AGILE ENTWICKLUNG
PHYSISCHER PRODUKTE

Eine Studie zum aktuellen Stand in der industriellen Praxis

Marvin Michalides, Simon J. Nicklas,
Stefan Weiss, Kristin Paetzold

2022

Universität der Bundeswehr München
Institut für Technische Produktentwicklung

AGENSIS
MANAGEMENT CONSULTANTS

Zitation
Michalides, M., Nicklas, S.J., Weiss, S., Paetzold, K. (2022), *Agile Entwicklung physischer Produkte: Eine Studie zum aktuellen Stand in der industriellen Praxis*, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, Deutschland.
https://doi.org/10.18726/2022_3

ISBN: 978-3-943207-65-1

Verlegende Institution
Universität der Bundeswehr München
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg, Germany

Bildnachweis Titelseite
istockphoto.com: PeopleImages, archerix

Wir lieben Feedback!
Ihre Meinung interessiert uns. Falls Sie Anmerkungen oder Fragen haben oder etwas kommentieren möchten, wenden Sie sich gerne an agile@unibw.de. Jegliches Feedback hilft uns bei unseren Bemühungen, die Forschung auf dem Gebiet der agilen Entwicklung physischer Produkte zu verbessern.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Autoren unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden und die Universität der Bundeswehr München, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Alle Rechte vorbehalten.

© 2022 Institut für Technische Produktentwicklung, Universität der Bundeswehr München, Deutschland.

Wir bedanken uns bei unseren Netzwerkpartnern für die freundliche Unterstützung
(in alphabetischer Reihenfolge)

AGENSIS Unternehmensberatung PartG
AGILE Produktentwicklung
81679 München
www.agensis.com

Institut für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion, VPE
Technische Universität Dresden
01062 Dresden
www.tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/imm

Institut für Technische Produktentwicklung
Universität der Bundeswehr München
85577 Neubiberg
www.unibw.de/itpe

IXLAB
Innovation eXperience Laboratory
80797 München
www.ixlab-muc.de

UnternehmerTUM MakerSpace GmbH
80797 München
www.maker-space.de

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung
Verein Deutscher Ingenieure e.V.
40468 Düsseldorf
www.vdi.de/gpp

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

als Teil des Gründungsteams der Studienreihe „Agile Entwicklung physischer Produkte“ möchte ich mich zunächst bei allen bedanken, die die Serie von Jahr zu Jahr ermöglichen, und immer wieder für neue gewinnbringende Erkenntnisse sorgen. Dieser Dank richtet sich sowohl an das wechselnde Autorenteam als auch an die Vielzahl der Studienteilnehmer/innen aus der industriellen Praxis. Die so gewonnen empirischen Erkenntnisse haben einen großen Mehrwert für die Wissenschaft, um die Vielzahl der qualitativen Case Studies und Erfahrungsberichten mit belastbaren, quantitativen Daten zu untermauern. Gleichzeitig nutzen Unternehmen die Studie zur Meinungsbildung, Entscheidungsfindung und zum Benchmarking.

Wir bei Webasto bilden hierbei keine Ausnahme. In meiner Rolle als Product Owner der Agile Transformation hilft mir die Studie, um Trends zu erkennen und die eigenen Transformationserfahrungen zu reflektieren. Durch die jährlich unterschiedlichen Schwerpunkte finde ich immer wieder neue Inspirationen, die in das Webasto AHEAD Framework, unser selbst entwickeltes agiles Skalierungsframework, einfließen.

Mittlerweile arbeiten bei Webasto bereits mehr als 200 Personen aus der Produktentwicklung in skalierten Setups nach dem AHEAD Framework, etwa weitere 500 Personen arbeiten weltweit in (nicht skalierten) agilen Teams oder nutzen verschiedene agile Elemente. Ziel ist es, die weltweite Produktentwicklung deutlich reaktionsschneller und flexibler zu organisieren. In mehreren Wellen pro Jahr transformieren wir ganze Business Lines. Somit spielt für uns die Skalierung agiler Prinzipien von Teamebene in die Unternehmensorganisation eine immer stärkere Rolle.

Die Besonderheiten der mechatronischen Produktentwicklung, die unter anderem durch die physische Produktnatur und die Zusammenarbeit vielfältiger Disziplinen verursacht werden, nehmen in der Skalierung eine untergeordnete Rolle ein. Hier dominieren die Daten- und Informationsflüsse zwischen den Teams. Innerhalb eines agilen Teams jedoch, sind die bekannten agilen Methoden aus der Softwareindustrie nach wie vor nicht ausreichend, denn sie erklären nicht, wie physische MVPs zum Beispiel im 2-wöchigen Rhythmus kosteneffizient erstellt werden können. Erfahrungsgemäß sind technische Zeichnungen, Simulationsergebnisse oder Expertenaussagen geeignete Workarounds im unternehmerischen Kontext.

Im Kern ist agiles Arbeiten bei Webasto ein Mindset, welches unsere zukünftige Wettbewerbsfähigkeit unter den dynamischen, unvorhersehbaren und komplexen Bedingungen, denen wir ausgesetzt sind, sichert. Die globalen Krisen der letzten Monate und Jahre wie die COVID-19-Pandemie, der Krieg in der Ukraine sowie die resultierenden Lieferengpässe befeuern diesen Trend immer weiter und betreffen nicht nur Webasto, sondern einen Großteil der Unternehmen weltweit. Ich bin mir deshalb sicher, dass agile Produktentwicklung und somit auch diese Studienreihe noch für viele Jahre Relevanz haben werden. An dieser Stelle wünsche ich allen Lesern und Leserinnen eine inspirierende Lektüre und viel Freude beim Lesen der Ergebnisse.

— *Dr. Tobias Schmidt,* Webasto SE

Das im vorliegenden Dokument gewählte generische Maskulinum bezieht sich selbstredend zugleich auf die männliche, die weibliche und andere Geschlechteridentitäten. Zur besseren Lesbarkeit wird auf die Verwendung geschlechterspezifischer Sprachformen im Folgenden verzichtet.

Executive Summary

Die fünfte Auflage der Studienserie Agile Entwicklung physischer Produkte beschäftigt sich fortan mit dem aktuellen Stand der Anwendung und Umsetzung agiler Produktentwicklung innerhalb der Industrie. Das diesjährige Ziel der Studie ist es, Ergebnisse aus den vergangenen Jahren hinsichtlich zeitlicher Veränderungen erneut zu prüfen und Themengebiete von steigender Relevanz genauer zu beleuchten. Im Vordergrund steht unverändert, interessierten Personen und Organisationen einen Bezugsrahmen im Vergleich zu einer mittels Erfahrung aus der Praxis gebildeten Referenz zu geben. Individuelle organisationale Vorhaben sowie Projektplanungen können geprüft und in Bezug auf die vorliegenden Ergebnisse eingeordnet werden. In der Gesamtheit der durchgeführten Studien sind durchgehend wissenschaftliche Erkenntnisse sowie wertvolle Erfahrungen aus der industriellen Praxis in das Studiendesign eingeflossen. Vergangene Ergebnisse sowie subjektive Wahrnehmungen des Autorenteam wurden regelmäßig kritisch hinterfragt, um brauchbare und gewinnbringende Publikationen für die Leserschaft bereitzustellen. Als Online-Befragung umgesetzt, konnte eine Stichprobe von 128 Teilnehmern aus verschiedensten Bereichen der fertigenden Industrie realisiert werden (⇨ **Demografie**). Insgesamt wurden jeweils bis zu 42 Fragen von den Teilnehmern beantwortet, welche einen Einblick in die Themenfelder ⇨ **Verständnis & Anwendung**, ⇨ **Skalierung** und ⇨ **Prototyping** im agilen Umfeld geben sollen. In den Studien der letzten vier Jahre konnten bereits interessante und facettenreiche Einblicke in die industrielle Praxis des deutschsprachigen Raums gewährt werden. Gleichermaßen werden auch in der Studie 2022 informative und wissenswerte Ergebnisse aus Sicht der Praxis agiler Entwicklung physischer Produkte präsentiert. Aus Sicht des Autorenteams lassen sich die Ergebnisse auf nachfolgende Stichpunkte komprimieren:

- Agile Produktentwicklung ist weiterhin interessant und wächst. Einige Unternehmen skalieren agile Arbeitsweisen, obgleich ein Diskriminator hinsichtlich des Verständnisses von Skalierung nicht existiert. Nur wenige Unternehmen haben agile Produktentwicklung noch gar nicht implementiert.
- Selbstorganisation als agiles Prinzip wird als wichtiger Faktor für den Projekterfolg gesehen. Gleichzeitig wird der Machtverlust der Führungskräfte unverändert als große Herausforderung benannt. Viele der sozialen Herausforderungen bezüglich der Implementierung von Agilität sind nach wie vor ungelöst.
- Die Wechselwirkungen zur physischen Natur der Produkte werden klar als Schwierigkeiten erkannt und als solche benannt. Die Werte des agilen Manifests scheinen jedoch einen begrenzten Stellenwert innerhalb der Entwicklung mechatronischer Produkte aufzuweisen.
- Uneinigkeit besteht hinsichtlich der idealen Zusammensetzung und Größe von agilen Entwicklungsteams. Perspektivisch sind postulierte Teamgrößen aus der Softwareentwicklung nicht ohne Anpassungen anwendbar.
- Die Studienteilnehmer schätzen über Jahre hinweg den Nutzen der agilen Produktentwicklung. Hierunter fallen insbesondere die verbesserte teaminterne Kommunikation, die erhöhte Reaktionsgeschwindigkeit, die gesteigerte Transparenz im Unternehmen und die erhöhte Flexibilität, um auf Änderungen reagieren zu können.
- Es zeigt sich erneut, dass der Einsatz von Prototyping schwerpunktmäßig erst in späteren Entwicklungsabschnitten des Produktentstehungsprozesses stattfindet.
- Der Einsatz von Prototyping wirkt innerhalb der agilen Produktentwicklung unterstützend. Im Fokus stehen dabei sowohl der Nutzer als auch die technische Funktion. In der Umsetzung der Prototypen finden sich jedoch verstärkt nur technisch-objektive Betrachtungen wieder.

Zusammenfassend zeigt die Studie, dass agile Produktentwicklung zunehmend wächst und fertigende Unternehmen perspektivisch Potential in der Skalierung agiler Entwicklung sehen. In der Welt der physikalischen Produkte schlägt das Thema „Agilität“ eigene Pfade ein und konfrontiert Unternehmen schon während der Veränderungsphase mit ungewohnten Paradigmen agiler Entwicklung. Ein Abklingen dieser Veränderungsbemühungen ist derzeitig nicht erkennbar.

Inhalt

Vorwort **5**

Executive Summary **6**

1 Verständnis & Anwendung **8**
1.1 Die Arbeitsweise 8
1.2 Organisationsstruktur 9
1.3 Selbstorganisation und Projekterfolg 12

2 Skalierung **14**

3 Prototyping im agilen Umfeld **18**

4 Demografie **20**
4.1 Die Unternehmen 20
4.2 Die Teilnehmer 21
4.3 Die Produkte 22

Glossar **24**

Methodik **25**
Design der Studie 25
Verteilung 25
Auswertung und Darstellung 25

Quellenverzeichnis **26**

Über die Autoren **27**

Zentrale soziale Konfliktfelder im Rahmen der Implementierung agiler Entwicklung sind nach wie vor ungelöst.

Die Selbstorganisation agiler Teams korreliert mit der Einschätzung über den Projekterfolg.

Die Werte des agilen Manifests scheinen einen begrenzten Stellenwert innerhalb der Mechatronikentwicklung einzunehmen.

1 Verständnis & Anwendung

Seit Beginn der Studienreihe beschäftigt uns die Frage nach dem Verständnis agiler Entwicklung innerhalb der Mechatronik. Dabei hat sich der Fokus stetig weg von den initialen Assoziationen und erwartetem Nutzen hin zu den wahrgenommenen Auswirkungen und Konflikten in der Praxis verschoben. Da hierbei die Trennschärfe einer reinen Verständnisbetrachtung gegenüber Beobachtungen aus der Anwendung abgenommen hat, wollen wir beide Seiten erstmals in einem Kapitel zusammenfassen. Hierzu werfen wir einen Blick auf folgende drei Punkte:

- Die Arbeitsweise im Allgemeinen
- Die Organisationsstruktur im Speziellen
- Die Selbstorganisation agiler Teams im Verhältnis zum jeweiligen Projekterfolg

1.1 Arbeitsweise

In **Abbildung 1** ist der Anteil aller Produktentwicklungsprojekte dargestellt, welcher den Teilnehmern zu Folge innerhalb ihres jeweiligen Unternehmens einem agilen Ansatz folgend durchgeführt wird. Ein Viertel der an der Umfrage beteiligten Personen gab an, dass lediglich zu 10 % agil entwickelt wird. 15 % der Teilnehmer stuften ein Fünftel der entsprechenden Projekte als agil ein. Zu jeweils einem weiteren Zehntel ordneten die Teilnehmer ihr Unternehmen in die Kategorien 30 %, 40 %, 50 %, 60 % und 80 % ein. Lediglich jeder zwanzigste Studienteilnehmer konnte berichten, dass 90 oder mehr Prozent aller Entwicklungsprojekte in dessen Unternehmen agil durchgeführt werden. Im Rahmen dieser Frage wird die Bandbreite der Verteilung zwischen agilen und „klassischen“ Projekten deutlich. In der Tendenz werden jedoch nach wie vor viele Produktentwicklungsprojekte letzterem Ansatz folgendend durchgeführt.

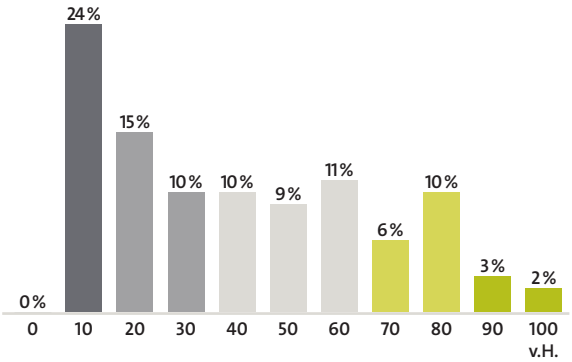

Abbildung 1: Anteil agiler Produktentwicklungsprojekte im Unternehmen, n = 115

Darüber hinaus wollten die Autoren in Erfahrung bringen, was agiles Arbeiten in den Unternehmen der Teilnehmer konkret bedeutet. Im Rahmen einer 5-Punkte-Likert-Skala (1 = „trifft gar nicht zu“ bis 5 = „trifft völlig zu“) haben wir hierzu die Werte des Manifests der agilen Softwareentwicklung [1] nach entsprechender Anpassung für die Mechatronik in ihrer Wichtigkeit bewerten lassen. Die dem Manifest bereits inhärente Gegenüberstellung der Werte wurde in **Abbildung 2** aufgegriffen. Der Wert *Individuen und Interaktionen* (Ø 3,95) wurde im Schnitt ähnlich bewertet wie der Wert *Prozesse und Werkzeuge* (Ø 3,58). Der Wert *funktionierende Produkte* (Ø 4,57) wurde höher bewertet als der Wert *umfassende Dokumentation* (Ø 3,44). Der Wert *Reagieren auf Veränderung* (Ø 3,86) wurde höher bewertet als *Befolgen eines Plans* (Ø 3,30). Abschließend wurde der Wert *Zusammenarbeit mit dem Kunden* (Ø 4,11) höher bewertet als *Verhandlung von Verträgen* (Ø 3,35). Im Überblick lassen sich die Aussagen des agilen Manifests zur Gewichtung der Wertepaare demnach durchaus wiederfinden. Im Detail fallen die Unterschiede jedoch geringer aus als erwartet und liegen innerhalb der Standardabweichungen der einzelnen Items. Ein tieferer Blick in die einzelnen Antworten

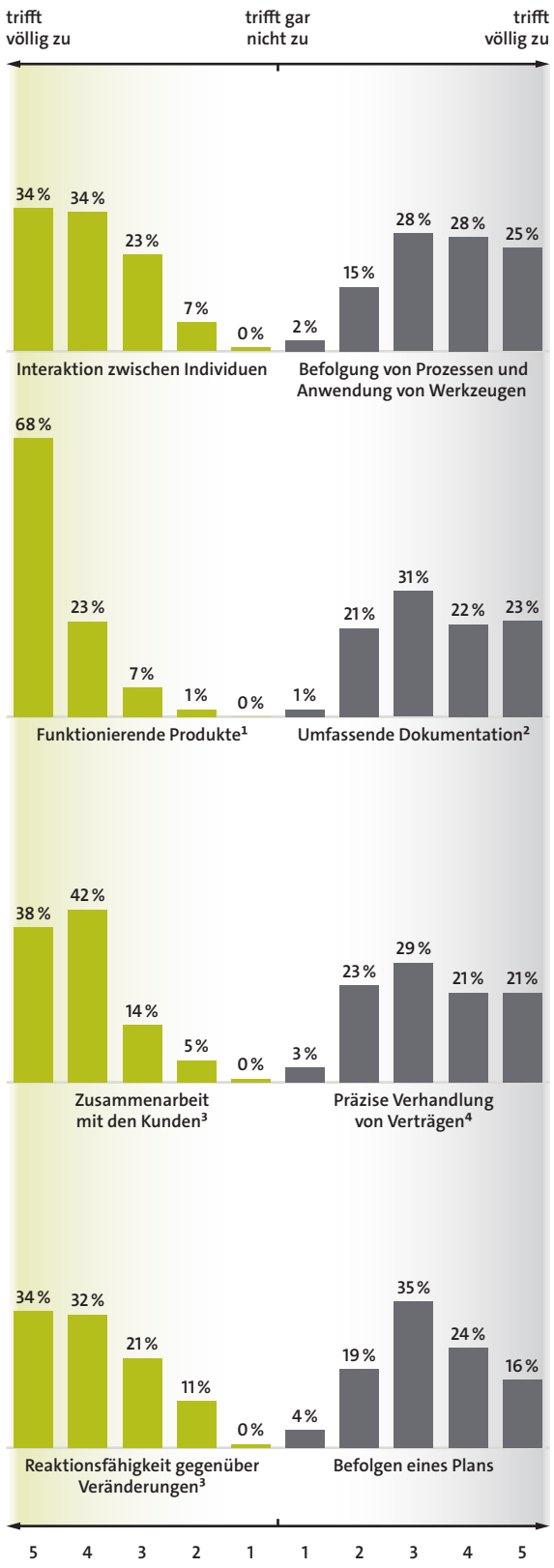

Abbildung 2: Wichtigkeit der Werte des agilen Manifests in den jeweiligen Unternehmen, n = 115, [1](n = 112), [2](n = 111), [3](n=114), [4](n=110)

lässt insbesondere Zweifel an der Allgemeingültigkeit des Manifests in der Praxis aufkommen, da für einen Teil der Postulate des Manifests ein größerer Unterschied erwartet worden ist. Statistisch belastbare Auswertungen folgen in einer späteren Veröffentlichung.

► *Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass sich die Werte des agilen Manifests in der Realität der Unternehmen mehrheitlich nicht manifestiert haben. Möglicherweise zeichnet sich hier eine hybride Nutzung agiler und klassischer Ansätze ab. Obgleich auch das Manifest der agilen Softwareentwicklung die Werte auf der linken Seite in der Tendenz als wichtiger befindet als die der rechten Seite, zeigt sich im Rahmen der erhobenen Daten, dass nicht zwischen allen Werten derartig ausgeprägt unterschieden wird. Nur in einem Punkt waren sich die Teilnehmer einig: Auf funktionierende Produkte wird großen Wert gelegt – in Anbetracht der ingenieurlastigen Auswahl der Teilnehmer ist dies wenig verwunderlich, da hier eher selten ominöse Anti-Falten-Cremes mit schwer zu prüfender Produktfunktion entwickelt werden.*

In **Abbildung 3** wollte das Autorenteam die Einschätzungen der Studienteilnehmer hinsichtlich sozialer Herausforderungen in Bezug auf die Implementierung agiler Entwicklung in Erfahrung bringen. Bereits in den Ausgaben von 2019 [2] und 2020 [3] wurden Herausforderungen hinsichtlich der Konfliktpotentiale bei der Einführrung agiler Arbeitsweisen identifiziert. In **Abbildung 3** sind die Ergebnisse über einen Zeitraum von vier Jahren visualisiert. Bereits in den vorherigen Jahren entstanden auf Grund von Paradigmenverwirrung in Folge des Aufeinandertreffens von klassischer und agiler Welt Konflikte sozialer Art. In diesem Sinne wird der *Macht- und Kontrollverlust der Führungskräfte* unverändert als eher größere Herausforderung angesehen. Andererseits wird bei der Einführung agiler Arbeitsweisen die Furcht der Mitarbeiter um den Arbeitsplatz als geringe Herausforderung wahrgenommen. Die weiteren aufgeführten Konfliktpotentiale werden als eher moderate Herausforderung wahrgenommen, obgleich einzelne Abweichungen in die negative als auch positive Richtung erkennbar sind. Im zeitlichen Verlauf bleiben die Ergebnisse nahezu auf konstantem Niveau.

1.2 Organisationsstruktur

In **Abbildung 4** haben wir die Teilnehmer gebeten, die vorherrschenden Unternehmenswerte hinsichtlich agilen Arbeitens zu beurteilen. Hinter diesen Optionen stand ebenfalls eine 5-Punkte-Likert-Skala (1 = „trifft gar nicht zu“ bis 5 = „trifft völlig zu“). Aus Sicht der Teilnehmenden scheinen die Organisationen im Mittel lediglich ein moderates Interesse an *kurzzyklischem*

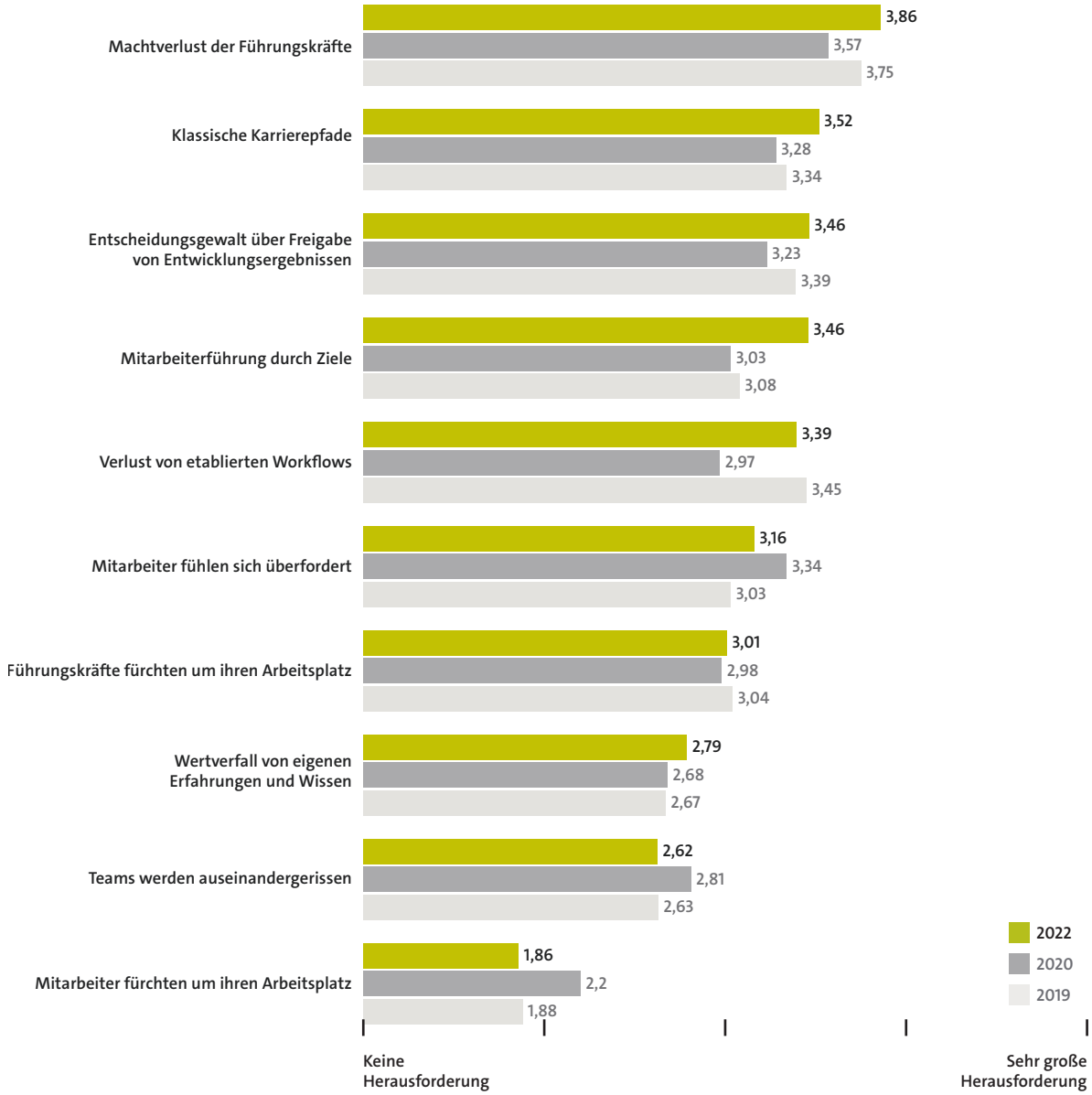

Abbildung 3: Konfliktpotentiale durch Einführung agiler Arbeitsweisen, 2022: n = 101, 2020: n = 94, 2019: n = 77

Erkenntnisgewinn zu haben. Die Werte *Sicherheit der Produkte* sowie *Exzellenz der Produkte*, die beide einen entscheidenden Beitrag zur Wahrnehmung des jeweiligen Portfolios durch den Kunden leisten, erfuhren hingegen mehrheitlich eine deutlichere Zustimmung – an dieser Stelle bestätigt sich das häufig auch durch Fremdzuschreibung entstandene Bild der Marke „Made in Germany". Auch die Werte *interdisziplinäre Kollaboration, kontinuierliche Verbesserung hinsichtlich der Produkte* und *Vertrauen zwischen den Mitarbeitern* landeten in der vorderen Hälfte der so gebildeten Rangfolge.

Im Verhältnis dazu zeigt **Abbildung 5**, welche Organisationsstrukturen sich hinsichtlich agilen Arbeitens aus Sicht der Teilnehmer bilden (1 = „trifft gar nicht zu" bis 5 = „trifft völlig zu"). Hier bleibt nach wie vor die klassische Projektleiterrolle etabliert und erfährt somit die höchste Zustimmungsquote (Ø 3,94). Eine Gleichberechtigung der Individuen innerhalb eines Projektteams im Sinne der agilen Werte und Prinzipien hat sich vergleichsweise noch nicht durchgesetzt (Ø 3,55). Zudem sind die Projektteams gemäß der erhobenen Daten noch zu einem merklichen Anteil nach Fachdisziplinen aufgeteilt, auch wenn sich hierbei der verhältnismäßig niedrigste Zustimmungswert von durchschnittlich 3,15 ergab. Es bleibt daher offen, welchen Einfluss die Anwendung agiler Methoden in einem nach wie vor überwiegend hierarchisch geprägten Umfeld (Ø 3,49) hat.

Gerade hinsichtlich letzter Frage bietet es sich an dieser Stelle an, einen genaueren Blick auf die Führungs-

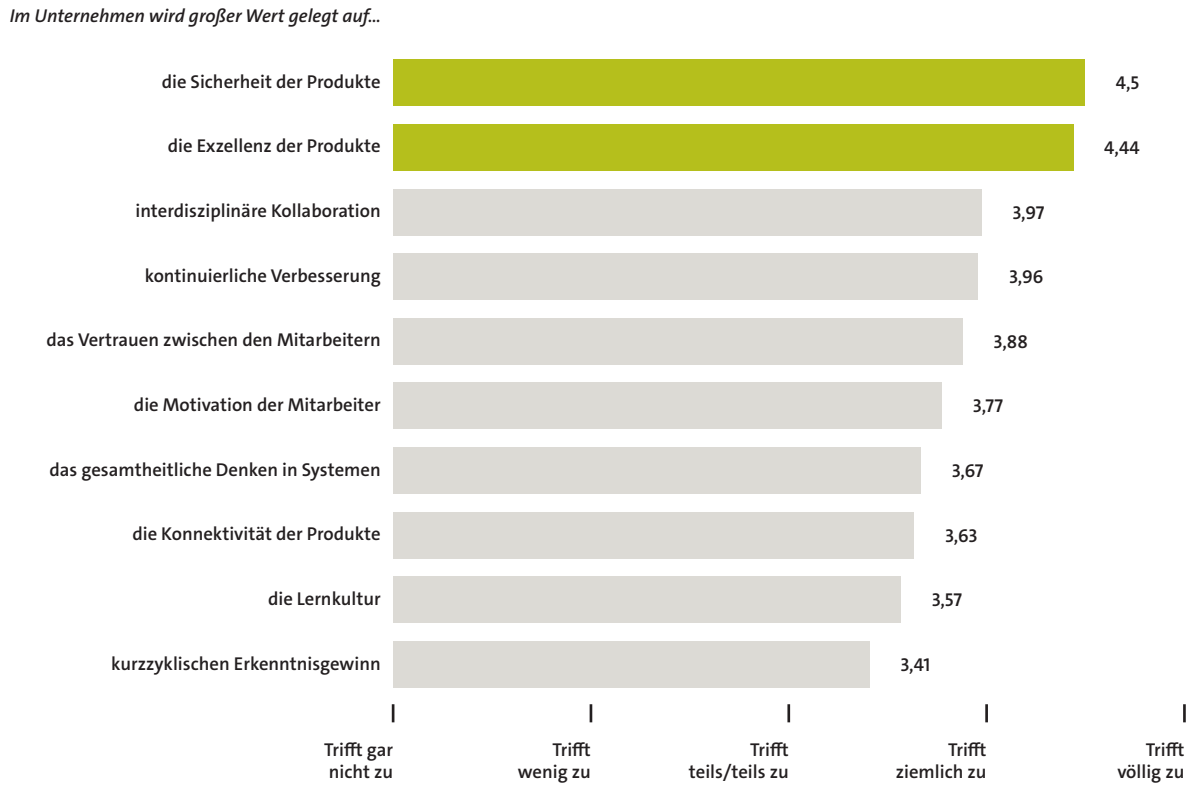

Abbildung 4: Zustimmung zu vorherrschenden Unternehmenswerten hinsichtlich agilen Arbeitens (Mittelwerte), n = 105, [1](n = 102), [2](n = 104)

stile der verantwortlichen Vorgesetzten zu werfen. In **Abbildung 6** sind die entsprechenden Merkmale nach Wahrnehmung der Befragten aufgetragen und mit den Ergebnissen aus dem Jahr 2020 [3] in Zusammenhang gestellt. Im Vergleich der Datensätze zeigt sich, dass die *Fachexpertise* weiterhin als dominantes Merkmal wahrgenommen und den jeweiligen Führungskräften von mittlerweile fast drei Viertel der Teilnehmer attestiert wird (+12 Prozentpunkte). Ferner wird ersichtlich, dass sowohl die Zustimmungswerte zum *Ermöglichen der Selbstorganisation* (+2 Prozentpunkte), als auch hinsichtlich *transparenter Entscheidungen* (+13 Prozentpunkte), *gemeinsamer Verantwortung* (+9 Prozentpunkte) sowie zur *Abschaffung von Zielvereinbarungen* (+5 Prozentpunkte) zugenommen haben.

In diesem Jahr wurde zudem erstmalig gefragt, aus wie vielen verschiedenen Fachdisziplinen sich ein agiles Entwicklungsteam in der Regel zusammensetzt. Das Ergebnis ist in **Abbildung 7** visualisiert. Die meisten Teilnehmer (27%) befanden, dass die Zusammensetzung der Fachdisziplinen innerhalb des Entwicklungsteams kontextabhängig sei. Die gleiche Anzahl an Studienteilnehmern (27%) sah eine Zusammensetzung aus mehr als fünf Fachdisziplinen als gegeben an. Auf den weiteren Rängen folgen Teamzusammensetzungen aus fünf, vier oder respektive drei verschiedenen Fachrichtungen. Teams aus weniger als drei unterschiedlichen Fachdisziplinen bilden mit insgesamt 6% eher die Ausnahme.

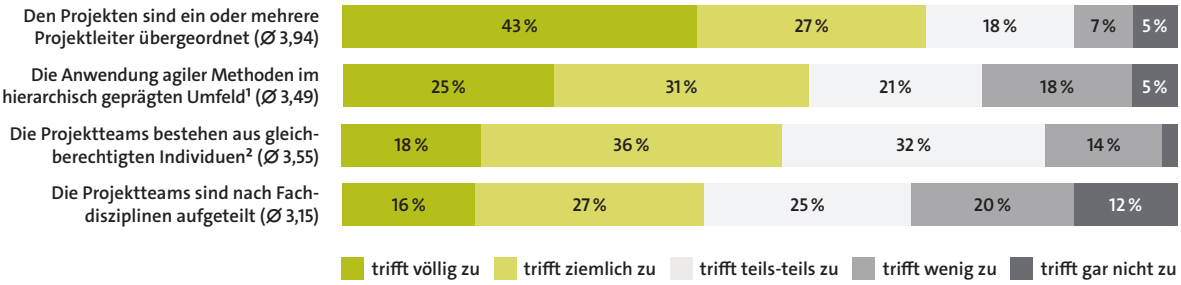

Abbildung 5: Hinweise auf die tatsächliche Organisationsstruktur in sogenannten agilen Arbeitsumgebungen, n = 113, [1](n = 111), [2](n = 114)

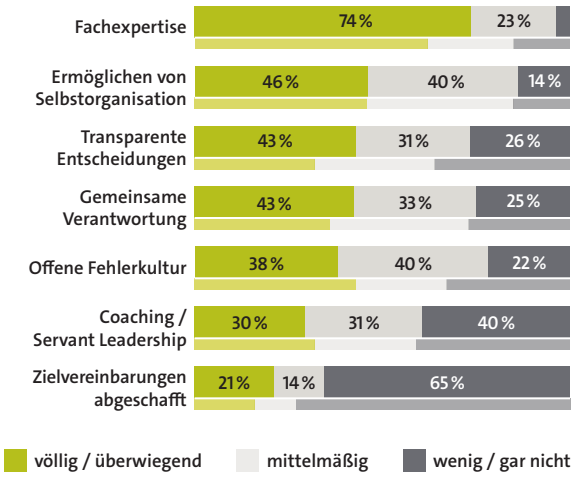

Abbildung 6: Merkmale des Führungsstils der Vorgesetzten, 2022 (oben): n = 99, 2020 (unten): n = 94

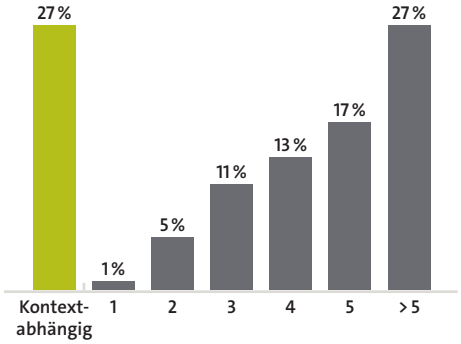

Abbildung 7: Anzahl verschiedener vertretener Fachdisziplinen innerhalb eines agilen Entwicklungsteams, n = 113

1.3 Selbstorganisation und Projekterfolg

In diesem Jahr hat das Autorenteam den Aspekt der Wirkung agiler Arbeitsweisen bezogen auf die Zielgröße Projekterfolg in die Studie aufgenommen. Die Studienteilnehmer wurden gebeten, sich an ein kürzlich abgeschlossenes Entwicklungsprojekt (Abschluss nicht älter als 12 Monate) zu erinnern und dieses als Bezugspunkt für die Beantwortung der kommenden Fragen zu nutzen. Im Weiteren wurden die Teilnehmer aufgefordert, für ihr Beispielprojekt den Projekttyp, den wahrgenommen Projekterfolg, den Grad der Agilität der Projektorganisation und die beiden Stressfaktoren Belastung durch Anforderungswechsel und Belastung durch technische Richtungswechsel einzuschätzen. Zusätzlich wurde der umgesetzte Grad der Selbstorganisation als Verwirklichung eins Prinzips der Agilität abgefragt. Die Antworten der Teilnehmer sind bewusst als subjektive Einschätzungen und Zuschreibungen abgefragt worden, um das Empfinden in der Spontanität der Beantwortung nicht durch vorgeschaltete Erklärungstexte zu behindern.

Bei den Beispielprojekten handelte es sich demnach zu 62 % um Neuentwicklungen, zu 25 % um Variantenentwicklungen und zu 13 % um Anpassungsentwicklungen. Auf einer Skala von 0 % („klassisch“) bis 100 % („agil“) wurden diese Projekte hinsichtlich des Agilitätsgrades mit durchschnittlich 62 Punkten von 100 möglichen Punkten bewertet. Agile Arbeitsweisen und Neuentwicklungen dominieren erkennbar die Stichprobe.

Die Auswertung der Wirkungsstärke der beiden Stressfaktoren, unter denen die gewählten Projekte standen, ist in **Abbildung 8** dargestellt. Die Belastungsstärke wurden mittels siebenstufigen Bewertungsschema (1= „trifft überhaupt nicht zu“ bis 7 = „trifft voll und ganz zu“) erhoben. Die technischen Richtungswechsel bejahen eher 58 %, 26 % verneinen diese eher. 16 % der Studienteilnehmer sind unentschieden. Die Befragten sollten zudem beurteilen, ob die äußeren Anforderungen von Anfang an als stabil bezeichnet werden konnten. Nur 22 % der Teilnehmer bejahten dies eher, wohingegen 74 % dies eher verneinten. Im Vergleich wird dieser Stressfaktor der „Instabilität der Anforderungen“ etwas stärker als die technischen Richtungswechsel wahrgenommen. Insgesamt waren beide Stressfaktoren als Randbedingungen eindeutig vorhanden.

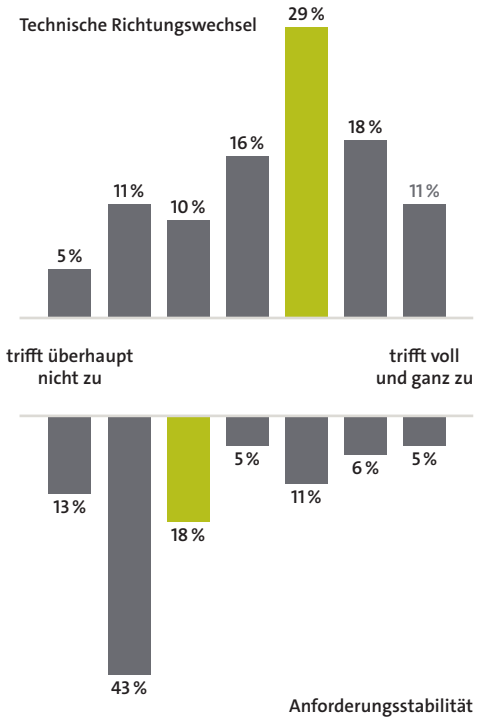

Abbildung 8: Grad der Technischen Richtungswechsel (n = 62) und der Anforderungsstabilität (n=63) der betrachteten Entwicklungsprojekte

Vor dem Hintergrund der Daten zu den Stressfaktoren wurde für die Studie der Grad des Projekterfolgs mit der Anwendung der Selbstorganisation als Prinzip für Steuerung und Führung agiler Entwicklungsprojekte in Verbindung gebracht. In **Abbildung 9** ist der Zustimmungsgrad bezüglich Projekterfolg gegenüber der wahrgenommenen Verwirklichung der Selbstorganisation aufgetragen. Die gezeigte Gegenüberstellung deutet darauf hin, dass der beobachtete Projekterfolg in einem stark durch Instabilitäten geprägten Umfeld mit dem Grad der Selbstorganisation zunimmt.
Im Detail zeigt sich, dass der rechte obere Quadrant des Diagramms circa 56 % der Teilnehmerantworten beinhaltet. Nur rund 14 % der Teilnehmer, repräsentiert im linken oberen Quadranten, sehen den Projekterfolg als gegeben an, obgleich von diesen nur ein geringer Grad an Selbstorganisation wahrgenommen wurde. Circa 22 % der Teilnehmer haben ihre Projekte als eher nicht erfolgreich eingestuft (untere Hälfte der Abbildung). Der Grad der Selbstorganisation weist jedoch auf Grund der geringeren Stichprobengröße in dieser Hälfte eine größere Unschärfe auf, sodass etwaige Korrelationsaussagen nur mit Vorsicht zu treffen sind. Im Ergebnis spiegeln sich hier die Resultate unserer früheren Studien, dass die sogenannten "weichen Faktoren" der agilen Arbeitsweise zu wesentlichen positiven Effekten und Verbesserungen beitragen (vgl. [4]). Die Verknüpfung der Antworten der Befragten legt nahe, dass eine ausgeprägte Selbstorganisation einen entscheidenden Beitrag für den Projekterfolg leistet. Es ist ein starker Hinweis aus der Praxis, dass es sehr von Nutzen sein kann, übliches Führen und Steuern auf den Prüfstand und somit in Frage zu stellen.

► *Aus den Ergebnissen eine allgemeingültige Gesetzmäßigkeit für den Projekterfolg herleiten zu wollen, ist aus unserer wissenschaftlichen Sicht zunächst nicht möglich. Denkbar sind Wahrnehmungsverzerrungen und Attribuierungen, denen die Teilnehmer bei der Erinnerung und Wiedergabe der abgefragten Situationen unterliegen. Das Ergebnis ist in erster Instanz jedoch erfolgversprechend und ist Ansporn für weitere wissenschaftliche Arbeit.*

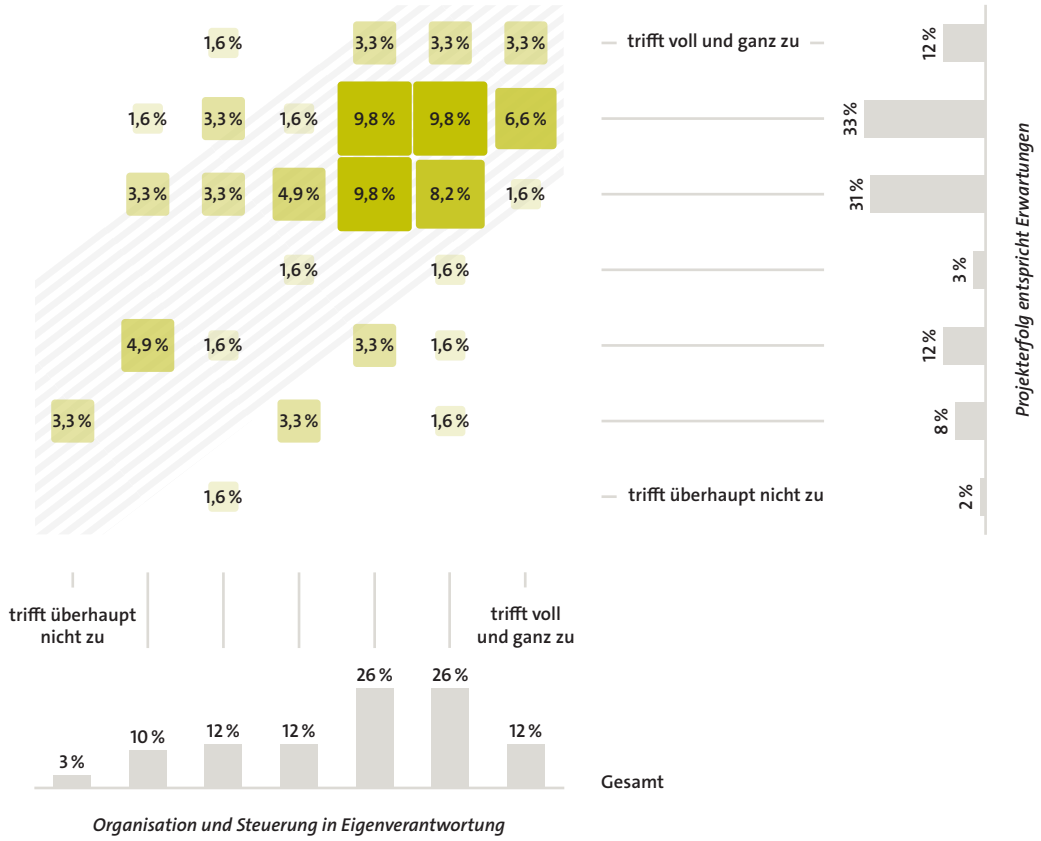

Abbildung 9: Wahrgenommener Projekterfolg in Abhängigkeit von der Teamautonomie, n = 61

Im Rahmen der Skalierung sind Synchronisation, Abhängigkeiten in der Kollaboration sowie Koordination die größten Herausforderungen, mit denen sich die Unternehmen konfrontiert sehen.

Ein eindeutiger Diskriminator für Skalierung exisitert bisher nicht.

Immer mehr Unternehmen skalieren agile Entwicklung.

2 Skalierung

In diesem Abschnitt soll die Skalierung im Kontext agiler Entwicklung physischer Produkte betrachtet werden. Bereits in der Ausgabe 2020 [3] wurde Skalierung als zunehmend wichtiger Aspekt identifiziert und soll in diesem Jahr erneut als eigenständiger Forschungsblock untersucht und thematisiert werden, um das diesbezügliche Verständnis der Teilnehmer zu erfassen. Sobald agile Entwicklung über die Anwendung dezidierter agiler Methoden in einzelnen, voneinander unabhängigen Teams hinausgeht, kann von Skalierung agiler Arbeitsweisen gesprochen werden. Diese umfasst in der Praxis ein breites Spektrum unterschiedlichster Ausprägungen.

In der bereits publizierten Studie des Jahres 2020 haben wir die Teilnehmer gefragt, was Sie unter dem Begriff der Skalierung im vorliegenden Kontext verstehen. Ein Konsens ließ sich in der Breite der Antworten jedoch nicht erkennen. Infolgedessen wollte das Autorenteam anstelle einer inhaltlichen Definition diesmal wissen, anhand welcher äußeren Kriterien die praktische Skalierung agiler Arbeitsweisen innerhalb der Organisation zu erkennen sei. Die Ergebnisse der 5-Punkt-Likert-Skala (1 = „trifft gar nicht zu“ bis 5 = „trifft völlig zu“) sind in **Abbildung 10** dargestellt. Auffällig ist, dass keines der präsentierten Elemente im Mittel auf einen Zustimmungswert größer oder gleich vier kommt, sondern alle im Bereich von Ø 2,20 bis Ø 3,81 verbleiben. Eine eineindeutige Präferenz zu bestimmten Faktoren kann demnach nicht abgeleitet werden. Ersichtlich ist

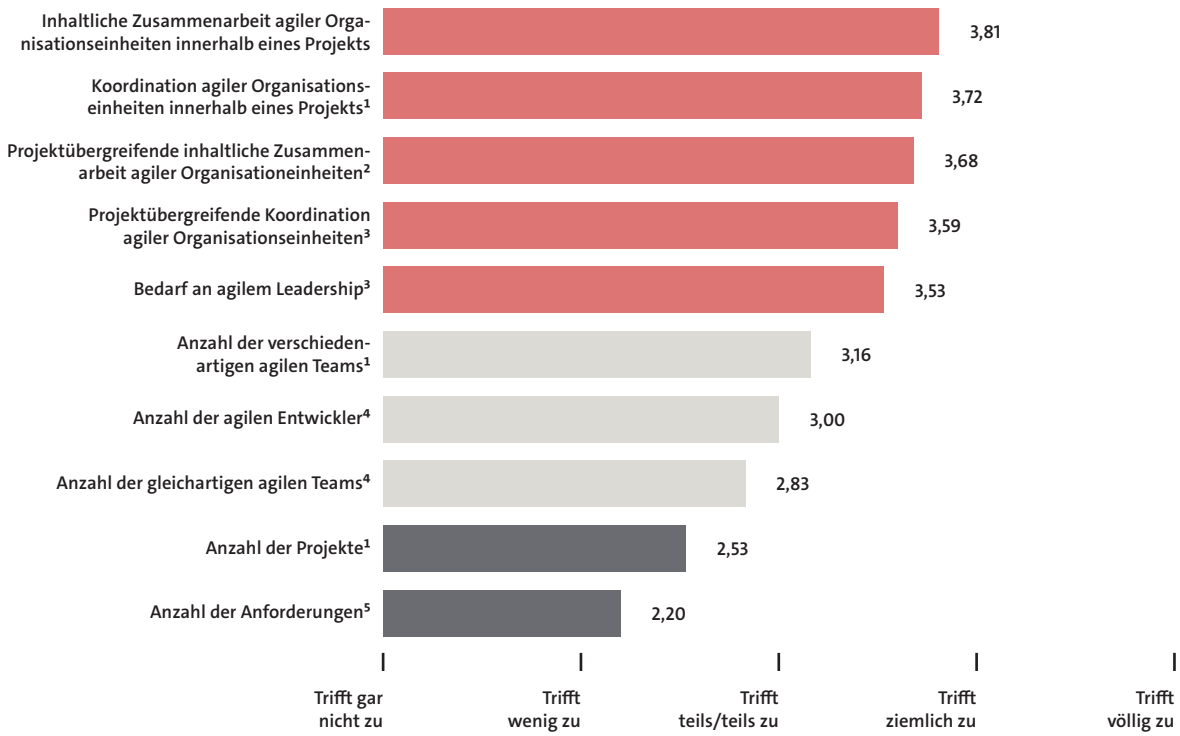

Abbildung 10: Mittlere Zustimmung zu möglichen Anzeichen der Skalierung, n = 77, [1](n = 75), [2](n = 76), [3](n = 74), [4](n = 70), [5](n = 66)

jedoch, dass die Teilnehmer aus ihrer Erfahrung heraus eher die *inhaltliche Zusammenarbeit* und *Koordination* als Erkennungsmerkmale der Skalierung heranziehen. Dagegen wird die Skalierung agiler Arbeitsweisen seltener mit der reinen *Anzahl von Anforderungen* oder der *Anzahl von Projekten* assoziiert. Anhand der Rangfolge der Antwortoptionen ist zu erkennen, dass Skalierung tendenziell am Grad der Vernetzung festgemacht wird und kein reines Zahlenspiel einzelner Komponenten darstellt. Ein zuverlässiger singulärer Diskriminator aus der Praxis konnte in den erhobenen Daten mangels Trennschärfe allerdings erneut nicht identifiziert werden.

In **Abbildung 11** sind die prozentualen Anteile gelistet, ob die Teilnehmer bereits agile Entwicklung skalieren oder nicht. Im Vergleich zum Jahr 2020 haben sich die Anteile verschoben. 71% skalieren, wohingegen 29% (noch) nicht skalieren. Dies entspricht einem Zuwachs von 15 Prozentpunkten an Teilnehmern in entsprechenden Unternehmen, die sich bereits aktiv mit der Skalierung agiler Arbeitsweisen auseinandersetzen.

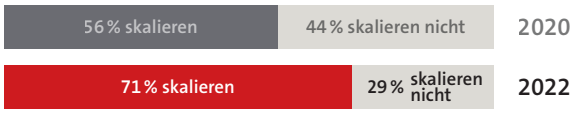

Abbildung 11: Skalierungsanteile, Mehrfachnennung möglich, 2022: n = 85, 2020: n = 72

In diesem Jahr lag das Hauptaugenmerk neben möglichen Differenzierungsmerkmalen der Skalierung auf den damit verbundenen Herausforderungen. Die Einschätzung der Teilnehmer, ab welcher Anzahl zusammenarbeitender agiler Teams eine teamübergreifende Selbstorganisation verloren geht, das heißt, ab wann zusätzliche Strukturen oder Koordinierungsstellen benötigt werden, ist in **Abbildung 12** aufgetragen.
5% der Teilnehmer gaben an, dass die Selbstorganisation unabhängig von der Teamgröße nicht verloren gehen würde. Das Gros, nämlich 90% der Teilnehmer, sah den Verlust der Selbstorganisation im Bereich zwischen zwei und fünf Teams als gegeben an, sodass an dieser Stelle weitere Mechanismen zur Abstimmung der Teams notwendig werden. Lediglich weitere 3% schätzten diese Grenze bei sechs oder gar mehr Teams ein.

In **Abbildung 13** ist die Zustimmung zu verschiedenen Aussagen hinsichtlich der Skalierung zusammengefasst. Hinter den Antwortmöglichkeiten steht erneut eine 5-stufige Likert-Skala (1 = „stimme gar nicht zu“

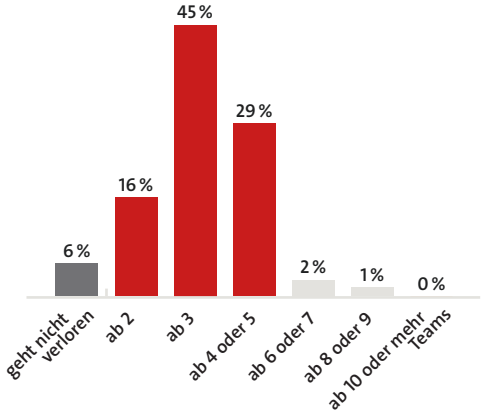

Abbildung 12: Anzahl agil zusammenarbeitender Teams, ab der die teamübergreifende Selbstorganisation verloren geht, n = 73

bis 5 = „stimme völlig zu“). Eine deutliche Zustimmung ist den beiden am höchsten bewerteten Aussagen betreffend der *Aufteilung der Aufgaben* sowie des zunehmenden *Koordinationsbedarfs mit steigender Anzahl der Teams* zu attestieren. Auf dem anderen Ende der Skala waren sich die Teilnehmer ebenfalls größtenteils einig, dass die Unterschiede in der Zusammenarbeit je nach Konstellation zwischen agilen und klassischen Teams nicht zu vernachlässigen seien. In der Tendenz waren sich die Befragten ebenso einig, dass Abhängigkeiten zwischen den Teams, sofern möglich, reduziert werden sollten. Die weiteren präsentierten Aussagen erreichten eher moderate Zustimmungswerte und bewegen sich allesamt im Bereich des Mittelwertes und stoßen demnach zu ähnlichen Teilen auf Zustimmung wie auf Ablehnung und müssen im jeweiligen Kontext der praktischen Anwendung diskutiert werden.

Im Folgenden wollen wir detaillierter auf die wahrgenommenen Herausforderungen der Skalierung eingehen. In den beiden folgenden Abbildungen sind jeweils Anhaltspunkte für mögliche Herausforderungen in der Skalierung gelistet. Dabei sollen zunächst die Skalierungsherausforderungen im Allgemeinen untersucht werden. Im Anschluss widmen wir uns den expliziten Unterschieden zwischen einem *einzelnen* agilen Team und der Skalierung über *mehrere* Teams hinweg. In beiden Fällen wurde den Teilnehmern eine Likert-Skala mit jeweils fünf Antwortmöglichkeiten präsentiert (1 = „trifft gar nicht zu“ bis 5 = „trifft völlig zu“).

In **Abbildung 14** werden die Faktoren, die zur Herausforderung bei der Skalierung agiler Arbeitsweisen beitragen, dargestellt. Hier wurden *Synchronisation* und *Koordination* im Schnitt jeweils als große Herausforderung bewertet. Ebenfalls am oberen Ende der Skala finden sich die Abhängigkeiten zwischen verschiedenen

Abbildung 13: Mittlere Zustimmung zu möglichen Sachverhalten hinsichtlich der Skalierung agiler Arbeitsweisen (Mittelwerte), n = 79, [1](n = 81), [2](n = 82), [3](n = 77), [4](n = 78), [5](n = 75), [6](n = 80), [7](n = 70), [8](n = 66), [9](n = 74)

Organisationseinheiten, wie zum Beispiel Teams oder Abteilungen, wieder. Dies gilt sowohl für Abhängigkeiten zwischen rein agilen als auch zwischen agilen und nicht-agilen Organisationseinheiten. *Kommunikation* und *Ressourcenallokation* rangieren knapp hinter den eingangs genannten Herausforderungsfeldern, obgleich die Tendenz zur "großen Herausforderung" ersichtlich bleibt. Welche genauen Implikationen sich für die Praxis hinter den identifizierten Feldern verbergen, ist aus den Ergebnissen nicht ableitbar. In der Zusammenschau wird jedoch deutlich, dass das Themenfeld der Skalierung durchaus mehrdeutig belegt und von den Teilnehmern verschiedenartig in seiner Ausprägung wahrgenommen wird.

► *Die Besonderheiten der Entwicklung physischer Produkte, die unter anderem durch deren Körperlichkeit (vgl. [5]) verursacht werden, stehen demnach im Rahmen der Skalierung weniger stark im Vordergrund. Dies könnte ein Hinweis sein, dass im Rahmen der Skalierung Daten- und Informationsflüsse zunehmend dominieren.*

Legt man ausdrücklich ein einzelnes agiles Team als Referenz zu Grunde, ist der folgenden **Abbildung 15** ist zu entnehmen, dass die Teilnehmer ebenfalls die *Synchronisation* (∅ 4,28), die *Koordination* (∅ 4,20) und die *Kommunikation* (∅ 4,13) als zentrale Herausforderung hinsichtlich der Skalierung von mehreren Teams bewerteten. Mit einer marginal geringeren Zustimmung (∅ 3,88) wird der Bedarf an *agilem Leadership* als Herausforderung gesehen. Die anderen Elemente erfuhren seitens der Teilnehmer eine teilweise Zustimmung und bewegen sich im Bereich von rund ± 0,5 Bewertungsstufen um die Mitte der Antwortskala.

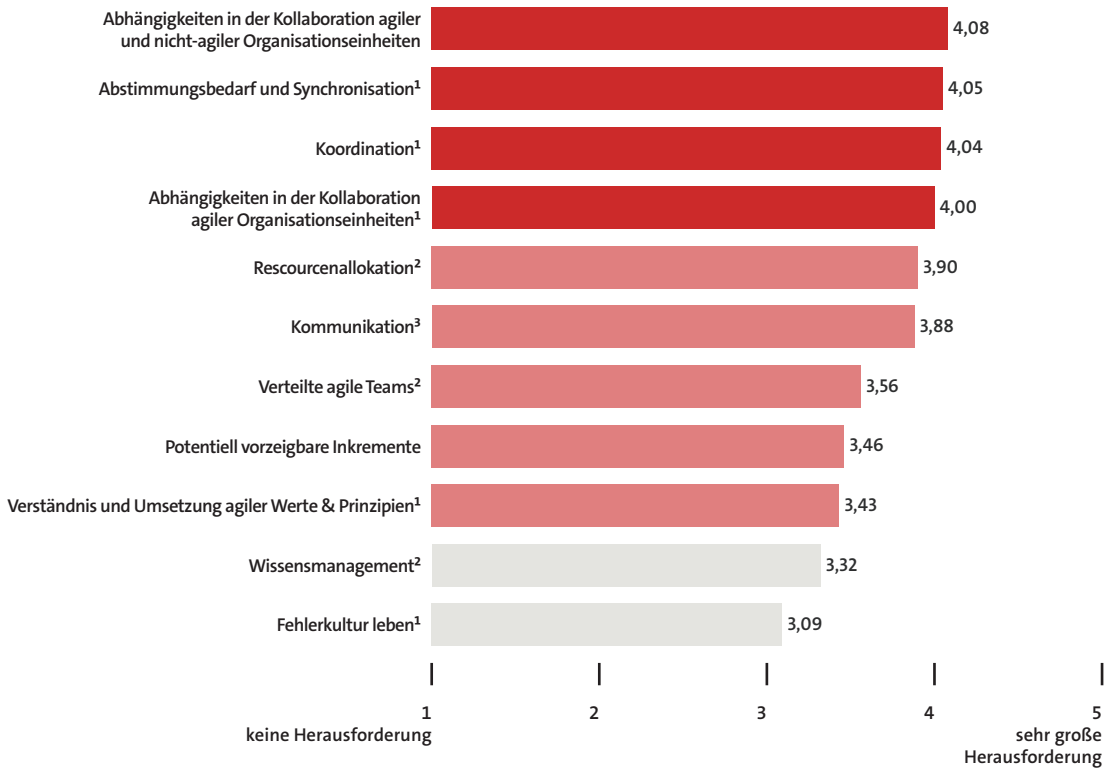

Abbildung 14: Herausforderungen der Skalierung (Mittelwerte), n = 76, [1](n = 79), [2](n = 77), [3](n = 78)

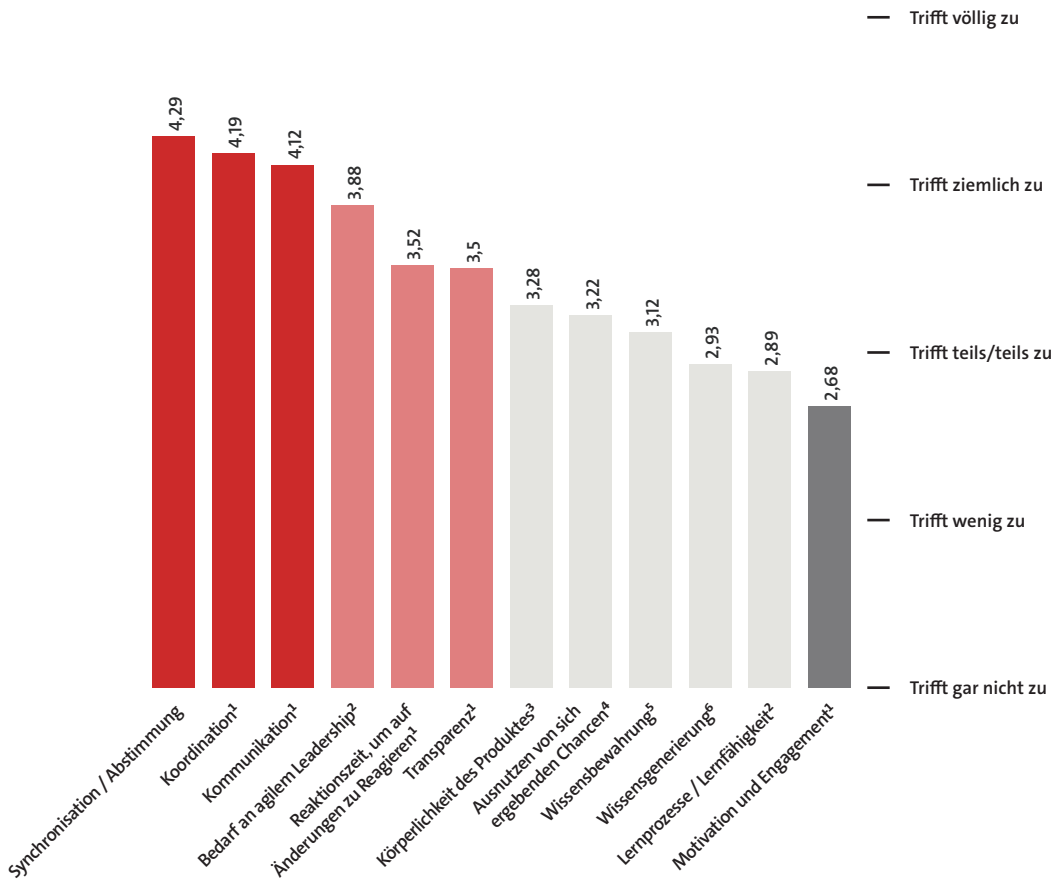

Abbildung 15: Herausforderungen der Skalierung beim Wechsel von einem hin zu mehreren agilen Teams (Mittelwerte), n = 77, [1](n = 78), [2](n = 76), [3](n = 65), [4](n = 74), [5](n = 75), [6](n = 73)

Der Einsatz von Prototypen ist in frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses nicht selbstverständlich, sondern erfolgt entsprechend häufiger erst in späteren Entwicklungsabschnitten.

Vordergründig stehen sowohl der Nutzer als auch die technische Funktion beim Prototyping im Fokus, in der Umsetzung dieser Prototypen finden sich jedoch verstärkt nur technisch-objektive Betrachtungen wieder.

3 Prototyping im agilen Umfeld

Im vergangenen Jahr haben wir zum ersten Mal die Verwendung von Prototypen innerhalb der agilen Entwicklung physischer Produkte betrachtet und wurden mit teilweise durchaus überraschenden Ergebnissen konfrontiert (vgl. [6]). Um diese zu überprüfen und die Hintergründe näher zu bleuchten, haben wir dem Prototyping auch in diesem Jahr einen eigenen Themenblock gewidmet.
Zu diesem Zweck sollten sich die Probanden zur Beantwortung der Fragen auf dasselbe, kürzlich abgeschlossene Entwicklungsprojekt beziehen wie auch in ⇨ **Kapitel 1.3**, um die Aktualität der Ergebnisse sicherzustellen und Beantwortungen „aus dem Bauch heraus“ zu vermeiden.

Abbildung 16 zeigt zunächst die durchschnittliche Häufigkeit der Nutzung von Prototypen über vier in etwa gleich lange Abschnitte eines Entwicklungsprojekts hinweg. Die Antwortmöglichkeiten reichen hierbei von 1 (= „sehr selten“) bis 5 (= „sehr oft“). Während in den mittleren Entwicklungsabschnitten Prototypen oft zum Einsatz kommen, fällt deren Einsatz zu Beginn und Ende einer Entwicklung im Mittel etwas zurückhaltender aus. Ein dezidierterer Blick in die Daten verrät jedoch auch, dass in zuletzt genannten Abschnitten die Standardabweichung auffällig ansteigt – je nach betrachtetem Entwicklungsprojekt sind demzufolge größere Unterschiede zu erkennen. In der Summe ergibt sich jedoch ein ähnliches Bild wie im Vorjahr, als sich die zu beschreibenden Abschnitte an der einschlägigen Richtlinie VDI 2221 [7] orientierten. Auch hier nahm der Einsatz von Prototypen in den späteren Phasen des Entwicklungsprozesses zu.

Neben der reinen Häufigkeit in der Nutzung von Prototypen haben wir dieses Mal auch einen Blick auf die Häufigkeit des jeweils beabsichtigten Zwecks der Prototypen geworfen (1 = „nie“ bis 5 = „immer“) und diesen anhand der drei Dimensionen der technischen Machbarkeit, des Kundennutzens und der Wirtschaftlichkeit (engl. "Feasibility", "Desirability" und "Viability") unterschieden (vgl. [8] & [9]), wobei letztere zur Vermeidung mehrdeutiger Antworten nochmals in eine monetäre und eine terminliche Komponente zerlegt wurde. So ist in **Abbildung 17** ein deutlicher Fokus hinsichtlich der technischen Machbarkeit und des Kundennutzens zu erkennen – die Wirtschaftlichkeit wurde hingegen in äußerst unterschiedlicher Ausprägung in die Zielsetzung einbezogen.

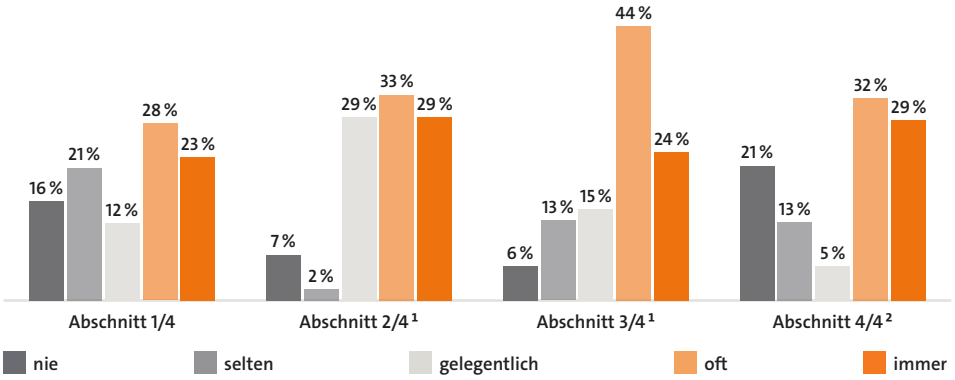

Abbildung 16: Häufigkeit der Verwendung von Prototypen in den jeweiligen Entwicklungsabschnitten, n = 57, ¹(n = 55), ²(n = 56)

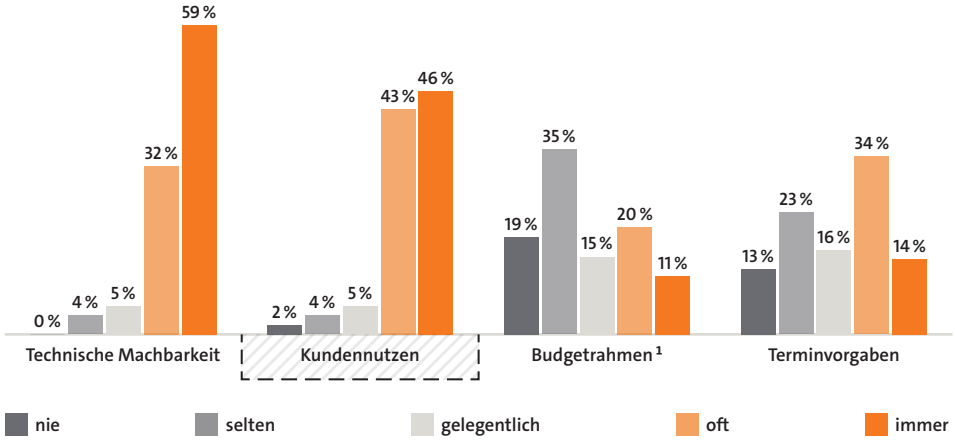

Abbildung 17: Zweck des Prototypings, n = 56, [1](n = 54)

Diese vorstehende Zielsetzung beim Prototyping sollte sich idealerweise mit den Aspekten decken, die bei der anschließenden Gestaltung der Prototypen in diese eingeflossen sind. Hier zeigt **Abbildung 18** jedoch ein abweichendes Bild. Während sich die technische Machbarkeit in einem starken Artefakt- und Kontextbezug widerspiegelt, fällt eine deutlich weniger stark ausgeprägte Berücksichtigung der Nutzerperspektive auf und es muss die Frage gestellt werden, inwiefern dies mit der proklamierten Zielsetzung einer Desirability-Betrachtung vereinbar ist.

► *Den Autoren fallen an dieser Stelle zwei mögliche Erklärungen ein: Zum einen könnte die Überprüfung der Desirability weniger aufwendig sein als die Prüfung der technischen Machbarkeit. Zum anderen könnte dies jedoch auch schlicht ein Hinweis darauf sein, dass gerade in der Entwicklung mechatronischer Prototypen die ursprüngliche Zielsetzung im Bereich der Anwenderbetrachtung gerne „vergessen" wird.*

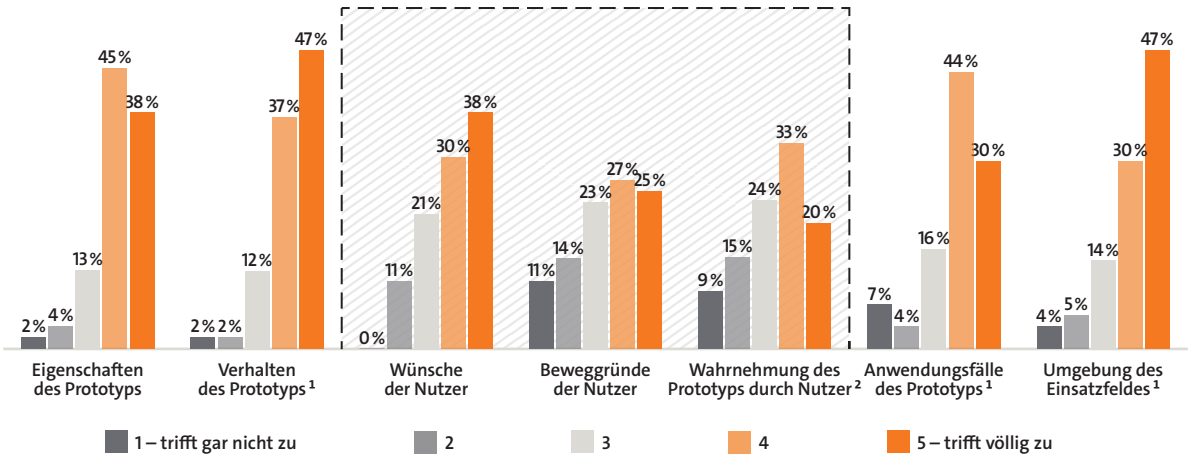

Abbildung 18: Berücksichtigte Aspekte bei der Gestaltung von Prototypen, n=56, [1](n = 57), [2](n = 55)

Über 90 % der Teilnehmer haben bereits mehr als drei Jahre Erfahrung mit agiler Entwicklung.

Ein Gros der Teilnehmer ist innerhalb der Forschungs- und Entwicklungsabteilung beschäftigt, entwickelt jedoch nicht selbst.

Nur wenige Unternehmen haben agile Produktentwicklung noch nicht implementiert, allerdings haben genauso wenige diese schon vollständig umgesetzt.

4 Demografie

In diesem Kapitel werden die demografischen Daten der Teilnehmer abschließend dargestellt und näher erläutert. Zunächst werden die unternehmensspezifischen Kenndaten betrachtet. Im darauffolgenden Abschnitt werden die beruflichen Angaben der Teilnehmer dargestellt. Abschließend wird die Produktstruktur sowie -architektur vorgestellt. In der fünften erschienenen Auflage der Studie konnte erneut ein breiter Querschnitt von Unternehmen aller Größenordnungen, die sich mit der Entwicklung von mechatronischen Produkten beschäftigen, abgedeckt werden. Analog zu den bisherigen Ausgaben haben die Daten von Teilnehmern aus Unternehmen, welche ausschließlich Softwarelösungen anbieten, in der Auswertung dieser Studie keine Berücksichtigung gefunden. Insgesamt umfasst die Studie somit 128 gültige Teilnahmen.

4.1 Die Unternehmen

Wie **Abbildung 19** zu entnehmen ist, sind rund 95 % der Teilnehmer in Deutschland erwerbstätig. Die restlichen Teilnehmer sind innerhalb der Schweiz, Österreich und den Benelux-Staaten disloziert. Zwei weitere Teilnehmer haben Ihren Standort nicht angegeben und wurden in der Darstellung entsprechend nicht berücksichtigt. Wie in den vorherigen Jahren umfasst damit auch die diesjährig durchgeführte Studie mehrheitlich die DACH-Region.

Die **Abbildung 20** stellt die Aufteilung der Unternehmensangehörigen nach zugehöriger Branche dar. Im Vergleich zur vorangegangenen Studie entfällt erstmalig weniger als die Hälfte der Teilnehmer auf die Bereiche *Maschinen- und Anlagenbau* sowie *Fahrzeug- und Verkehrstechnik*. Nach wie vor bilden diese jedoch die größten Gruppen. Die Branchen *Medizintechnik, Elektrotechnik / Elektronik, Mess- und Automatisierungstechnik* und *Dienstleistungen* bilden jeweils die nächstgrößten Gruppen. Folglich wurden übereinstimmend mit den vorherigen Studien auch mit dieser Auflage der Umfrage die adressierten Zielgruppen und Unternehmen der Produktentwicklung erreicht. Es besteht unverändert ein grundsätzliches Interesse an der agilen Entwicklung mechatronischer Produkte.

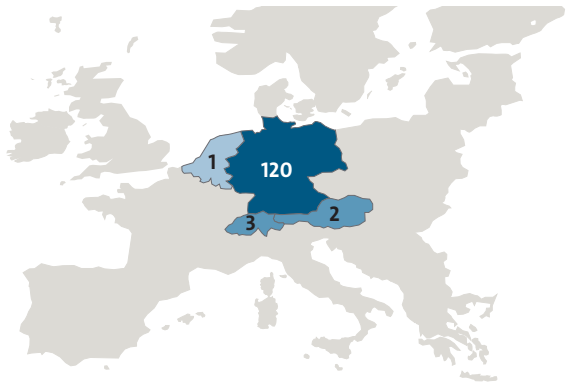

Abbildung 19: Ort der Erwerbstätigkeit, n = 126

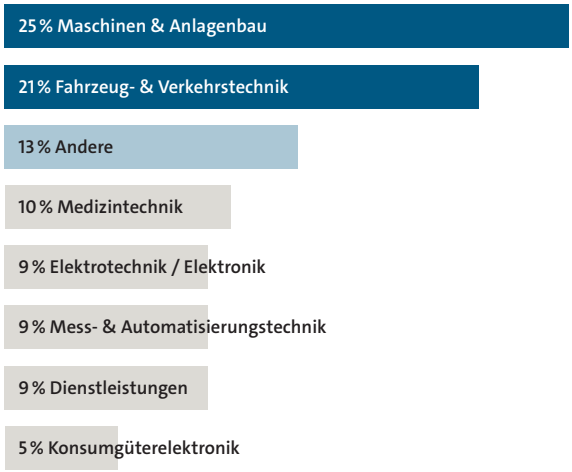

Abbildung 20: Verteilung der Branchen, n = 128

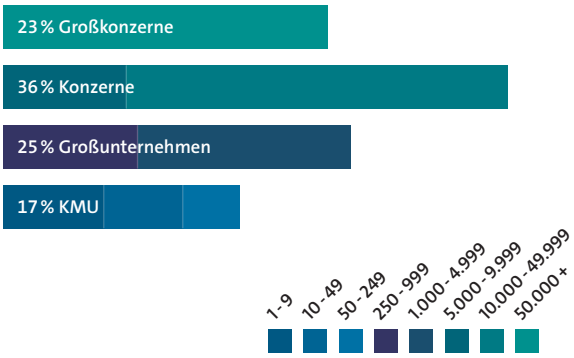

Abbildung 21: Verteilung der Unternehmensgrößen, n = 126

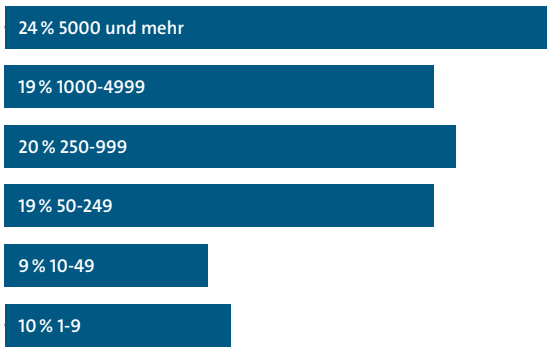

Abbildung 22: Anzahl der Mitarbeiter in F&E, n = 123

Die Verteilung der Unternehmensgrößen ist in **Abbildung 21** visualisiert. Wie in den vorherigen Jahren sind diese in die vier Gruppen kleine und mittelständische Unternehmen (KMU, < 250 Mitarbeiter), Großunternehmen (< 5.000 Mitarbeiter), Konzerne (< 50.000 Mitarbeiter) sowie Großkonzerne (≥ 50.000 Mitarbeiter) unterteilt. Die meisten Teilnehmer (36 %) sind in Konzernen beschäftigt. Zusammen mit den Antwortenden aus dem Bereich der Großkonzerne (23 %) sind in der Summe diesmal über die Hälfte der Teilnehmer Unternehmen mit mehr als 5.000 Beschäftigten tätig (+ 8 Prozentpunkte). Im Vergleich zum letzten Jahr repräsentieren die KMU mit 17 % (- 4 Prozentpunkte) einer kleineren Anteil. Die Großunternehmen bilden mit einem Anteil von 25 % (- 3 Prozentpunkte) weiterhin die zweitgrößte Gruppe. Agilität bleibt für Unternehmen aller Größenordnungen von Relevanz, jedoch deuten die Ergebnisse darauf hin, dass Agilität zunehmend interessanter für (Groß-)Konzerne wird.

Auch in der diesjährigen Studie wurde erneut erhoben, wie viele Mitarbeiter des Unternehmens jeweils in Forschung und Entwicklung tätig sind, wie **Abbildung 22** zu entnehmen ist. Die größte Gruppe bildet mit 24 % die Kategorie *≥ 5000 Mitarbeiter* in der Forschung und Entwicklung. Die kleinste Gruppe stammt aus der Kategorie *10-49 Mitarbeiter.* Durch die breite Streuung sind sowohl Eindrücke aus kleineren Entwicklungsabteilungen als auch aus größeren Entwicklungsressorts sind wiedergegeben worden. Somit kann eine unbeabsichtigte einseitige Betrachtung hinsichtlich dargestellter Größenordnungen agiler Entwicklungsorganisationen ausgeschlossen werden.

4.2 Die Teilnehmer

Der folgende Abschnitt geht dezidierter auf den persönlichen Hintergrund der Teilnehmer ein. In **Abbildung 23** ist die jeweilige Position innerhalb des Unternehmens hierarchisch illustriert. Die kleinste Gruppe ist im Gegensatz zum vorherigen Jahr nicht mehr die der *Geschäftsführer und Vorstände* mit 9 %, sondern wird von den *externen Beratern* gebildet (7 %). Die meisten an der Umfrage beteiligten Personen sind der Gruppe der *Projekt- und Gruppenleiter* zuzuordnen. Diese Gruppe macht 43 % des gültigen Antwortspektrums aus. Die nächsten größeren Gruppen werden durch die *Entwickler und Mitarbeiter* (17 %) und den *Agile Coaches und internen Beratern* (15 %) repräsentiert. Im Einklang zu den vorherigen Studien fällt auf, dass mehr als die Hälfte der Teilnehmer Führungspositionen bekleidet, ein knappes Zehntel dabei mit einem besonders hohen Maß an Verantwortung.

Wie auch in den anderen Studien berücksichtigt, illustriert **Abbildung 24** die verschiedenen Bereiche, in welchen die Teilnehmer arbeiten. Knapp vier Fünftel aller Teilnehmer sind in den Bereichen *Entwicklung* sowie *Vorentwicklung und Forschung* tätig. Im Rahmen dieser Auflage haben erneut viele Praktiker aus der Industrie im Bereich der Produktentwicklung ihr Wissen zur Verfügung gestellt. Mit in Summe fast 80 % ist es wiederholt geglückt, einen tiefergehenden Einblick in die Produktentwicklung der Unternehmen zu erhalten. Somit ist unverändert erkennbar, dass die agile Entwicklungs-

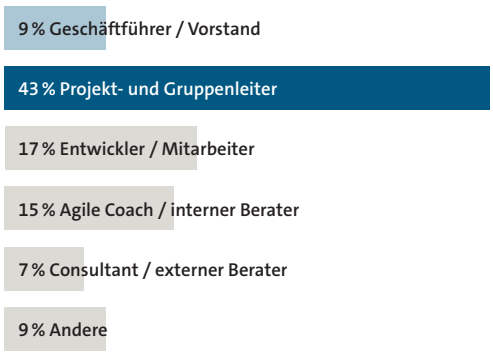

Abbildung 23: Position der Teilnehmer im Unternehmen, n = 127

philosophie insbesondere im Bereich der Entwicklung weiterhin von hoher Relevanz ist.

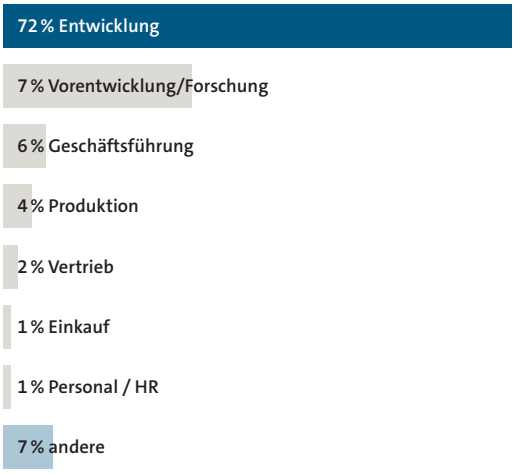

Abbildung 24: Arbeitsschwerpunkt der Teilnehmer, n = 127

Erneut von Interesse war die Routine der einzelnen Teilnehmer mit Agilität in der Praxis. Das Autorenteam wollte wissen, welche Erfahrung die Beteiligten im Bereich der agilen Entwicklung vorzuweisen hatten, welche in **Abbildung 25** visualisiert ist. Im Vergleich zum Vorahr fand erneut eine marginale Verschiebung hin zu längeren Erfahrungshorizonten statt. Dies lässt sich möglicherweise damit erklären, dass ein gewisser Anteil der Teilnehmer wiederholt an der Studie teilnimmt und sich deren über die Zeit hinweg gewonnene Erfahrung in den Ergebnissen dieser Umfrage widerspiegelt. Unverändert bleibt in der Gesamtheit, dass sich die Mehrheit der Teilnehmer seit drei bis zehn Jahren mit Agilität im Kontext der Entwicklung auseinandersetzt.

Angesichts dieses Erfahrungsschatzes wurde in diesem Jahr eine neue Frage im demografischen Teil platziert.

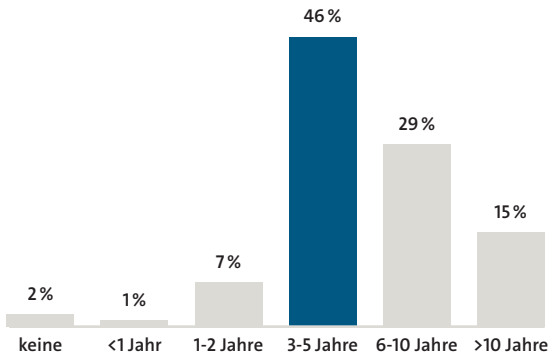

Abbildung 25: Praktische Erfahrung der Teilnehmer mit agiler Entwicklung, n = 127

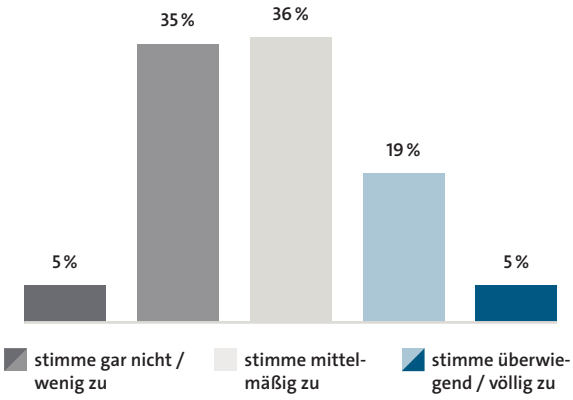

Abbildung 26: Agilität des eigenen Unternehmens aus Sicht der Teilnehmer, n = 127

Das Autorenteam wollte zusätzlich in Erfahrung bringen, ob bei allem was die Teilnehmer über agiles Arbeiten wissen, diese ihr Unternehmen als agil bezeichnen würden. In **Abbildung 26** wird interessanterweise ersichtlich, dass die Mehrheit tendenziell diesem eher nicht zustimmen würde. Dies deutet darauf hin, dass möglicherweise weiterhin Vorbehalte gegen oder Hürden in der Einführung von Agilität existieren.

4.3 Die Produkte

Nach der Betrachtung der Unternehmen der Teilnehmer und ihrer selbst lohnt auch ein Blick auf die von ihnen entwickelten Produkte und deren Struktur. Der Schwerpunkt lag auf der grundlegenden Gestaltung der Produkte, um einen Einblick hinsichtlich der Körperlichkeit der Produkte zu erhalten (vgl. [5]).
In diesem Sinne wurden die Teilnehmer der Studie erneut gebeten, die jeweiligen Anteile an Hardware, Embedded-Software und Software eines typischen Produkts aus dem Portfolio des Unternehmens anzugeben. Das Ergebnis ist das durchschnittlich gemittelte Produkt aller gültigen Angaben, wie in **Abbildung 27** dargestellt. Da es sich hierbei um Durchschnittswerte handelt, ist es selbstredend, dass einzelne Produkte der Unternehmen von diesem gemittelten Wert durchaus auch signifikant abweichen können. Anhand der Auswertung konnte jedenfalls verifiziert werden, dass im Rahmen dieser Studie erneut mechatronische Produkte im eigentlichen Sinn, das heißt solche, die tatsächlich einen physischen Anteil enthalten, betrachtet werden. Teilnehmer, welche laut eigenen Angaben reine Software-Lösungen entwickeln, wurden im Rahmen dieser Auflage, wie eingangs erwähnt, von allen Auswertungen inklusive dieser ausgeschlossen.

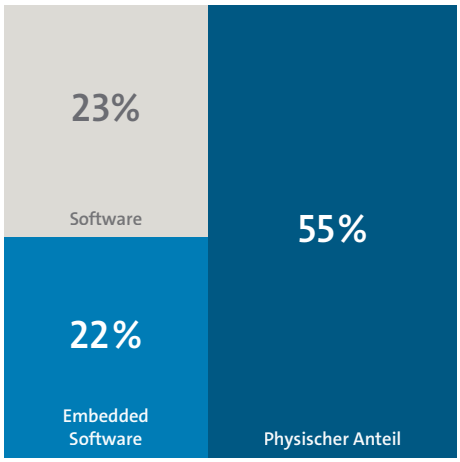

Abbildung 27: Verteilung der typischen Produktanteile, n = 108

Glossar

Körperlichkeit Mit Körperlichkeit ist hier der physische Anteil an einem mechatronischen Produkt zu verstehen, im Gegensatz zu den „virtuellen“ Produktanteilen aus (Embedded-) Software. Dieses Differenzierungsmerkmal, welches in der Softwareentwicklung nicht existent ist, wurde erstmalig von Ovesen im Jahr 2012 in seiner Dissertation [5] thematisiert. Ovesen fasste die damit einhergehenden Herausforderungen für die agile Entwicklung unter dem Begriff „Einschränkungen der Körperlichkeit“ (engl. "Constraints of Physicality") zusammen.

Organisationseinheit Der Begriff der Organisationseinheit wird hier verwendet, um Einheiten innerhalb einer Organisation zu beschreiben. Dies können zum Beispiel Teams oder Abteilungen sein.

Prototyp Als Prototyp wird im Rahmen der vorliegenden Studie jegliche Darstellung einer Entwicklungsidee unabhängig von der Art und Weise ihrer jeweiligen Umsetzung verstanden [10], insbesondere muss diese nicht zwingend physisch sein. Im Vergleich zum finalen Produkt müssen diese Produktinkremente auch nicht zwingend produktiv einsetzbar sein. Ein Prototyp verkörpert in diesem Sinne vielmehr die aktuelle Wissensbasis [11].

Teamautonomie Autonomie kann als Mittel zur Förderung von Innovation und kreativer Problemlösung verstanden werden, in dem Sie Teams Freiheiten einräumt, neu Ideen, Experimente und Kreativität zu fördern und hierzu entsprechenden Maßnahmen zu ergreifen, also das Ausmaß in dem das Team Autorität und Entscheidungsfreiheit hat, seine eigenen Entscheidungen zu treffen, um seinen Auftrag zu erfüllen (vgl. [12]).

Technischer Richtungswechsel Unter technischen Richtungswechsel sollen unvorhersehbare Veränderungen im Zusammenhang mit Technologie verstanden werden, die einen direkt Einfluss auf laufende Entwicklungsprojekte haben.

Servant Leadership Servant Leadership ist ein ganzheitlicher Ansatz zur Führung, in welcher der respektive Vorgesetzte die Rolle einer dienenden Führungskraft einnimmt und sich verpflichtet, auch unter Hinnahme persönlicher Opfer, andere dazu zu bringen, das maximale Potential zu entwickeln (vgl. [13]).

Wissensbewahrung Wissensbewahrung umfasst das Selektieren, Speichern und Aktualisieren von Wissen [14].

Wissensgenerierung Wissensgenerierung umfasst alles, was der Entwicklung neuen Wissens dient, einschließlich Wissenserwerb aus externen Quellen, Rekombination vorhandenen Wissens und Eigenproduktion eines solchen (vgl. [15]).

Methodik

Design der Studie

Die in dieser Studie dargestellten Daten sind, wie in den Jahren zuvor, im Rahmen einer öffentlich zugänglichen Online-Umfrage gesammelt worden. Die Fragen wurden in Deutsch gestellt, um die Zielgruppe in der DACH-Region zu erreichen und Übersetzungs- beziehungsweise Verständnisbarrieren zu vermeiden.

Die Umfrage umfasste insgesamt 42 Fragen in vier Bereichen analog zu den vorliegenden Kapiteln. Der Fragebogen basierte in seiner Struktur auf 41 geschlossenen Fragestellungen und einer offenen Fragestellung. Die geschlossenen Fragestellungen ermöglichten einem quantitativen Ansatz folgend eine standardisierte und deskriptive Auswertung. Um möglichst äquidistante und eindeutige Antwortskalen hinsichtlich der Bewertung von Intensität, Wahrscheinlichkeit und Zustimmung präsentieren zu können, stützten wir uns auf die umfangreichen Vorarbeiten von Rohrmann [16] und Bühner [17]. Durch kurze Einführungstexte in den einzelnen Bereichen wurden der Lesefluss und das Verständnis für die Fragen gesteigert sowie ein kurzweiliges Beantworten sichergestellt. Wie im Vorjahr ist auf ein „Survey of choice"-Feature (Teilnehmer wählen nur die Themengebiete aus, die für Sie von Interesse sind) verzichtet worden, um eine geringe Grundgesamtheit in bestimmten Frageblöcken zu vermeiden. Die durchschnittliche Beantwortungsdauer des Fragebogens betrug 21 Minuten.

Verteilung

Die Umfrage war im Zeitraum von Januar 2022 bis März 2022 geöffnet. Der Link zur Umfrage wurde persönlichen Kontakten sowie Teilnehmern früherer Umfragen via E-Mail kommuniziert. Des Weiteren wurde die Umfrage über den Newsletter des VDI (Verein Deutscher Ingenieure), sowie auf LinkedIn, Xing und spezifischen Facebook-Gruppen verteilt. Insgesamt haben 128 Personen an der Umfrage teilgenommen, deren Antworten zur Auswertung herangezogen worden sind. Die Teilnehmer haben freiwillig und ohne Unterstützung der Autoren an der Umfrage teilgenommen.

Auswertung und Darstellung

Um dem Leser einen möglichst breiten Überblick und einen einfachen Einstieg zu verschaffen, erfolgte die Auswertung der Studie und die Darstellung der Ergebnisse überwiegend deskriptiv. Die jeweilige Anzahl der Beantwortungen wird unterhalb der entsprechenden Abbildungen angegeben. Die Antworten "keine Angabe" sowie fehlende Angaben wurden bei der Berechnung prozentualer Anteile sowie der Zahl der Beantwortungen ausgenommen. Die per fiat gemessenen Zahlenwerte [18] wurden für die Darstellung grundsätzlich kaufmännisch auf die angegebenen Stellen gerundet. Entsprechend können sich bei Addition der Werte leichte Abweichungen ergeben. Der Übersichtlichkeit zugute haben wir bei manchen Grafiken auf die numerische Darstellung von Anteilen unterhalb von 10 % verzichtet. Zu jeder **Abbildung** findet sich eine entsprechende Erklärung im Text. ► *Kommentare der Autoren* wurden als solche gekennzeichnet.

Quellenverzeichnis

[1] Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Highsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., Kern, J., Marick, B., Martin, R. C., Schwaber, K., Sutherland, J., & Thomas, D. (2001). *Manifesto for Agile Software Development*. https://agilemanifesto.org/

[2] Schmidt, T. S., Atzberger, A., Gerling, C., Schrof, J., Weiss, S., Paetzold, K. (2019). *Agile Development of Physical Products: An Empirical Study about Potentials, Transition and Applicability*, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg.

[3] Atzberger, A., Nicklas, S. J., Schrof, J., Weiss, S., & Paetzold, K. (2020). *Agile Entwicklung physischer Produkte: Eine Studie zum aktuellen Stand in der industriellen Praxis*, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg. https://doi.org/10.18726/2020_5

[4] Schmidt, T. S., Weiss, S., Paetzold, K., (2018). *Agile Development of Physical Products: An Empirical Study about Motivations, Potentials and Applicability*, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg. https://athene-forschung.unibw.de/123309

[5] Ovesen, N. (2012). *The Challenges of Becoming Agile: Implementing and Conducting Scrum in Integrated Product Development*, PhD Thesis, Department of Architecture and Design, Aalborg University.

[6] Nicklas, S. J., Michalides, M., Atzberger, A., Weiss, S. & Paetzold, K (2021). *Agile Entwicklung physischer Produkte: Eine Studie zum Stand in der industriellen Praxis während der COVID-19-Pandemie*, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg. https://doi.org/10.18726/2021_3

[7] VDI 2221 Blatt 1:2019-11. *Entwicklung technischer Produkte und Systeme—Modell der Produktentwicklung*. Beuth.

[8] Brown, T. (2008). "Design Thinking", *Harvard Business Review*, Vol. 6, S. 84-92

[9] Brown, T. & Katz, B. (2019). *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*, Harper Business, New York.

[10] Houde, S. and Hill, C. (1997). “What do Prototypes Prototype?”, *Handbook of Human-Computer Interaction*, 2nd ed., Elsevier, S. 367–381. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-81862-1.X5065-1

[11] Schmidt, T.S. (2019), *Towards a Method for Agile Development in Mechatronics: A Lead User-Based Analysis on How to Cope with the Constraints of Physicality*, Shaker, Düren.

[12] Chen, J., Neubaum, D.O., Reilly, R.R. and Lynn, G.S. (2015), "The relationship between team autonomy and new product development performance under different levels of technological turbulence", *Journal of Operations Management*, Vol. 33-34 No. 1, S. 83-96.

[13] Sendjaya, S. (2015). *Personal and Organizational Excellence through Servant Leadership: Learning to Serve, Serving to Lead, Leading to transform*, Springer International, Cham.

[14] Probst, G. R., Romhardt, K. (2012). *Wissen managen - Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 318.

[15] Frey-Luxemburger, M. (2014). *Wissensmanagement - Grundlagen und praktische Anwendung. IT im Unternehmen*, Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 265.

[16] Rohrmann, B. (1978). "Empirische Studien zur Entwicklung von Antwortskalen für die sozialwissenschaftliche Forschung". *Zeitschrift für Soziologie*, Bd. 9, S. 222-245.

[17] Bühner, M. (2021). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*, 4., korrigierte und erw. Aufl., Pearson Studium, München.

[18] Bortz, J., & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*, 7., vollst. überarb. und erw. Aufl., Springer, Berlin Heidelberg New York.

Über die Autoren

Marvin Michalides, M.Sc. (Universität der Bundeswehr München) trat 2013 in die Bundeswehr ein. Als Offizieranwärter durchlief er die Offiziersausbildung zum Offizier des Truppendienstes der Instandsetzungstruppe. Marvin Michalides studierte Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität der Bundeswehr München und graduierte 2018 mit einem Master of Science. Nach weiteren Ausbildungsabschnitten war er bis 2021 Zugführer eines Instandsetzungszuges einer Versorgungskompanie. Fasziniert von Innovation und der Entwicklung neuer Produkte, kehrte er 2021 als wissenschaftlicher Mitarbeiter an die Universität der Bundeswehr München zurück, um im Bereich der agilen Entwicklung physischer Produkte zu forschen. Derzeitig beschäftigt er sich mit dem Forschungsfeld der Skalierung und der technischen Befähigung im Kontext der agilen Produktentwicklung. Ferner engagiert er sich im VDI-Fachbereich Produktentwicklung und Projektmanagement.

Simon J. Nicklas, M.Sc. (Universität der Bundeswehr München) hat grundständig Maschinenwesen und darauf aufbauend Industrial Design an der Technischen Universität München studiert. Während und nach seinem Studium hat er in zahlreichen Start-Ups und Konzernen gearbeitet, unter anderem als Chief Technical Officer der leaf republic GmbH. Nach seiner letzten Tätigkeit in der Industrie als Manager Design / UX bei der instamotion retail GmbH ist er 2019 in die Forschung zurückgekehrt und beschäftigt sich seitdem mit der agilen Entwicklung physischer Produkte am Institut für Technische Produktentwicklung der Universität der Bundeswehr München. Sein Forschungsschwerpunkt liegt insbesondere auf der Bedeutung von Affordance-Betrachtungen für die Produktentwicklung, vor allem im Hinblick auf die Gestaltung von Prototypen.

Dr.-Ing. Stefan Weiss (AGENSIS) ist Partner und Mitbegründer von AGENSIS Management Consultants. Dr. Weiss verfügt über mehr als 20 Jahre Berufserfahrung im F&E-Management und in der Gestaltung von ganzheitlichen Entwicklungssystemen. Er arbeitete mit zahlreichen nationalen und internationalen Kunden und Projektteams aus der Automobil-, Elektronik-, Automatisierungs- und Konsumgüterindustrie. In seiner Arbeit hat er Pionierarbeit geleistet und wandte die Konzepte der agilen und schlanken Entwicklung auf F&E-Verbesserungsprogramme für die physische Produktentwicklung an. In den letzten Jahren ist er Mitautor mehrerer Publikationen über schlanke und agile Entwicklung. Er verfügt über fundierte Industrieerfahrung aus verschiedenen Positionen in F&E Organisationen der Automobil- und Konsumgüterindustrie.

Prof. Dr.-Ing. Kristin Paetzold (Technische Universität Dresden) war bis 2021 Leiterin des Institutes für technische Produktentwicklung des gleichnamigen Instituts an der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität der Bundeswehr München. Sie wurde im Anschluss als Professorin an die Technische Universität Dresden berufen und ist seither Inhaberin der Professur für Virtuelle Produktentwicklung. Nach ihrer Promotion war Frau Dr. Paetzold als Oberingenieurin am Lehrstuhl für Konstruktionslehre der Universität Erlangen tätig und forschte im Bereich der Mechatronik, insbesondere zur Unterstützung und Optimierung von Entwicklungsprozessen. Dort begann sie mit dem Aufbau einer Arbeitsgruppe, die sich mit den Herausforderungen der Beschreibung, Analyse und Optimierung von Entwicklungsprozessen auf Basis von Daten- und Informationenflüssen beschäftigte. Sie ist engagiert im VDI-Fachbereich Produktentwicklung und Projektmanagement. Zusätzlich engagiert Sie sich als Co-Chair der Special Interest Group „Human Behavior in Design“ der Design Society. Sie ist ferner Mitglied der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP).

Agile Entwicklung physischer Produkte

In der Entwicklung von mechatronischen Produkten nimmt die agile Entwicklung bereits seit einigen Jahren eine zunehmend wichtigere Rolle ein. Im Rahmen dieser Studienserie wird seit 2018 das Fortschreiten der Agilität in der DACH-Region untersucht. In der vorliegenden Ausgabe des Jahres 2022 liegt der Fokus dem Verständnis und der Anwendung agiler Arbeitsweisen, den Herausforderungen in deren Skalierung und der Bedeutung von Prototyping im genannten Kontext. Die Ergebnisse dieser Studie beruhen, wie auch in den vorangegangenen Jahren, auf den Aussagen von Praktikern aus einem breiten Spektrum an Industrieunternehmen, die an einer Online-Umfrage teilgenommen haben. Die Studie beschreibt sowohl quantitative als auch qualitative Ergebnisse aus der industriellen Praxis.

Eine Kooperation von

Universität der Bundeswehr München
Institut für Technische Produktentwicklung

AGENSIS
MANAGEMENT CONSULTANTS

doi:10.18726/2022_3
ISBN 978-3-943207-65-1