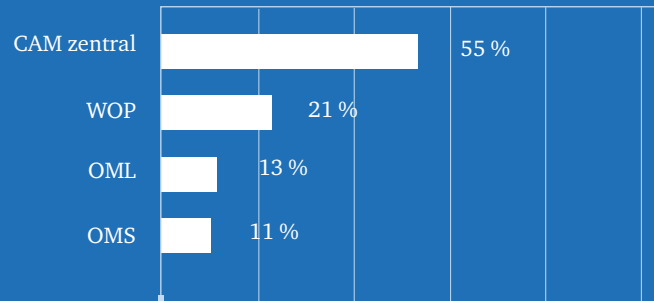
Setzen Sie im Werkzeugbau folgende firmeneigene Hardware ein? [Mehrfachnennung möglich]



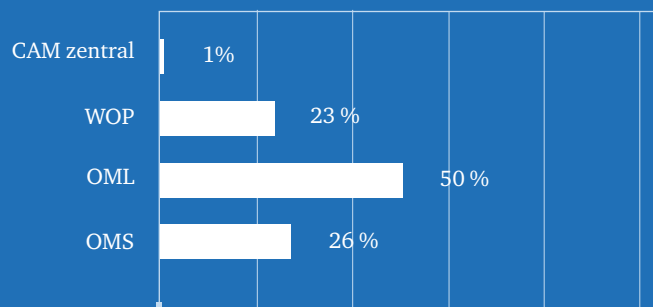
## Programmierung

Wie wird in Ihrem Unternehmen in den genannten Technologien programmiert?

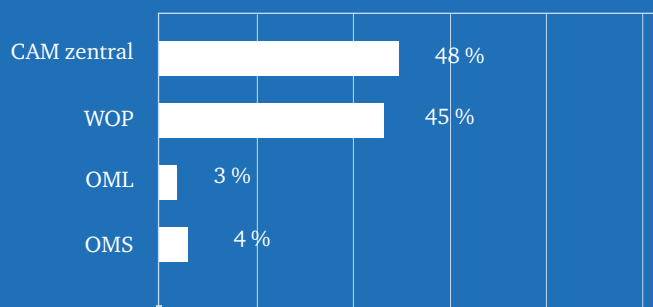
Fräsen



Senk-  
erosion



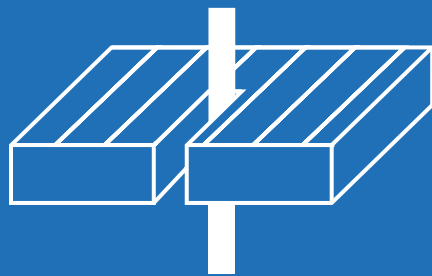
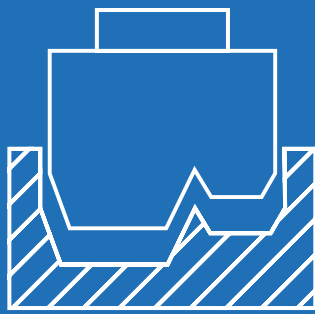
Draht-  
erosion



WOP = Werkstattorientierte Programmierung

OML = Online-Programmierung an laufender Maschine

OMS = Online-Programmierung an stehender Maschine





*„Mitarbeiter sind  
essentiell!“*

# Handlungsfeld: Berücksichtigung der Mitarbeiter hinsichtlich Automatisierung

„Automatisierung kostet uns den Arbeitsplatz!“ – Wie werden Mitarbeiter von der Automatisierung überzeugt?

Die befragten Unternehmen sehen die Widerstände der Mitarbeiter als drittgrößtes Hemmnis bei der Automatisierung an. Demnach sollte ein wichtiger Bestandteil bei Automatisierungsvorhaben von Werkzeugbauunternehmen die Einbeziehung, Motivation und letztendlich auch die Überzeugung der Mitarbeiter sein. Nach einem Modell von John Barbuto und Richard Scholl lassen sich die Quellen der Motivation in zwei Kategorien abbilden, die im Folgenden betrachtet werden.<sup>11</sup>

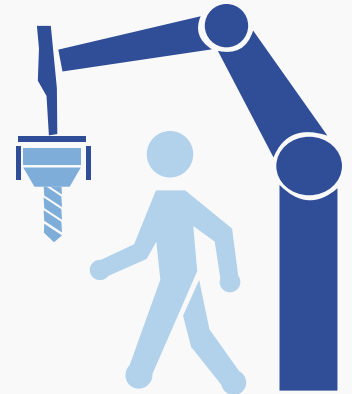
## Extrinsische Motivation

Das Bedürfnis der Mitarbeiter nach Anerkennung lässt sich mit einem einfachen Mittel befriedigen: Kommunikation. Regelmäßige Feedbackrunden ermöglichen den Mitarbeitern, sich entsprechende Anerkennungen entgegenzubringen. Hauptaugenmerk bei der Einbeziehung von Mitarbeitern in Automatisierungsprojekten sollte jedoch sein, der Angst vor dem Verlust des Arbeitsplatzes entgegenwirken. Bei den befragten Studienteilnehmern zeigt sich in Abhängigkeit der Fertigungstechnologie schon heutzutage ein hoher Anteil an mannloser Laufzeit. Besonders im Bereich der Draht- (64 %) und Senkerosion (61 %) sowie dem HSC-Fräsen (47 %) ist die mannlose Fertigung auf einem hohen Niveau. Mit dem fortschreitenden Einsatz von Automatisierungshardware ist davon auszugehen, dass der Anteil der mannlosen Fertigung in Zukunft weiter zunehmen wird. Das Aufgabenspektrum der Mitarbeiter wird sich dabei vom reinen Bedienen der Anlage zum Management und zur Planung verlagern. Digitale Geräte zur Maschinenüberwachung ermöglichen hierbei die ortsunabhängige Erbringung der Leistung, wohingegen die physische Anwesenheit weniger von Bedeutung ist.

## Intrinsische Motivation

„Aus eigenem Antrieb“ ist eine mögliche Definition der intrinsischen Motivation. Gemeint ist damit, dass die Mitarbeiterzufriedenheit neben der Entlohnung beispielsweise von der allgemeinen Unternehmenskultur, der individuellen Förderung, flexibler Arbeitsplatzgestaltung und Identifikation mit dem Unternehmen abhängig ist. So geben 81 % der Mitarbeiter in der WBA Studie „Erfolgreich Mitarbeiter Motivieren“ an, dass das Wohlfühlen im Unternehmen wichtiger als die Entlohnung sei.<sup>12</sup>

Werkzeugbaubetriebe können dieses Wissen nutzen, um Automatisierungsprojekte nachhaltig im Unternehmen zu etablieren. So hat es sich in der Praxis als vorteilhaft erwiesen, interdisziplinäre Projektteams bei der Implementierung von Automatisierungslösungen zu bilden. Die Zusammenarbeit schließt alle Projektphasen beginnend bei der Auslegung der kompletten Hard- und Software bis zur Inbetriebnahme der Anlage ein. Hierdurch wird einerseits der Zusammenhalt und das sogenannte „Wir-Gefühl“ gestärkt und andererseits werden die verschiedenen Fähigkeiten und Kenntnislände der Mitarbeiter bei der Investitionsentscheidung mit einbezogen. Durch Erfahrungen beim manuellen Bedienen einer Anlage ist es Maschinenbedienern möglich, differenzierte Aussagen über Ausstattungsmerkmale der zu beschaffenden Anlage zu treffen. Auch die durch dieses Vorgehen größere Identifikation mit der neuen Anlage ist ein wichtiger intrinsischer Motivator. Eine aktive Einbeziehung der Mitarbeiter wird zudem späteren Beschwerden aufgrund unzureichender Maschinenausstattung entgegenwirken.







***"Fortschritt in allen  
Bereichen!"***

# Umsetzung: Einsatz von Automatisierungshardware

Automatisierte Handhabung – Produktionstechnisch wünschenswert! Aber wirtschaftlich sinnvoll?

Entscheidend für eine erfolgreiche Automatisierung des industriellen Werkzeugbaus sind die verwendeten Hardwaresysteme. Ziel sollte es sein, verschiedene Maschinen miteinander zu verknüpfen, sodass der Materialtransport, die -bereitstellung und letztendlich die Bearbeitung automatisiert ablaufen. Das Resultat ist somit eine ganzheitliche Verknüpfung der Prozesse. Hierdurch sind ein mannloser Betrieb, eine Taktung sowie eine Durchlaufzeitverkürzung realisierbar.

Eine Betrachtung der Fertigungsprozesse in Werkzeugbauunternehmen zeigt, dass eine automatisierte Materialbereitstellung vor allem dann sinnvoll ist, wenn kurze Zykluszeiten auf sehr kostenintensiven Werkzeugmaschinen realisiert werden sollen. Im Werkzeugbau sind die Bearbeitungszeiten als eher lang zu bezeichnen. Eine Automatisierung ist in Bezug auf die Produktivitätszeit der Maschinen dennoch sinnvoll. Grundsätzlich ist eine Herausforderung bei der Materialbereitstellung die Schnittstellenstandardisierung zwischen Transportmittel und Werkstück bzw. zwischen Transportmittel und Werkzeug. Erst in letzter Instanz ist eine Betrachtung einer umfassenden Maschinenverkettung sinnvoll. Daher gliedert sich die Betrachtung der Automatisierungshardware in folgende drei Teile:

- Werkzeugbereitstellung
- Werkstückbereitstellung
- Maschinenverkettung

Auffällig ist, dass bereits 50 % der befragten Unternehmen seit mehr als fünf Jahren und 20 % Automatisierungsprojekte seit mehr als zwei Jahren verfolgen. Jedoch haben 10 % der Werkzeugbaubetriebe bisher keine Projekte im Bereich der Automatisierung durchgeführt.

## Werkzeugbereitstellung

Üblicherweise werden die verwendeten Werkzeuge mittels eines Werkzeugwechslers bereitgestellt. Die Vorteile sind vor allem eine erhöhte Flexibilität und erhöhte Produktivität. Der Einsatz von Werkzeugwechslern divergiert stark in Abhängigkeit der betrachteten Technologie. Während beim Fräsen (100 %) und bei der Senkerosion (70 %) eine weite Verbreitung von Werkzeugwechslern gegeben ist, werden bei der Drahterosion überwiegend manuell die Werkzeuge bereitgestellt (20 %). Eine mögliche Begründung für diesen Unterschied ist in der Form der Werkzeuge zu finden. Während die Werkzeughalter von Fräswerkzeugen für die Aufnahme in einer Spindel genormt sind und Senkerodiermaschinen ebenfalls eine standardisierte Schnittstelle aufweisen, muss der Draht bei der Drahterosion aufwändig eingefädelt werden.

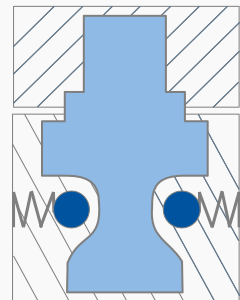
Dieser technologische Unterschied ist auch im Rahmen der Werkzeugvoreinstellung zu sehen. Die Werkzeugvoreinstellung ist ein wichtiges Element für ein umfassendes Werkzeugmanagementsystem. So ermöglicht es das Einstellen von bspw. Fräsern in einer genormten Aufnahme. Die im Verhältnis zur Erosion aufwendigen Werkzeuge beim Fräsen erklären den hohen Automatisierungsgrad von 90 %, wohingegen bei der Senkerosion nur ein Automatisierungsgrad von 50 % vorliegt. Bei den befragten Unternehmen findet dagegen keine Werkstückvorbereitung bei der Drahterosion statt.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass der übergreifende Einsatz einer Werkzeugdatenbank bei 80 % der befragten Unternehmen Verwendung findet. Da diese eine bessere Dokumentation und Flexibilität ermöglicht, ist verwunderlich, dass die Werkzeugdaten noch zu großen Teilen in Papierform (40 %) oder überhaupt nicht schriftlich festgehalten werden (30 %).



50 %

der befragten Unternehmen verfolgen seit mehr als 5 Jahren Automatisierungsprojekte

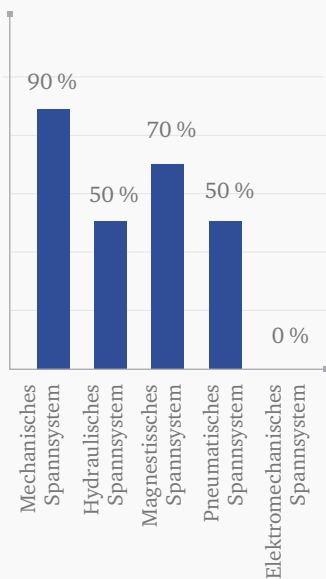




80 %

der befragten Unternehmen setzen Nullpunktspannsysteme ein

Welches Spannsystem/ welche Spannsysteme werden in Ihrem Unternehmen genutzt?  
[Mehrfachnennung möglich]



## Werkstückbereitstellung

Bei der Bereitstellung von Werkstücken wird auf Palettiersysteme mit integrierten Nullpunktspannsystemen zurückgegriffen, sodass eine einheitliche Schnittstelle geschaffen ist. So können verschiedene Werkstückgeometrien und -größen transportiert werden, ohne dass das Greifersystem angepasst werden muss. Bei den befragten Werkzeugbaubetrieben nutzen 57 % bereits Nullpunktspannsysteme zur Einspannung von Werkstücken in der mechanischen Fertigung. Im Zusammenhang mit Nullpunktspannsystemen ist zudem interessant, dass 80 % der befragten Unternehmen Nullpunktspannsysteme besitzen, diese aber nicht zwingend zum Einspannen von Werkstücken einsetzen. Grund hierfür könnte beispielsweise der Einsatz von Nullpunktspannsystemen bei der Funkenerosion als Elektrodenhalter sein. Wünschenswert wäre es daher, wenn die Werkzeugbaubetriebe die vorhandene Erfahrung auf den Einsatz als Werkstückhalter transferieren würden, um somit eine Voraussetzung für die Automatisierung zu schaffen. Zusätzlich bieten Nullpunktspannsysteme Vorteile in Form von Durchgängigkeit und hauptzeitparallelem Rüsten. Dagegen sind das zusätzliche Gewicht, die Beschränkung des maximalen Werkstückgewichts, die aufwendige Vorbereitung der Werkstücke für die Einspannung in Nullpunktspannsysteme und ggf. notwendige Anpassungen für verschiedenen Werkzeuggeometrien als Nachteile zu nennen. Damit die im weiteren Verlauf der Studie beschriebenen Handhabungssysteme eingesetzt werden können, besteht also noch Handlungsbedarf bei den befragten Werkzeugbauunternehmen.

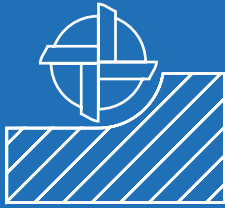
Damit die Nullpunktspannsysteme ihre Funktion als standardisierte Handhabungsschnittstelle entfalten können, sind Palettiersysteme von Nöten. Grundsätzlich verbessern diese die Transportlogistik, erhöhen die Maschinenauslastung und erweitern den manuellen Betrieb, da weniger manuelle Transport-schritte durchzuführen sind. Ähnlich wie bei

der Werkzeugvorbereitung zeigt sich auch bei der Werkstückpalettierung ein technologischer Unterschied. Während beim Fräsen nahezu alle (90 %) befragten Werkzeugbauunternehmen ein Palettiersystem verwenden, ist der Einsatz bei der funkenerosiven Bearbeitung mit 50 % weniger ausgeprägt.

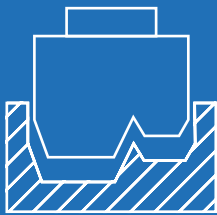
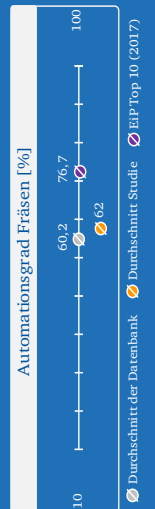
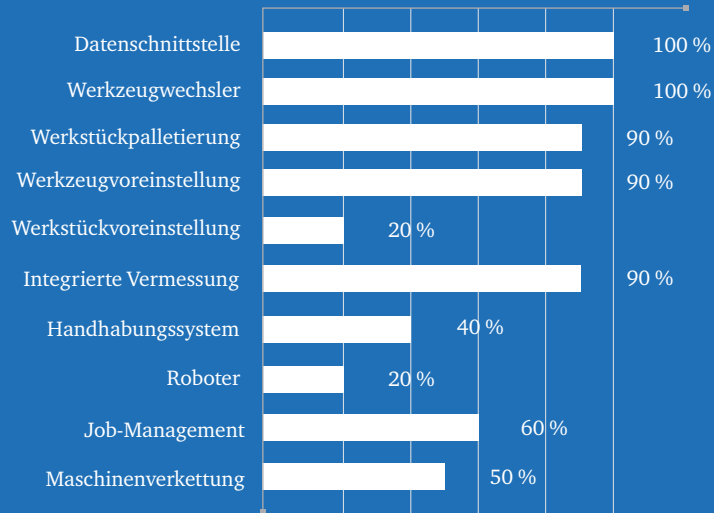
Hinsichtlich des Automatisierungsgrads bei den befragten Werkzeugbaubetrieben ist die Werkstückvoreinstellung interessant. Hier zeichnet sich ein gegenläufiger Trend bei den Technologien ab. Die Hälfte der Werkzeugbaubetriebe bereitet die Werkstücke vor der funkenerosiven Bearbeitung in einer Maschine vor, wohingegen lediglich 20 % der Unternehmen beim Fräsen auf diesen Arbeitsschritt setzen. Die Vorteile im Rahmen der Automatisierung liegen dabei auf der Hand. Neben dem durchlaufzeitverkürzenden hauptzeitparallelen Rüsten, wird ein automatisches Ein- und Auswechseln der Werkstücke ermöglicht.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der für eine erfolgreiche Automatisierung von Bedeutung ist, ist der Einsatz von Handhabungssystemen. Erst mit diesen und den vorher vorgestellten Automatisierungskomponenten ist ein ganzheitlicher automatisierter Werkstückfluss möglich. Bei den befragten Werkzeugbauunternehmen verwendet jedes Unternehmen ein solches System. Auffällig ist jedoch, dass kein einheitliches System verwendet wird. Eine technologische Betrachtung zeigt abermals, dass der Automatisierungsgrad des Fräsens am weitesten fortgeschritten ist und dass die Drahterosion mit 20 % Handlungsbedarf hat.

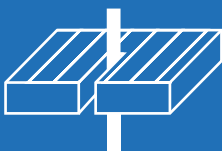
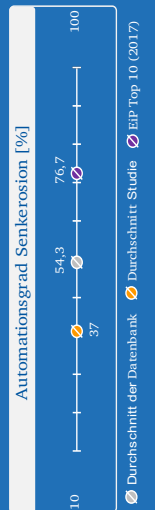
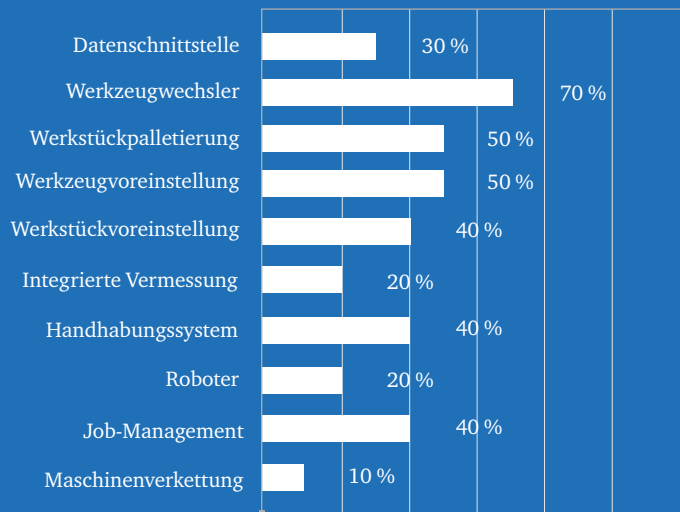
## Welche Automatisierungsmaßnahmen nutzen Sie in den einzelnen Technologien? [Mehrfachnennungen möglich]



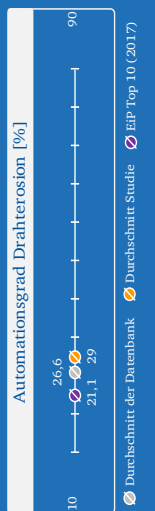
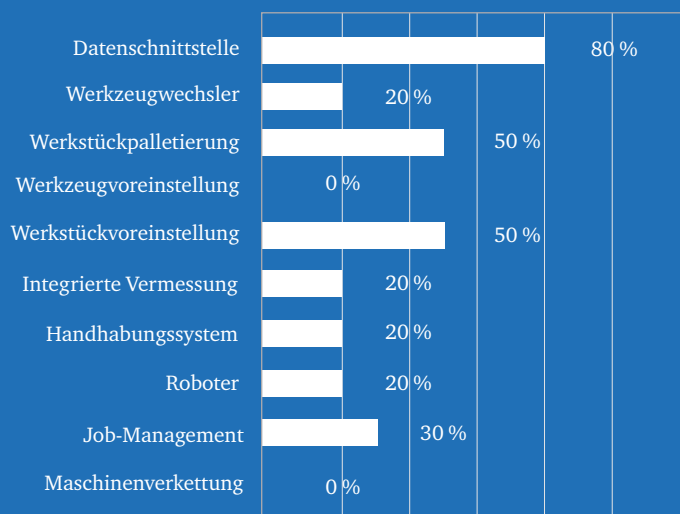
Fräsen



Senkerosion



Drahterosion



### Erläuterung Kennzahlen

Automationsgrad: Einsatz der Automation im Unternehmen. Keine Bewertung des Umfangs des Einsatzes.



15 %

der befragten Unternehmen  
setzen auf eine  
Maschinenverkettung



## Maschinenverkettung

Ziel einer erfolgreichen Automatisierung ist eine erfolgreiche Verkettung der Maschinen. Diese beinhaltet neben dem automatisierten Material- und Datenfluss zwischen den Werkzeugmaschinen auch die Komponenten Werkzeugmagazine, externe Rüst- und Messplätze sowie Werkzeuvoreinstellungen. Die Vorteile sind überwiegend die hohe Produktivität und der mannlose Betrieb, aber auch eine durch die Verkettung verbesserte Potentialausschöpfung des Systems.

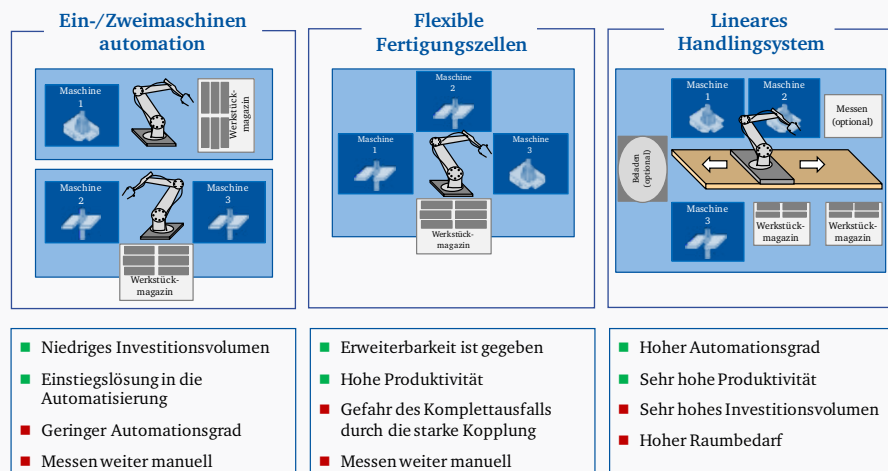
Die Verwendung von ganzheitlichen Maschinenverkettungen ist bei den befragten Unternehmen ebenfalls abhängig von der betrachteten Technologie. Zu 20 % wird beim Fräsen und zu 10 % bei der Senkerosion auf eine Verkettung gesetzt. Bei anderen Technologien wie bei der Drahterosion findet keine Maschinenverkettung statt. Wird die Maschinenverkettung allgemein betrachtet, setzen lediglich 15 % Werkzeugbaubetriebe gegenwärtig auf eine Verkettung von Werkzeugmaschinen. Diese Zahlen zeigen, dass die Unternehmen die Vorteile einer Maschinenverkettung noch nicht erkannt haben bzw. die teilweise hohen Investitionen scheuen.

## Gestaltung von Automatisierungssystemen

Im Rahmen der Automatisierung wird zwischen drei verschiedenen Systemen unterschieden:

- Ein- /Zweimaschinen- automation
- Flexible Fertigungszellen
- Lineares Handlingsystem

Die Ein-/ Zweimaschinenautomation stellt aufgrund des geringen Investitionsvolumens den Einstieg in automatisierte Fertigungssysteme dar. Nachteilig ist jedoch der im Vergleich geringe Automatisierungsgrad und die Notwendigkeit des manuellen Messens. Flexible Fertigungszellen zeichnen sich durch eine Erweiterbarkeit sowie Steigerung der Produktivität aus. Letztes wird durch eine starke Kopplung der einzelnen Maschinen erzielt. Die Gefahr eines Komplettausfalls ist dadurch jedoch gesteigert. Des Weiteren ist als Nachteil zu nennen, dass das Messen häufig manuell stattfindet. Das lineare Handlingsystem ist die Automatisierungslösung mit dem höchsten Automatisierungsgrad und zugleich mit der höchsten Produktivität. Dies geht jedoch einher mit einem sehr hohen Investitionsvolumen und einem hohen Raumbedarf.



## Zusammenfassung

Eine Betrachtung der befragten Unternehmen zeigt, dass der Automatisierungsgrad Verbesserungspotential aufweist. So ist im Vergleich zu den besten Werkzeugbauunternehmen beim Wettbewerb „Excellence in Production“ (EiP), ausgerichtet vom Fraunhofer IPT und dem WZL der RWTH Aachen, in allen betrachteten Technologien ein Rückstand zu erkennen. Besonders markant ist dieser jedoch bei der Senkerosion. Der Automatisierungsgrad der befragten Unternehmen liegt in dieser Technologie lediglich bei 37 %, während andere Werkzeugbauunternehmen bereits einen Automatisierungsgrad von 76,7 % (EiP Top 10) aufweisen können. Werden andere im Werkzeugbau relevante Fertigungstechnologien betrachtet, relativiert sich der Rückstand ein wenig. Der Automatisierungsgrad beim Fräsen ist mit 62 % (zu 76,7% EiP Top 10) ähnlich wie bei der Drahterosion mit 29 % (zu 21,1 % EiP Top 10) mit den besten Werkzeugbaubetrieben zu vergleichen.

Eine Betrachtung der ganzheitlichen Maschinenverkettung zeigt jedoch, dass bei allen Werkzeugbaubetrieben Handlungsbedarf besteht. Eine Verkettung von 15 % ist nicht ausreichend, um von einem automatisierten Werkzeugbau am Standort Deutschland zu sprechen. Die Vorteile und Schritte zur ganzheitlichen Automatisierung wurden in dieser Studie bereits aufgezeigt, sodass abschließend eine monetäre Betrachtung die finanziellen Einflüsse der Automatisierung verdeutlicht.



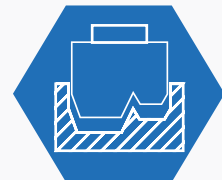
62 %

beträgt der  
Automatisierungsgrad beim  
Fräsen bei den befragten  
Unternehmen



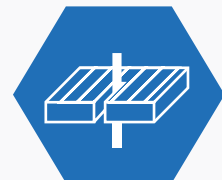
37 %

beträgt der  
Automatisierungsgrad bei  
der Senkerosion bei den be-  
fragten Unternehmen



29 %

beträgt der  
Automatisierungsgrad bei  
der Drahterosion bei den  
befragten Unternehmen



# Analyse: Monetäre Betrachtung von Automationssystemen

Teuer gleich gut?!

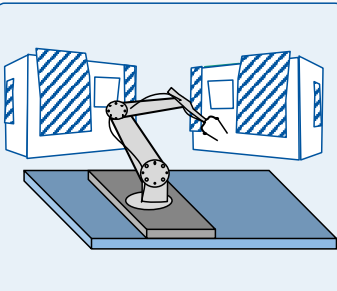
Eine methodische Betrachtung von Automatisierungssystemen schafft Klarheit!



## Monetäre Aspekte

- Kosten und Erträge bezogen auf das Investitionsobjekt
- Entscheidung über die finanzielle Vorteilhaftigkeit des Projektes anhand wirtschaftlicher Kennzahlen

Anwendung der  
Investitionsrechnung



## Anwendung der Nutzwertanalyse

- Nicht finanziell messbare Konsequenzen des Vorhabens
- Bewertung des Projektnutzens bezogen auf verschiedene Unternehmensbereiche wie das Produktionssystem, die Mitarbeiter etc.

## Qualitative Aspekte



Als eines der größten Implementierungshindernisse bei der Automatisierung sehen die befragten Unternehmen die hohen Investitionskosten (50 %). Nichtsdestotrotz verfolgen derzeit 70 % der Unternehmen Automatisierungsprojekte. Der durchschnittliche Investitionsanteil für Automatisierungsprojekte beträgt 34 %. Auffällig hierbei ist jedoch die Schwankung zwischen den Betrieben. So investieren manche Unternehmen 50 % ihres gesamten Investitionsbudgets in Automatisierungsprojekte während andere Unternehmen lediglich 15 % ihres Budgets aufwenden. Doch welcher Investitionsanteil ist wirtschaftlich und technologisch sinnvoll? Eine am Fraunhofer IPT entwickelte Methodik zur ganzheitlichen Bewertung von Automatisierungsproblemen ist in der Lage, eine fundierte Entscheidungsgrundlage zu schaffen.

Zur Abbildung des multidimensionalen Charakters eines Automatisierungssystems sind sowohl monetäre als auch nicht monetäre Größen von Bedeutung, um die ganzheitliche Komplexität zu erfassen. Die am Fraunhofer IPT entwickelte Vorgehensweise setzt sich daher aus drei Schritten zusammen:

1. Bewertung der monetären Aspekte
2. Bewertung der nicht monetären Aspekte
3. Zusammenführung der Dimensionen

Grundlage für dieses Vorgehen ist die Entscheidungssituation des Unternehmens, die in der Regel durch das Vorliegen mehrerer Investitionsalternativen charakterisiert ist. Diese können mit der Methodik wie folgt verglichen werden:

## Bewertung der monetären Aspekte

Anhand von technischen Daten und Plangrößen sowie –zeiten der Investitionsalternative können der jährliche Gewinn, die Amortisationszeit und die Rentabilität der einzelnen Alternativen berechnet werden. Der jährliche Gewinn ermöglicht eine Aussage über den Profit der Investition, während die Amortisation das Risiko bewertet. Die Rentabilität betrachtet schließlich die Effizienz der Alternative.

## Bewertung der nicht monetären Aspekte

Im Rahmen einer Nutzwertanalyse ist es möglich, entscheidungsrelevante Größen zu identifizieren und zu bewerten. Zunächst werden Zielkriterien ermittelt und in Form konkreter Ziele formuliert. Als Beispiele sind die Innovationsführerschaft, Qualität, Funktionsflexibilität sowie die Arbeitssicherheit zu nennen. Mit einem paarweisen Vergleich ist anschließend eine Gewichtung der Zielkriterien möglich. Abschließend kann mit einer Nutzwertermittlung die optimale Alternative hinsichtlich der qualitativen Aspekte identifiziert werden.

## Zusammenführung

Bei diesem Schritt der Methodik werden die einzelnen Bewertungen der monetären und nicht monetären Aspekte zusammengeführt. Somit wird eine ganzheitliche Betrachtung garantiert. Hierfür wird zunächst der Nutzwert der monetären Größen ermittelt und anschließend eine Skalierung der Nutzwerte durchgeführt. Abschließend ist somit eine Ermittlung der optimalen Alternative nach der individuellen Nutzenpräferenz möglich.

# Ausblick: Automatisierung im Werkzeugbau

Adaptive Prozessketten ermöglichen Flexibilität.

Das Ziel einer ganzheitlichen automatisierten Unikatfertigung im Werkzeugbau wird in Zukunft durch neue Möglichkeiten des "Smart Manufacturing" maßgeblich beeinflusst. Eine digitale Beschaffung, "Virtual Engineering" sowie eine vernetzte Fertigung werden eine adaptive Produktion ermöglichen. Der hierdurch erzielte Zuwachs an Produktivität in Kombination mit einer erhöhten Flexibilität führt schließlich zu einer Steigerung des Profits. Doch inwiefern lässt sich Smart Manufacturing mit einem automatisierten Werkzeugbau vereinen?

Wie bei der Automatisierung von Prozessen ist ein tiefgehendes Technologieverständnis für eine intelligente Fertigung erforderlich. In Kombination mit einer umfassenden Daten- und Informationsaufnahme sind fundierte Entscheidungen und Vorhersagen für die Produktionsplanung, Steuerungssysteme, Fertigungsprozesse und für die Qualitätssicherung möglich. Die in Zukunft kontinuierlich verbesserten Sensoren hinsichtlich Genauigkeit und Baugröße erlauben eine optimale Sensorintegration. Resultat sind eine erhöhte Datenverfügbarkeit, verbesserte Qualität der Daten sowie verkürzte Messintervalle.

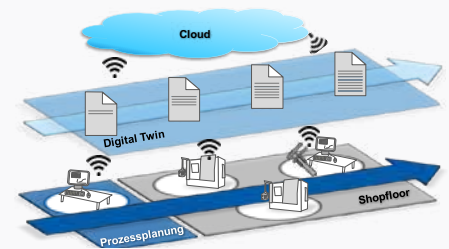
Im Rahmen der intelligenten Fertigung können diese Daten zur Prozessvorhersage genutzt werden. So ist es möglich, gezieltere Vorhersagen für das Versagen eines eingespannten Fräasers während der Bearbeitung zu bestimmen. Aufgrund der konservativen Herstellerangaben kann somit einerseits die Standzeit der Werkzeuge verlängert werden, andererseits ist eine höhere Produktivität durch einen automatischen Austausch der Werkzeuge zum optimalen Zeitpunkt möglich. Das Zusammenspiel von automatisierter Bearbeitung und Prozessvorhersage durch Smart Manufacturing führt somit zu einer erhöhten Produktivität und zu einem größeren

Potential hinsichtlich Automatisierung im Werkzeugbau.

Eine Verschiebung des Betrachtungsfokus vom einzelnen Prozess hin zur gesamten Prozesskette zeigt unter dem Stichwort „Adaptivität“ weitere Möglichkeiten beim Zusammenspiel von Automatisierung und Smart Manufacturing auf. Adaptivität bedeutet eine automatische Anpassung eines Systems an neue Bedingungen und Anforderungen. Für den Werkzeugbau, gekennzeichnet durch großes Werkstückspektrum und geringe Losgrößen, ist eine feature-basierte Modellierung der Prozesskette möglich. Anhand von Werkstückcharakteristika wird dem Anwender eine optimale Prozesskette vorgeschlagen. Sollten während der Bearbeitung Störungen auftreten, ist eine flexible Anpassung und Auslegung einer neuen Prozesskette möglich.

Für ein solches Vorgehen ist eine Erweiterung des durchgängigen Datenflusses in Form eines sogenannten "Digital Twins" (digitaler Zwilling) erforderlich. Dies ist ein digitales Abbild des Werkstücks und speichert alle relevanten Daten wie Konstruktionsdaten, NC-Daten und Messdaten. Hierdurch wird es über den gesamten Lebenszyklus des Werkstücks ermöglicht, konsistente Daten zu jeder Zeit an jedem Ort vorliegen zu haben. Im Werkzeugbau sind bereits erste Fortschritte erkennbar. So setzen Unternehmen globale Datennetzwerke zur Unterstützung ihrer Fertigung ein. Eine zielorientierte Datenaufbereitung ermöglicht eine spezifische Visualisierung bspw. in der Fertigungssteuerung oder im Try Out Center.

Es lässt sich zusammenfassen, dass eine intelligente Fertigung die Produktivität und Flexibilität steigert. Voraussetzung ist jedoch ein ganzheitlich automatisierter Werkzeugbau.







*"Automatisierung  
ist nur der erste  
Schritt!"*

# Zusammenfassung und Fazit

In der globalisierten Wirtschaft steht die Branche des Werkzeug- und Formenbaus vor diversen Herausforderungen. So müssen Lösungen sowohl für den zunehmenden Variantenreichtum der Produkte als auch für ein sich änderndes Aufgabenspektrum gefunden werden. Aufgrund des zunehmenden Konkurrenzdrucks durch neue Wettbewerber müssen Werkzeugbauunternehmen kontinuierlich ihre Profitabilität verbessern und auf neue Technologientrends wie bspw. Automatisierung reagieren.

Im Rahmen der Studie „Erfolgreich Automatisieren im Werkzeugbau“ wurden bei einer repräsentativen Auswahl von Werkzeugbauunternehmen im technischen und organisatorischen Bereich die Voraussetzungen zur Automatisierung analysiert und der Automatisierungsgrad sowie der Einsatz von Automatisierungshardware technologiespezifisch ermittelt. Die Studie wurde in sechs aufeinander aufbauende Handlungsfelder unterteilt, um einerseits eine strukturierte Auswertung der Daten der Werkzeugbauunternehmen zu ermöglichen und andererseits ein schrittweises Vorgehen zur ganzheitlichen Automatisierung im Werkzeugbau aufzuzeigen.

Im Werkzeug- und Formenbau werden eine Vielzahl an Technologien im Fertigungsprozess eingesetzt, weshalb eine sichere Prozessbeherrschung essentiell für ein erfolgreiches Automatisierungsvorhaben ist. Ist diese Voraussetzung erfüllt, können sowohl die Prozesse als auch die Produkte standardisiert werden, damit eine einheitliche Basis für den Einsatz von Automatisierungshardware geschaffen wird. Die Befragung der Werkzeugbauunternehmen hat gezeigt, dass die Werkstücke ein großes Geometrie- und Größenspektrum abbilden und die Werkzeuge aus vielen Einzelteilen bestehen. Die Gleichteilquote, eine Kennzahl für die Standardisierung von Produkten, offenbart, dass bei den Werkzeugbauunternehmen bei der Standardisierung Handlungsbedarf besteht.

Neben einer einheitlichen Produkt- und Prozessarchitektur sind für einen automatisierten Werkzeugbau die Datenbereitstellung

und der Datenfluss ebenfalls wichtige Elemente, um eine Durchgängigkeit entlang der Prozesskette gewährleisten zu können. Die befragten Werkzeugbaubetriebe haben in diesem Handlungsfeld bereits erste Schritte, bspw. mit dem Einsatz von RFID-Tags, unternommen. Jedoch ist eine konsequentere Umsetzung wünschenswert, da oftmals noch auf eine Informationsweitergabe im Papierformat gesetzt wird. Die Mitarbeiter sind Kern eines jeden Unternehmens und sollten dementsprechend auch bei Automatisierungsprojekten berücksichtigt werden. Ein beispielhaftes Vorgehen wurde daher im Rahmen dieser Studie vorgestellt, sodass die Mitarbeiter durch aktive Einbeziehung von der eingesetzten Automatisierungshardware überzeugt werden. Beim Einsatz dieser besteht bei den befragten Werkzeugbauunternehmen Handlungsbedarf. Es hat sich ein technologiespezifischer Unterschied hinsichtlich des Automatisierungsgrads aufgezeigt, bei dem das Fräsen am weitesten automatisiert ist. Jedoch müssen besonders bei der Verkettung von einzelnen Werkzeugmaschinen Aktivitäten der Unternehmen forciert werden.

Bei der Befragung der Werkzeugbaubetriebe zeigte sich, dass die hohen Investitionen ein Implementierungshindernis für viele Unternehmen darstellen. Zur effektiven Beurteilung ist dementsprechend eine monetäre Betrachtung von Investitionsalternativen zur Automatisierung notwendig, die sich auf qualitative und finanzielle Aspekte von Automatisierungsprojekten stützt und somit als fundierte Entscheidungsgrundlage dient. In Zukunft wird die Automatisierung im Werkzeugbau weiter vorangetrieben werden, um auch von den neuen Möglichkeiten des "Smart Manufacturing" zu profitieren. Durch erhöhte Sensorintegration sowie Vernetzung einzelner Entitäten und die damit einhergehende Steigerung der Auflösung und Qualität der aufgenommenen Prozessdaten, werden völlig neue Möglichkeiten der Prozessregelung und -steuerung möglich. Somit ist in Zukunft auch die vollständige Automatisierung der Fertigung im Werkzeugbau möglich.



# Autoren

---



## **Prof. Dr. Wolfgang Boos**

Geschäftsführer  
WBA Aachener Werkzeugbau Akademie

---



## **Dr. Kristian Arntz**

Abteilungsleiter Nichtkonventionelle Fertigungsverfahren und Technologieintegration  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

---



## **Lars Johansen**

Gruppenleiter Technologieorganisation  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

---



## **Marcel Prümmer**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Technologieorganisation  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

---



## **Moritz Wollbrink**

Geschäftsfeldleiter Werkzeugbau Technologieorganisation  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

---



## **Marcel Wilms**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Technologieorganisation  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

---



## **Rainer Horstkotte**

Studentische Hilfskraft Technologieorganisation  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

---

# Literaturverzeichnis

---

- [1] Rudolf, S.; Doelle, C.: Increasing the Efficiency of Development Projects applying Predictive Analytics. In: Proceedings of the 2015 IIE Engineering Lean and Six Sigma Conference, 2015, S.1-3
- [2] Schuh, G.; Varnhagen, V.: Fokus Automobilindustrie: Digitale Wertschöpfungsnetzwerke im Werkzeugbau. Aachen: Apprimus Verlag, 2013
- [3] Abele, E.; Reinhart, G.: Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Hanser, 2011
- [4] Schuh, G.; Boos, W.; Kuhlmann, C.; Rittstieg, M.: Operative Exzellenz im Werkzeug- und Formenbau. 1. Aufl. Aachen: Apprimus Verlag, 2010
- [5] Eversheim, W.; Klocke, F.: Werkzeugbau mit Zukunft. Strategie und Technologie, Berlin: Springer, 1998
- [6] Hesse, S.: Fertigungsautomatisierung. Automatisierungsmittel, Gestaltung und Funktion. 1. Aufl., Braunschweig: Vieweg, 2000
- [7] Favre-Bulle, B.: Automatisierung komplexer Industrieprozesse. Systeme, Verfahren und Informationsmanagement. 1. Aufl, Wien: Springer, 2004
- [8] Kuttkart, B.: Automation im Werkzeugbau erschließt Leistungspotenzial URL: <http://www.maschinenmarkt.vogel.de/automation-im-werkzeugbau-erschliesst-leistungspotenzial-a-324515/>
- [9] Schneider, W.; Heinrich, B.: Praktische Regelungstechnik, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2017
- [10] Boos, W.: Methodik zur Gestaltung und Bewertung von modularen Werkzeugen. Aachen: Apprimus Verlag, 2008
- [11] Barbuto, J. E.; Scholl, R. W.: Motivation sources inventory: development and validation of new scales to measure an integrative taxonomy of motivation. Psychological Reports, Vol. 82, 1998
- [12] Boos, W; Salmen, M; Kuhlmann, T; Hensen, T; Stark, M.: Erfolgreich Mitarbeiter Motivieren im Werkzeugbau. Aachen, 2016
- [13] Brecher, C.: Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer. Springer Verlag, 2011
- [14] Versuchswerkzeug Gießerei-Institut RWTH Aachen

# Unsere Studien – Strategische Entwicklung

---



*Corporate Tooling –  
Agile Tool  
Development*  
2017



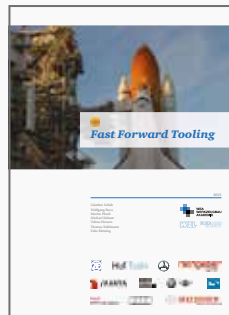
*Corporate Tooling –  
Flexible Tooling  
Organization*  
2017



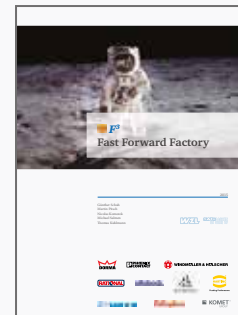
*Corporate Tooling –  
Intelligent  
Tool Manufacturing*  
2017



*Smart Tooling*  
2016



*Fast Forward Tooling*  
2015



*F3 Fast Forward  
Factory*  
2015

# Unsere Studien – Erfolgreich ...

---



**Erfolgreich  
Automatisieren**  
2017



**Erfolgreich  
Restrukturieren**  
2017



**Erfolgreich  
Performance Messen**  
2017



**Erfolgreich Fertigungs-  
technologien Einsetzen**  
2017



**Erfolgreich  
Finanzieren**  
2016



**Erfolgreich Digital  
Vernetzen**  
2016



**Erfolgreich  
Mitarbeiter Motivieren**  
2016



**Erfolgreich  
Kalkulieren**  
2015



**Erfolgreich Planen**  
2015

# Unsere Studien – Tooling in ...

---



*World of Tooling*  
2015



*Tooling in China*  
2016



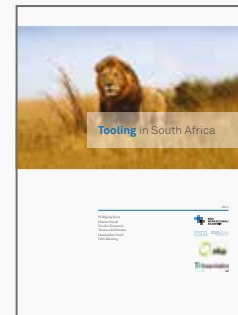
*Tooling in Germany*  
2016



*Tooling in Turkey*  
2016



*Tooling in China*  
2015



*Tooling in South Africa*  
2014







---

### *Herausgeber*

#### **Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT**

Steinbachstraße 17  
D-52074 Aachen

[www.ipt.fraunhofer.de](http://www.ipt.fraunhofer.de)

#### **WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH**

Campus-Boulevard 30  
D-52074 Aachen

[www.werkzeugbau-akademie.de](http://www.werkzeugbau-akademie.de)

978-3-946612-22-3

