



Digitale Hilfsmittel für Kommunikation und Methodeneinsatz in der standortübergreifenden Produktentwicklung

Julian Baschin, Thomas Vietor, Victoria Zorn, Simone Kauffeld, Tim Claus Bardenhagen, Christoph Spielmann und Michael Guse

11.1 Problemstellung und Motivation im KAMiiSo-Projekt

Die Zusammenarbeit in Wertschöpfungsnetzwerken trägt wesentlich zur Wettbewerbsfähigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen in Deutschland bei [1]. An der Entwicklung und Fertigung komplexer Gesamtsysteme sind hochspezialisierte, in der Regel örtlich verteilte Unternehmen oder Unternehmensbereiche beteiligt. Diese verteilte Wertschöpfung ist insbesondere im Anlagen- und Maschinenbau vorzufinden und wird neben der fachlichen Spezialisierung der einzelnen Unternehmen durch einen zunehmenden Kostendruck (Lohnkosten) und den globalen Vertrieb und Einsatz der Produkte getrieben. Beispielsweise werden mechatronische (Teil)Systeme aus unterschiedlichen Fachdisziplinen (Mechanik, Elektronik, Informatik) von verschiedenen,

J. Baschin (✉) · T. Vietor
TU Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik, Braunschweig,
Deutschland

V. Zorn · S. Kauffeld
TU Braunschweig, Institut für Arbeits-, Organisations- und Sozialpsychologie,
Braunschweig, Deutschland

T. C. Bardenhagen
DESMA Schuhmaschinen GmbH, Technologiemanagement, Achim, Deutschland

C. Spielmann
machineering GmbH & Co. KG, Simulation und Automatisierung,
München, Deutschland

M. Guse
PEINER SMAG Liftung Technologies GmbH, Vertriebsinnendienst,
Salzgitter, Deutschland

hochspezialisierten Abteilungen innerhalb eines Unternehmens entwickelt. Diese werden oftmals durch Einbindung von Zulieferern produziert. So werden z. B. für die von der am Vorhaben beteiligten Firma DESMA produzierten Schuhbesolungsmaschinen erforderlichen elektrischen und pneumatischen Antriebe einschließlich ihrer Ansteuerung durch unterschiedliche Zulieferer als eigenständige Teilsysteme bereitgestellt. Die einzelnen Teilsysteme werden anschließend durch den Maschinenhersteller zu einem mechatronischen Gesamtsystem zusammengeführt und in Betrieb genommen. Neben dieser standort- und unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit erfolgt auch innerhalb einzelner Unternehmen die Entwicklung und Produktion arbeitsteilig an verschiedenen Standorten. Beispielsweise werden Schüttgutgreifer der am Vorhaben beteiligten Firma PSLT überwiegend in Deutschland entwickelt, jedoch zunehmend durch Standorte in Indien oder China gefertigt.

Die Effizienz und Effektivität dieser verteilten Zusammenarbeit wird maßgeblich durch den reibungslosen Informationsaustausch zwischen den Entwicklungspartnern bestimmt [2, 3]. Dieser Informationsaustausch wird durch zeitliche Diskrepanzen bei der Informationsgenerierung, örtliche und organisatorische Trennungen der Entwicklungspartner sowie disziplinspezifische Entwicklungsmethoden und -tools in der Entwicklungspraxis jedoch oftmals erschwert. Informationen werden aufgrund organisatorisch, persönlich oder technisch bedingter Kommunikationshürden häufig erst bei akuten Informationsdefiziten oder Änderungsbedarfen ausgetauscht [4, 5]. Dies führt in der Praxis zu einer schnittstellenbasierten Entwicklung und der sequentiellen Verknüpfung der Teilprozesse der einzelnen Entwicklungspartner, siehe Abb. 11.1 links. Erforderliche Anpassungen z. B. infolge veränderter Kundenwünsche werden oftmals

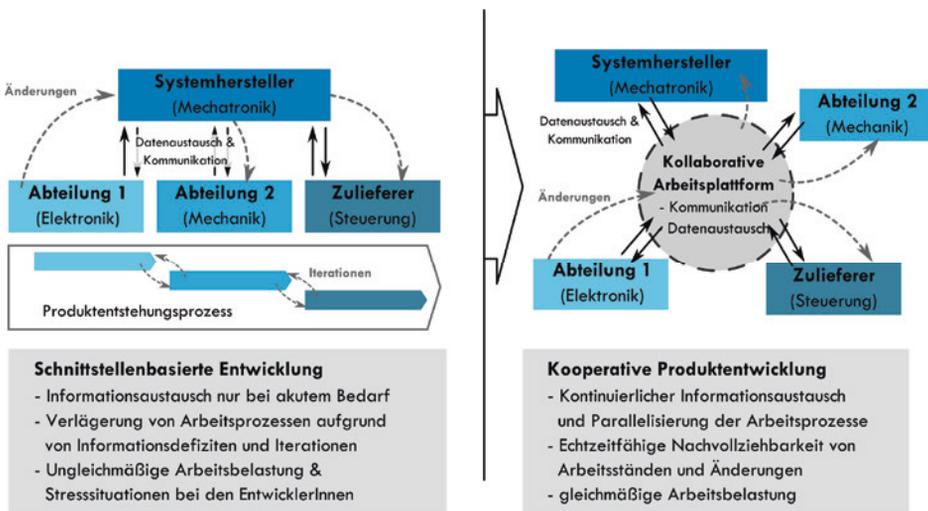


Abb. 11.1 Von der schnittstellenbasierten Entwicklung zur kooperativen Produktentwicklung

nur an den Gesamtsystemhersteller kommuniziert und von diesem an einzelne Teilsystemhersteller weitergegeben, ohne Auswirkungen auf weitere Teilsysteme überprüfen zu können. Die resultierenden Iterationen führen zu einer ungleichmäßigen Arbeitsbelastung und Stresssituationen für die beteiligten EntwicklerInnen. Zusätzlich besteht das Risiko einer Verlängerung der Entwicklungszeit und der Nichterfüllung des Vertrages aufgrund nicht abgestimmter Änderungen. Diese Situation zeigt die Notwendigkeit einer kooperativen Produktentwicklung auf, in der die einzelnen Arbeitsprozesse durch den kontinuierlichen Austausch von Informationen parallelisiert und Änderungen nahezu in Echtzeit von sämtlichen Partnern nachvollzogen werden können, siehe Abb. 11.1 rechts. Die Transformation hin zu einer kooperativen Produktentwicklung wird durch eine zielgerichtete Digitalisierung der Arbeitsumgebung gefördert. Der Einsatz digitaler Hilfsmittel bietet die Möglichkeit den direkten und personenbezogenen Austausch von Wissen z. B. über Foren oder Chats zu fördern und bestehende digitale Entwicklungstools (z. B. CAD-Systeme, Simulationswerkzeuge) in einer gemeinsamen Arbeitsplattform zu integrieren. Die auf diese Weise entstehenden neuen Kommunikations- und Interaktionsformen ermöglichen eine Parallelisierung der Arbeitsprozesse, verkürzen die Entwicklungszeit und fördern die Innovationskraft durch Überwindung fachspezifischer und örtlicher Beschränkungen. Zusätzlich ergibt sich die Möglichkeit, Entwicklungs-Know-How über die Standorte eines Unternehmens hinweg zu nutzen und damit die Innovationskraft der Unternehmen zu erhöhen. Die mit der Digitalisierung einhergehende Einführung neuer Entwicklungstools und Veränderung von Arbeitsweisen setzt jedoch neue Kompetenzen und Qualifikationen wie z. B. Telekooperationskompetenzen sowie Kompetenzen des verstärkten Projekt- und Selbstmanagements der beteiligten EntwicklerInnen voraus. Werden diese veränderten Kompetenz- und Qualifikationsanforderungen nicht als integraler Bestandteil betrieblicher Handlungskonzepte berücksichtigt, resultieren die Einführung und Nutzung neuer digitaler Hilfsmittel und geänderter Arbeitsprozesse in einer hohen individuellen Belastung, einem hohen Stresserleben und reduzierter Produktivität der EntwicklerInnen. In der Konsequenz scheitert die Einführung digitaler Hilfsmittel in diesen Fällen oftmals an der mangelnden Akzeptanz und/oder situativer Überforderung der einzelnen Nutzer, da diese nicht über die erforderlichen Qualifikationen und Kompetenzen verfügen [6, 7].

Der aufgezeigte Wandel der Hilfsmittel und Arbeitsweisen stellt insbesondere kleine und mittlere Unternehmen vor die Herausforderung, betriebliche Maßnahmen für die Etablierung der kooperativen Produktentwicklung zu identifizieren und diese trotz knapper Ressourcen umzusetzen. Eine besondere Herausforderung ergibt sich hierbei aufgrund der starken Wechselwirkungen zwischen standortspezifischen und standortübergreifenden Prozessen, technisch-methodischen Hilfsmitteln und personellen Aspekten der beteiligten EntwicklerInnen, siehe Abb. 11.2. Um Gesundheit, Wohlbefinden und Beschäftigungsfähigkeit der einzelnen EntwicklerInnen langfristig zu erhalten, müssen die für die örtlich verteilte und interdisziplinäre Zusammenarbeit mit digitalen Hilfsmitteln erforderlichen Kompetenzen erfasst und Strategien zur Kompetenzentwicklung sowie zur Einführung der neuen Medien und Hilfsmittel

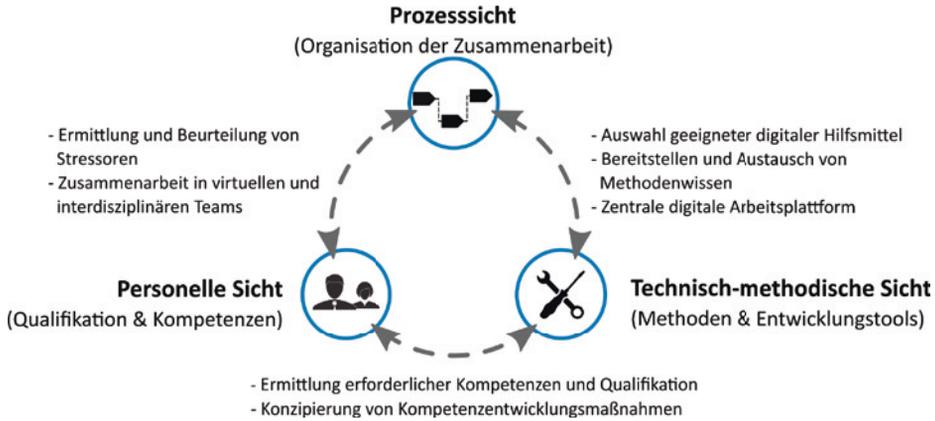


Abb. 11.2 Zusammenspiel zwischen Prozesssicht, technisch-methodischer Sicht und personeller Sicht

erarbeitet werden. Durch gleichberechtigte Berücksichtigung arbeitspsychologischer und arbeitsorganisatorischer Aspekte sowie der Prozesse und Hilfsmittel der Produktentwicklung kann sichergestellt werden, dass die EntwicklerInnen unter den neuen Bedingungen erfolgreich arbeiten und die Potentiale der Digitalisierung ausgeschöpft werden können. Nur durch einen interdisziplinären Forschungsansatz im Spannungsfeld zwischen Ingenieurwissenschaften und Arbeits- und Organisationspsychologie können nachhaltige betriebliche Handlungskonzepte für die Einführung digitaler Hilfsmittel und Strategien zur Kompetenzentwicklung der EntwicklerInnen zur zielgerichteten Digitalisierung der Arbeitsumgebung erarbeitet werden.

11.2 Zielsetzung im KAMiiSo-Projekt

Ausgehend von der skizzierten Ausgangssituation und dem Bedarf der Unternehmen zielen die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Verbundprojektes KAMiiSo auf die Bereitstellung von Handlungskonzepten für die zielgerichtete Digitalisierung der Arbeitsumgebung örtlich verteilt und interdisziplinär zusammenarbeitender Entwicklungspartner ab. Der Einsatz digitaler Hilfsmittel soll neue Interaktions- und Kommunikationsformen zwischen den Entwicklungspartnern ermöglichen und zur Vision einer kooperativen Produktentwicklung beitragen. Die bisher vorwiegend schnittstellenbasierte Entwicklungsarbeit und sequenzielle Verknüpfung von Teilprozessen der einzelnen Entwicklungspartner sollen durch den zielgerichteten Einsatz von Entwicklungsmethoden oder Kommunikationsstrategien überwunden werden. Auf diese Weise soll die Häufigkeit von Iterationen reduziert und damit die bisher sehr ungleichmäßigen Arbeitsbelastungen und daraus resultierenden Stresssituationen bei den

EntwicklerInnen entschärft werden. Zur Realisierung dieser Vision werden kooperativ nutzbare Softwarelösungen entwickelt, welche die Bereitstellung und den Austausch von Methodenwissen und geeigneten Kommunikationsstrategien, die Kompetenzentwicklung und Reflexion von Kommunikations- und (virtuellen) Teamprozessen sowie virtuelle Inbetriebnahme von Gesamtsystemen unterstützen. Durch die einzelnen Softwaremodule wird einerseits ein kontinuierlicher Austausch von Informationen und Wissen, bspw. Methoden- oder Produktwissen, zwischen den Entwicklungspartnern sichergestellt. Andererseits werden die erforderlichen Kompetenzen und Qualifikationen der EntwicklerInnen selbst reflektiert und zielgerichtet weiterentwickelt. In der Konsequenz werden Iterationen während des Entwicklungsprozesses verringert, Arbeitsprozesse parallelisiert und Änderungen transparent dargestellt, wodurch sich eine gleichmäßigere Arbeitsbelastung für die einzelnen EntwicklerInnen ergibt. Zeitgleich ergeben sich durch die Reduzierung der Entwicklungszeiten für die beteiligten Industrieunternehmen mittelfristig Kosteneinsparungen und Qualitätsverbesserungen. Damit leisten die entwickelten Lösungsansätze einen unmittelbaren Beitrag zur Aufrechterhaltung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher KMU. Daraus ergeben sich folgende Ziele:

- Erforschung der Potenziale und Risiken zukünftiger Szenarien der digitalgestützten Zusammenarbeit örtlich verteilter und interdisziplinärer Entwicklungspartner aus technisch-methodischer Sicht, personeller Sicht sowie Prozesssicht
- Entwicklung und Erprobung von Kompetenzmodellen für die Arbeit in räumlich verteilten und interdisziplinären Entwicklungsteams und Ableitung gezielter Weiterqualifizierungsmaßnahmen
- Entwicklung und Erprobung eines digitalen Hilfsmittels für die Kommunikation und Methodenauswahl in der standortübergreifenden Produktentwicklung
- Entwicklung und Erprobung einer kollaborativ-nutzbaren Simulationsplattform für die virtuelle Inbetriebnahme komplexer Maschinen und Anlagen in der interdisziplinären Produktentwicklung
- Zusammenführung der einzelnen Softwaremodule in einem gemeinsamen Dashboard, dem KAMiiSo-Tool

Zur Erreichung dieser Ziele werden innerhalb des Verbundprojektes die Wechselwirkungen zwischen Prozesssicht (z. B. Entscheidungszeitpunkte und Iterationen), technisch-methodischer Sicht (z. B. Entwicklungsmethoden und Kommunikationshilfsmittel) und personeller Sicht (individuelle Kompetenzen und Qualifikationen sowie potentiellen Stressoren) auf die Produktentwicklung betrachtet (vgl. Abb. 11.2). Aus dieser integrierten Betrachtung werden spezifische und allgemeine Potentiale und Risiken der Digitalisierung für KMU abgeleitet. Als Ergebnis des Projektes stehen exemplarische Arbeitsszenarien und praktisch anwendbare digitale Hilfsmittel (einzelne Softwaremodule und integriertes KAMiiSo-Tool) zur Verfügung, deren praktische Anwendbarkeit und Wirksamkeit anhand von Referenzprojekten bei der Anwendungspartnern DESMA und PSLT aufgezeigt werden.

11.3 Vorgehen und Ansatz im KAMiiSo-Projekt

Zur Erreichung der beschriebenen Ziele wurden Status-Quo-Analysen hinsichtlich des Einsatzes von Engineering-Methoden, kompetenzförderlichen Maßnahmen und Hot-Spots in der Produktentwicklung bei den Anwendungspartnern DESMA und PSLT durchgeführt. Anschließend wurden Anforderungen an die MitarbeiterInnen und digitalen Hilfsmittel zur Unterstützung einer interdisziplinären, verteilten Produktentwicklung abgeleitet. Diese Informationen dienten als Grundlage zur Konzipierung und Ausgestaltung eines Kompetenzentwicklungs- und Reflexionstools, eines Prozess-, Methoden- und Kommunikationstools sowie eines Tools zur virtuellen Inbetriebnahme von Anlagen und Maschinen (kooperativ nutzbare Simulationsumgebung), s. Abschn. 11.6. Innerhalb definierter Anwendungsszenarien (s. Abschn. 11.7) wurden die Konzepte für digitale Hilfsmittel kritisch reflektiert und funktionsfähige Prototypen der Tools entwickelt, die zusammen mit den Anwendungspartnern erprobt und mit den erhaltenen Erkenntnissen weiterentwickelt und spezifiziert wurden. Die Anwendungsszenarien fokussieren dabei einerseits die interdisziplinäre Produktentwicklung durch Mitwirkung unterschiedlicher Engineering-Domänen wie die Mechanik, Elektronik oder Software beim Projektpartner DESMA (Anwendungsszenario: virtuelle Inbetriebnahme einer Extrudereinheit, s. Abschn. 11.7). Andererseits liegt der Fokus auf der Kommunikation und methodischen Unterstützung bei der Produktentwicklung mit örtlich verteilten Entwicklungsteams beim Projektpartner PSLT (Anwendungsszenario: Zeichnungserstellung und Anpassungskonstruktionen in Indien). Übergreifend werden die Anwendungsszenarien durch wöchentliche Befragungen begleitet, deren Ergebnisse den Anwendungspartnern individuell zurückgemeldet werden. Dabei werden möglichst ökonomisch Faktoren erfasst, die für die Anwendungsszenarien bedeutsam sind, bspw. Stimmung der Mitarbeitenden in Bezug auf Pilotanwendungen oder Auftreten von komplexen Kommunikationsanlässen. Im Rahmen der Rückmeldungen an die Anwendungspartner werden die Ergebnisse auf Mitarbeiterebene anonymisiert dargestellt, inhaltlich eingeordnet (z. B. durch Bezug zum Projektverlauf) und Handlungsempfehlungen gegeben.

11.4 Tools im KAMiiSo-Projekt

Im vorliegenden Kapitel werden die während der Projektlaufzeit entwickelten Tools vorgestellt. Die Tools sind in einem gemeinsamen KAMiiSo-Dashboard verknüpft. Darin sind Informationen zu den einzelnen Tools enthalten, um diese zielgerichtet und effizient in der Produktentwicklung einzusetzen. Die entwickelten Tools setzen dabei jeweils auf einer Ebene des MTO-Ansatzes an (vgl. [12]): Das Prozesstool auf organisationaler Ebene, das Reflexionstool auf Ebene der Mitarbeitenden sowie die Simulationssoftware auf technischer Ebene.

11.4.1 Prozess-, Methoden- und Kommunikationstool

Das Methoden- und Kommunikationstool (Powl-Tool) bietet die Möglichkeit, Prozesse in einer grafischen Oberfläche nach dem Business Process Model and Notation (BPMN)-Standard zu modellieren, siehe Abb. 11.3. Die Prozesse lassen sich nach Bedarf des Detaillierungsgrads in Aktivitäten untergliedern. Die einzelnen Entwicklungsaktivitäten werden einerseits unterschiedlichen Rollen (Personen oder Abteilungen) zugeordnet und dienen gleichzeitig zur Einbindung von Methoden, Tools (Hilfsmittel wie z. B. Checklisten oder Kommunikationsmittel) und notwendigen Kompetenzen. Die Auswahl der Methoden kann über ein im Powl-Tool zur Verfügung stehendes Filter- und Suchsystem erfolgen (Methodensuche). Das Filter- und Suchsystem nutzt unterschiedliche Attribute (z. B. nach Zielen des Methodeinsatzes), die spezifisch für die kooperative Produktentwicklung erarbeitet wurden [8]. Anschließend werden übereinstimmende Methoden vorgeschlagen und den einzelnen Entwicklungsaktivitäten zugeordnet. Außerdem besteht im Powl-Tool die Möglichkeit, sich in einer Methodendatenbank (Alle Methoden) über Methoden und notwendige Kompetenzen (alle Kompetenzen) zu informieren, um diese anschließend über die Prozessmodellierung zielgerichtet in den Prozess zu integrieren und den jeweiligen Aktivitäten zuzuordnen. Unter dem Reiter „Medien & Tools“ sind zudem technische Hilfsmittel zur Unterstützung der Methodenanwendung hinterlegt. Die eingetragenen Methoden, Tools und Kompetenzen können jederzeit durch den Administrator erweitert werden. Das Powl-Tool soll durch ein Anwendungsszenario bei PSLT zum Einsatz kommen, um bestehende Prozesse abzubilden und methodisch zu unterstützen. Ziel dieser Arbeiten ist es, den bisher stark präskriptiven Charakter

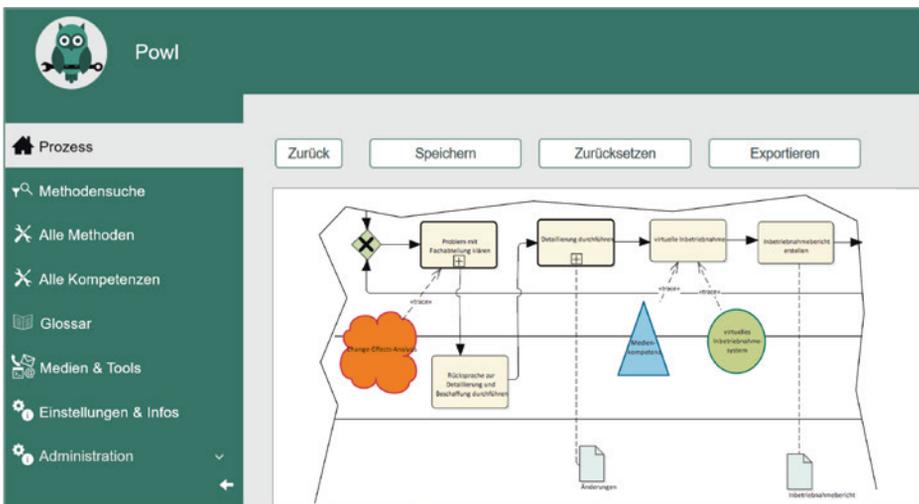


Abb. 11.3 Methoden- und Kommunikationstool

der Prozessmodelle durch Funktionen für die prozessbegleitende Kommunikation und Reflexion aufzubrechen und eine agile Prozessentwicklung zu unterstützen [9]. Hierzu stehen weitere Funktionen wie die Kommentarfunktion innerhalb der Prozessmodellierung zur Verfügung, wodurch Mitarbeiter Feedback zu Prozessen, Aktivitäten und Methoden geben können. Durch die Reflexion der Mitarbeiter können die Prozesse entsprechend angepasst und Kompetenzen situationsgerecht aufgebaut werden.

11.4.2 Kompetenzentwicklungs- und Reflexionstool

Das Kompetenzentwicklungs- und Reflexionstool bietet eine Ergänzung zum Powl-Tool, indem es Unternehmen ermöglicht, sowohl punktuelle Status-Quo-Abfragen als auch längere Begleitungen für Projekte durchzuführen. Für die Entwicklung des Prototyps wurde dazu eine Open Source Befragungssoftware als Grundlage verwendet, um Online-Umfragen flexibel nach Unternehmensbedarf umzusetzen. Im Rahmen des Projektes wurde dann ein Steuerungstool entwickelt, das zeitgesteuerte Befragungen, sowohl punktuell als auch fortlaufend, ermöglicht. Die Mitarbeitenden erhalten dazu zu den festgesetzten Zeitpunkten eine Mail mit dem Link zur Befragung. Das Reflexionstool ermöglicht somit die Messung von Veränderungen mithilfe wissenschaftlicher Fragebögen (z. B. zu Kompetenzen oder Arbeitsbelastung) sowie die Implementierung von Reflexionsfragen zur Unterstützung der Prozessreflexion. Die Ergebnisse werden in regelmäßigen Abständen aufbereitet und, auf Mitarbeitenebene anonymisiert, an das Unternehmen zurückgemeldet. So können Veränderungen auf personeller Ebene für Unternehmen sichtbar gemacht werden und geeignete Maßnahmen (z. B. zur Reduzierung von Arbeitsbelastung, Prozessanpassung oder Kompetenzentwicklung) ergriffen werden.

11.4.3 Kooperativ nutzbare Simulationsumgebung – Tool zur virtuellen Inbetriebnahme

Die Simulationssoftware Industrial Physics ermöglicht kinematische Untersuchungen von CAD-Daten aus unterschiedlichen Entwicklungsbereichen. Dazu werden die zuvor erzeugten Geometriedaten von Bauteilen bis hin zu kompletten Anlagen bzw. Maschinen in die Software überspielt und mit Metadaten wie Massen o.ä. angereichert. Anschließend werden Zwangsbedingungen zur Bewegung der Bauteile und Antriebskräfte festgelegt, sodass die Bewegungen der Bauteile zueinander überprüft und abgestimmt werden können, indem beispielsweise Kollisionen erkannt und behoben werden. Außerdem lassen sich Steuerungsdaten mit den CAD-Daten verknüpfen und testen. Die programmierten Steuerungsalgorithmen können so überprüft und angepasst werden, bevor physische Teile angefertigt werden. Machineering hat dazu eine Schnittstelle zwischen Industrial Physics und der von DESMA verwendeten Steuerung definiert

und eingerichtet, sodass die Steuerungsdaten in die Simulationsumgebung von Industrial Physics implementiert und anschließend getestet werden können. Es kann so in Echtzeit untersucht werden, ob die Steuerungsalgorithmen die geforderten Bewegungen ausführen und ob diese bereits ausreichend aufeinander abgestimmt sind. Mit Hilfe von Industrial Physics können damit einerseits Geometrien und Bewegungen von Bauteilen frühzeitig optimiert werden. Andererseits können Fehler in den Steuerungsdaten bereits in frühen Phasen der Entwicklung erkannt und behoben werden. Somit ermöglicht das Tool eine effektive Kommunikation zwischen den Engineering-Domänen (z. B. Mechanik- oder Steuerungsentwicklung) und unterstützt so eine kooperative Produktentwicklung. Durch diese sogenannte virtuelle Inbetriebnahme können teure Hardware-Prototypen minimiert und reale Inbetriebnahme-Zeiten verkürzt werden. Die Anwendung der Software erfordert allerdings ein tiefgehendes Verständnis des Tools selbst als auch zu den physikalischen Vorgängen innerhalb der Maschine. Eine kompetenzbegleitende Arbeitsgestaltung zur Unterstützung der beteiligten Mitarbeiter ist daher sinnvoll und Gegenstand des KAMiiSo-Projektes. Zudem soll eine technisch-methodische Unterstützung bei der Entwicklung der Maschinen stattfinden. Dafür hat machineering zusätzlich eine Erweiterung der in Industrial Physics vorhandenen Modellbibliothek mit vorkonfigurierten Standardelementen (z. B. Roboter, Extruder) konzipiert. Dies ermöglicht ein systematischeres Aufbauen des Simulationsmodells. Ähnlich wie das Prozess-, Methoden- und Kommunikationstool (Abschn. 11.6.1) dient Industrial Physics als kollaborative Arbeitsplattform, indem eine verbesserte Kommunikation zwischen den Mitarbeitern ermöglicht wird. Der Fokus liegt hier auf der Interaktion zwischen verschiedenen Engineering-Domänen und der Erkennung von technischen Änderungsbedarfen. Das Prozess-, Methoden- und Kommunikationstool fokussiert die Koordination, Abstimmung und methodische Unterstützung örtlich verteilter Teams.

11.5 Anwendungsszenario: Virtuelle Inbetriebnahme einer Extrudereinheit

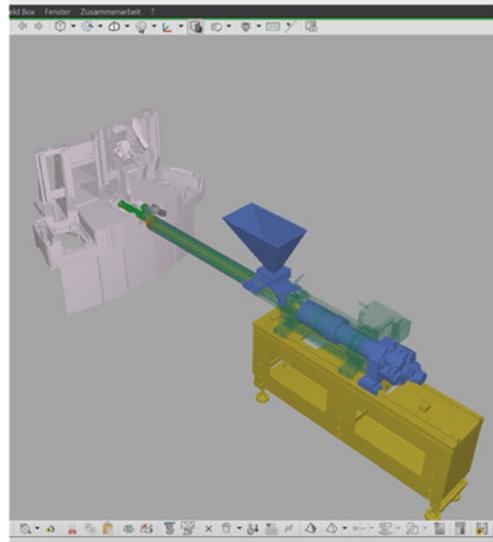
Die DESMA Schuhmaschinen GmbH entwickelt komplexe Maschinen zur Besohlung von Schuhen und vertreibt diese weltweit. Die Maschinen bestehen im Wesentlichen aus zwei Komponenten. Der Extrudereinheit, die ein Kunststoff-Reaktionsgemisch (basierend auf Polyurethan) dosiert, plastifiziert und in die Kavität (Werkzeug, Sohlenform) extrudiert sowie dem Rondell. Das Rondell bzw. der Drehtisch beinhaltet mehrere, kreisförmig angeordnete Sohlenformen, in die der Schuhschaft eingeklemmt wird, um die Sohlenmasse durch den Extruder an den Schaft zu spritzen. Durch Rotation des Rondells können so mit einer Extrudereinheit mehrere Schuhe in kurzer Taktfolge nacheinander besohlt werden. Nach der Abkühlzeit können die Schuhe entnommen und durch Roboter oder per Hand nachbearbeitet werden. Gerade in der Abstimmung und Optimierung der Taktzeiten besteht ein hohes Entwicklungspotenzial durch Verringerung der Herstellzeiten und den damit verbundenen Herstellkosten. Für eine finale Über-

prüfung der Funktionsfähigkeit der Extrudereinheit mit zugehöriger Steuerung musste aber bisher die gesamte Maschine in Hardware montiert und in Betrieb genommen werden.

Ziel des Anwendungsszenarios innerhalb des KAMiiSO-Projektes war es daher, eine Extrudereinheit in Zusammenarbeit mit machineering und der TU Braunschweig virtuell abzubilden und zu sowohl die Kinematiken als auch die Steuerung zu simulieren (virtuelle Inbetriebnahme). Die virtuelle Inbetriebnahme wurde mit der Simulationssoftware Industrial Physics von machineering (s. Abschn. 11.6.3) durchgeführt. Parallel wurden durch eine kompetenzförderliche Begleitung notwendige Kompetenzen aufgebaut sowie Stressoren identifiziert und behoben. Dazu wurde die Extrudereinheit zunächst als virtuelles Abbild in der Simulationsumgebung aufgebaut bzw. aus den CAD-Daten implementiert. Anschließend wurde dieser sogenannte virtuelle Zwilling mit Metadaten wie beispielsweise Massen angereichert, um eine realitätsnahe Simulation zu gewährleisten. Daraufhin wurden erforderliche Bewegungen definiert und die dafür notwendigen Randbedingungen (Constraints) festgelegt. Der so aufgebaute virtuelle Zwilling kann nun animiert werden, was bereits eine Überprüfung der Geometriedaten hinsichtlich der Bewegungen ermöglicht. Allerdings kann noch keine Aussage über die Funktionsfähigkeit der Steuerungsdaten getroffen werden. Daher wurden diese im nächsten Schritt ebenfalls in die Simulationsumgebung implementiert und mit dem virtuellen Abbild der Maschine verknüpft. Aus technischer Sicht stellte die Schnittstelle zwischen der von DESMA verwendeten Steuerung und der Simulationssoftware Industrial Physics von machineering allerdings eine besondere Herausforderung dar. Über ein zusätzlich programmiertes Interface konnte eine Kommunikationsschnittstelle zwischen der Steuerung und der Simulationsumgebung aufgebaut werden, die die Steuerungsbefehle mit den Geometriedaten verbindet. Die Simulation der Extrudereinheit ist in Abb. 11.4 dargestellt. Parallel wurde eine Datenbibliothek mit vorprogrammierten Komponenten wie Robotern o.ä. aufgebaut, um im späteren Verlauf der Entwicklung eine unkomplizierte Erweiterung der Maschinen zu ermöglichen. Dies verringert den Simulationsaufwand und systematisiert die Konfiguration von Standardelementen. Wesentliche Erkenntnisse des Anwendungsszenarios sind aus technischer Sicht folgend zusammengefasst:

- Durch den Einsatz von virtuellen Inbetriebnahmen lassen sich notwendige technische Änderungen frühzeitig erkennen
- Virtuelle Inbetriebnahmen können als kollaborative Kommunikationsschnittstelle zwischen den Engineering-Domänen dienen und unterstützen so eine kooperative Produktentwicklung
- Die Integration einer virtuellen Inbetriebnahme in den Entwicklungsprozess verspricht die Möglichkeit einer Parallelisierung von Entwicklungsprozessen
- Die virtuelle Inbetriebnahme kann die Zeiten für die reale Inbetriebnahme verkürzen

Abb. 11.4 Virtuelle Inbetriebnahme einer Extrudereinheit



- Es wird erwartet, dass durch die virtuelle Inbetriebnahme die Innovationsfähigkeit aufgrund einer effektiven Überprüfung von neuen Funktionen und Änderungen gesteigert wird

Aufgrund der simultanen Entwicklungsaktivitäten während der virtuellen Inbetriebnahme sind iterative Abstimmungsprozesse mit Entwicklern aus anderen Abteilungen und einheitlichere Arbeitsweisen notwendig. Hieraus ergeben sich Anforderungen an die Kommunikationskompetenz der Mitarbeitenden, aber auch an ihre Selbst- und Medienkompetenzen [10, 11, 12]. Gleichzeitig sind die Mitarbeitenden mit ihren Kompetenzen und ihrer Expertise für ihren jeweiligen Arbeitsplatz wichtige Wissensträger zur sinnvollen Umsetzung des Anwendungsszenarios und sollten daher beteiligt werden [13]. Die Bildung eines Simulationsteams mit Teammitgliedern aus verschiedenen Abteilungen hat es hier ermöglicht, eine erste Teilanwendung umzusetzen. Einerseits ergänzten sich die Teammitglieder bzgl. ihrer Kompetenzen, sodass beispielsweise Mitarbeitende aus der Programmierung bei der Anwendung der Simulationssoftware unterstützen konnte, deren Eingabe mittels Programmiersprache den Mitarbeitenden aus dem Konstruktionsbereich andernfalls erheblich schwerer gefallen wäre. Auch in der Forschung zur Einführung von Technologien bzw. IT-Lösungen wird die Bedeutung von Lernen in Gruppen unter Herstellung sinnvoller Aufgabeninterdependenz betont [14, 15]. Insgesamt lassen die Ergebnisse der Begleitbefragung sowie individuellen Rückmeldungen der Mitarbeitenden schließen, dass die Einführung der virtuellen Inbetriebnahme, richtig durchgeführt, nicht mit zusätzlichen Belastungen für die Mitarbeitenden einhergehen muss.

11.6 Anwendungsszenario: Zeichnungserstellung und Anpassungskonstruktionen in Indien

Die PEINER SMAG Lifting Technologies GmbH entwickelt und vertreibt Schüttgutgreifer auf dem weltweiten Markt. Ein Augenmerk gilt hier insbesondere dem indischen Markt. In der aktuellen Situation findet die Entwicklung der Schüttgutgreifer fast ausschließlich an deutschen Standorten statt. Um die Kundennähe in Indien zu verstärken und eine flexible Reaktion auf Marktveränderungen zu gewährleisten, soll eine zusätzliche Entwicklungsabteilung in Indien aufgebaut werden. Insbesondere soll so die Zeichnungserstellung und Anpassungskonstruktion von Bauteilen und Modulen der Schüttgutgreifer vor Ort durchgeführt werden. Wesentliche Herausforderung bei der Einführung dieser neuen Strukturen und Prozesse sind die örtlichen und kulturellen Unterschiede zwischen dem deutschen und dem indischen Standort. Daher ist auch hier bei der Einführung dieser Prozesse ein Fokus die kompetenzförderliche Begleitung des Anwendungsszenarios. Zur Unterstützung bei der Modellierung der Prozesse, Koordination von Aufgaben und Kommunikation zwischen den Stakeholdern soll das Prozess-, Methoden- und Kommunikationstool (Abschn. 11.6.1) eingesetzt werden. Dafür wurden zunächst die Ist-Prozesse analysiert sowie Experteninterviews und Hot-Spot-Analysen durchgeführt, um wesentliche zu erwartende Probleme bei der Einführung der neuen Prozesse zu identifizieren. So konnten beispielsweise Schnittstellenprobleme zwischen dem in Deutschland verwendeten Produktdatenmanagement(PDM)-System und der CAD-Software in Indien im Vorhinein behoben werden. Anschließend wurden wesentliche Meilensteine und Aufgaben für den Soll-Prozess definiert. Für die Prozessmodellierung und Zuordnung von Methoden, Hilfsmitteln und Dokumenten wird nun das Methoden- und Kommunikationstool verwendet. Beispielsweise können Anleitungen und Checklisten zur Qualitätsprüfung der CAD-Daten und Implementierung in das PDM-System bei der Ausführung der Konstruktionsarbeiten in Indien unterstützen, die mit dem Prozess über das Tool verknüpft werden. So soll das Tool als kollaborative Arbeitsplattform zwischen den Standorten dienen und eine kooperative Produktentwicklung ermöglichen.

Standortverteilte Zeichnerstellung und Anpassungskonstruktion erfordert neben Strukturen und einheitlichen Standards auch Sozialkompetenzen der Mitarbeitenden [10]. Einerseits muss Zusammenarbeit die erhebliche räumliche Trennung und den damit verbundenen Zeitunterschied berücksichtigen, sodass für direkte Kommunikation nur kurze Zeitfenster zur Verfügung stehen und sich so Verzögerungen ergeben [16]. Andererseits ist die Zusammenarbeit auch interkulturell geprägt, sodass Mitarbeitende aus verschiedenen Kulturen zusammenarbeiten und Kommunikation auf Englisch erfolgt, d. h. eine Fremdsprache für beide Mitarbeitendengruppen. Hier gilt es also, kulturelle Missverständnisse zu vermeiden und darauf zu achten, Mitarbeitenden die Scheu zu nehmen, in einer Sprache zu kommunizieren, die sie nicht so sicher beherrschen wie ihre Muttersprache [16]. Hier zeigt sich, dass vertrauensbezogene Kompetenzen (z. B. die Bereitschaft, Vertrauen aufzubauen) hilfreich sein können, um

die Herausforderungen der verteilten Zusammenarbeit zu bewältigen [16]. Als erster Schritt besuchte ein indischer Mitarbeiter den Standort in Deutschland und wurde von einem deutschen Kollegen in das standardmäßige Konstruktionsvorgehen eingewiesen. Neben der fachlichen Schulung war dieser Aufenthalt aber zusätzlich von Bedeutung für den Vertrauensaufbau, da die beiden beteiligten Mitarbeitenden sowie weitere deutsche Mitarbeitende durch die enge Zusammenarbeit und den persönlichen Austausch ein besseres Verständnis füreinander aufbauen konnten. Die weitere Ausführung des Anwendungsszenarios befindet sich aktuell in Planung.

11.7 Ausblick auf weitere Forschungsarbeiten

Aufbauend auf den Ergebnissen aus dem KAMiiSo-Projekt soll in weiteren Forschungsarbeiten die Projekttypisierung zur Unterstützung des Projektmanagements in der Produktentwicklung fokussiert werden (vgl.[17, 18]). Die Analyse des Projektkontextes zu Beginn eines Projektes (z. B. Produktkomplexität) verspricht eine effektive und situationsgerechte Auswahl und Nutzung von Methoden und Tools. Dafür soll genauer betrachtet werden, wie geeignete Methoden projektspezifisch ausgewählt und angepasst werden können, um den größtmöglichen Nutzen zu erzielen. Des Weiteren ist eine Untersuchung bestehender Prozessmuster und -strukturen in Produktentwicklungsprozessen sinnvoll, um generische Projektprozesse abzuleiten (vgl.[19]) sowie die ausgewählten und angepassten Methoden in die Prozesse zielgerichtet zu integrieren. So kann beispielsweise über den Einsatz agiler Methoden ein geeignetes Agilitätsmaß innerhalb von Produktentwicklungsprozessen auch in der Hardware- und Mechatronikentwicklung ermittelt werden.

Im Zuge weiterer Forschung zu Prozessgestaltung ist eine gleichzeitige Betrachtung von Fragestellungen der Arbeitsgestaltung sinnvoll. Dabei ist unter anderem die soziotechnische Systemperspektive hilfreich, um weder technische noch soziale Aspekte digitalisierungsbedingter Veränderungen zu vernachlässigen [12, 20]. Hierbei ist besonders relevant, das soziale System (d. h. die Mitarbeitenden, ihre Kompetenzen, Arbeitsaufgabe, -abläufe usw.) nicht nur reaktiv auf technische Veränderungen anzupassen, sondern möglichst bereits im Design oder der Auswahl der neuen Technologien das unternehmensspezifische soziale System zu berücksichtigen und bei Bedarf die Technologien anzupassen [21]. Hierzu ist eine frühe Einbeziehung der Mitarbeitenden sinnvoll, um Technologien anforderungsbasiert auszuwählen oder Technologien benutzerorientiert zu gestalten (vgl.[13, 21]).

Projektpartner und Aufgaben

- **Institut für Konstruktionstechnik der Technischen Universität Braunschweig (IK)**
Entwicklung von Konzepten zur Prozessgestaltung und Kommunikation im Rahmen des Projektmanagements in der kooperativen Produktentwicklung; Konzepte zur situationsgerechten Auswahl und Integration von Methoden und Tools in Produktentwicklungsprozesse
- **Institut für Arbeits-, Organisations- und Sozialpsychologie der Technischen Universität Braunschweig (AOS)**
Erfassung von aktuell und zukünftig benötigten Kompetenzen für die sowie Belastungen und Ressourcen der Mitarbeitenden in der kooperativen Produktentwicklung; humanzentrierte Begleitung von Digitalisierungsprozessen; Erarbeitung eines wissenschaftlich fundierten, praxisorientierten Modellprozesses zur Einführung neuer Technologien
- **machineering GmbH & Co. KG**
Befähiger durch Bereitstellung einer Softwarelösung zur Simulation von Kinematiken und Steuerungsdaten für komplexe Maschinen und Anlagen; Durchführung von virtuellen Inbetriebnahmen mit dem Anwendungspartner DESMA
- **DESMA Schuhmaschinen GmbH**
Anwendungspartner im Bereich virtuelle Inbetriebnahme einer Extrudereinheit einer Schuhbesohlungsmaschine
- **PEINER SMAG Lifting Technologies GmbH**
Anwendungspartner im Bereich Zeichnungserstellung und Anpassungskonstruktionen in Indien.

Literatur

1. Institut für Mittelstandsforschung: Informationen zur mittelständischen Wirtschaft aus erster Hand, Bonn. <https://www.ifm-bonn.org>. Zugegriffen: 12. Juli 2015
2. Ehrlenspiel K (2009) Integrierte Produktentwicklung. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. München, Wien: Hanser
3. Vietor T, Herrmann C. u. Spengler TS (Hrsg) (2015) Synergetische Produktentwicklung. Unternehmensübergreifend erfolgreich zusammenarbeiten. Ergebnisse des Verbundprojekts SynProd. Berichte aus dem Maschinenbau. Herzogenrath: Shaker
4. Eversheim W (2003) Innovationsmanagement für technische Produkte. Mit Fallbeispielen. Berlin, Heidelberg: Springer
5. Vajna S (2001) Wissensmanagement in der Produktentwicklung. Design for X. Beiträge zum Symposium, S 1–8

6. Duarte DL, Snyder NT (2011) Mastering virtual teams. Strategies, tools, and techniques that succeed, Wiley, New York
7. Nurmi N (2011) Coping with coping strategies: How distributed teams and their members deal with the stress of distance, time zones and culture *Stress Health* 27(2):123–143
8. Bavendiek A-K, Inkermann D, Viotor T (2017) Interrelations between processes, methods, and tools in Collaborative Design – a framework. <https://www.semanticscholar.org/paper/Interrelations-between-processes%2C-methods%2C-and-in-A-Bavendiek-Inkermann/184474321800ef951a34b2461bab3bfa1b1ad94c>. Zugegriffen: 24. März 2020
9. Baschin J, Inkermann D, Viotor T (2019) Agile process engineering to support collaborative design. *Procedia CIRP* 84:1035–1040
10. Paulsen H, Staube J, Handke L, Inkermann D, Bavendiek A-K, Viotor T, Kauffeld S (2018, Februar). Kompetenzanforderungen in der verteilten Produktentwicklung. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Dortmund (Hrsg) ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(f)T – Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung (Beitrag C.2.4). GfA-Press, Dortmund
11. Paulsen H, Inkermann D, Zorn V, Reining N, Viotor T, Kauffeld S (2019) Produktentwicklung in der digitalisierten Welt – Virtuelle Inbetriebnahme aus prozessbezogener, methodisch-technischer sowie personeller Sicht. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Dortmund (Hrsg) Arbeit interdisziplinär: analysieren – bewerten – gestalten (Beitrag C.6.4). GfA-Press, Dortmund
12. Paulsen H, Zorn V, Inkermann D, Reining N, Baschin J, Viotor T, Kauffeld S (2020) Sozio-technische Analyse und Gestaltung von Virtualisierungsprozessen. Ein Fallbeispiel zur virtuellen Inbetriebnahme. Gruppe. Interaktion. Organisation (GIO), 51(1):81–93. <https://doi.org/10.1007/s11612-020-00507-z>
13. Zorn V, Baschin J, Berg A-K, Viotor T, Kauffeld S (2020) Digitale Hilfsmittel für digitale Arbeit? Ein praktischer Ansatz zur Etablierung eines digitalen Hilfsmittels für digitalisierungsbedingte Veränderungen. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Dortmund (Hrsg) Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch? (Beitrag A.9.7). GfA-Press, Dortmund
14. Bondarouk T, Sikkell K (2003) Explaining groupware implementation through group learning. *Information Technology & Organizations: Trends, Issues, Challenges & Solutions*. Philadelphia: Idea Group Publishing, S 463–466
15. Ruel HJ, Bondarouk TV, Van der Velde M (2007) The contribution of e-HRM to HRM effectiveness: Results from a quantitative study in a Dutch Ministry. *Employ Relat* 29(3):280–291
16. Schulze J, Krumm S (2017) The “virtual team player”: A review and initial model of knowledge, skills, abilities, and other characteristics for virtual collaboration. *Organ Psychol Rev* 7:66–95. <https://doi.org/10.1177/2041386616675522>
17. Browning TR, Fricke E, Negele H (2006) Key concepts in modeling product development processes. Wiley Periodicals, Inc. *Syst Eng* 9:104–128
18. Baschin J, Huth T, Viotor T (2020) Context-specific Agile process design to support the planning of product development projects. Final angenommen zur Veröffentlichung im Open Access Journal der Cambridge University Press
19. Hollauer C, Lindemann U (2017) Design process tailoring: a review and perspective on the literature. *Res Des Commun* 1(53). https://doi.org/10.1007/978-981-10-3518-0_53

20. Trist EL, Bamforth KW (1951) Some social and psychological consequences of the longwall method of coal-getting: an examination of the psychological situation and defences of a work group in relation to the social structure and technological content of the work system. *Hum Relat* 4:3–38. <https://doi.org/10.1177/001872675100400101>
21. Parker SK, Grote G (2020) Automation, algorithms and beyond: Why work design matters more than ever in a digital world. *Appl Psychol Int Rev* 1–45. 10.1111/apps.12241

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

