



# *Corporate Tooling*

## Agile Tool Development

---

2017

Wolfgang Boos  
Michael Salmen  
Christoph Kelzenberg  
Johan de Lange  
Felix Stracke







**WBA  
WERKZEUGBAU  
AKADEMIE**

## **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, Branchenlösungen 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 vom Markt und Wettbewerb.



## **Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen**

Das Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen steht mit seinen 900 Mitarbeitern weltweit als Synonym für erfolgreiche und zukunftsweisende Forschung und Innovation auf dem Gebiet der Produktionstechnik. In vier Forschungsbereichen werden sowohl grundlagenbezogene als auch an den Erfordernissen der Industrie ausgerichtete Forschungsvorhaben durchgeführt. Darüber hinaus werden praxisgerechte Lösungen zur Optimierung der Produktion erarbeitet. Das WZL deckt mit den vier Lehrstühlen Fertigungstechnik, Werkzeugmaschinen, Messtechnik und Qualität sowie Produktionssystematik sämtliche Teilgebiete der Produktionstechnik ab.

# **Impressum**

Corporate Tooling - Agile Tool Development  
Copyright © 2017

Autoren:

Prof. Dr. Wolfgang Boos, Dr. Michael Salmen, Christoph Kelzenberg, Johan de Lange, Felix Stracke

Gestaltung: Simona Neacsu

ISBN: 978-3-946612-19-3

Druck: printclub, 1. Edition

WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH  
Campus-Boulevard 30  
52074 Aachen

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

Werkzeugmaschinenlabor WZL  
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen  
Campus-Boulevard 30  
52074 Aachen

[www.wzl.rwth-aachen.de](http://www.wzl.rwth-aachen.de)

# *Corporate Tooling*

## Agile Tool Development

---

2017

Wolfgang Boos  
Michael Salmen  
Christoph Kelzenberg  
Johan de Lange  
Felix Stracke





# Corporate Tooling – Partner auf Augenhöhe

---

Das Verhältnis von Werkzeugbau und Kunde erinnert irgendwie an die Geschichte von David gegen Goliath: Auf der einen Seite steht der Kunde, die sich überlegen fühlt, große Stärke aufweist und durch geringe Flexibilität und Kompromissfähigkeit glänzt. Auf der anderen Seite steht der „kleine“ Werkzeugbaubetrieb, der sich in einer fast unterwürfigen Rolle gegenüber dem Kunden wiederfindet und versucht, selbst die tollkühnsten Wünsche zu erfüllen. Dabei ist das Verhältnis von Werkzeugbau und Kunde schon per Definition nicht harmonisch: Aus Sicht des Kunden sind Werkzeugbaubetriebe zu langsam und zu teuer, die Qualität von Werkzeugen und Dienstleistungen könnten immer noch ein bisschen besser sein und der Grund für eine geringe Produktivität in der Serienproduktion wird häufig der geringen Leistungsfähigkeit der eingesetzten Werkzeuge zugeschrieben.

Nun kennt jeder den Ausgang der Geschichte von David und Goliath. Durch sein Geschick, seine Cleverness und seine Wendigkeit war David in der Lage, den vermeintlich überlegenen Goliath zu besiegen. Zwischen Werkzeugbau und Kunde geht es natürlich nicht um gewinnen oder verlieren, sondern vielmehr darum, als Sparringspartner auf Augenhöhe zu agieren und gemeinsam Lösungen zu erarbeiten. Denn sowohl Werkzeugbau als auch Kunde haben das Ziel, langfristig am international stark umkämpften Markt erfolgreich zu agieren. Zielsetzung von Werkzeugbaubetrieben in Hochländern muss es sein, sich kontinuierlich weiterzuentwickeln, um ein anerkannter und geschätzter Partner des Kunden zu werden. Der Werkzeugbau muss also als Befähiger einer hocheffektiven und effizienten Serienproduktion auftreten, der durch sein Produkt- und Prozesswissen als Problemlöser und Unterstützer des Kunden

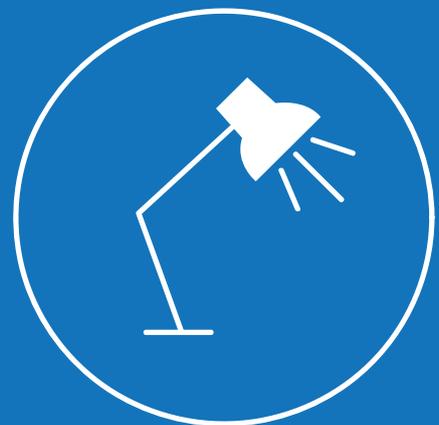
agiert. Um von den meist deutlich größeren Kunden als Partner auf Augenhöhe anerkannt zu werden, ist die Aufgabe des Werkzeugbaus, ähnlich wie David, sich durch außergewöhnliche Fähigkeiten, Geschicklichkeit, Intelligenz und Flexibilität auszeichnen.

Um Partner auf Augenhöhe zu werden, gilt es, drei zentrale Elemente auf dem Weg zum „Corporate Tooling“ zu erfüllen. Das erste Element ist das **Agile Tool Development**, welches sich mit einem abgestimmten Leistungsspektrum frühzeitig in den Produktentwicklungsprozess des Kunden integriert. Dabei werden agile Methoden in Werkzeugentwicklungsprozessen für ein erfolgreiches Projekt- und Prozessmanagement eingesetzt. Das zweite Element ist das **Intelligent Tool Manufacturing**, welches die operative Umsetzung von Industrie 4.0-Anwendungen in der Auftragsabwicklung beschreibt. Dazu gehören unter anderem die digital unterstützte Mitarbeiterführung, ein digitales Auftrags- & Ressourcenmanagement sowie die Mensch-Maschine-Interaktion. Das dritte Element ist die **Flexible Tooling Organization**, welche über flexible und zugleich klar definierte Organisationsstrukturen verfügt. Dabei hat die Organisation die Aufgabe, das vorhandene Wissen durch Algorithmen im gesamten Werkzeugbaubetrieb nutzbar zu machen und gleichzeitig die Vernetzung mit externen Partner zu fördern.

# Spotlight

Der Werkzeugbau ist im Produktentstehungsprozess wichtiges Bindeglied zwischen Produktentwicklung und Serienproduktion. Mit der Bereitstellung von Werkzeugen ermöglicht er die Umsetzung von Produktideen und befähigt eine prozesssichere Produktion. Um dieser Schlüsselrolle gerecht zu werden, muss sich der Werkzeugbau jedoch von einem reinen untergeordneten Zulieferer zu einem Partner im Produktentwicklungsprozess entwickeln. Insbesondere der zunehmende Zeitdruck in der Produktentwicklung erfordert eine stärkere Integration des Werkzeugbaus bereits in frühe

Phasen des Produktentwicklungsprozesses. Hierzu muss der Werkzeugbau bestehende Strukturen und Prozesse aufbrechen und an die neuen, dynamischen Marktbedingungen anpassen. Die vorliegende Studie zeigt mit dem Zielbild „Agile Tool Development“ Handlungsfelder für eine strukturierte und zielgerichtete Integration des Werkzeugbaus in den Produktentwicklungsprozess auf. Die drei zentralen Handlungsfelder „Entwicklungsleistungen“, „Werkzeugentwicklungsprozess“ und „Methoden“ werden im Detail erläutert und anhand von praktischen Beispielen verdeutlicht.





**Bis zu 25%**

der Werkzeugkosten werden durch  
Änderungen nach Start der Werkzeugkonstruktion  
verursacht



## „Cut the Elephant into Pieces“

Englisches Sprichwort zur Betonung der  
Bedeutung des Zerlegens von Systemen in  
Teilsysteme



**Über 50%**

der Softwareunternehmen nutzen die Scrum Methode  
zur Softwareentwicklung



**Bis zu 75%**

Zeitersparnis in der Werkzeugentwicklung konnte  
durch den Einsatz der Scrum Methode in ersten  
Pilotprojekten durch Werkzeugbaubetriebe erreicht  
werden

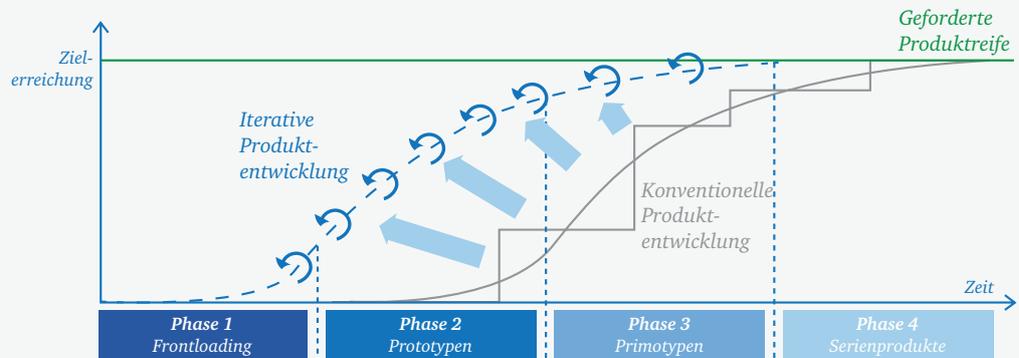
# Ausgangssituation

## Um 60%

hat sich der  
Produktlebenszyklus in  
der Automobilindustrie  
seit 1950 von 10 auf 4  
Jahre reduziert

Der Werkzeugbau befindet sich in der industriellen Wertschöpfungskette nach konventionellem Verständnis zwischen Produktentwicklung und Serienproduktion. In dieser Schlüsselstellung beeinflusst der Werkzeugbau maßgeblich sowohl die Innovationsfähigkeit als auch Produktivität der gesamten produzierenden Industrie. Aktuell führen zahlreiche Veränderungen der Wettbewerbsbedingungen in der produzierenden Industrie zu komplexen Herausforderungen für den deutschen Werkzeugbau. Der Werkzeugbau muss darauf nicht nur durch eine strategische Neupositionierung reagieren, sondern auch das konventionelle Prozessver-

Dieses Spannungsfeld wird zusätzlich durch das Aufkommen neuer Technologien und den Einzug von Industrie 4.0 in die produzierende Industrie verstärkt, sodass der Werkzeugbau auch technologisch vor großen Herausforderungen steht. Zukünftig erwartet der Kunde ein Werkzeug, das sich nicht nur durch hohe Standfestigkeit auszeichnet, sondern die Ausbringungsmenge über den Einsatz von Sensorik und Aktorik erhöhen kann. Vor allem die drei erstgenannten Herausforderungen bedingen, dass der Werkzeugbau seine Auftragsabwicklung in Zukunft wenn möglich nicht nur kostengünstiger, vor allem aber schneller und mit einer höheren



Hochiterative und konventionelle Produktentwicklung im Vergleich

## >60%

Die Entwicklungsdauer  
von Produkten hat sich  
seit 1990 um mehr als  
60% reduziert

ständnis überdenken und Effizienzpotenziale entlang des gesamten Auftragsentwicklungsprozesses erschließen.

Im Hinblick auf Veränderungen der Wettbewerbsbedingungen sind fünf zentrale Herausforderungen für den deutschen Werkzeugbau zu nennen, die aktuell von besonderer Relevanz sind. Vor allem ein zunehmender Preisdruck durch Konkurrenten aus Osteuropa und Asien, eine steigende Komplexität durch Individualisierung gepaart mit einem wachsenden Zeitdruck durch sich verkürzende Produktlebenszyklen formen derzeit ein Spannungsfeld, in dem sich der Werkzeugbau am Hochlohnstandort Deutschland behaupten muss.

Toleranz für späte Änderungen auslegen muss. Betrachtet man jedoch den Status quo im Werkzeugbau am Hochlohnstandort Deutschland, so ist dieser in vielen Fällen durch lange Durchlaufzeiten, hohe Kosten und einen starren Prozessablauf gekennzeichnet, sodass das dynamische Marktumfeld nur unzureichend adressiert wird. Insbesondere hochiterative Produktentwicklungsprozesse des Kunden machen ein Überdenken der frühen Phasen der Auftragsabwicklung des Werkzeugbaus notwendig. Produkte werden zunehmend nicht mehr nach einem streng sequenziellen und für den Werkzeugbau gut planbaren Vorgehen, sondern in kurzen Entwicklungszyklen entwickelt.

In Phase eins wird dazu zunächst Frontloading durchgeführt, bei dem in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden Anforderungen definiert und anschließend in ersten Konzepten hinsichtlich ihrer Machbarkeit überprüft werden. Die technisch und wirtschaftlich umsetzbaren Anforderungen werden in der zweiten Phase als erste Prototypen realisiert. Diese dienen der physischen Validierung von einzelnen Anforderungsbestandteilen durch relevante Stakeholder. Haben Prototypen einen seriennahen Entwicklungsstatus erreicht, so wird von Primotypen gesprochen. Auch diese werden umfangreich evaluiert, bis das Produkt in die Serie überführt wird. Die Produktreife kann durch das iterative Vorgehen in einer zumeist kürzeren Zeit bei gleichzeitig geringeren Kosten erreicht werden. Zur Veranschaulichung beider konkurrierender Vorgehen eignet sich ein Vergleich aus dem Wassersport. Ein Rennachter aus dem Rudersport ist in seiner Fortbewegung höchsteffizient (traditionelle Produktentwicklung), eine schnelle Änderung der Fahrtrichtung ist aber so gut wie ausgeschlossen. Ein Wildwasser-Kayak (agile Produktentwicklung) hingegen ist auf eine kontinuierliche Änderung der Umweltbedingungen ausgelegt und kann somit agil auf sich ändernde Wasserbewegungen reagieren. Wildwasserflüsse ändern ihr Erscheinungsbild jahreszeiten- und wetterbezogen sehr stark. Um ein solches Gewässer zu bewältigen, kann man sich also nicht lange vorbereiten, sondern muss situativ auf die sich ergebenden Umstände eingehen. Trotzdem kann man im Training gewisse Techniken und Standard-Figuren einüben, welche dann kurzfristig eingesetzt werden müssen. Auch wenn ein Rennachter für eine festgelegte Route im seichten Wasser das schnellere und effizientere Fortbewegungsmittel wäre, ist er in einem dynamischen und schlecht vorhersehbaren Umfeld ungeeignet. Durch ein stetig an Dynamik gewinnendes Umfeld wird die Verschiebung hin zu mehr „Wildwasser-Kayaking“ in der Produktentwicklung in den kommenden Jahren weiter zunehmen.

Produktanforderungen ändern sich zunehmend häufig und diese Entwicklung hat große Auswirkungen für den Werkzeugbau, vor allem in Bezug auf die Anforderungsklärung und die Werkzeugentwicklung. Entgegen des traditionellen Verständnisses müssen Änderungen für den Werkzeugbau in diesem Zusammenhang zum „täglich Brot“ werden, die nicht wie bisher möglichst verhindert oder teuer bezahlt werden müssen, sondern „wie selbstverständlich“ in die Werkzeugentwicklung einfließen. Die vorliegende Studie zeigt im Zusammenhang unterschiedliche Handlungsfelder und Anwendungsfälle auf, wie die Werkzeugentwicklung in Zukunft agil, d.h. änderungsflexibel und schnell bei gleichzeitig geringem Kostenaufwand, durchgeführt werden kann. Damit ermöglicht Agile Tool Development nicht nur die beschleunigte Entwicklung von Werkzeugen, sondern es wird gleichzeitig dem Kunden eine höhere Produktqualität und ein höherer Produktnutzen ermöglicht, da das iterative Prozessverständnis individualisierte Kundenwünsche besser aufnimmt und auf Änderungen der Kundenanforderungen flexibler reagieren kann. Let's go kayaking!

## #25

**Werkzeugbaubetriebe  
erhalten bis zu 25  
Änderungsanträge nach  
Beauftragung**

## Bis zu 25%

**der Werkzeugkosten  
werden durch  
Änderungen  
nach Start der  
Werkzeugkonstruktion  
verursacht**



# Einführung Agilität

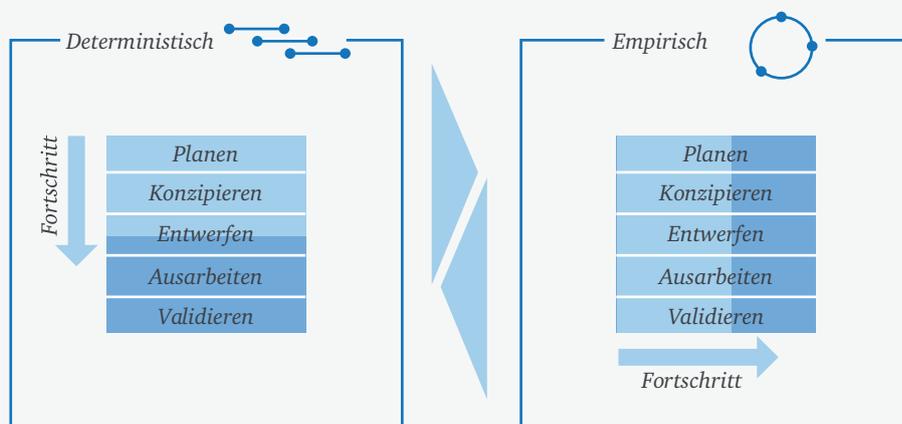
Die Ursprünge von agiler Produktentwicklung können bis in die späten 50er Jahre des 20. Jahrhunderts zurückverfolgt werden. Jedoch erst mit dem 1986 im Harvard Business Review veröffentlichten Artikel „The New New Product Development Game“ von Hirotaka Takeuchi und Ikujiro Nonaka sowie folgenden wissenschaftlichen Arbeiten gewinnt das Thema zunehmend an Bedeutung. Die beiden Japaner beschreiben erstmals die Anwendung empirischer Prozesssteuerung im Kontext der Produktentwicklung. Prinzipiell kann eine Prozesssteuerung zwischen deterministisch-normativen und empirisch-adaptiven Vorgehensweisen unterschieden werden. Während bei dem deterministischen Vorgehen die Prozessschritte linear bzw. sequenziell abgearbeitet werden, erfolgt beim empirischen Vorgehen eine simultane und iterative Bearbeitung aller Schritte. Klassische Produktentwicklungsansätze wie bspw. das Wasserfallmodell in der Softwareentwicklung oder die VI 2221, das Stage-Gate-Modell sowie das V-Modell der VDI 2206 in der Hardwareentwicklung folgen

typischerweise einem deterministischen Vorgehen. Ein Entwicklungsprojekt wird streng schrittweise mit sequenziellen Phasen durchgeführt. Die agile Produktentwicklung setzt hingegen auf empirisch-adaptive, adaptive Vorgehensweisen. Ziel einer solchen agilen Vorgehensweise ist es, Entwicklungsprozesse flexibler und schlanker zu gestalten, um auch bei sehr komplexen Entwicklungsaufgaben schnell auf Änderungen reagieren zu können sowie die Gesamtentwicklungszeit deutlich verkürzen zu können. In agilen Entwicklungsprojekten werden die einzelnen Phasen parallel und falls notwendig iterativ bearbeitet. Die untenstehende Grafik verdeutlicht den Unterschied deterministischer und empirischer Entwicklungsvorgehen.



## 1986

**wurde der Artikel  
„The New New Product  
Development Game“  
veröffentlicht**



*Schematischer Vergleich eines deterministischen und eines empirischen Entwicklungsvorgehens*

Agile Entwicklungsansätze wurden zunächst im Kontext der Softwareentwicklung beschrieben und erprobt. Hier konnten agile Entwicklungsansätze großen Erfolg erreichen und haben sich mittlerweile durchgesetzt und damit klassische, sequenzielle Entwicklungsansätze verdrängt.

Nach dem erfolgreichen und etablierten Einsatz agiler Vorgehensweisen und Methoden in der Softwareentwicklung sind mittlerweile erste Versuche der Übertragung dieser Vorgehensweisen in der Hardwareentwicklung zu beobachten. Die Übertragbarkeit agiler Methoden von der Softwareentwicklung auf die Hardwareentwicklung stellt jedoch aufgrund der grundsätzlich unterschiedlichen Merkmale der zu entwickelnden Objekte eine Herausforderung dar. Der große Erfolg agiler Entwicklungsmethoden in der Softwareentwicklung ist durch verschiedene begünstigende Faktoren begründet. Bei der Softwareentwicklung sind bspw. die Herstellkosten gering, die Prozesse sind zeitlich und inhaltlich homogen, skalierbar und mittels Software-Compiler können Teile des Programmcodes schnell als Prototypen getestet werden. Bei der Hardwareentwicklung hingegen bestimmen die Herstellkosten die Rentabilität, die Prozesse sind zeitlich und inhaltlich heterogen, nur bedingt skalierbar und es müssen meist physische Prototypen eingesetzt werden, um Produktfunktio-

nen final testen zu können. Dennoch zeigen erste Erfolgsbeispiele, dass bei geeigneter Anpassung agile Entwicklungsmethoden auch in der Hardwareentwicklung erfolgreich eingesetzt werden können.

Auch der Werkzeugbau und die Werkzeugentwicklung stehen vor ebendiesen Herausforderungen. Denn das Entwicklungsobjekt des Werkzeugbaus, das Werkzeug, ist Hardware. Trotz der in Werkzeugen zunehmend eingesetzten elektronischen Komponenten wie Sensorik und trotz der teilweise begleitend angebotenen datenbasierten Dienstleistungen, welche durch Software ausgeführt werden, bleibt das Hauptobjekt der Leistungserstellung im Werkzeugbau ein physisches Werkzeug. Ausgangspunkt der Werkzeugentwicklung und -erstellung ist klassischerweise eine vorherige Auftragsklärung mittels umfangreicher Lasten- und Pflichtenhefte. Aufgrund der in der Praxis regelmäßig auftretenden empirischen Prozesssteuerung sind detaillierte Werkzeugspezifikationen bei Beauftragung meist noch nicht bekannt bzw. können sich auch nach der Auftragsklärung für den Werkzeugbau noch grundlegend ändern. Um den Kundenanforderungen dennoch gerecht zu werden, muss sich auch der Werkzeugbau von einer klassischen sequenziellen Entwicklungsvorgehensweise lösen und eine agile Werkzeugentwicklung umsetzen.

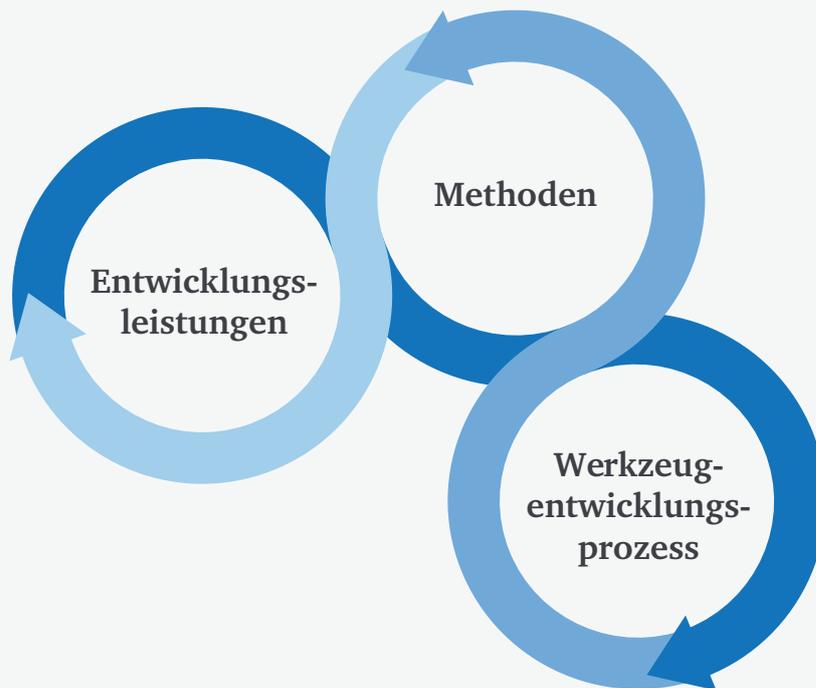
# Zielbild „Agile Tool Development“

---

Zur Umsetzung einer agilen Werkzeugentwicklung muss der Werkzeugbau seine starren Strukturen und Prozesse verändern und sich frühzeitig in den Produktentwicklungsprozess des Kunden integrieren. Trotz einer solchen Veränderung darf die hohe Qualität der Produkte, das Erfüllen von Kundenanforderungen und das Einhalten von Kosten- und Terminzielen jedoch nicht vernachlässigt werden. Um die Herausforderungen einer Umsetzung agiler Entwicklungsmethoden im Werkzeugbau gezielt und erfolgreich zu bewältigen, benötigt der Werkzeugbau ein handlungsleitendes Zielbild. Ein solches Zielbild wird im Folgenden aufgezeigt und im Laufe der Studie ausdetailliert.

Das Zielbild für eine agile Werkzeugentwicklung besteht aus drei aufeinander aufbauenden Handlungsfeldern:

- Angebot eines klar abgegrenzten und aufeinander abgestimmten Leistungsspektrums an **Entwicklungsleistungen** des Werkzeugbaus für die Produktentwicklung
- Systematische Integration des Werkzeugbaus in die Produktentwicklung mittels eines klar definierten, aber gleichzeitig flexiblen **Werkzeugentwicklungsprozesses**
- Adaption und Einsatz von agilen **Methoden** für das Projekt- und Prozessmanagement



*Zielbild für eine agile Werkzeugentwicklung*



# Entwicklungsleistungen

Die ersten Erfolge bei der Übertragung agiler Entwicklungsmethoden von der Software- auf die Hardwareentwicklung zeigen, dass die wichtigste Voraussetzung für eine ebensolche Übertragung eine Zerlegung des zu entwickelnden Produktes ist. Das Produkt muss, ähnlich wie bei Software einfach möglich, in einzelne Elemente zerlegt werden, an denen unabhängig voneinander und parallel entwickelt werden kann. Somit ist insbesondere eine modulare Produktarchitektur wichtiger Befähiger einer agilen Entwicklungsvorgehensweise. Das Motto heißt an dieser Stelle frei nach einem englischen Sprichwort: „Cut the Elephant into Pieces“.

Diese grundlegende Maßgabe gilt auch für die Übertragung agiler Entwicklungsmethoden auf die Werkzeugentwicklung. So muss das Entwicklungsobjekt Werkzeug zunächst in einzelne Elemente zerlegt werden. Dies kann zum einen dadurch geschehen, dass das Werkzeug in funktionale Einheiten gegliedert wird. Die Gliederung kann bspw. bei einem Blechumformwerkzeug zunächst in die einzelnen Stufen und weiter innerhalb einer jeden Stufen in Elemente wie Guss, Ober- und Unterteil, Backen, Matrize, etc. geschehen. Ebenso kann ein Spritzgusswerkzeug bspw. in Kavität, Aufbau, Temperierung etc. gegliedert werden. Wichtig für eine solche Gliederung ist ein werkzeugaufbauweit durchgängiges und einheitliches Verständnis des Werkzeugs in verschiedenen Modulen. Eine hohe Werkzeugstandardisierung wirkt sich ebenfalls begünstigend aus, da so die komplexe Entwicklungsaufgabe der Werkzeugentwicklung eingegrenzt wird und sich auf die wesentlichen individuellen Werkzeugmodule konzentriert werden kann.

Darüber hinaus kann aber auch in einem höheren Abstraktionslevel die Entwicklungsaufgabe der Werkzeugentwicklung als eine produktionstechnische Optimierung von Produkt, Werkzeug und Produktionsprozess gesehen werden. Zentrales Ergebnis dieser Entwicklungsaufgabe ist zwar weiterhin ein finales Serienwerkzeug, jedoch lassen sich im Verlauf des Entwicklungsprozesses verschiedene weitere Entwicklungsleistungen abgrenzen. So kann die digitale Absicherung von Produkt und Prozess in Form von Simulationen als Entwicklungsleistung gesehen werden. Weitere Entwicklungsleistung ist die physische Absicherungen des Produktes durch Prototypen. Ebenso ist die Optimierung des Produkts und Produktionsprozesses mittels Prototypen-Werkzeugen eine wichtige Entwicklungsleistung während des Werkzeugentwicklungsprozesses, bis schließlich das Serienwerkzeug als finale Entwicklungsleistung erbracht wird. Die in diesem Verständnis abgegrenzten Entwicklungsleistungen können sehr gut in einem iterativen, agilen Entwicklungsvorgehen erbracht werden. Typischerweise werden die beschriebenen Entwicklungsleistungen heutzutage während der Produkt- und Werkzeugentwicklung zwar weitestgehend eingesetzt, jedoch erfolgt die Erbringung meist durch verschiedene Beteiligte. So können bspw. Simulationen durch die Produktentwicklungen, Prototypen durch einen unternehmensinternen Prototypen- und Musterbau, Prototypen-Werkzeuge durch einen externen, spezialisierten Werkzeugbau und das Serienwerkzeug durch den unternehmensinternen Werkzeugbau erstellt werden.



**„Cut the Elephant into Pieces“**

**ist ein englisches Sprichwort zur Betonung der Bedeutung des Zerlegens von Systemen in Teilsysteme**



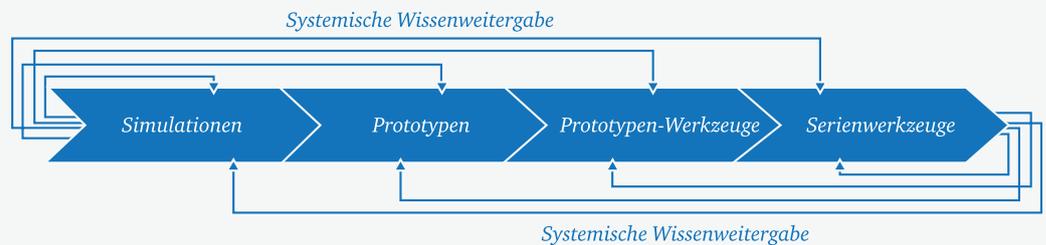
„Cut the Elephant into Pieces“

Durch die auf diese oder ähnlicher Weise durchgeführte Einbindung von verschiedenen Prozessbeteiligten können ein systematischer Wissensaufbau und eine Wissensweitergabe nur schwer erfolgen. Eine agile Werkzeugentwicklung bedarf hingegen eine Bündelung all dieser Entwicklungsleistungen durch den Werkzeugbau. Denn der Werkzeugbau ist aufgrund seiner Schnittstellen sowohl zu der Produktentwicklung als auch zu dem Serienanlauf und der Serienproduktion Spezialist für produktionstechnisches Prozesswissen sowie Werkzeugwissen und verfügt darüber hinaus über eine auf die Unikatfertigung spezialisierte mechanische Fertigung. Der Werkzeugbau muss also eine ganzheitliche Erweiterung seines Leistungsspektrums an Entwicklungsleistungen vornehmen und sich in den Produktentwicklungsprozess vorwärts integrieren. Auf diese Weise können mit einem umfassenden Leistungsangebot von der vorgelagerten Beratung bis hin zur Fertigung der Serienwerkzeuge Entwicklungsrisiken reduziert und Produktentwicklungszeiten verkürzt werden. Zudem kann durch einen systematischen Informationstransfer das Wissen gesichert und für nachfolgende Werkzeugprojekte genutzt werden.

Mittels Simulationen kann der Werkzeugbau in frühen Entwicklungsphasen Produkte hinsichtlich ihrer produktions- und werkzeugtechnischen Machbarkeit prüfen und optimieren. Eine solche Optimierung des Produktes und/oder des Werkzeug(grob-)konzepts kann grundsätzlich hinsichtlich

Produkt-, Prozess- oder Werkzeugeigenschaften durchgeführt werden. So können bspw. im Bereich des Spritzgusses mit einer fließtechnischen Simulation (Rheologie) Produkteigenschaften wie Verzug, Schwindung, Materialverteilung, Oberflächengüte oder Eigenspannungen, Prozesseigenschaften wie Zykluszeit, Prozessstabilität, Materialfluss oder Wärmeverteilung und Werkzeugeigenschaften wie Robustheit, Verschleiß, Anspritzpunkte oder Verteilersystem optimiert werden. Die darauf aufbauenden Beratungen können der Produktgestaltung sowie der Entscheidungsfindung zu dem einzusetzenden Fertigungsverfahren dienen. Eine Kostenbewertung des Werkzeugs und Produkts vervollständigt die Entwicklungsleistungen der digitalen Absicherung.

Um vor dem Start der Serienproduktion die Bauteileigenschaften bewerten, testen und ändern zu können, ist die Erstellung von Prototypen unerlässlich. Eine agile Produktentwicklung erfordert die iterative Herstellung einer Vielzahl von Prototypen, um Produkteigenschaften frühzeitig zu beurteilen. Entsprechend des jeweiligen Reifegrads der Produktentwicklung können verschiedene Arten von Prototypen zum Einsatz kommen. Dies kann aufsteigend nach Reifegrad sortiert Proportionsmodelle, Ergonomiemodelle, Designmodelle, Funktionsmodelle, Prototypen und Muster umfassen. Mit jeder dieser Prototypenarten werden verschiedene Produkteigenschaften getestet. Dies kann bspw. vom Design über die Haptik bis hin zur Montierbarkeit oder Festigkeit reichen.



Übersicht zu Entwicklungsleistungen des Werkzeugbaus

Ähnlich zur Absicherung des Produkts mittels Bauteil-Prototypen kann das Werkzeug ebenfalls mittels Prototypen-Werkzeugen abgesichert und optimiert werden. Dabei kann allerdings nicht nur das Werkzeug und damit der spätere Fertigungsprozess erprobt werden, sondern auch das Produkt selbst. Das Produkt kann schließlich mit einem Prototypen-Werkzeug in einem seriennahen Fertigungsprozess hergestellt werden, was zusätzliche Tests zulässt. Die beiden Ziele, die mit Prototypen-Werkzeugen verfolgt werden, können dabei durch ein Werkzeug oder aber auch durch verschiedene, einzelne Werkzeuge erreicht werden.

Nach erfolgreicher Beratung und Konstruktionsvalidierung kann das Serienwerkzeug entwickelt und gefertigt werden. Da der Werkzeugbau über die verschiedenen aufgezeigten Entwicklungsleistungen in allen Phasen der Werkzeugentwicklung beteiligt ist, kann ein systematischer Wissenstransfer erfolgen und das Wissen kann für nachfolgende Werkzeugprojekte genutzt werden. Entwicklungsrisiken der Werkzeugproduktion können reduziert und Kundenanforderungen verlässlicher erfüllt werden.

**Best Practice Rapid Prototyping: Proto Labs**

Das Unternehmen Proto Labs bietet eine Vielfalt an verschiedenen Leistungen zur Unterstützung der Produktentwicklung von Kunststoffbauteilen an. Dazu gehören Dienstleistungen wie eine durch den Nutzer

konfigurierbare Preisermittlung sowie eine Design-Analyse eines Kunststoffbauteils. Dabei wird das CAD-Modell einer automatisierten „Design for Manufacturability“-Analyse unterzogen, welche die Machbarkeit des Bauteildesigns überprüft und gegebenenfalls Änderungen vorschlägt. Auch Probleme, die für die Teileproduktion entscheidend sind, werden als Formbarkeitsempfehlungen aufgeführt. Entsprechend der Änderungen werden die Gesamtkosten in Echtzeit aktualisiert, sodass die Angebotserstellung interaktiv stattfindet. Bei Bedarf stehen zusätzlich die Kundendienstmitarbeiter von Proto Labs zur Beratung bei notwendigen Änderungen und Formbarkeitsproblemen zur Verfügung. Neben diesen Dienstleistungen wird auch die Fertigung von Prototypen bis hin zu Kleinserien angeboten.

Insbesondere mithilfe additiver Fertigungsverfahren als auch konventioneller CNC-Bearbeitung stellt Proto Labs innerhalb weniger Tage Prototypen oder Prototypen-Werkzeuge her. Durch einfache, standardisierte Werkzeugdesigns von Prototypen-Werkzeugen aus Aluminium wird eine kurzfristige Erstellung von Kleinserien innerhalb von 15 Tagen ermöglicht. Je nach Produkt, Material und geforderter Stückzahl sowie je nach Charakteristik der Produktentwicklung, gemessen an der Produkteinführungsrate und dem Entwicklungsrisiko, bietet Proto Labs so maßgeschneiderte Lösungen an.



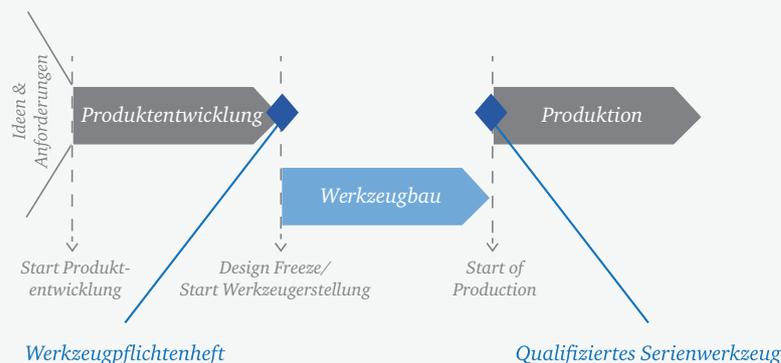
Best Practice: Anwendungsgebiete Rapid Prototyping bei Proto Labs



# Werkzeugentwicklungsprozess

Die klassischen Entwicklungsprozesse werden den Herausforderungen in Form später Änderungswünsche, hohem Zeitdruck und dem Bedürfnis des Kunden nach individuellen Produkten nicht mehr gerecht. Viele Werkzeugbaubetriebe haben ein starres, sequenzielles Prozessverständnis der Produktentstehung (siehe Grafik) in ihren Abläufen jedoch tief verankert. Dieses gilt es, mithilfe der zuvor beschriebenen Ent-

wicklungsleistung abgelöst, in die der Werkzeugbau integriert ist. Die parallele Werkzeugentwicklung und -erstellung ermöglicht es dem Werkzeugbau, systematisch und unter Einbeziehung des Kunden Produkt und Werkzeug zur Serienreife zu entwickeln. Die kurzzyklische Weiterentwicklung von Produkten wird dabei durch den Einsatz von Simulationen, Prototypen sowie Prototypen-Werkzeugen unterstützt, die zum



**ist eine der deutschen Normen, die weltweit am weitesten verbreitet ist**

## Konventionelles, sequenzielles Prozessverständnis der Produktentstehung

wicklungsleistungen aufzulösen und den Werkzeugbau als einen fest in den Entwicklungsprozess eingebundenen Entwicklungspartner neu aufzustellen.

Die Produktentwicklung erfolgt traditionell nach der VDI Norm 2221. Diese gibt eine sequenzielle Abwicklung von Aufgaben vor. Nach einem Design Freeze werden die finalen Produktdetails zusammen mit Werkzeuganforderungen in einem vollständig spezifizierten Werkzeugpflichtenheft festgehalten. Erst nach Fertigstellung des Pflichtenhefts beginnt der Werkzeugbau mit der Erstellung des Werkzeugs. Problematisch ist, dass aufgrund des Zeitdrucks zum Zeitpunkt der Werkzeugbeauftragung und Beginn der Werkzeuherstellung die Kundenspezifikationen oftmals nicht vollständig vorliegen. Um dieser Problematik entgegenzuwirken, ist ein neues Prozessverständnis notwendig. Die auf der Folgeseite stehende Grafik zeigt schematisch die frühzeitige Integration des Werkzeugbaus in die Produktentwicklung des Kunden.

Das sequenzielle Vorgehen wird im neuen Prozessverständnis durch eine iterative Pro-

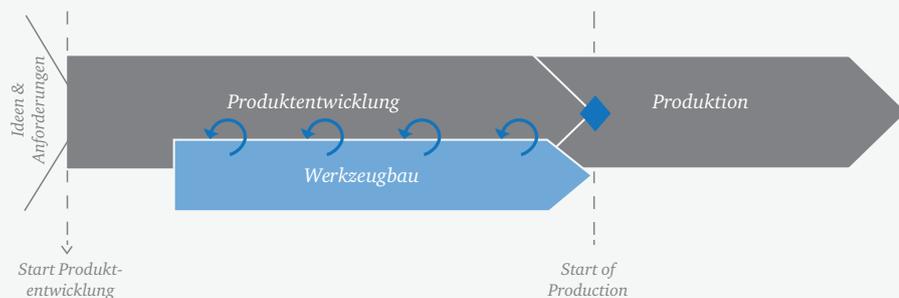
Testen einzelner Anforderungsbestandteile genutzt werden. Zur Realisierung des neuen, iterativen und integrierten Prozessverständnisses des Werkzeugbaus ist eine Neuauslegung des Werkzeugentwicklungsprozesses notwendig. Grundsätzlich sollte der Werkzeugentwicklungsprozess aus den Phasen Anforderungsklä rung, Simulation und Machbarkeitsbewertung, Bauteiloptimierung sowie dem Aufbau von Prototypen und Prototypen-Werkzeugen bestehen. Die einzelnen Phasen sind über Ablauf- und Iterationsbedingungen miteinander verknüpft. Die Ablauf- und Iterationsbedingungen definieren eine notwendige Ergebnisgüte am Ende jeder Phase. Erst wenn die vorgegebene Ergebnisgüte vollständig erreicht ist, kann mit dem nächsten Prozessschritt begonnen werden. Wird das Ergebnis nicht in der notwendigen Form erreicht, müssen davorliegende Prozesse gemäß dem iterativen Verständnis erneut durchlaufen werden. Eine begleitende Wissensrückführung unterstützt die Aufnahme von Maschinenparametern, Messprotokollen, Umgebungsdaten, Lauf- und Liegezeiten sowie weiteren relevanten Daten für zukünftige Projekte.

Eine Neuauslegung des Auftragsabwicklungsprozesses muss unternehmensindividuell basierend auf Produkt- und Leistungsspektrum sowie relevanten Kundenschnittstellen durchgeführt werden. Hierzu ist zunächst eine Analyse des aktuellen Entwicklungsprozesses notwendig, bei der Schwachstellen in der Abstimmung mit dem Kunden sowie Prozessschritte, die eine hohe Nacharbeit erfordern, identifiziert werden. Basierend auf Interaktionspunkten sowie relevanten Entscheidungen sollten im Anschluss eine Ablaufstruktur mit Meilensteinen definiert werden, die jedoch flexibel an sich ändernde Bedürfnisse angepasst werden kann. Vor allem sollten Entscheidungspunkte, die ein hohes Maß an Änderungsarbeit am Werkzeug erfordern, möglichst in die späten Phasen des Werkzeugentwicklungsprozesses verlagert werden. Dies kann dadurch realisiert werden, dass Anforderungsbestandteile in kleinere Arbeitspakete zerlegt werden, die unabhängig voneinander bearbeitet werden können (siehe hierzu auch die Methode Scrum im folgenden Kapitel).

Durch den iterativen Entwicklungsprozess kann bereits in frühen Phasen der Entwicklung erkannt werden, dass der Kunde eine Änderung seiner Anforderungen vornehmen muss, um die Marktwünsche zu erfüllen. Eine genaue Anforderungsdefinition kann über eine iterative Leistungsdefinition erfolgen. Zukünftig ist hier ein modularer Leistungskonfigurator denkbar, der – ähnlich bekannter Konfiguratoren aus dem Automobilbau – die Anforderungen des Kunden in mehreren Stufen aufnimmt und neben der Darstellung der Leistungskennwerte eine Preisabschätzung zur Verfügung stellt. Ebenso sind hier der Liefertermin und eine Auswahl an Dienstleis-

tungen vorzusehen, sodass bereits die Kaufanbahnung durch eine hohe Transparenz gekennzeichnet ist. Eine Bestellauslösung kann dann gegebenenfalls direkt oder nach einer genauen Ausgestaltung des Preises in Form von bilateralen Gesprächen mit dem Kunden erfolgen. Während der gesamten Auftragsabwicklung durch den Werkzeugbau kann der Kunde zudem über ein Online-Tool den aktuellen Fertigungsfortschritt in Echtzeit verfolgen.

Neben einer Anpassung des Prozesses ist auch eine Anpassung der dahinterliegenden Systemunterstützung notwendig. In der klassischen Produktentwicklung werden erforderliche Daten wie bspw. (Teil-)Spezifikationen, Simulationsergebnisse oder CAD-Modelle meist erst für den nächsten Prozessschritt verfügbar gemacht, wenn der vorangegangene Schritt abgeschlossen ist. Bei einem sequenziellen Vorgehen ist dies zwar nicht gänzlich problematisch, da sich – zumindest per Definition – nach einem Schritt keine Änderungen in einem vorangestellten Prozess ergeben. Das iterative Vorgehen hingegen stellt jedoch gänzlich neue Anforderungen an die für den Werkzeugbau notwendige Dateninfrastruktur. Daten müssen zu jederzeit im aktuellsten Stand für alle Entwicklungsbeteiligten verfügbar sein. Dies gilt nicht nur für den Werkzeugbau selbst. Nach Möglichkeit müssen auch Kundensysteme mit dem Werkzeugbau synchronisiert werden, um Änderungen in Echtzeit zwischen den Prozessbeteiligten auszutauschen und teure Fehlentwicklungen aufgrund veralteter Daten zu vermeiden. Dazu werden Rohdaten aus verschiedensten Softwareanwendungen, wie bspw. PLM, CAD, ERP, etc., aufgenommen und aggregiert.



Neues, integriertes Prozessverständnis der Produktentstehung

Neue Leistungsangebote wie Prototypen-Werkzeuge oder mit Sensorik und Aktorik ausgestattete Werkzeuge entfalten ihren vollständigen Nutzen erst, wenn das gewonnene Wissen und die verfügbaren Daten sinnvoll gespeichert, rückgeführt und genutzt werden, um aktuelle sowie zukünftige Entwicklungsprozesse zu verbessern und zu beschleunigen.

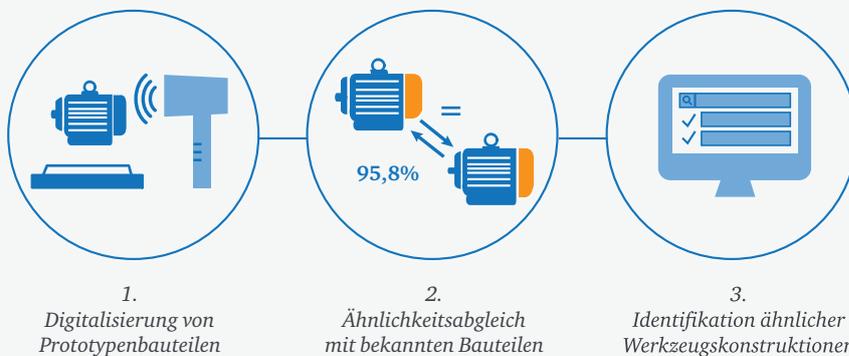
**Best Practice Ähnlichkeitsanalyse:  
WBA Aachener Werkzeugbau  
Akademie**

Großes Potenzial zur Prozessverbesserung in der Werkzeugentwicklung bieten die Erhöhung der Transparenz sowie die Nutzung von vorhandenen Daten und Informationen. Aufgrund eines vergleichsweise langen Produktlebenszyklus kann es vorkommen, dass Werkzeugprojekte mit einer starken Ähnlichkeit bereits etliche Jahre zurückliegen. Schlecht gepflegte Konstruktionsdatenbanken, ein nicht vorhandenes Wissensmanagement sowie schlechte interne Kommunikation verhindern es, dass bei neuen Kundenaufträgen auf Wissen dieser zurückliegenden Werkzeugprojekte zugegriffen werden kann.

Gerade die frühen Phasen der Auftragsabwicklung birgt die Nutzung von Wissen alter Werkzeugprojekte jedoch großes Potenzial. Vor allem in den Bereichen Kalkulation und Konstruktion ist durch die Nutzung von Wissen alter Projekte eine Verbesserung der Qualität bei gleichzeitiger Senkung der Durchlaufzeit möglich. Neben einer Nutzung von erprobten konstruktiven Elementen vor-

angegangener Werkzeuge können Ist-Kosten oder auch Daten des Einarbeitungsprozesses zur Zeit- und Kostenoptimierung der Auftragsabwicklung genutzt werden.

Die WBA Aachener Werkzeugbau Akademie hat im Zusammenhang dieser Problematik eine Lösung zur Ähnlichkeitsanalyse entwickelt. Zentrales Element ist eine intelligente Bauteil- und Werkzeugdatenbank, auf die mit Ähnlichkeitsabfragen zugegriffen werden kann. Mit Hilfe eines 3D-Scanners kann ein digitales CAD-Modell eines Prototypenbauteils des Kunden erzeugt werden. Dieser Schritt ist jedoch nicht zwingend erforderlich und nur relevant, wenn der Kunde nicht bereits über ein CAD-Modell seines Produktes verfügt. Anschließend kann über eine intelligente Softwarelösung ein Ähnlichkeitsabgleich – basierend auf einer geometrischen Ähnlichkeitssuche sowie weiteren Produkt- und werkzeugspezifischen Merkmalen (z.B. Anzahl Kavitäten, Materialmix, Bauteilhärte, Toleranzen, etc.) – mit zurückliegenden Werkzeugprojekten erfolgen. Auf diese Weise lassen sich vorangegangene Werkzeugprojekte mit einem analogen Werkzeugkonzept identifizieren. Diese können im Anschluss genutzt werden, um die Werkzeugentwicklung basierend auf Vergangenheitsdaten maßgeblich zu beschleunigen. Die Datenbank sollte dabei neben einem CAD-Modell des zurückliegenden Projekts ebenfalls über eine detaillierte Kostenaufstellung auf Bauteilebene, Lessons Learned sowie eine umfangreiche Dokumentation des Try-outs verfügen.



*Best Practice: Vorgehen zur Ähnlichkeitsanalyse der WBA*



# Methoden

Die klassischen Methoden der Produktentwicklung sind geprägt von einem starren Projektmanagement, einer aufwendigen Dokumentation sowie einer hierarchischen Ordnung zwischen Projektleiter und Projektteam. Dies ist aufgrund genannter marktseitiger und technologischer Veränderungen heute nicht mehr zeitgemäß, da sie nicht auf die notwendige Flexibilität und Schnelligkeit ausgelegt sind.

Agile Methoden halten dabei unterschiedliche Werkzeuge wie z.B. Taskboards, Regelmee-tings oder Burn-Down-Charts bereit, um ein

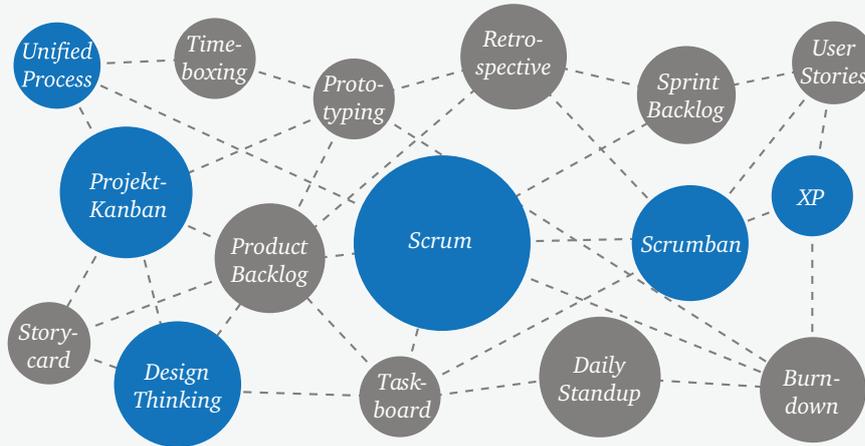
Die häufigste Anwendung in der Entwicklung physischer Produkte finden die agilen Methoden Scrum und Design Thinking. Diese sowie weitere Methoden können bei der agilen Entwicklung bedarfsgerecht kombiniert werden, um die für die eigenen Anforderungen optimalen Voraussetzungen zur Projektsteuerung zu schaffen. Aufgrund des besten Kosten-Nutzen-Verhältnisses im Werkzeugbau werden in dieser Studie Scrum und Design Thinking vertieft. Da eine simple Übertragung der aus der Softwareentwicklung stammenden Methoden auf den Werkzeugbau nicht möglich ist, werden die



>50%

**der Software-  
unternehmen nutzen  
die Scrum Methode zur  
Softwareentwicklung**

Legende: ● Methoden ● Werkzeuge Größe entspricht Anwendungshäufigkeit



## Übersicht über agile Werkzeuge und Methoden

effizientes Projektmanagement zu etablieren und die Kommunikation im Unternehmen zielgerichteter zu gestalten. Entsprechend handelt es sich bei agilen Methoden um neue Formen des Projektmanagements, die sich in anderen Branchen bereits bewährt haben und ebenfalls hohe Anwendungspotenziale im Werkzeugbau versprechen. Die starke Einbeziehung aller Mitarbeiter in den Problemlösungsprozess wirkt innovationsfördernd und die strikte Fokussierung auf den Kundennutzen ermöglicht neue kundenzentrierte Lösungskonzepte.

Methoden im Folgenden kurz erklärt und entsprechend den Anforderungen der Werkzeugentwicklung angepasst.

**Scrum**

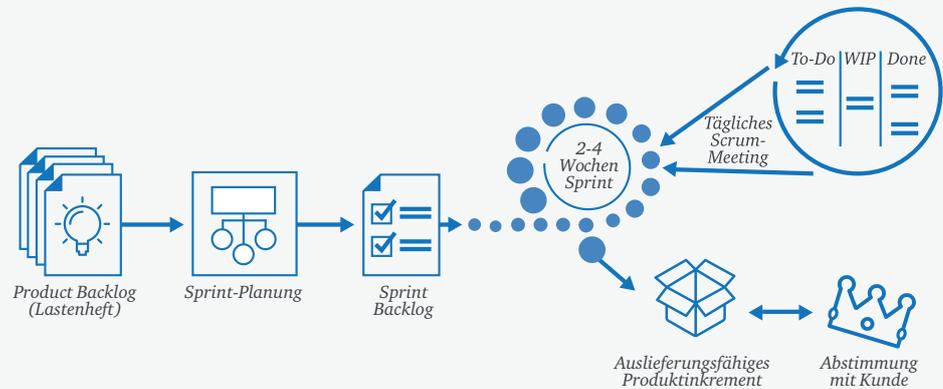
Im Kontext der physischen Produktentwicklung versteht man unter Scrum einen iterativen und inkrementellen Prozess für die agile Produktentwicklung und Organisation von interdisziplinären Teams.

Das zentrale Element stellt das Scrum-Board dar, das der Visualisierung und Steuerung des laufenden Projektfortschritts dient. In einem Product Backlog, der in etwa dem Lastenheft der klassischen Entwicklung entspricht, werden alle zum Projektabschluss benötigten Produkthanforderungen hinterlegt und priorisiert angeordnet. Nach Festlegung des Product Backlogs werden während des anschließenden Sprint Plannings Aufgaben zur Erfüllung der priorisierten Anforderungen im sogenannten Sprint Backlog definiert.

Die im Sprint Backlog hinterlegten Aufgaben werden im zeitlich festgelegten Entwicklungszyklus, dem Sprint, bearbeitet. Innerhalb des Sprints findet eine Begrenzung der Anzahl der Aufgaben statt, um dem Kapazitätsangebot am Sprint beteiligter Mitarbeiter

wird entsprechend im „Burn-Down-Chart“ angepasst, um eine durchgehende Transparenz über die Summe der ausstehenden Aufgaben zu gewährleisten. Den Abschluss eines Sprints bildet zum einen die Sprint Retrospective, in der das Scrum Team in einer Rückschau den absolvierten Sprint analysiert. Zudem findet ein Sprint Review Meeting statt, bei dem Scrum Team und Stakeholder das entwickelte Inkrement evaluieren und das weitere Vorgehen besprechen. Mit Scrum wird nicht das Gesamtsystem entwickelt, sondern kleine Inkremente, die sich am Ende zu einem Gesamtsystem zusammenfügen.

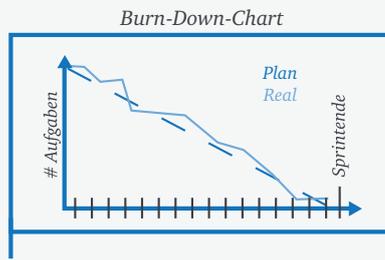
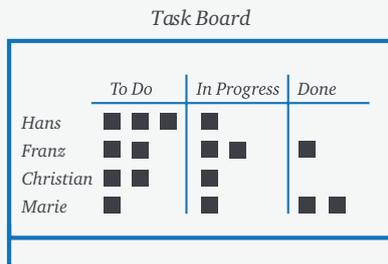
Zur Unterstützung des Arbeitens nach Scrum bieten sich neben der analogen Arbeitsweise zahlreiche, oft frei zugängliche Softwaretools und Applikationen an. Diese ermöglichen ein reibungsloses und standortübergreifendes Zusammenarbeiten nach Scrum Logik, da das Scrum Board jederzeit über die digitalen Hilfsmittel abgerufen werden kann. Ein Beispiel für ein frei zugängliches webbasiertes Tool ist Trello, das alle Grundfunktionalitäten eines Scrum Boards bietet und darüber



**Ablauf der Produktentwicklung nach Scrum Logik**

gerecht zu werden. Während des Sprints trifft sich das Scrum Team zum sogenannten Daily Scrum, das dem Informationsaustausch dient und bei dem das weitere Vorgehen für den nächsten Tag (Iterationszyklus) besprochen wird. Aufgabenpakete, die abgeschlossen sind, werden in die Spalte „Done“ verschoben. Die Anzahl der offenen Aufgaben

hinaus in vielerlei Hinsicht individuell konfigurierbar ist. Softwaretools wie Projectplace bieten umfangreichere Möglichkeiten, bspw. die Erstellung von Projektplänen sowie zahlreiche Diskussionsmöglichkeiten. Je nach Tool fallen aber auch entsprechende Lizenzgebühren an.

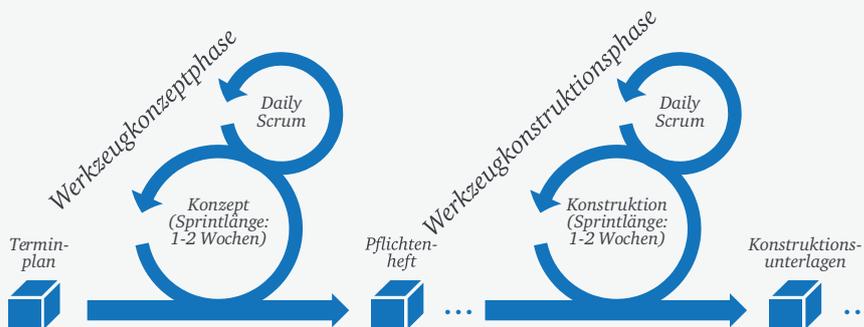


Hilfsmittel der Scrum Methode

Im Werkzeugbau kann Scrum als angepasste Projektmanagementmethode in zwei Phasen angewendet werden. In der Werkzeugkonzeptphase wird innerhalb eines Sprints das Werkzeugkonzept erstellt. Das Team setzt sich aus dem Vertrieb, der die produktseitigen Anforderungen des Kunden repräsentiert (Product Owner), einem Scrum Master (ein Scrum-geschulter Mitarbeiter des Unternehmens), sowie dem Werkzeugkonstrukteur, dem Mitarbeiter der Simulationsabteilung und dem Produktionsplaner zusammen, die das Entwicklerteam darstellen. Im Rahmen des Sprints, der je nach Bedarf ein bis zwei Wochen andauert, entsteht ein Pflichtenheft, das die Basis für ein erstes Werkzeugkonzept darstellt. Während des Sprints können Probleme und Abstimmungen unter den Teammitgliedern in den Daily Scrums diskutiert werden, sodass Fehler frühzeitig erkannt und behoben werden können und es seltener zu Verzögerungen kommt.

dient, wird das Werkzeug in mehreren Sprints konstruiert. Die Teamzusammensetzung wird entsprechend der veränderten Stakeholder angepasst. Das Product Ownership wird vom Vertrieb auf einen Projektleiter übertragen, der die Aufgaben im Team verteilt und Priorisierungen festlegt. Neben dem Scrum Master sowie der Konstruktion, Simulation und Produktionsplanung aus der Konzeptphase sind in dieser Phase ebenfalls die Arbeitsvorbereitung sowie der Fertigungsleiter vertreten. Der Vertrieb bleibt als Stakeholder im Projekt involviert, übernimmt aber eher passive und kontrollierende Funktionen. Je nach Projektgröße und -art können die Teams um weitere Mitarbeiter aus Qualitätssicherung, Mechatronik, Verfahrenstechnik oder Einkauf ergänzt werden. Für die Projektabwicklung bietet es sich an, dass das Projektteam räumlich zusammenarbeitet und vor Ort eine dauerhafte Visualisierung des Projektstandes an einem Scrum-Board stattfindet.

In der anschließenden Werkzeugkonstruktionsphase, der das Pflichtenheft als Input



Adaptierte Scrum Methode für den Einsatz im Rahmen einer agilen Werkzeugentwicklung

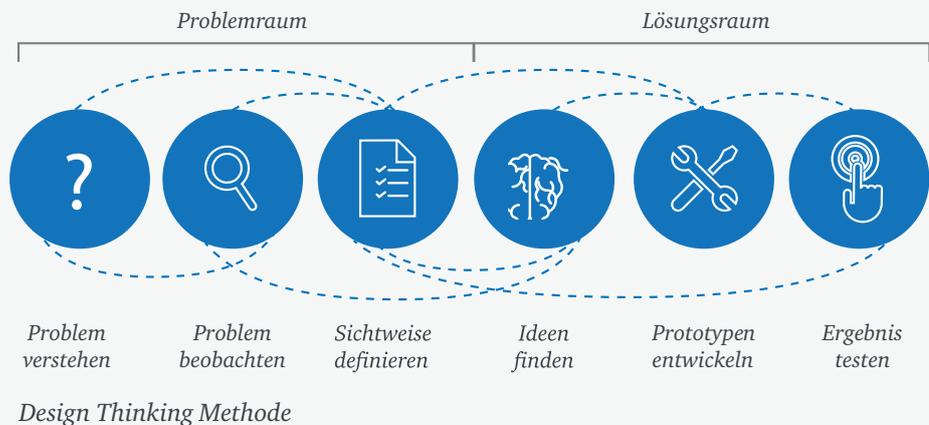
**Design Thinking**

Der Design Thinking Ansatz stellt einen Prozessrahmen für die Gestaltung von Innovationen mit dem Fokus eines maximalen Kundennutzens bereit. Durch die Verbindung der passenden Menschen, den nötigen (Frei-)Räumen und der richtigen Herangehensweise sollen nutzerzentrierte Innovationen erzeugt werden. Die Arbeit findet dabei in multidisziplinären Teams statt – eine aktive und fachübergreifende Kollaboration zwischen den einzelnen Mitarbeitern steht an erster Stelle. Die Arbeitsumgebung ist kreativitätsfördernd gestaltet; das Mobiliar ist beweglich, Materialien zur schnellen Umsetzung von Ideen sowie Zonen, die die Kommunikation unter den Mitarbeitern fördern, sind vorhanden. Mit diesem neuen Ansatz wird im Design Thinking Prozess eine Kultur des spielerischen Erforschens und des nutzerzentrierten Denkens etabliert.

Das iterative Erarbeiten neuer Produkte findet beim Design Thinking in sechs Schritten statt, die sich in einen Problem- und einen Lösungsraum unterteilen. Bei der Definition des Problemraums steht zunächst im Fokus, Beobachtungen aufzunehmen, diese zu verstehen und eine Sichtweise des Nutzers zu definieren. Im Lösungsraum werden anschließend Ideen erarbeitet, die die festgestellten Bedürfnisse und Anforderungen lösen könnten. Eine Validierung findet durch das Entwickeln von Prototypen

und deren Erprobung (mit dem Nutzer) statt. Die einzelnen Schritte werden mehrmals wiederholt. Insgesamt bietet der Design Thinking Prozess so einen bedürfnisorientierten, iterativen Prozess an, der klassische Kreativitätstechniken integriert, um innovative Produkte zu entwickeln.

Im Werkzeugbau eignet sich dieses Vorgehen vor allem zur Entwicklung von Anforderungsbestandteilen im Rahmen des Scrum Vorgehens sowie gänzlich neuer Werkzeugkonzepte im Sinne von Werkzeugkonzepten für Entwicklungsprojekte. Hierbei sind bspw. die Konzeption, Entwicklung und Erprobung von intelligenten Werkzeugen denkbar, die losgelöst von Kundenaufträgen in Zukunft das Produktportfolio eines Werkzeugbaubetriebs erweitern sollen. Hierzu ist neben einer initialen Beobachtung der Probleme des Kunden in der Serienproduktion, wie bspw. ein unbekannter Werkzeugzustand, undefinierte Wartungsintervalle oder ein plötzlicher Werkzeugausfall, das Ableiten von sich daraus ergebenden Kundenanforderungen notwendig. Diese Kundenanforderungen können im Zuge des Lösungsraumes in das anforderungsgerechte Auslegen eines ersten Prototypen-Werkzeugs, der Auswahl der Sensorik und Aktorik, der Definition von Eingriffsintervallen sowie das Ableiten von Konstruktionsstandards nach umfangreicher Validierung münden.



Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich Scrum vor allem als Methode des Projektmanagements eignet, da es gegenüber herkömmlichen Methoden eine höhere Flexibilität in der Auftragsabwicklung ermöglicht. Design Thinking hat seine Stärken vor allem in der Ausarbeitung einzelner Anforderungsbestandteile im Zuge der Werkzeugentwicklung sowie der Entwicklung innovativer Werkzeugkonzepte außerhalb des Tagesgeschäfts. Beide Methoden sollten für einen maximalen Nutzen entsprechend eng verzahnt im Werkzeugbau zur Anwendung gebracht werden.

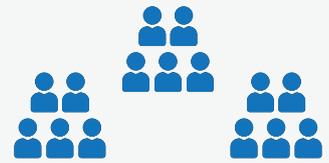
### Best Practice Scrum Methode

Im Werkzeugbau gibt es bereits etablierte Ansätze, die es ermöglichen, Entwicklungszyklen zu reduzieren und Produktinnovationen schneller umzusetzen. So gelingt es zum Beispiel einem deutschen Hersteller für Stanzformen und Thermoformwerkzeuge, Werkzeuge nach der Scrum Methode in interdisziplinären Teams kurzzyklisch zu entwickeln.

In klassischer Arbeitsweise arbeiten die Konstrukteure alleine oder zu zweit an einem Werkzeug. Ein Erfahrungs- und Wissensaustausch unter den Entwicklern findet daher hauptsächlich in separaten Wissenstransferworkshops statt und nicht durch die gemeinsame Arbeit an einem Projekt. Dabei wird der Ansatz verfolgt, die Konstruktionsabteilung in drei Teams à 5 Mitarbeiter aufzustellen. Diese Teams arbeiten in Teamverantwortung an mehreren Werkzeugprojekten gleichzeitig. Dadurch kann eine projektübergreifende Parallelisierung von Arbeitsschritten realisiert werden, ohne dass die erforderliche Reihenfolge im Werkzeugkonstruktionsprozess der Einzelprojekte missachtet wird. Wöchentlich werden im Sprint Planning die anstehenden Aufgaben für den nächsten Sprint aus dem Sprint Backlog auf das Scrum-Board übertragen. Dadurch besteht bei den Mitarbeitern des Konstruktionsteams kontinuierlich Transparenz über alle Projektfortschritte. So muss bspw. in einem Sprint

die Simulation kritischer Bauteile für das Werkzeugprojekt A durchgeführt werden, im Projekt B die Stückliste an die Arbeitsvorbereitung weitergegeben werden und im Projekt C die Werkzeugkonzeption erstellt werden. Zu Beginn des Sprints können Mitarbeiter dann nach ihren Kompetenzen und Präferenzen auswählen, welche Aufgabe sie in diesem Sprint übernehmen. Mit Hilfe eines Mitarbeitermagneten wird das Arbeitspaket in die Bearbeitungsspalte übertragen. Damit kann zum einen die Aufgabenverantwortung direkt erfasst, zum anderen der Gesamtfortschritt visualisiert werden. Während des Sprints findet ein Daily Scrum statt, um den Fortschritt der einzelnen Arbeitsaufgaben zu erfassen. Probleme in der Umsetzung einzelner Anforderungen mit möglichen Auswirkungen auf das Projekt werden somit frühzeitig erkannt. Maßnahmen in Form von Task Forces oder Abstimmungen mit dem Kunden können dementsprechend eingeleitet werden, um den Zeitplan des Gesamtprojekts nicht zu gefährden. Alle Mitarbeiter eines Projektteams arbeiten zudem örtlich zusammen, sodass Fragestellungen und Probleme direkt angesprochen und schnell gelöst werden können. Neue Konstrukteure können sehr schnell in die Teams eingearbeitet werden, da die Aufgabe nicht mehr darin besteht, alleine ein komplettes Werkzeug zu konstruieren. Teilaufgaben der Werkzeugprojekte können bereits durch bestehendes Wissen und den Austausch mit den Kollegen bearbeitet werden. Die hohe Interdisziplinarität gewährleistet zudem innovative Lösungsansätze und ein Frontloading, das eine anschließende effiziente Werkzeuggestaltung ermöglicht.

Insgesamt zeigen die intensive Kommunikation, die hohe Transparenz, der Wissensaustausch und die konsequente Beschleunigung der Konstruktionsprozesse große Erfolge. Durch den beschriebenen Ansatz ist bei dem beschriebenen Unternehmen eine Verkürzung der Werkzeugkonstruktions- und -entwicklungsphase um etwa 75% möglich.



**Die Aufteilung der Konstruktionsabteilung erfolgt zu 3 Teams à 5 Mitarbeiter**



**Bis zu 75% Zeitersparnis in der Werkzeugentwicklung konnte durch den Einsatz der Scrum Methode in ersten Pilotprojekten durch Werkzeugbaubetriebe erreicht werden**



# Fazit und Ausblick

---

Fakt ist: Die Anforderungen des Marktes werden sich in Zukunft weiter verschieben, hin zu mehr Individualität, hin zu kürzeren Produktlebenszyklen, hin zu mehr Dynamik. Fakt ist auch: Der Werkzeugbau muss diese Trends antizipieren und sich dementsprechend neu aufstellen, um auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu sein und seine Führungsposition gegenüber Konkurrenten aus Osteuropa und China behaupten zu können. Dazu stehen ihm unterschiedliche Stellhebel zur Verfügung, die in der Reihe „Corporate Tooling“ detailliert erläutert werden. In dieser Studie wurde das Thema Agilität in der Werkzeugentwicklung betrachtet, um zukünftig bereits in den frühen Phasen der Werkzeugherstellung schneller und änderungsflexibler auf Kundenanforderungen reagieren zu können. Auf diese Weise können Kundenwünsche auch spät im Werkzeugherstellungsprozess zu geringen Kosten realisiert werden, was zu einer höheren Kundenzufriedenheit beiträgt. Gegenüber Qualitäts- und Kostenkriterien wird dieser Aspekt an Gewicht gewinnen und zu nachhaltiger Differenzierung im Wettbewerb führen.

Der Begriff Agilität stammt aus den späten 50er Jahren des 20. Jahrhundert und wurde zunächst in der Softwareentwicklung eingesetzt. Durch die hohe Dynamik internationaler Märkte und die Notwendigkeit, diese Dynamik durch eine Flexibilisierung der eigenen Prozesse abzubilden, findet sich der agile Ansatz zunehmend auch in der Hardwareentwicklung wieder. Da die agilen Ansätze nicht ohne Anpassungen auf den Werkzeugbau übertragbar sind, wurden die Handlungsfelder der Werkzeugentwicklung „Entwicklungsleistungen“, „Prozesse“ und „Methoden“ definiert, um detaillierte und praktische Lösungen darlegen zu können. Dazu wurden zunächst die theoretischen Grundlagen erläutert und anschließend durch die Übertragung auf den Werkzeugbau mit entsprechenden Handlungsempfehlungen oder Best Practices in die Praxis überführt. Eine ganzheitliche Umsetzung der Empfehlungen aus den Handlungsfeldern hilft, ein optimales Ergebnis hinsichtlich Zeit,

Flexibilität und Kosten in der Werkzeugentwicklung zu erreichen.

Durch die aktuellen Entwicklungen im Rahmen von Industrie 4.0 wird die Menge an verfügbaren Daten zukünftig stark zunehmen. Diese Daten gilt es in Echtzeit allen Prozessbeteiligten zugänglich zu machen, um Entscheidungen zukünftig nicht nur datenbasiert, sondern durch bessere Prognosefähigkeiten antizipieren zu können. Über die Verknüpfung der Daten werden dem Anwender relevante Zusammenhänge visualisiert, die phasenübergreifend Analysen mit Bezug auf Entwicklung, Produktion und Produktnutzung erlauben. Das vollständige Potenzial ist dabei heute lediglich schätzbar. Daten sind daher zukünftig der Schlüssel, die Werkzeugentwicklung effizient und änderungsflexibel ausführen zu können. Auch für die agile Werkzeugentwicklung wird die gezielte Nutzung von Daten zukünftig eine große Rolle spielen und nochmals Optimierungspotenziale ermöglichen. So können im Bereich der Entwicklungsleistungen digitale Hilfsmittel wie Simulationen verbessert, im Bereich des Werkzeugentwicklungsprozesses Systeme zur Wissensweitergabe eingesetzt und im Bereich der Methoden digitale Hilfsmittel zum Projektmanagement etabliert werden.

Da sich die genannten Trends und Entwicklungen zukünftig weiter verstärken werden, sollte zeitnah mit einer Umsetzung der agilen Werkzeugentwicklung begonnen werden. Auch wenn nicht alle Anwendungsbeispiele innerhalb kurzer Zeit umgesetzt werden können, da sie eine gewisse Vorlaufzeit in Anspruch nehmen (bspw. die Schaffung einer digitalen Werkzeugwissensdatenbank), sollten die Grundlagen bereits heute geschaffen werden. Die Erfahrungen von Werkzeugbaubetrieben, die in Teilspekten bereits auf Agilität in der Werkzeugentwicklung setzen, zeigen die großen und bisher zumeist unerschlossenen Potenziale. Entsprechend des Kayaking Mottos der Studie lautet daher die Empfehlung: Let's become agile! Let's go kayaking!

# Autoren

---



**Prof. Dr. Wolfgang Boos**

Geschäftsführer  
WBA Aachener Werkzeugbau Akademie

---



**Dr. Michael Salmen**

Leiter Abteilung Unternehmensentwicklung  
Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen

---



**Christoph Kelzenberg**

Gruppenleiter Abteilung Unternehmensentwicklung  
Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen

---



**Johan de Lange**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Abteilung Unternehmensentwicklung  
Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen

---



**Felix Stracke**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Abteilung Unternehmensentwicklung  
Werkzeugmaschinenlabor WZL der 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 – Tooling in ...

---



*World of Tooling*  
2015



*Tooling in China*  
2016



*Tooling in Germany*  
2016



*Tooling in Turkey*  
2016

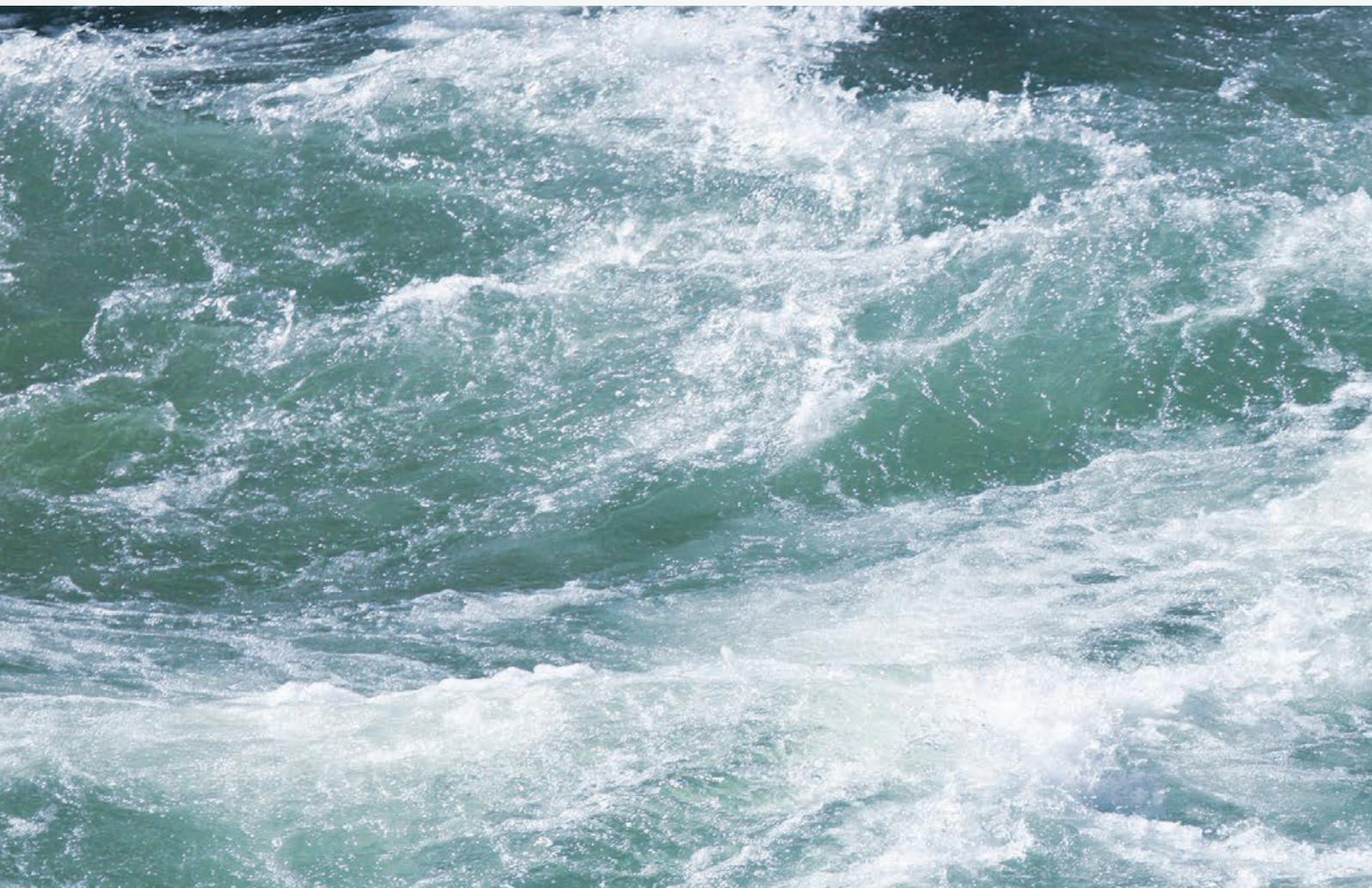


*Tooling in China*  
2015



*Tooling in South Africa*  
2014





---

*Herausgeber*

**WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH**

Campus-Boulevard 30  
52074 Aachen  
[www.werkzeugbau-akademie.de](http://www.werkzeugbau-akademie.de)

**Werkzeugmaschinenlabor WZL**

der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen  
Campus-Boulevard 30  
52074 Aachen  
[www.wzl.rwth-aachen.de](http://www.wzl.rwth-aachen.de)

978-3-946612-19-3



9 783946 612193