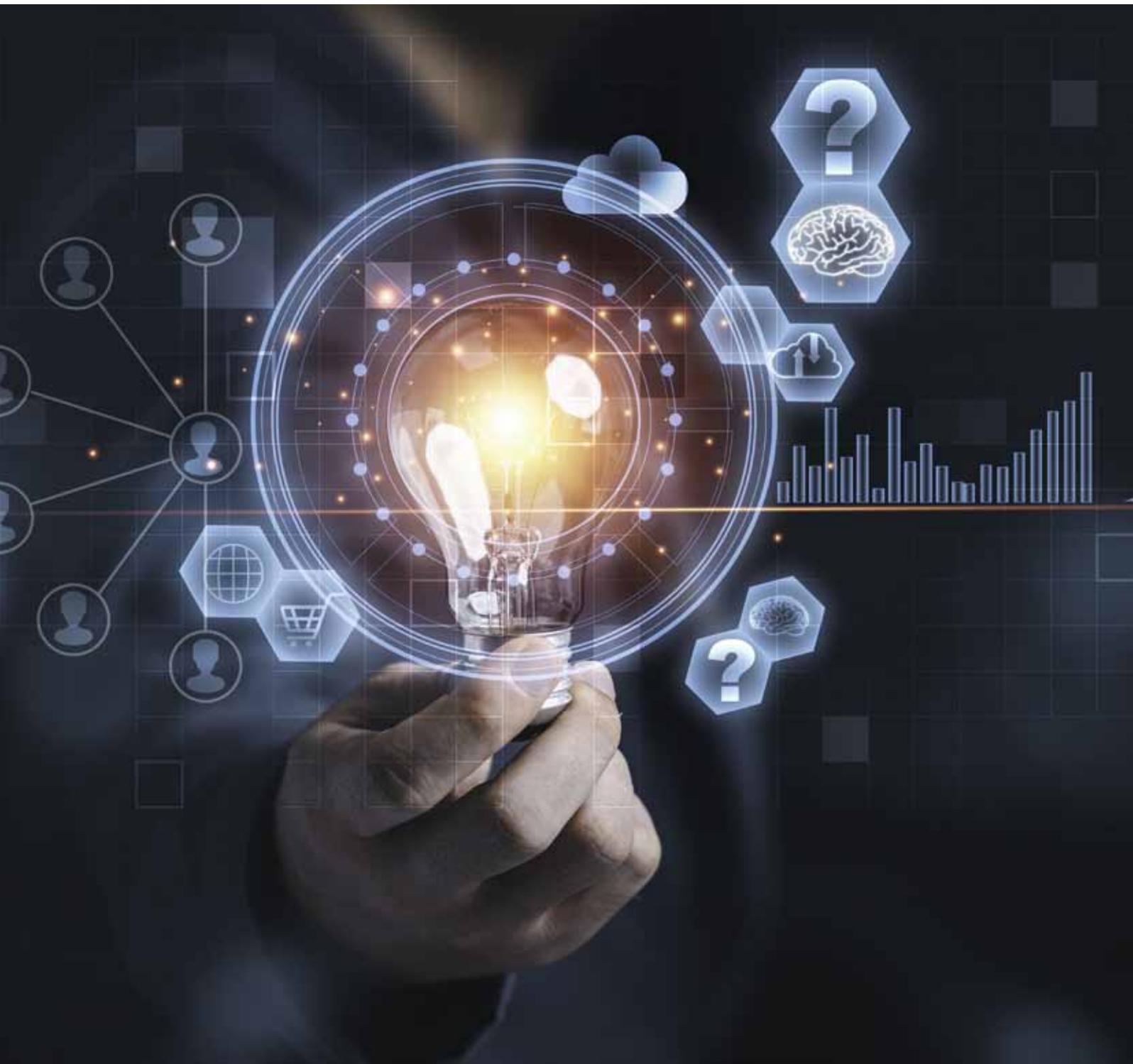


Complexity Management Study

Ergebnisbericht 2022





WZL-Maschinenhalle

Initiatoren



Das Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen fördert die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit der Industrie mit richtungsweisender Grundlagenforschung, angewandter Forschung sowie mit daraus resultierenden Beratungs- und Implementierungsprojekten im Bereich der Produktionstechnik und erarbeitet mit Industriepartnern unterschiedlichster Branchen praxiserorientierte Lösungen.

www.wzl.rwth-aachen.de

Complexity

Management Academy

Die Complexity Management Academy stellt die individuelle Weiterbildung im Komplexitätsmanagement in den Mittelpunkt. Neben dem umfangreichen Angebot an offenen Seminaren und unternehmensspezifischen Inhouse-Seminaren werden in der Complexity-Community in einem Netzwerk aus Expertinnen und Experten verschiedenster Branchen Erfolgsmuster für das Komplexitätsmanagement und die Produktentwicklung von morgen entwickelt. Mit inzwischen über 50 Partnerunternehmen ist dieses Netzwerk in Europa einzigartig und bietet die ideale Plattform für den Austausch zu allen aktuellen Themen des Komplexitätsmanagements und der Produktentwicklung.

www.complexity-academy.com

Inhalt

-
- 2 Einleitung
- Motivation
 - Management Summary
 - Aufbau der Studie
 - Angaben zu den teilnehmenden Unternehmen

-
- 6 Ursachen und Auswirkungen der Komplexität
- Externe Komplexitätstreiber
 - Interne Komplexitätstreiber

-
- 10 Management der Komplexität
- Ziele und Erfolgsfaktoren
 - Organisatorische Verankerung
 - Methoden des Komplexitätsmanagements

-
- 14 Fokus-Thema Komplexitätsmanagement in Zeiten der Nachhaltigkeitswende
- Die FESG-Kriterien
 - Stakeholder und organisatorische Verankerung
 - Nachhaltigkeitsauswirkungen und -methoden

-
- 20 Ansprechpersonen der Studie
-

Impressum

Einleitung

Motivation

Unsichere Marktsituationen, diverse Marktanforderungen, neue Produkt- oder Produktionstechnologien oder die immer stärkere Bedeutung regulatorischer Anforderungen und ganzheitlicher Lösungen sind nur einige Treiber von Komplexität, mit denen viele Unternehmen heutzutage umgehen müssen. Dementsprechend steigt die Bedeutung des Komplexitätsmanagements zur Beherrschung der wachsenden internen und externen Komplexität, um als Unternehmen weiterhin sowohl marktgerechte als auch wirtschaftliche Produkte und Leistungen anbieten zu können. Damit das Komplexitätsmanagement zielgerichtet diesen vielfältigen Herausforderungen entgegentreten kann, ist es besonders wichtig, dass einerseits die unternehmensexterne Perspektive eingenommen wird, um so bspw. die Anforderungen des Marktes oder von Partnerunternehmen besser realisieren zu können. Andererseits sollte auch der unternehmensinternen Perspektive ausreichend Beachtung geschenkt werden, sodass bspw. der Aufwand für die Erstellung der vom Markt geforderten Produkte und Leistungen optimiert werden kann.

Darüber hinaus stellt die Nachhaltigkeitswende sowohl die Gesellschaft als auch die Wirtschaft vor eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Die Integration dieser nachhaltigkeitsbezogenen Aspekte in das Komplexitätsmanagement der Unternehmen ist dabei ein wesentlicher Erfolgsfaktor zur stetigen Weiterentwicklung bzw. Erweiterung des Komplexitätsmanagements, bspw. durch die bewusste Auslegung der Produktarchitektur für die Kreislaufwirtschaft.

Die Zielsetzung der diesjährigen Studie besteht in der Analyse des gegenwärtigen Status quo der produzierenden Industrie bezüglich des Managements von Komplexität. Dabei sollen insbesondere die Auswirkungen von Komplexitätstreibern auf die intern und extern induzierte Komplexität untersucht werden. Zudem soll die Eignung von bestehenden Methoden zur Beherrschung, Reduzierung oder Vermeidung von Komplexität analysiert werden. Ein weiteres Ziel besteht in der Entwicklung von komplexitätsbezogenen Kennzahlen sowie der Evaluierung der organisatorischen Verankerung und von Erfolgen im Komplexitätsmanagement. Der diesjährige Fokus der Studie liegt auf dem Komplexitätsmanagement in Zeiten der Nachhaltigkeitswende.

Management Summary



Anstieg der Auswirkungen externer Komplexitätstreiber

Die durch externe Treiber induzierte Komplexität, die u. a. von Kunden, Lieferanten und anderen Marktteilnehmern ausgeht, ist in den letzten Jahren weiter deutlich angestiegen. Dies hängt u. a. damit zusammen, dass Kunden immer individuellere Anforderungen an Produkte und Dienstleistungen stellen, was zu einer größeren Variantenvielfalt führt. In der Studie wurde festgestellt, dass die stärkste Ursache der externen Komplexität die Vielfalt der Kundenanforderungen ist, die von 87 % der Befragten genannt wurde. Zusätzlich haben sich weitere externe Komplexitätstreiber etabliert, wie z.B. ökologische Anforderungen, die von Gesetzgebenden und gesellschaftlichen Organisationen erhoben werden, um einen Beitrag zur Nachhaltigkeit zu leisten.



Anstieg der Auswirkungen interner Komplexitätstreiber

Die unternehmensinterne Komplexität ist ebenfalls weiter angestiegen. Dabei sind komplexe Produkte und die damit verbundenen Anpassungsbedarfe für die Unternehmen ein wesentlicher Treiber. Als bedeutender Komplexitätstreiber wurden von 62 % der befragten Unternehmen produktspezifische Anpassungsbedarfe genannt. Ein weiterer wichtiger Komplexitätsfaktor war die Kompatibilität von IT-Systemen, welcher von 56 % der Unternehmen bestätigt wurde. Dies hängt damit zusammen, dass Unternehmen immer mehr Daten generieren und verwalten müssen, um eine hohe Effizienz und Qualität zu gewährleisten.



Verwendungsgrad und Effektivität bestehender Methoden

Obwohl es eine Vielzahl von Methoden und Tools zur Bewältigung der Komplexität gibt, korreliert der Grad der Verwendung von bestehenden Methoden zum Management der Komplexität nicht mit deren bewerteter Effektivität. Beispielsweise werden Konfiguratoren, die eine automatische Anpassung von Produkten an die Kundenbedürfnisse ermöglichen, von nur 39 % der teilnehmenden Unternehmen eingesetzt, obwohl die Effektivität dieser Methode von der Mehrheit als (sehr) hoch eingestuft wird.



Erfolgsfaktoren des Komplexitätsmanagements

Die Studie identifiziert vier besonders relevante Erfolgsfaktoren für das Management von Komplexität: Der Support des Top-Managements (71 %) ist der wichtigste Erfolgsfaktor und betont die Bedeutung des Themas auf strategischer Ebene. Eine organisatorische Verankerung (68 %) zeigt, dass Komplexitätsmanagement eine strukturierte und nachhaltige Herangehensweise erfordert. Die Schulung von Mitarbeitenden (62 %) ist wichtig, um das Verständnis für Komplexität im Unternehmen zu erhöhen und die Akzeptanz von Veränderungen zu fördern. Interdisziplinäre Verantwortlichkeit (51 %) bedeutet, dass das Management von Komplexität eine ganzheitliche Betrachtung erfordert und nicht auf eine bestimmte Abteilung beschränkt werden kann.



Hohe Relevanz des Themas Nachhaltigkeit

Die Nachhaltigkeit hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Unternehmen müssen heute nicht nur ihre Komplexität managen, sondern auch nachhaltiger werden, um den Anforderungen einer sich wandelnden Welt gerecht zu werden. Die Studie zeigt, dass die Relevanz des Themas Nachhaltigkeit hoch ist, aber auch ein großer Bedarf an wirksamen Methoden zur Steigerung der Nachhaltigkeit entlang des gesamten Lebenszyklus besteht. Es hat sich außerdem gezeigt, dass die Betrachtung der FESG-Kriterien (Finance, Environment, Social, Governance) derzeit hauptsächlich die ökologischen Auswirkungen (69 %) fokussiert.



Fehlende Bewertung zur Nachhaltigkeit aktueller Varianten

Die Analyse zeigt, dass Bestrebungen zu Erhöhung der Nachhaltigkeit derzeit eher zu Beginn des Lebenszyklus durchgeführt werden. Es findet selten ein Review zur Nachhaltigkeit aktueller Varianten statt (16 %).

Aufbau der Studie

Zur Durchführung der Studie wurde ein Fragebogen erstellt und von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus den Bereichen Forschung und Entwicklung, Produktmanagement, Komplexitätsmanagement oder vergleichbaren Bereichen der produzierenden Industrie beantwortet. Der Fragebogen setzt sich aus drei Hauptabschnitten zusammen. Im ersten Abschnitt wird die Grundlage der Studie durch die Identifikation der Ursachen und Auswirkungen von Komplexität geschaffen. Hierbei werden interne und externe Komplexitätstreiber untersucht.

Im zweiten Abschnitt werden Maßnahmen zum Management von Komplexität untersucht. Hierbei geht es um die Identifikation von bereits vorhandenen Methoden und Tools zur Komplexitätsbewältigung, sowie deren Effektivität und Einsatz in der Praxis.

Im dritten Abschnitt erfolgt eine detaillierte Betrachtung des Komplexitätsmanagements vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitswende. Hierbei wird untersucht, wie Unternehmen ihr Komplexitätsmanagement an die Herausforderungen und Anforderungen der Nachhaltigkeit anpassen können.

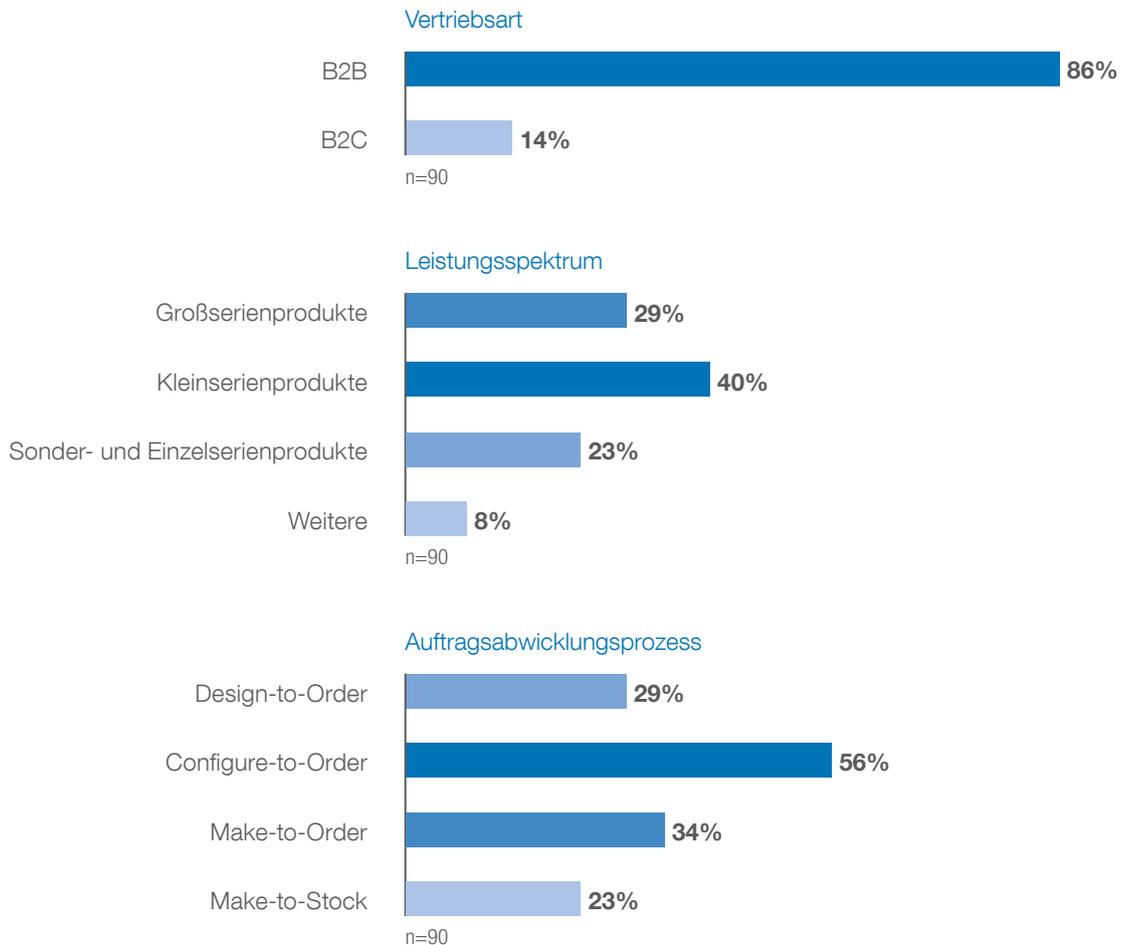
Insgesamt ermöglicht der Aufbau der Studie eine umfassende Analyse und Bewertung des Komplexitätsmanagements von Unternehmen. Der vorliegende Bericht basiert inhaltlich auf den Ergebnissen der im Jahr 2022 durchgeführten Complexity Management Study, die durch die Abteilung Innovationsmanagement des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen University in Kooperation mit der Complexity Management Academy entstanden ist.

Angaben zu den teilnehmenden Unternehmen

Die Studie umfasst eine Vielzahl von Unternehmen aus verschiedenen Branchen. Die größte Branche unter den teilnehmenden Unternehmen ist der Maschinen- und Anlagenbau, mit einem Anteil von 49 %. Die Fahrzeugtechnik ist die zweitgrößte Branche in der Studie. Weitere Branchen, die in der Studie vertreten sind, sind die Elektronikindustrie, Komponentenhersteller und Medizintechnik.

In Bezug auf die Unternehmensgröße weisen die meisten Unternehmen in der Studie eine Größe von 1.000 bis 10.000 Mitarbeitenden auf. 47 % der Unternehmen erwirtschafteten einen Umsatz von 100 Millionen bis 1 Milliarde Euro. 37 % der teilnehmenden Unternehmen liegen oberhalb der Grenze von einer Milliarde Euro Umsatz pro Jahr .

Leistungsspektrum der teilnehmenden Unternehmen



Der überwiegende Anteil der befragten Unternehmen ist im Business-to-Business Vertrieb tätig. Lediglich 14 % vertreiben ihre Produkte direkt an den Endkunden. Bei den Produkten handelt es sich maßgeblich um Kleinserienprodukte. Allerdings ist der Anteil von Großserien- und Sonderserienprodukten innerhalb des Leistungsspektrums ebenfalls signifikant.

Die Diversität des Leistungsspektrums erstreckt sich ebenfalls über die verschiedenen Ausprägungen der Auftragsabwicklung. Über die Hälfte der Aufträge erfolgen nach dem Configure-to-Order Prinzip. Weiterhin werden ein Großteil der Aufträge nach dem Make-to-Order und Design-to-Order Prinzip abgewickelt. Die wenigsten Unternehmen produzieren ihre Produkte nach dem Make-to-Stock Prinzip.

Ursachen und Auswirkungen der Komplexität

Externe Komplexitätstreiber

Die Analyse von externen Komplexitätstreibern ist für Unternehmen von entscheidender Bedeutung, um in einer sich schnell verändernden Geschäftsumgebung agieren zu können und Wettbewerbsvorteile zu erlangen. Im Rahmen der Befragung wurden die Unternehmen gebeten, die Auswirkungen externer Komplexitätstreiber auf einer Skala von sehr niedrig bis sehr hoch zu bewerten. Die Studienergebnisse wurden mit den Ergebnissen der Studie »Globales Komplexitätsmanagement« der Complexity Management Academy aus dem Jahr 2016 verglichen.

Die Vielfalt der Kundenanforderungen stellt sich als stärkster externer Komplexitätstreiber heraus. Im Vergleich zu den Studienergebnissen von 2016 sind die Auswirkungen dieses externen Treibers weiter gewachsen. Die Bedeutung der Marktanforderungen spiegelt sich ebenfalls in der Anzahl der Kunden und Kundengruppen wieder, welche den zweit stärksten Komplexitätstreiber darstellt. Im Vergleich zu 2016 ist die Auswirkung dieses externen Treibers allerdings leicht gesunken, konträr zur allgemeinen Entwicklung der externen Komplexitätstreiber.

Die Leistungsverfügbarkeit von Zulieferern ist ein neuer sehr relevanter externer Komplexitätstreiber. Diese Änderung kann auf die wachsende Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Ambiguität in der Wertschöpfungskette zurückgeführt werden. Die Bedeutung dieser Entwicklung spiegelt sich ebenfalls in dem starken Zuwachs

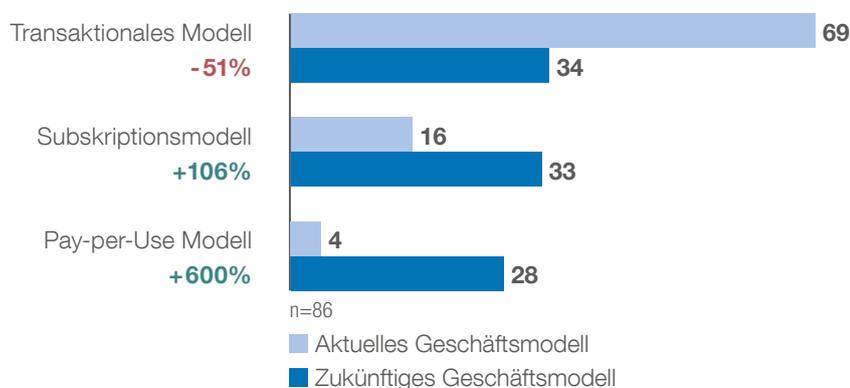
des Einflusses der Unsicherheit von Lieferterminen und der Lieferqualität wider. Im Vergleich zu den Ergebnissen aus dem Jahr 2016 zeigen diese Komplexitätstreiber den stärksten Zuwachs auf. Der Anstieg der Unsicherheit der Liefertermine zeigt, dass Unternehmen mit einem höheren Risiko für Lieferengpässe und daraus resultierende Verzögerungen und Kosten konfrontiert sind.

Die politischen Rahmenbedingungen haben ebenfalls stark an Relevanz zugenommen, was darauf hinweist, dass Unternehmen zunehmend mit regulatorischen Unsicherheiten und politischen Risiken umgehen müssen.

Regulatorische Anforderungen entstehen insbesondere in Form von ökologischen Anforderungen, welche den Unternehmen zum einen von der Politik vorgegeben werden. Zum anderen führt ein bewussteres Konsumentenverhalten zu der Notwendigkeit, ökologische Bestrebungen umzusetzen, um die Erwartungshaltung der Kunden zu erfüllen.

Eine weitere aktuelle Entwicklung im Bereich der externen Komplexitätstreiber ist die Nachfrage nach ganzheitlichen Lösungen, was sich auch in einem Trend zur Transformation zu Lösungsanbietern äußert. Dies bedeutet, dass Kunden nicht mehr nur einzelne Produkte oder Dienstleistungen nachfragen, sondern ganzheitliche Lösungen, die ihre Bedürfnisse und Anforderungen erfüllen.

Veränderung der Geschäftsmodelle



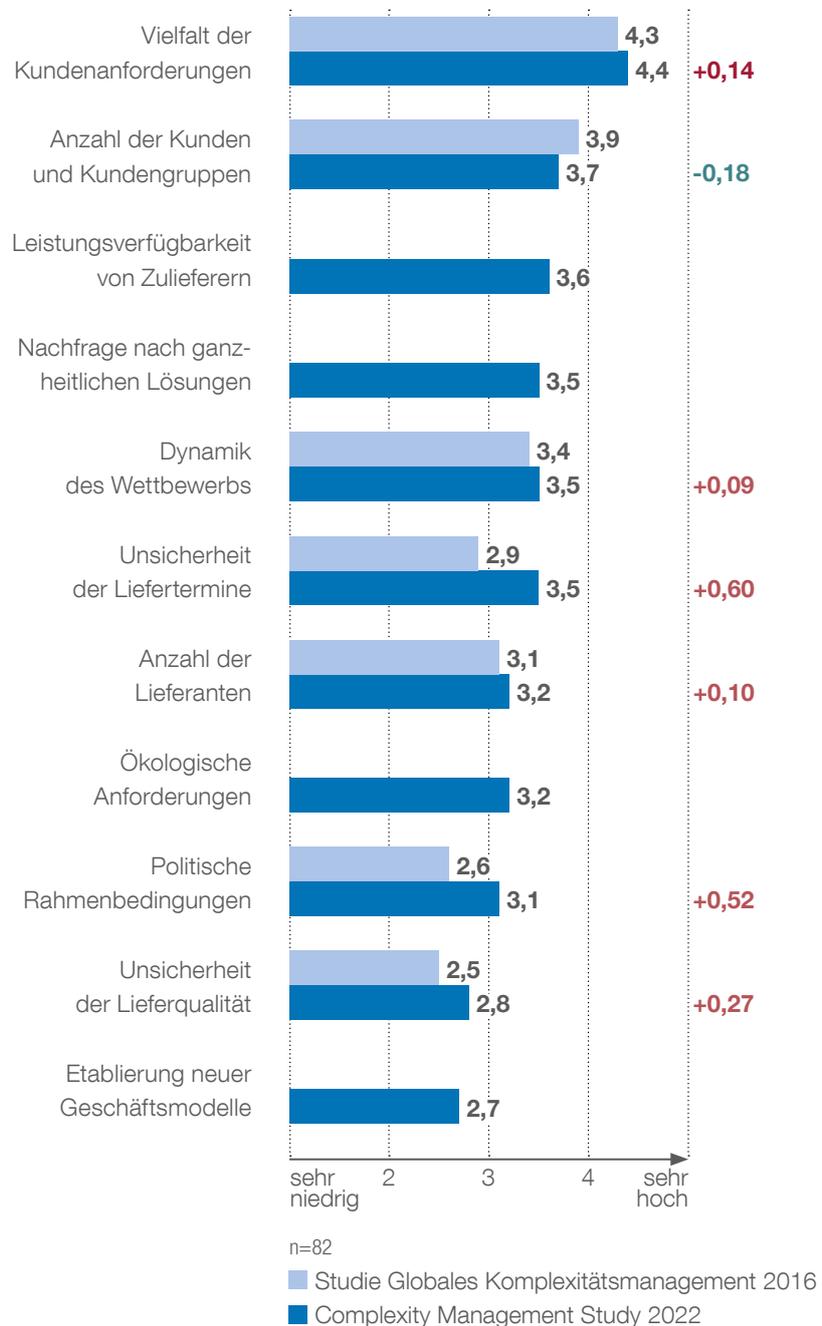
Die Umgestaltung der Geschäftsmodelle ist eine mögliche Strategie für Unternehmen, um auf diese Nachfrage nach ganzheitlichen Lösungen zu reagieren. Eine detaillierte Betrachtung der Umgestaltung der Geschäftsmodelle zeigt, dass das transaktionale Modell, das auf Einzeltransaktionen und Produktverkäufen basiert, rückläufig ist. Stattdessen gewinnen Subskriptions- und Pay-per-Use-Modelle stark an Bedeutung.

Subskriptionsmodelle basieren auf leistungsbezogenen Verträgen, welche dem Kunden die Leistung gegen eine regelmäßige Zahlung bereitstellen. Die Zahlung erfolgt dabei unabhängig zur Leistungsanspruchnahme. Im Gegensatz zu einem transaktionalen Geschäft, bei dem der Kunde das Produkt oder die Dienstleistung besitzt, entsteht bei Subskriptionsmodellen eine kontinuierliche Beziehung zwischen Kunde und Anbieter.

Pay-per-Use Modelle dienen zu einer nutzungsbezogenen Abrechnung der Leistung. Infolgedessen wird bei der Rechnungsstellung lediglich die tatsächliche Nutzungszeit und das Nutzungsverhalten des Kunden berücksichtigt. Der klar erkennbare Wandel der Geschäftsmodelle in der Zukunft manifestiert die Transformation von klassischen Produzenten zu Lösungsanbietern.

Die Analyse der Kennzahlen der Komplexität zeigt, dass die Anzahl der verkaufsfähigen Produkte als wichtiger Indikator der Komplexität des Unternehmens weiter ansteigt. Gleichzeitig verzeichnet der Profit pro Produkt ebenfalls einen Anstieg. Ein Rückgang der Komplexitätskennzahlen ist nicht in Sicht, sodass auch in Zukunft mit einem weiteren Anstieg der Unternehmenskomplexität zu rechnen ist.

Auswirkungen der externen Komplexitätstreiber

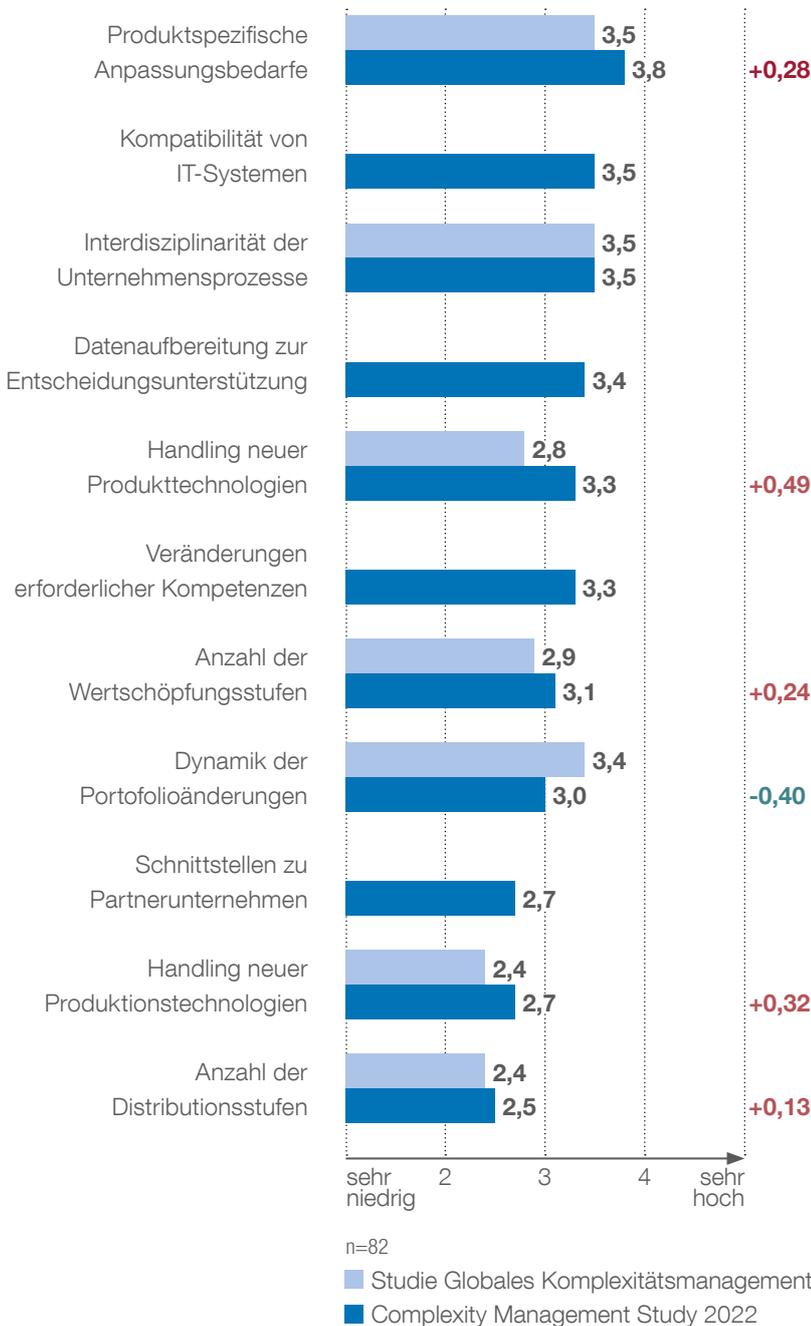


Insgesamt zeigt die Analyse der externen Komplexitätstreiber, dass Unternehmen sich auf eine dynamische und schnelllebige Geschäftsumgebung einstellen müssen. Durch die Identifizierung und Überwachung der externen Treiber können Unternehmen ihre Reaktionsfähigkeit verbessern und Wettbewerbsvorteile erlangen.

Interne Komplexitätstreiber

Die interne Komplexität bezieht sich auf die Komplexität, die innerhalb eines Unternehmens entsteht und sich auf die internen Prozesse, Strukturen und Technologien auswirkt. Diese kann durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden, darunter Produktdesign, Fertigung, Lieferkette und Datenmanagement. Die Analyse von internen Komplexitätstreibern kann Unternehmen dabei helfen, ihre internen Prozesse zu optimieren und die Effizienz zu verbessern.

Auswirkungen der internen Komplexitätstreiber

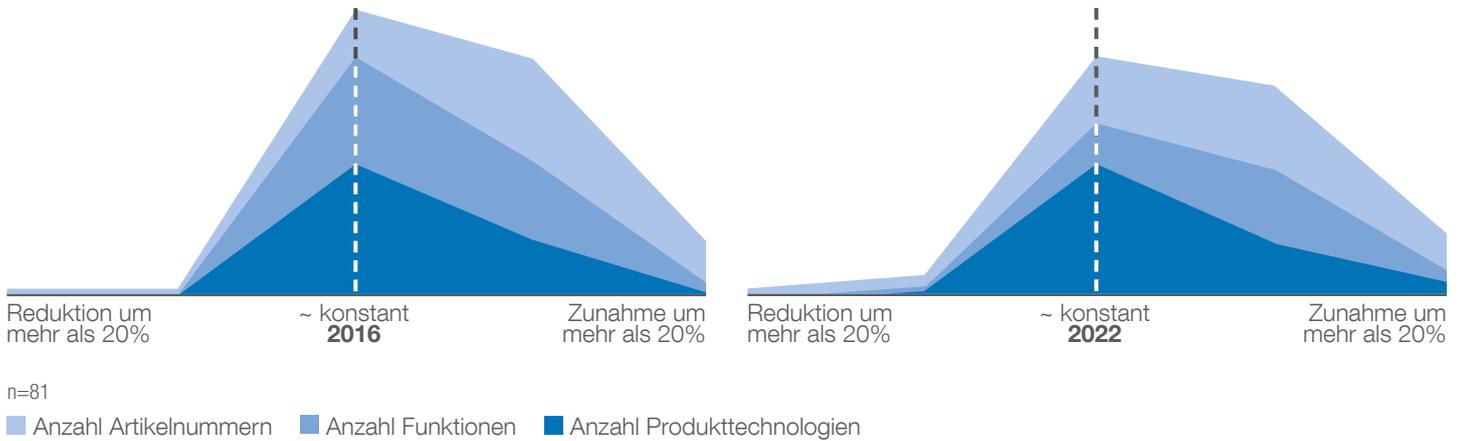


Die Analyse interner Komplexitätstreiber zeigt, dass produktspezifische Anpassungsbedarfe nach wie vor den ersten Platz der internen Treiber einnehmen. Im Vergleich zu 2016 ist hier allerdings ein weiterer Zuwachs zu verzeichnen, der durch eine höhere Volatilität in den Kundenanforderungen verursacht wird. Ein neuer Treiber mit hoher Relevanz ist die Kompatibilität von IT-Systemen. Die Verwendung von verschiedenen IT-Systemen innerhalb eines Unternehmens kann zu Schwierigkeiten bei der Integration von Daten und Prozessen führen. Hieraus resultiert das Erfordernis, dass Unternehmen kompatible IT-Systeme verwenden, um Synergien hinsichtlich Produkt- und Prozessdaten nutzen zu können.

Darüber hinaus ist die Interdisziplinarität der Unternehmensprozesse ein weiterer wichtiger interner Komplexitätstreiber. Die Zusammenarbeit verschiedener Abteilungen innerhalb eines Unternehmens hat einen großen Einfluss auf die Effektivität und Effizienz der Prozesse.

Die Bedeutung der Datenaufbereitung zur Entscheidungsunterstützung wird ebenfalls als starker interner Komplexitätstreiber wahrgenommen. Daten müssen zunehmend schneller und effizienter aufbereitet werden, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Dies unterstreicht die Wichtigkeit von Investitionen in die notwendige Technologie und in die Schulung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, um eine effektive Datenaufbereitung zu gewährleisten.

Entwicklung der Kennzahlen der internen Komplexität der letzten drei Jahre für 2016 und 2022



Ein weiterer wichtiger interner Komplexitätstreiber ist das Handling von Produkt- und Produktionstechnologien. Mit der Einführung neuer Technologien geht häufig eine Anpassung von Produkten oder Produktionsprozessen einher. Daraus resultiert das Erfordernis, dass Unternehmen flexibel auf Veränderungen reagieren müssen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten.

Die Anzahl der Wertschöpfungsstufen nimmt Einfluss auf die interne Komplexität der Unternehmen. Je mehr Schritte notwendig sind, um ein Produkt herzustellen, desto höher gestaltet sich die Komplexität der internen Prozesse. Analog dazu wirkt sich ebenfalls die Anzahl der Distributionsstufen vermehrt auf die interne Komplexität des Unternehmens aus.

Schließlich hat sich die Dynamik der Portfolioveränderungen im Vergleich zu 2016 stark verringert. Veränderungen des Portfolios in Form eines Hinzufügens, einer Eliminierung oder einer Veränderung von Produkten werden sorgfältiger geprüft und geplant, um mögliche Auswirkungen auf die internen Prozesse zu minimieren. Nichtsdestotrotz rufen Portfolioveränderungen weiterhin interne Komplexität hervor. Die Entwicklung der Auswirkungen der zunehmenden Komplexität lässt sich ebenfalls an den Kennzahlen der internen Komplexität erkennen. Die Analyse der Anzahl der Artikelnummern, Funktionen und Produkttechnologien zeigt, dass sich die Indikatoren seit 2016 nicht verringert haben. Im Gegenteil ist ein weiterer Zuwachs der Komplexitätskennzahlen zu verzeichnen.

Die Anzahl der Artikelnummern ist in den vergangenen Jahren stark gestiegen und verzeichnet in der aktuellen Studie einen weiteren Anstieg. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass Unternehmen immer mehr unterschiedliche Produkte oder Produktvarianten anbieten, um sich von der Konkurrenz zu differenzieren und Kundenbedürfnisse gezielter zu adressieren.

Durch eine zunehmende Erwartungshaltung der Kunden wird das Funktionsspektrum der Produkte erweitert. Diese Erweiterung führt zu einer erhöhten internen Komplexität, indem neue Funktionen effizient in bestehende Produktlandschaften integriert werden müssen. Die Kennzahl der Anzahl der Produkttechnologien ist ebenfalls gestiegen. Neue, disruptive Technologien wie künstliche Intelligenz oder das Internet of Things eröffnen neue Möglichkeiten, bringen aber auch neue Herausforderungen mit sich. Für Unternehmen bedeutet dies das Erfordernis, diese Technologien effektiv in ihre Produkte und Produktionsprozesse zu implementieren, ohne dass dies zu einer Überlastung der internen Prozesse führt.

Die Analyse zeigt, dass interne Komplexitätstreiber in der produzierenden Industrie in den letzten Jahren weiter angestiegen sind. Gemeinsam mit der zunehmenden externen Komplexität erfordert dies einen effektiven Umgang im Rahmen des Komplexitätsmanagements.

Management der Komplexität

Ziele und Erfolgsfaktoren

Komplexitätsmanagement stellt ein relevantes Instrument dar, um sowohl die notwendige Vielfalt zu identifizieren als auch zu beherrschen. Daraus resultierend können Prozesse optimiert und die Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden. Im Folgenden wird ein Überblick über die Zielsetzung des Komplexitätsmanagements der Unternehmen sowie die wichtigsten Erfolgsfaktoren gegeben und aufgezeigt, welche Erfolge bereits erzielt wurden.

Ziele des Komplexitätsmanagements

Die teilnehmenden Unternehmen definieren unterschiedliche Ziele im Bereich des Komplexitätsmanagements. Das am weitesten verbreitete Ziel ist die Reduktion von Kosten. Durch die Reduktion von Komplexität können Unternehmen ihre Kosten senken, indem sie zum Beispiel unnötige Varianten und Prozesse eliminieren oder standardisieren. Eine Reduktion der Variantenvielfalt kann dazu beitragen, Kosten zu senken und die Effizienz zu steigern. Produktstandardisierung und Reduktion der Time-to-Market sind weitere Ziele, die durch Komplexitätsmanagement verfolgt werden. Durch die Standardisierung von Produkten und Prozessen können Unternehmen ihre Produkte aufgrund verbesserter interner Abläufe und einer damit einhergehenden Reduktion der internen Komplexität schneller auf den Markt bringen. Daraus resultiert eine verbesserte Wettbewerbsfähigkeit.

Erfolgsfaktoren des Komplexitätsmanagements

Eine erfolgreiche Umsetzung des Komplexitätsmanagements erfordert Top-Management Support, um die notwendigen Ressourcen bereitzustellen. Es ist wichtig, dass das Top-Management die Bedeutung des Komplexitätsmanagements erkennt und dieses aktiv unterstützt. Die organisatorische Verankerung ist genauso wichtig, um das Komplexitätsmanagement über alle Bereiche hinweg zu fördern. Dabei muss das Komplexitätsmanagement im gesamten Unternehmen verankert werden, um nachhaltige Erfolge zu erzielen.

Interdisziplinarität ist ebenfalls von Bedeutung, um das Komplexitätsmanagement im gesamten Wertschöpfungsprozess einbinden zu können. Eine Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Abteilungen und Disziplinen kann dazu beitragen, die Komplexität zu reduzieren und die Effizienz zu steigern.

Etwa ein Drittel der teilnehmenden Unternehmen konnte bereits messbare Erfolge durch das Komplexitätsmanagement erzielen. Allerdings fällt vielen Unternehmen das Quantifizieren des Status quo hinsichtlich der vorliegenden Komplexität schwer. Zur Evaluation müssen mehrere geeignete Kennzahlen herangezogen werden.

Erfolgsfaktoren zur Umsetzung eines ganzheitlichen Komplexitätsmanagements

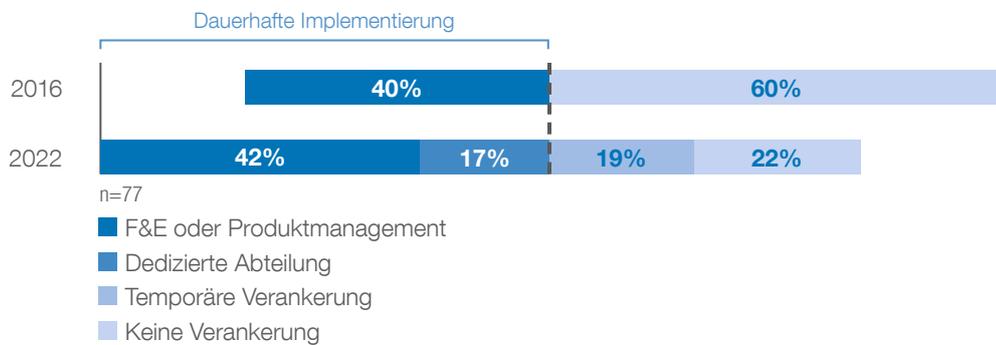


Die Auswirkungen des Komplexitätsmanagements werden bei circa der Hälfte der Unternehmen im Entscheidungsprozess berücksichtigt. Dies hebt die Bedeutung des Komplexitätsmanagements hervor und zeigt, dass Unternehmen sich bewusst sind, dass die Reduktion von Komplexität zu messbaren positiven Effekten führen kann.

Organisatorische Verankerung

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die organisatorische Verankerung des Komplexitätsmanagements ein wichtiger Erfolgsfaktor ist. Die dauerhafte Implementierung des Komplexitätsmanagements hat sich seit 2016 um fast die Hälfte auf insgesamt 59 % der teilnehmenden Unternehmen erhöht.

Zunehmende organisatorische Verankerung des Komplexitätsmanagements



Aus den Ergebnissen geht hervor, dass der Großteil der Unternehmen das Komplexitätsmanagement in der Forschung und Entwicklung oder im Produktmanagement verankert hat. Dabei handelt es sich um zentrale Elemente der Wertschöpfungskette. Die Implementierung des Komplexitätsmanagements in diesen Bereichen bietet die Möglichkeit weitreichende Maßnahmen umzusetzen. Eine dauerhafte Verankerung mit Hilfe einer eigenständigen Abteilung nutzen ca. 17 % der befragten Unternehmen. Etwa 19 % der Unternehmen haben die Verantwortung des Komplexitätsmanagements nur temporär verankert. Bei 22 % der Unternehmen liegt bisher noch keine organisatorische Verankerung des Komplexitätsmanagements im Unternehmen vor. Dies deutet darauf hin, dass einige Unternehmen Schwierigkeiten haben, das Komplexitätsmanagement effektiv in ihre Organisationsstruktur zu integrieren.

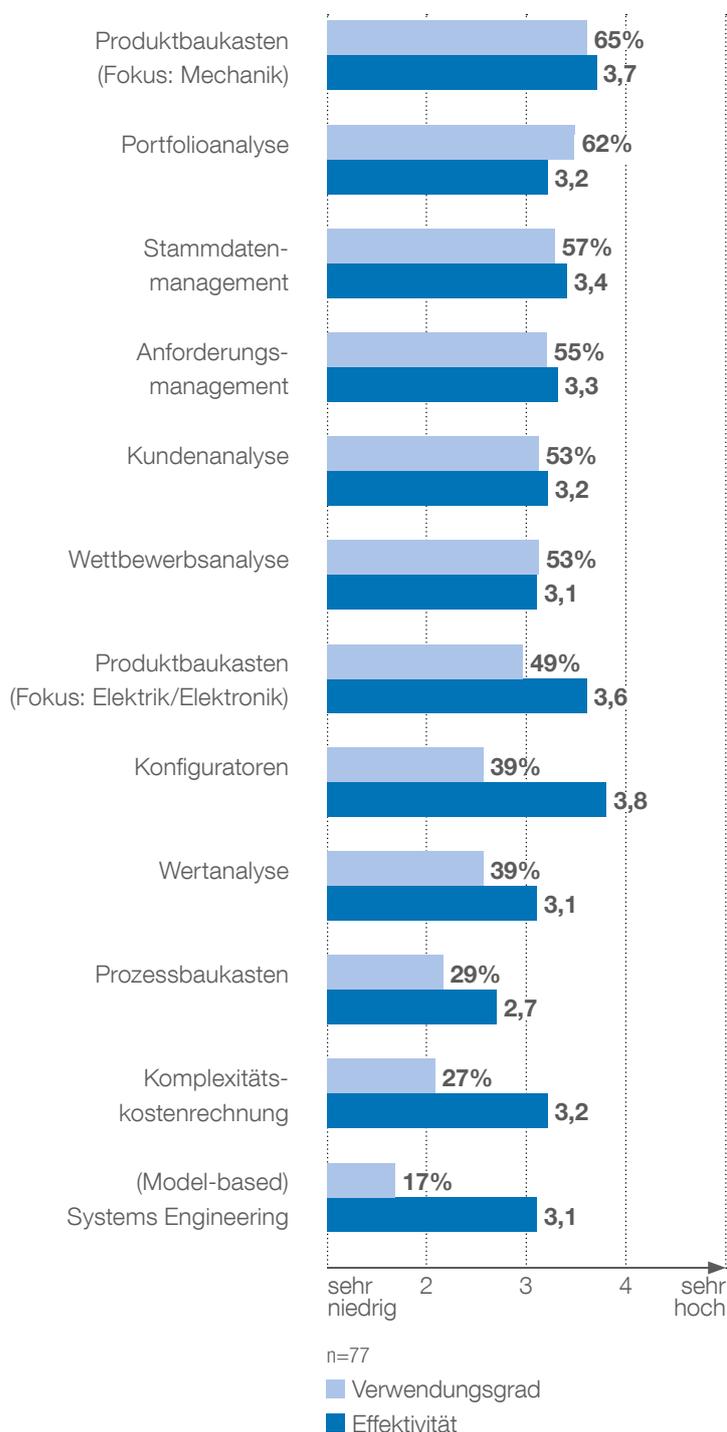
Von den befragten Unternehmen beschäftigen sich 51 % seit weniger als fünf Jahren mit dem Komplexitätsmanagement. Dies deutet darauf hin, dass Komplexitätsmanagement in vielen Unternehmen erst in jüngerer Zeit ein priorisiertes Thema geworden ist.

Die Studienergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit der organisatorischen Verankerung zur Umsetzung eines erfolgreichen Komplexitätsmanagements. Das Komplexitätsmanagement sollte langfristig in die Organisationsstruktur der Unternehmen integriert werden. So können Unternehmen die Vorteile des Komplexitätsmanagements in vollem Umfang nutzen und effektiv der zunehmenden Komplexität im Geschäftsumfeld entgegenwirken.

Methoden des Komplexitätsmanagements

Die Vielzahl an unterschiedlichen Methoden, die für das Komplexitätsmanagement zur Verfügung stehen, stellt Unternehmen häufig vor die Herausforderung, die für ihre spezifischen Anforderungen geeigneten Methoden auszuwählen. Infolgedessen wurde die Verwendung der gängigen Methoden des Komplexitätsmanagements abgefragt und eine Einschätzung zur Effektivität der Methoden von den Unternehmen abgegeben.

Verwendungsgrad und Effektivität von Methoden des Komplexitätsmanagements



Produktbaukästen sind das am häufigsten verwendete Instrument des Komplexitätsmanagements, welches in der Produktentwicklung eingesetzt wird. Zudem geht eine hohe Effektivität der Methode aus den Ergebnissen hervor. Ein Produktbaukasten ermöglicht die Ableitung von unterschiedlichen Varianten durch die Konfiguration von vordefinierten Modulen und Baugruppen. Dabei können Produktbaukästen sowohl für mechanische als auch für elektrische Komponenten verwendet werden.

Durch die Verwendung von Produktbaukästen können Unternehmen die Anzahl der benötigten Komponenten reduzieren, die Produktdifferenzierung erhöhen und die Komplexität in der Fertigung verringern.

Die Portfolioanalyse ist ein Werkzeug des Komplexitätsmanagements, das in der strategischen Planung eingesetzt wird. Den Studienergebnissen zur Folge wird die Portfolioanalyse als zweit häufigste Methode angewendet. Das Ziel der Portfolioanalyse liegt in der effektiven Nutzung der Unternehmensressourcen und der marktorientierten Gestaltung des Portfolios. Die Durchführung von Portfolioanalysen kann zur Steigerung des Unternehmenserfolgs beitragen, indem wichtige Geschäftsbereiche fokussiert und Ressourcen dementsprechend allokiert werden. Jedoch wird die Effektivität der Methode deutlich geringer bewertet und befindet sich lediglich auf dem fünften Platz.

Eine weitere häufig genutzte Methode des Komplexitätsmanagements ist das Stammdatenmanagement. Dieses zielt auf die Verbesserung der Datenqualität sowie die Sicherstellung der Konsistenz von Daten über verschiedene Systeme hinweg ab. Durch das effektive Management von Stammdaten können Unternehmen ihre Geschäftsprozesse optimieren und ihre Datenanalyse verbessern. Insbesondere bei großer Vielfalt ist das Stammdatenmanagement zur Beherrschung der Komplexität unverzichtbar.

Über die Hälfte der befragten Unternehmen nutzen das Anforderungsmanagement als eine Methode des Komplexitätsmanagements. Dieses zielt darauf ab, die Anforderungen von Kunden zu identifizieren, zu analysieren, zu dokumentieren und im Rahmen der Produktentwicklung zu verwalten. Durch das effektive Management von Anforderungen können Unternehmen sicherstellen, dass ihre Produkte oder Dienstleistungen den Bedürfnissen ihrer Kunden entsprechen.

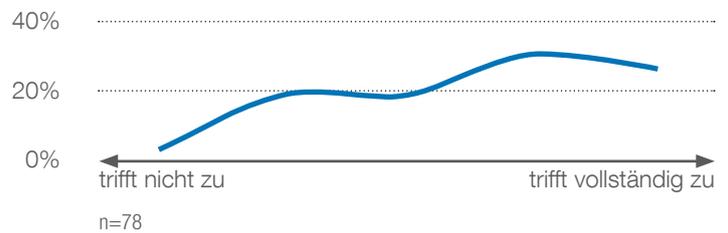
Eine ausführliche Kundenanalyse vor der Entwicklung eines Produktes ist ein wichtiger Bestandteil des Komplexitätsmanagements, da sie hilft, die Anforderungen und Bedürfnisse der Kunden zu identifizieren und gezielt zu adressieren. Allerdings zeigen die Studienergebnisse, dass nur circa die Hälfte der Unternehmen eine ausführliche Marktanalyse vor der Entwicklung eines Produkts durchführen.

Analog zu Kundenanalysen werden Wettbewerbsanalysen ebenfalls nur von 53 % der teilnehmenden Unternehmen durchgeführt. Dabei dienen Wettbewerbsanalysen zur Evaluation des eigenen Standpunkts im kompetitiven Marktumfeld und können Potentiale zur Differenzierung aufzeigen.

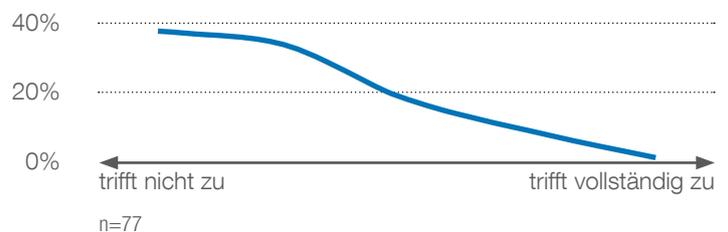
Die höchste Effektivität wird von den befragten Unternehmen den Konfiguratoren zugeschrieben. Durch die Verwendung von Konfiguratoren lassen sich Arbeitsabläufe automatisieren und somit Aufwände reduzieren. Somit können Unternehmen eine höhere Vielfalt beherrschen und eine größere Produktdifferenzierung zulassen. Allerdings verwenden nur 39 % der teilnehmenden Unternehmen Konfiguratoren, was im Hinblick auf die hohe Effektivität großes Potenzial birgt.

Die Verringerung der Exotenvarianten durch die Nutzung von Anfangs- und Vorzugsvarianten im Konfigurator ist eine effektive Methode, die jedoch von vielen Unternehmen vernachlässigt wird. Durch die gezielte Reduktion von Exotenvarianten können Unternehmen die Komplexität in der Produktion reduzieren und die Profitabilität und Wettbewerbsfähigkeit erhöhen.

Zustimmung zur Aussage: Wir führen eine ausführliche Marktanalyse vor der Produktentwicklung durch



Zustimmung zur Aussage: Wir verteilen Komplexitätskosten verursachungsgerecht



Die Komplexitätskostenrechnung ist eine Methode, um die Kosten der Komplexität zu identifizieren und zu reduzieren. Dadurch können Unternehmen Komplexitätskosten verursachungsgerecht auf Produkte oder Prozesse verteilen. Allerdings wird die Komplexitätskostenrechnung nur von circa einem Viertel der Unternehmen angewendet.

Aus der Analyse der Studienergebnisse geht hervor, dass eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden des Komplexitätsmanagements von den teilnehmenden Unternehmen angewendet werden. Allerdings steht der Verwendungsgrad nicht immer in Korrelation mit der Effektivität der Methoden.

Fokus-Thema Komplexitätsmanagement in Zeiten der Nachhaltigkeitswende

Die FESG-Kriterien

Die Nachhaltigkeitswende stellt auch eine wichtige Entwicklung im Bereich des Komplexitätsmanagements dar. Die Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen erfordert eine gezielte und systematische Umstellung von Prozessen und Produkten. Die Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in das Komplexitätsmanagement erfordert eine umfassende Untersuchung von Kriterien, die zur Bewertung der Nachhaltigkeit herangezogen werden können. Hierfür wird an erster Stelle die Relevanz des Themas Nachhaltigkeit anhand des FESG-Ansatzes untersucht. Der FESG-Ansatz beinhaltet vier Kriterien, die zur Bewertung der Nachhaltigkeit in Unternehmen genutzt werden können: Finance, Environment, Social und Governance.

Finance-Kriterium

Unter dem Finance-Kriterium werden ökonomische Aspekte der Nachhaltigkeit betrachtet. Hierbei stehen finanzielle Kriterien des Unternehmens im Vordergrund, wie die Wertschöpfung pro Mitarbeitenden, Umsatzerlöse sowie die Eigenkapitalquote. Die Studie zeigt, dass finanzielle Kennzahlen bei der Bewertung der Nachhaltigkeit relevant sind, jedoch verwenden lediglich 37 % finanzielle Kennzahlen zur Bewertung von Nachhaltigkeit.

Environment-Kriterium

Das Environment-Kriterium betrachtet die ökologischen Aspekte der Nachhaltigkeit. Hierzu zählen die Emissionsbelastung durch das Unternehmen, die Re-Use-Quote sowie Kompensationsleistungen zur Reduzierung von Emissionen. Die teilnehmenden Unternehmen bewerten dieses Kriterium als besonders relevant. Somit findet die Verwendung von Kennzahlen in diesem Kontext die meiste Anwendung.

Social-Kriterium

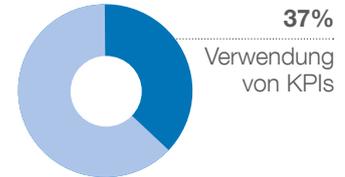
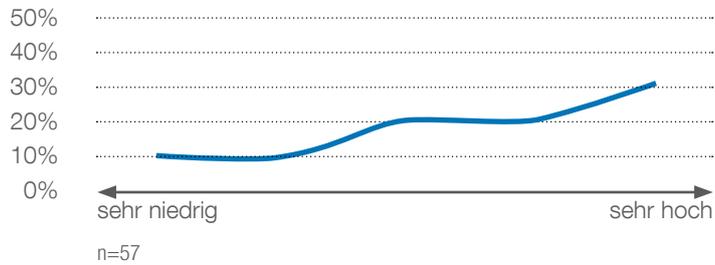
Das Social-Kriterium bezieht sich auf soziale Aspekte der Nachhaltigkeit. Hierzu gehören die Geschlechtergerechtigkeit im Unternehmen, die Integration und Kollaboration von Mitarbeitenden sowie die Langfristigkeit der Unternehmensentscheidungen. Die Studienergebnisse zeigen, dass dieses Kriterium aktuell gegenüber den ökonomischen und ökologischen Kriterien weniger im Fokus der Unternehmen steht. Kennzahlen werden von circa einem Drittel der befragten Unternehmen erhoben.

Governance-Kriterium

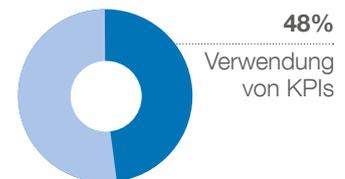
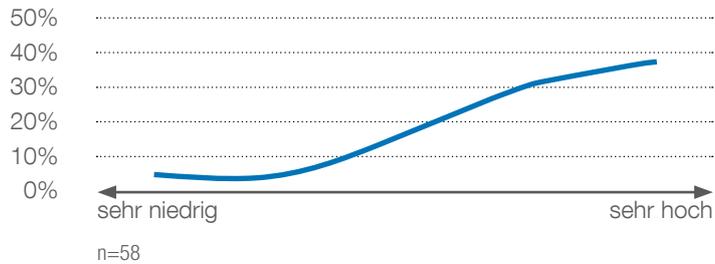
Unter Governance werden die Aspekte der Unternehmensführung und -strategie betrachtet. Hierzu zählen die Innovationsfähigkeit des Unternehmens, die Arbeitsbedingungen sowie die Entlohnungsstrukturen. Dieses Kriterium weist bei den teilnehmenden Unternehmen derzeit die geringste Relevanz und Verwendung von Kennzahlen mit lediglich 21 % auf.

Relevanz und KPI-Verwendung der FESG-Kriterien zur Bewertung der Nachhaltigkeit

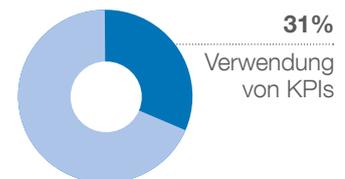
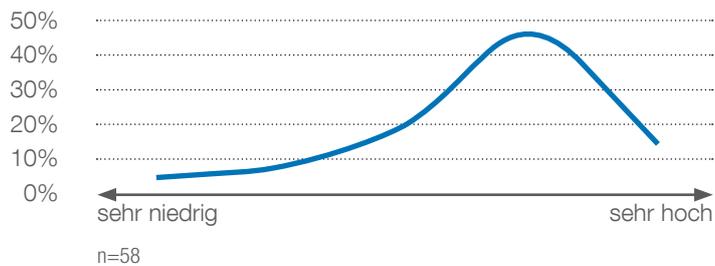
FESG-Kriterium: Finance



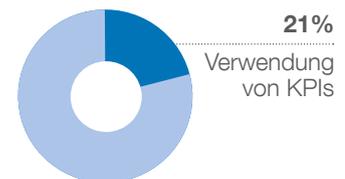
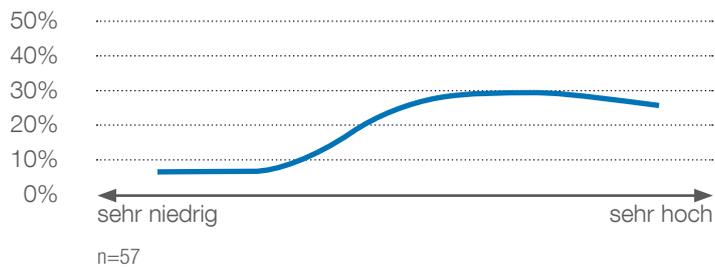
FESG-Kriterium: Environment



FESG-Kriterium: Social



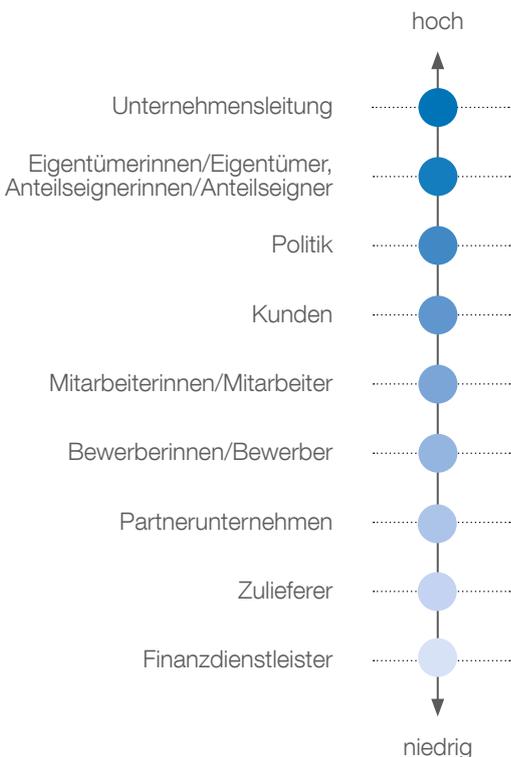
FESG-Kriterium: Governance



Stakeholder und organisatorische Verankerung

Die Bedeutung von Nachhaltigkeit ist in den letzten Jahren enorm gestiegen. Im Zuge dessen untersucht die Studie die Relevanz des Themas Nachhaltigkeit für unterschiedliche Stakeholder. Für die Unternehmensleitung ist Nachhaltigkeit am relevantesten, um die langfristige Wettbewerbsfähigkeit und strategische Ausrichtung des Unternehmens zu erhalten. Eigentümerinnen und Eigentümer sowie Anteilseignerinnen und Anteilseigner sind ebenfalls an der nachhaltigen Ausrichtung des Unternehmens interessiert, um dessen Zukunftsfähigkeit sicherzustellen. Weiterhin stellt die Politik hohe Anforderungen an Unternehmen, Nachhaltigkeitsbestrebungen umzusetzen. Aus Sicht der teilnehmenden Unternehmen achten jedoch auch vermehrt Kunden auf Maßnahmen der Unternehmen, um Umweltbelastungen zu reduzieren und gesellschaftliche Verantwortung zu übernehmen.

Aktuelle wahrgenommene Bedeutung des Themas Nachhaltigkeit für unterschiedliche Stakeholder



Ebenfalls wird für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie Bewerberinnen und Bewerber das Thema Nachhaltigkeit immer wichtiger. Es zeigt sich allerdings auch, dass der derzeitige Betrachtungsfokus der befragten Unternehmen primär auf das eigene Unternehmen beschränkt ist. Die weiteren Stakeholder entlang der Wertschöpfungskette in Form von Partnerunternehmen und Zulieferern werden somit nur unzureichend berücksichtigt. Allerdings erfordert eine effektive Umsetzung von Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeit die Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette.

Die organisatorische Verankerung von Nachhaltigkeit in Unternehmen variiert in den teilnehmenden Unternehmen. Ein Großteil der Unternehmen nutzt eigenständige Abteilungen oder Stabsstellen, welche sich speziell mit dem Thema Nachhaltigkeit befassen. Teilweise werden temporäre oder interdisziplinäre Teams eingesetzt, um konkrete Nachhaltigkeitsmaßnahmen umzusetzen. Eine direkte Verankerung im Qualitätsmanagement ist ebenfalls in einigen Unternehmen verbreitet. Allerdings erfolgt keine direkte Verankerung in den übrigen direkten Wertschöpfungsstufen wie der Forschung und Entwicklung, Produktmanagement, Logistik, Produktion oder Vertrieb.

Insgesamt zeigt sich, dass die Nachhaltigkeitswende auch für das Komplexitätsmanagement von großer Bedeutung ist. Unternehmen müssen sich mit diesem Thema auseinandersetzen, um die langfristige Wettbewerbsfähigkeit und somit die Zukunftsfähigkeit sicherzustellen.

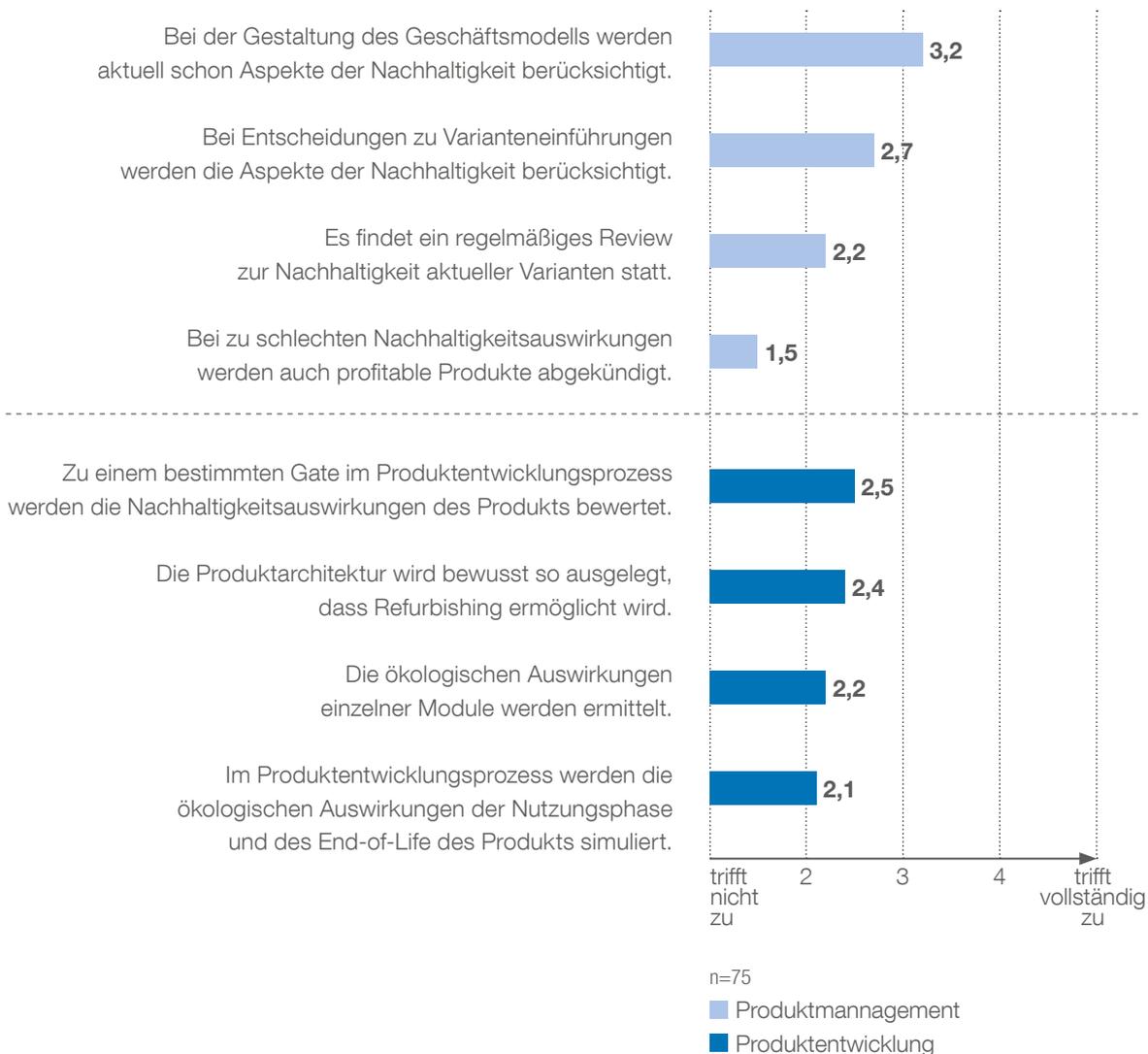
Nachhaltigkeitsauswirkungen und -methoden

Im Rahmen der Studie wurden die Auswirkungen der Nachhaltigkeitswende insbesondere auf die Produktentwicklung und das Produktmanagement als zentrale Bereiche des Komplexitätsmanagements untersucht.

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass Nachhaltigkeitsbestrebungen im Produktmanagement stärker berücksichtigt werden, als in der Produktentwicklung. Somit nehmen Aspekte der Nachhaltigkeit eine zunehmende Relevanz bei der Gestaltung des Geschäftsmodells ein.

Bei Entscheidungen zur Einführung neuer Varianten oder Produkte werden ebenfalls Nachhaltigkeitsaspekte bei einigen Unternehmen berücksichtigt. Allerdings werden aktuelle Varianten selten regelmäßig hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit geprüft. Profitable Produkte werden in den meisten Fällen nicht abgekündigt, sofern die Nachhaltigkeitsauswirkungen zu schlecht ausfallen. Dies zeigt, dass ökonomische Erfolge des Unternehmens aktuell noch ökologischen Zielen vorgezogen werden.

Aussagen zu Nachhaltigkeitsmaßnahmen im Produktmanagement und in der Produktentwicklung



Einige Unternehmen führen mittlerweile Analysen zu den Nachhaltigkeitsauswirkungen zu einem bestimmten Zeitpunkt im Entwicklungsprozess durch. Dies umfasst sowohl die Analyse der Umweltauswirkungen der Produktionsprozesse als auch der verwendeten Materialien und Komponenten. Eine bewusste Auslegung der Produktarchitektur, welche eine spätere Wiederverwendung oder das Refurbishing des Produkts ermöglicht, wird nur von einer geringen Anzahl an Unternehmen angestrebt. Genauso werden ökologische Auswirkungen einzelner Produktmodule selten von den teilnehmenden Unternehmen ermittelt. Bei der Analyse der ökologischen Auswirkungen im Entwicklungsprozess wird häufig nicht die Nutzungsphase und die End-of-Life Phase des Produkts simuliert.

Die Erkenntnisse zeigen, dass Unternehmen Nachhaltigkeit in der Produktentwicklung und im Produktmanagement teilweise berücksichtigen. Allerdings gibt es noch Verbesserungspotential, insbesondere in der Berücksichtigung der ökologischen Auswirkungen einzelner Produktmodule und in der Simulation der Auswirkungen in der Nutzungsphase und des End-of-Life des Produkts. Auch die regelmäßige Prüfung der Nachhaltigkeit von aktuellen Varianten ist noch ausbaufähig. Es ist jedoch positiv zu vermerken, dass Nachhaltigkeitsaspekte eine zunehmend wichtigere Rolle bei der Gestaltung des Geschäftsmodells spielen und bei Entscheidungen zu Varianteneinführungen berücksichtigt werden.

Methoden zur Steigerung der Nachhaltigkeit

Zur Analyse der Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen in Produktentwicklung und Produktmanagement wurde die Verwendung sowie Effektivität von möglichen Methoden untersucht. Die am stärksten genutzten Methoden sind kontinuierliche Innovationen, Product Lifecycle Management und die Verwendung eines modularen Produktaufbaus.

Die Verlängerung der Produktnutzungsphase durch kontinuierliche Innovationen stellt die als am effektivsten bewertete Methode dar. Dieses Instrument zielt in der Produktentwicklung und im Produktmanagement auf die Verlängerung der Lebensdauer der Produkte ab. Dadurch kann zum einen der ökologische Fußabdruck der Produkte verringert und zum anderen die interne Komplexität reduziert und beherrscht werden.

Das Product Lifecycle Management (PLM) befasst sich mit der Analyse und Steuerung des gesamten Lebenszyklus eines Produkts. Dies umfasst die Phasen von der Konzeption und Entwicklung über die Produktion und Nutzung bis hin zur Entsorgung oder Wiederverwertung. Durch die Einbeziehung ökologischer, sozialer und ökonomischer Aspekte in jedem Stadium des Lebenszyklus kann die Nachhaltigkeit des Produkts gesteigert werden.

Methoden zur Realisierung nachhaltiger Produkte



Ein modularer Aufbau von Produkten kann dazu beitragen, dass einzelne Komponenten oder Baugruppen bei Bedarf ausgetauscht werden können, ohne dass das gesamte Produkt ersetzt werden muss. Die Modularität dient als Befähiger für die Realisierung der sogenannten R-Strategien (z. B. Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Recycle). Diese tragen dazu bei, den ökologischen Fußabdruck der Produkte zu reduzieren, indem sie die Produkte in die Kreislaufwirtschaft überführen. Gleichzeitig verringert der modulare Aufbau die Produktkomplexität und wird infolgedessen als effektiv von den befragten Unternehmen eingeschätzt.

Eine weitere Methode zur Steigerung der Nachhaltigkeit in der Produktentwicklung und im Produktmanagement ist die Erstellung von Ökobilanzen für einzelne Produkte. Diese können Aufschluss darüber geben, welche Auswirkungen ein Produkt auf die Umwelt hat und welche Maßnahmen ergriffen werden können, um diese Auswirkungen zu reduzieren.

Ein weiterer Ansatz ist die Verwendung des Model-based Systems Engineering (MBSE), um Nachhaltigkeitsaspekte in die Produktentwicklung einzubeziehen. Allerdings wird diese Methode derzeit nur von wenigen Unternehmen eingesetzt, um Umweltauswirkungen im System zu modellieren.

Zur Realisierung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, welche gleichzeitig im Rahmen des Komplexitätsmanagements zur Reduktion und Beherrschung interner Komplexität dienen. Jedoch geht aus den Studienergebnissen eine geringe Verwendung dieser Maßnahmen hervor, auch wenn diese als effektiv bewertet werden.

Ansprechpersonen zur Studie



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh befasst sich als Wissenschaftler und Unternehmer mit disruptiven Innovationen, Informations- und Produktionsmanagement sowie nachhaltigen Mobilitätslösungen. Prof. Schuh leitet den Lehrstuhl für Produktionssystematik der RWTH Aachen und ist unter anderem Mitglied des Direktoriums des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen.



Dr.-Ing. Maximilian Kuhn studierte Maschinenbau an der RWTH Aachen und ist seit 2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen, wo er seit 2021 die Abteilung Innovationsmanagement leitet. Neben seiner Tätigkeit am Institut ist Herr Dr. Kuhn Geschäftsführer der Complexity Management Academy, die er seit 2019 leitet und weiterentwickelt.



Alexander Keuper studierte Maschinenbau an der RWTH Aachen und ist seit 2019 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen tätig mit einem Schwerpunkt auf den Themen Komplexitätsmanagement sowie Digitalisierung in der Produktentwicklung. Darüber hinaus verantwortet er als Head of Business Development die Weiterentwicklung der Complexity Management Academy.



Carsten Boßmann studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der RWTH Aachen und ist seit 2021 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen. Er beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit den Themen Komplexitätsmanagement, Portfoliomanagement und der Transformation von produzierenden Unternehmen zu integrierten Lösungsanbietern.



Frederike Hellwig studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der RWTH Aachen und ist seit 2022 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen tätig. Ihre Schwerpunkte liegen in dem Themenbereich des Komplexitätsmanagements und in der Gestaltung von nachhaltigen Prozessen und Produkten für die Kreislaufwirtschaft.

Impressum

Herausgeber

Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen
Lehrstuhl für Produktionssystematik
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh

Cluster Produktionstechnik
Campus-Boulevard 30
52074 Aachen
GERMANY

www.wzl.rwth-aachen.de

Konzeption und Gestaltung

Dipl.-Des. Heike Iris Plath

Fotos

iStock (Titel)
WZL (Justus Steinhard Umschlaginnenseite vorne; S. 20)

Das Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen hat sich bei diesem Produkt für einen umweltfreundlichen und klimaneutralen Druck auf 100% nachhaltigem Papier entschieden.

11.2023 | Aachen | ISBN: 978-3-949992-02-5

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung der Broschüre – oder Teilen daraus – vorbehalten. Kein Teil der Broschüre darf ohne schriftliche Genehmigung des Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen in irgendeiner Form (Fotokopien, Mikrofilm, Digitalisierung oder andere Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen University

Lehrstuhl für Produktionssystematik

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Maximilian Kuhn

E-Mail: m.kuhn@wzl.rwth-aachen.de

Cluster Produktionstechnik

Campus-Boulevard 30

52074 Aachen

GERMANY

Telefon: +49 241 80-27404

Telefax: +49 241 80-22293

www.wzl.rwth-aachen.de