

Einflussfaktoren in der standortverteilten Produktgenerationsentwicklung – Eine literaturbasierte Momentaufnahme

Katharina Duehr, David Kopp, Benjamin Walter, Markus Spadinger und Albert Albers

1 Einleitung

Beobachtungen der vergangenen Jahre zeigen, dass sich Unternehmen für die Entwicklung von Produkten zunehmend global verteilt aufstellen (Lindemann und Kern 2016). So bieten verteilt arbeitende Teams neben potenziellen Kostensenkungen und kürzeren Entwicklungszeiten auch die Möglichkeit, Synergieeffekte effektiv nutzen zu können. Insbesondere für die Entwicklung immer komplexer werdender Produkte, die an der Schnittstelle von Maschinenbau, Elektrotechnik oder Informatik entstehen, ist die überregionale Zusammenarbeit von Experten aus den verschiedenen Bereichen notwendig (Bavendiek et al. 2018a). Erst die Kooperation in verteilten Teams erlaubt es, das weltweit verteilte Know-How zu bündeln. Um den Produktentwicklungsprozess bedarfsgerecht zu unterstützen existiert eine Vielzahl von Methoden, die in den vergangenen Jahren einen immer größer werdenden Stellenwert in der Industrie erlangt haben. Trotz ihrer empirisch nachgewiesenen Vorteile für die Produktentwicklung (Graner & Behr 2012) lässt sich in der Praxis oftmals nur ein zögerlicher Methodeneinsatz beobachten (Gericke et al. 2016). Gerade in verteilten Entwicklungsprojekten stellt sich der Methodeneinsatz als Herausforderung dar, da viele Methoden für den Einsatz an einem Standort konzipiert und daher nur eingeschränkt für die spezifischen Anforderungen der verteilten Anwendung ausgelegt sind (Walter et al. 2016). Methoden können allerdings erst dann ihr volles Potential entfalten, wenn sie an die vorherrschende Entwicklungssituation angepasst werden. Aller-

dings fehlt zurzeit das Wissens um die entscheidenden Faktoren zur Beschreibung des Entwicklungskontextes in der standortverteilten Produktgenerationsentwicklung, was letztendlich dazu führt, dass Methoden zurzeit nicht bedarfs- und situationsgerecht an die entsprechende standortverteilte Entwicklungssituation angepasst werden können. Grundlegend hierfür ist zusätzlich ein allgemeingültiges Verständnis des Begriffs standortverteilte Produktgenerationsentwicklung.

2 Stand der Forschung

2.1 Grundlagen der verteilten Produktentwicklung

Mit dem Konzept der Produktgenerationsentwicklung (PGE) liefern Albers (2015) ein Beschreibungsmodell, mit dessen Hilfe Entwicklungsprojekte beschrieben werden können. Es verbindet die Ziele, neue Produktgenerationen mit ausreichend großer Differenzierung zu Referenzprodukten zu entwickeln und gleichzeitig eine Minimierung des damit verbundenen technischen und ökonomischen Risikos anzustreben. Als PGE wird die Entwicklung einer neuen Generation technischer Produkte verstanden, die sowohl durch die Anpassung von Teilsystemen (Übernahmevariation) sowie durch eine Neuentwicklung von Teilsystemen charakterisiert ist (ebd.). Neu entwickelte Anteile technischer Produkte wie Komponenten oder Bauteile können sowohl durch Gestaltvariation als auch durch Prinzipvariation (Variation von Lösungsprinzipien) realisiert werden. Die Grundlage der Entwicklung neuer Produktgenerationen bilden dabei die Elemente des Referenzsystems, in Form von Vorgänger- oder Wettbewerbsprodukten.

Dabei kann beobachtet werden, dass der Wettbewerb und damit auch mögliche Referenzprodukte zunehmen global verteilt vorliegt, sodass auch die eigentlichen Entwicklungstätigkeiten zunehmend verteilt durchgeführt werden. Nachdem anfangs vor allem die Produktion global agierender Unternehmen verteilt koordiniert wurde, konnten erste verteilte Produktentwicklungsteams in den USA der 1990er Jahre beobachtet werden (Ledwith & Ludden 2016). Seither hat die Entwicklung rasch an Fahrt aufgenommen, sodass sich Unternehmen stärker in verteilten Produktentwicklungsnetzwerken aufstellen (Lindemann und Kern 2016). Aus empirischen Untersuchungen geht hervor, dass fast 20 Prozent aller deutschen Manager in verteilte

arbeiten (Detecon 2015). Vor dem Hintergrund steigender Globalisierung, kürzerer Produktlebenszyklen und wachsender Produktkomplexität investieren neben Großkonzernen zunehmend mittelständische Unternehmen in ausländische Betriebe, richten dauerhaft Standorte im Ausland ein oder agieren standortübergreifend im eigenen Land (Schröder et al. 2015). Vorteile entstehend dabei unter anderem durch das geschickte Ausnutzen von Zeitzonen (Möglichkeit der 24h Entwicklung), das Senken von Standortkosten und die Bündelung von Expertenwissen (Gaul 2001). Durch die gesteigerte Marktnähe ist es darüber hinaus besser möglich, Produkte bedarfsgerecht an die spezifischen Anforderungen lokaler Absatzmärkte anzupassen (Larsson et al. 2003). Insbesondere für die Entwicklung immer komplexer werdender Produkte, die häufig an der Schnittstelle von Maschinenbau, Elektrotechnik oder Informatik entstehen, ist die Zusammenarbeit von Experten aus den verschiedenen Bereichen in verteilten Teams notwendig (Bavendiek et al. 2018a). Den genannten Chancen stehen jedoch Herausforderungen gegenüber, die sich vor allem mit der aufkommenden physischen Distanz zwischen den Teammitgliedern begründen lassen und unter anderem in kommunikative Schwierigkeiten münden (Ahuja 2017). Verlängerte Reaktionszeiten aufgrund verschiedener Zeitzonen und nicht stattfindende informelle, spontane Kommunikationsanteile führen zu einem Verlust von Informationen und verlangsamen den Austausch (Larsson et al. 2003). Dem für die erfolgreiche Produktentwicklung benötigten gemeinsamen Zielverständnis stehen Missverständnisse und Konfliktpotenziale durch unterschiedliche Sprachen und kulturelle Hintergründe gegenüber (ebd.).

Neben dem Begriff der verteilten Produktentwicklung sind in der Literatur vielzählige Terminologien zur Beschreibung dieser Form der Zusammenarbeit zu finden, die zudem keinem einheitlichen Verständnis unterliegen. Krause (1998) beschreibt verteilte Entwicklung als kooperative Bearbeitung unterschiedlicher Teilaufgaben der Produktentwicklung, die unter Informationsaustausch zusammengeführt werden und stellt dabei die Aspekte der Koordination, Kooperation und Kommunikation in den Mittelpunkt. Welp (1996) liefert eine umfassende Begriffserklärung, indem er verteilte Prozesse als ziel- und ergebnisorientierte Phasen beschreibt, die unter der Berücksichtigung von Zeit-, Qualität und Kosten intern oder in externen Partnerschaften,

Kooperationen oder Allianzen abgewickelt werden. Die Bearbeitung von Aktivitäten des Produktentwicklungsprozesses über mehrere Standorte hinweg stellt, basierend auf den zuvor genannten Definitionen, Gierhardt (2002) als zentralen Aspekt der verteilten Produktentwicklung heraus. Diese findet unter der Zusammenführung der Elemente Menschen, Material, Aktivitäten, Methoden und Werkzeuge statt (ebd.). Zur Kommunikation während der Durchführung der Aktivitäten werden laut Konradt und Hertel (2002) überwiegend elektronische Medien eingesetzt. Darüber hinaus sind zur erfolgreichen Bewältigung der entstehenden Herausforderungen verteilter Produktentwicklung zusätzliche Kompetenzen der Entwickler erforderlich (Bavendiek et al. 2018b). Im englischsprachigen Raum findet der Begriff *virtual teams* häufig Anwendung. Dabei wird ein virtuelles Team als eine Gruppe von Menschen verstanden, die mithilfe von Technologien unabhängig voneinander über Raum, Zeit und organisatorische Rahmenbedingungen hinweg an einem gemeinsamen Ziel arbeitet (Lipnack & Stamps 1997). Diese Definition betont nicht nur den technologischen Aspekt als wesentliches Merkmal, sondern erweitert die räumliche Dimension um eine zeitliche und organisatorische Komponente.

Um die beschriebenen Herausforderungen verteilter Produktentwicklungsprozesse zu bewältigen, lassen sich aus der Literatur verschiedene Erfolgsfaktoren ableiten. Nach Boutellier et al. (2008) braucht es für eine räumliche verteilte Durchführung von Projekten eine inkrementelle Innovation, autonom durchführbare Projektaufgaben, vorhandenes Wissen in explizierter Form sowie redundant verfügbare Ressourcen. Weinkauff und Woywode (2004) fokussieren dagegen teamspezifische Erfolgsfaktoren wie eine heterogene Teambesetzung, gemeinsame Arbeitssprachen, in Eigeninitiative handelnde Teammitglieder, vorhandene Unterstützung durch das Top-Management, funktionierende Kommunikationskanäle und ein gemeinsames Zielverständnis. Nach ganzheitlicher Betrachtung der Literatur kann insbesondere die Kommunikation als zentraler Erfolgsfaktor der verteilten Produktentwicklung festgehalten werden. Ostergaard und Summers (2009) geben an: „Kommunikation kann in vielen Gruppensituation als zentraler Faktor betrachtet werden, aber sie ist besonders wichtig, wenn ein Entwicklungsteam verteilt ist“.

2.2 Entwicklungsmethoden in der Produktentwicklung

Lindemann (2009) beschreibt eine Methode als operationales, regelbasiertes Element, welches eine Vorgehensweise beschreibt um somit ein Problem schrittweise zu lösen. Gericke (2017) unterstreicht zusätzlich, dass es sich bei Methoden nicht um strenge Rezepte handelt, sondern, dass erst die bedarfsgerechte Anpassung an die vorherrschenden Einsatzbedingungen zu ihrem erfolgreichen Einsatz führt. Das erste der von Birkhofer (2005) formulierten *10 Gebote des erfolgreichen Methodentransfers* lautet daher „Meet the design situation“. Der gezielte Einsatz von Methoden in der Produktentwicklung führte in der Vergangenheit bereits zu signifikanten Effekten in der Entwicklungspraxis (Grabner & Lödding 2018). Nach Albers et al. (2014) „bewirkt der Einsatz geeigneter Methoden die Strukturierung einzelner Aktivitäten in der Produktentwicklung, wodurch die jeweiligen Ergebnisse nachvollziehbarer werden.“ Zum anderen schaffe der Einsatz geeigneter Methoden Transparenz in übergeordneten Projektstrukturen und unterstütze damit die Planbarkeit und Koordination von Aktivitäten in der Produktentwicklung. Den Vorteilen durch die Anwendung von Methoden steht allerdings oft ein „zögerlicher“ Einsatz in der Praxis gegenüber (Gericke et al. 2016). Die Gründe hierfür liegen zum einen darin, dass Entwicklungsmethoden selbst eine mögliche Schwachstelle darstellen können, sofern eine geringe Anpassungsfähigkeit der Methoden an die Einsatzbedingungen in Unternehmen vorliegt (Bavendiek et al. 2014). Ein Großteil der Methoden ist beispielsweise nicht auf interdisziplinäre Zusammenarbeit (Gericke et al. 2013) oder arbeitsteilige Durchführungen ausgelegt (Wach 1994). Häufig werden Methoden als starre Gebilde angesehen und nicht adäquat an die spezifischen Erfordernisse des Entwicklungsprozesses angepasst (Braun & Lindemann 2003).

2.3 Ansätze zur Charakterisierung von Entwicklungssituationen

Um Entwicklungssituationen zu charakterisieren hat es in der Vergangenheit bereits einige Ansätze gegeben. Oftmals werden hierzu Einflussfaktoren herangezogen, anhand deren Ausprägungen Aussagen über das Wesen von Entwicklungskontexten getroffen werden können (Ponn 2007). Der Begriff Kontext wird definiert als "die miteinander verbundenen Bedingungen, unter denen etwas existiert oder geschieht" (Merriam-Websters 2019). Nach Gericke et al. (2013) kann der Kontext der Produktentwicklung als die Summe der

Kontextfaktoren verstanden werden, die Einfluss auf die Anwendung von Entwicklungsprojekten, Prozessen und Methoden haben. Dafür werden insgesamt 239 Einflussfaktoren aus der bestehenden Literatur zusammengeführt, die in fünf übergeordnete Klassen eingeteilt werden. Neben der Beschreibung genereller Entwicklungskontexte hat es darüber hinaus bereits einige Ansätze gegeben, die insbesondere die Beschreibung verteilter Entwicklungskontexte betrachten und die als Grundlage für die Analyse der Einflussfaktoren in diesem Beitrag dienen (Chudoba et al. 2003; Gaul 2001; Kern 2005; Kirkman & Mathieu 2005; Ostergaard & Summers 2009; Schweitzer & Duxbury 2010; Vartainen et al. 2004). Wilmsen et al. (2019) beschreiben die Entwicklungssituation als zeitabhängigen Ausschnitt der Kontextfaktoren, die somit den aktuellen Status und die direkten Randbedingungen des Innovationsprojektes wiedergeben. Gaul (2001) führt dazu beispielsweise 15 Merkmale auf, die der Beschreibung einer Entwicklungssituation dienen. Das Merkmal „Ort“ kann darin die Ausprägungen „anderer Raum“, „anderer Standort“ oder „anderes Land“ annehmen. Eine ganzheitliche Betrachtung, die die Ebenen Organisation, Team und Individuum integriert ist in bestehender Literatur bisher nicht existent.

3 Forschungsbedarf und Methodik

Schon jetzt können Produktentwickler auf eine Vielzahl bestehender Methoden zurückgreifen, die den Entwicklungsprozess zielgerichtet unterstützen. Allerdings setzen diese ihr volles Potenzial erst dann frei, wenn sie mit den bestehenden Randbedingungen harmonisieren. Mit der zunehmenden Notwendigkeit, Methoden auch an verteilte Entwicklungssituationen anzupassen, ist eine Beschreibung dieser Kontexte in der Produktgenerationsentwicklung von entscheidender Bedeutung. Dafür ist es erforderlich diese Situationen anhand von Einflussfaktoren beschreibbar zu machen und darauf aufbauend ein allgemeingültiges Verständnis des Begriffs standortverteilte Produktgenerationsentwicklung abzuleiten. Aus diesem Ziel ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Welche Einflussfaktoren beschreiben den Entwicklungskontext der standortverteilten Produktgenerationsentwicklung?
- Wie kann der Begriff „standortverteilte Produktgenerationsentwicklung“ definiert werden? Welche Implikationen ergeben sich aus dem dadurch beschriebenen Phänomen für die Erforschung

und Entwicklung von Methoden, Prozessen und Tools, die in der standortverteilten Produktgenerationsentwicklung eingesetzt werden?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine umfangreiche systematische Literaturanalyse als Methode der qualitativen Forschung durchgeführt. Es wurden drei Cluster von Suchbegriffen genutzt, die auf fünf Datenbanken angewendet wurden (vgl. Tabelle 1). Aus der Gesamtheit aller erhaltenen Rechercheergebnisse wurden nach der Betrachtung des Titels und der Kurzfassung 111 Veröffentlichungen als besonders relevant erachtet und weitergehend analysiert. 11 Beiträge aus dem ersten Cluster der Tabelle 1 lieferten Einflussfaktoren verteilter Produktentwicklungsprozesse. Darin konnten 168 Einflussfaktoren identifiziert werden, deren Anzahl sich nach der Elimination von Duplikaten auf 105 verringerte. Neben exakten Duplikaten wurden dabei auch sinngemäße Dopplungen als Duplikate begriffen, so etwa die Einflussfaktoren *Sprache* und *Anzahl verschiedener Sprachen*. Durch die Analyse der Beiträge ließen sich Potenziale der Beschreibung verteilter Entwicklungskontexte. Anschließend wurden Handlungsempfehlungen erarbeitet, mittels derer diese Erfolgspotentiale nutzbar gemacht werden können. Abschließend wurden die in der Literatur genannten Einflussfaktoren, Herausforderungen und Erfolgsfaktoren verteilter Zusammenarbeit im Modell der PGE betrachtet und analysiert, um ein Begriffsverständnis der standortverteilten PGE zu generieren.

verteilte Produktentwicklung	Entwicklungsmethoden	Methoden in der verteilten Produktentwicklung	Datenbanken
verteilte Produktentwicklung	Entwicklungsmethode	Methode verteilte Produktentwicklung	Google Scholar
verteilte Entwicklung	Adaption Entwicklungsmethode	Anpassung Methode verteilte Produktentwicklung	IEEE
verteilte Entwicklungsprozesse	Methodenadaption	Methoden virtuelle Teams	Scopus
standortübergreifende Entwicklung	Transformation Entwicklungsmethode	Adaption Methode verteilte Produktentwicklung	Web of Science
vernetzte Produktentwicklung	Adaption Methode Produktentwicklung	Adaption Methode virtuelle Teams	Design Society
virtuelle Teams	Transformation Methode Produktentwicklung	Auswahl Methode verteilte Produktentwicklung	
Virtualitätsgrad	Methodensammlung	Auswahl Entwicklungsmethode virtuelle Teams	
distributed design	Vorgehensmodell Entwicklungsmethode	collaborative design methods	
distributed product development	Auswahl Entwicklungsmethode	method distributed development	
collaborative engineering	Auswahl Methode Produktentwicklung	method dispersed development	
cross enterprise engineering	design method	design method adaptation distributed development	
offshore development	adaptation design method	decentralized design method	
virtual teams	transformation design method	distributed method adaptation	
dispersed collaboration	selection design method	selection design method distributed design	
degree of virtuality	taxonomy design method		
dimensions of virtuality	framework design method		
discontinuities virtual teams			

Tabelle 1: Systematische Literaturrecherche: Suchbegriffe und Datenbanken

4 Ergebnisse

4.1 Literaturbasierte Einflussfaktoren der standortverteilten Produktentwicklung zur Beschreibung verteilter Entwicklungssituationen

Die Literaturrecherche lieferte 11 Beiträge aus den Jahren 2001 bis 2018, die Einflussfaktoren auf verteilte Entwicklungsprojekte aufführen. Dabei liegt der Fokus der Veröffentlichungen auf verteilten Produktentwicklungsprozessen und der Zusammenarbeit in virtuellen Teams. Die Anzahl genannter Einflussfaktoren pro Beitrag variiert dabei deutlich: pro Veröffentlichung wurden zwischen vier und 46 Einflussfaktoren identifiziert. Die Faktoren können dabei verschiedenen Betrachtungsebenen zugeordnet werden wie beispielsweise *Organisation*, *Team* oder *Individuum*. Die größte Anzahl der Einflussfaktoren bezieht sich dabei auf die Ebene *Team*. Eine Einteilung der Einflussfaktoren in Klassen, die in der Mehrzahl der Beiträge vorgenommen wird, ermöglicht eine gute Übersicht sowie einen schnellen Vergleich mit bereits identifizierten Einflussfaktoren in anderen Beiträgen. Tabelle 2 zeigt die analysierten Beiträge aus der Literatur und die zugehörigen identifizierten Einflussfaktoren nach Elimination der Duplikate.

Die Analyse der Beiträge zeigt einige wesentliche Unterschiede in der Benennung und der Beschreibung der Einflussfaktoren sowie den eigentlichen Inhalten. Diese Unterschiede werden in Tabelle 3 dargestellt. Eine Vereinheitlichung könnte erhebliche Potentiale in der Beschreibung verteilter Kontexte bieten. Dazu wurden Handlungsempfehlungen zur Hebung der Potentiale in Tabelle 3 dargestellt. Die uneinheitliche Begriffsverwendung und Sprache können durch eine Vereinheitlichung und Übersetzung der Einflussfaktoren für weitere Aktivitäten besser nutzbar gemacht werden. Zusätzlich ermöglicht eine Einteilung aller Einflussfaktoren in Klassen eine thematische Zusammenführung. Diese dienen einer möglichst überschneidungsfreien Zuordnung und ermöglichen eine bessere Übersicht und Ordnung, da die teilweise verwendeten Ebenen bisher keineswegs einheitlich benannt oder beschrieben sind. Zurzeit befasst die größte Anzahl an Einflussfaktoren sich mit der Zusammenarbeit im Team. Die Beobachtung verteilter Entwicklungsprojekte könnte einen Ausschluss über mögliche fehlende, in der Literatur nicht beschriebene, Einflussfaktoren geben. Um die Verwendung der Ein-

flussfaktoren zur Adaption von Methoden nutzbar zu machen, muss die Charakterisierung der vorherrschenden Entwicklungssituation anhand von Einflussfaktor-Ausprägungen möglich und einhergehend eine Messbarkeit der Einflussfaktoren gegeben sein. Dazu muss analysiert werden, ob ein gegebener Einflussfaktor über eine *harte* (quantifizierbare) Ausprägung dargestellt werden kann, oder ob der Einflussfaktor nur durch *weiche* (qualitative) Ausprägungen beschreibbar ist. Des Weiteren gewährleistet eine Einteilung der Faktoren in Einflussfaktoren, die nur unter großem Aufwand anzupassen sind und Einflussfaktoren, die unter geringem Aufwand anzupassen sind eine Identifikation von unveränderbaren Randbedingungen, die im weiteren Verlauf nicht adaptiert werden können. Die Betrachtung der Einflussfaktoren zeigt zudem, dass diese miteinander korrelieren können. So hat beispielsweise die Ausprägung des Einflussfaktors Führungsstil in einem Team Einfluss auf das Attribut Motivation. Diese Abhängigkeiten müssen mithilfe einer Korrelationsanalyse identifiziert werden. Um Einflussfaktoren zur Beschreibung verteilter Entwicklungssituationen nutzbar zu machen, muss letztendlich eine handhabbare Anzahl an Einflussfaktoren bestimmt werden.

Tabelle 4 zeigt die während der Literaturanalyse recherchierten Erfolgsfaktoren verteilter Entwicklungsprojekte. Bei der gesamtheitlichen Betrachtung der Erfolgsfaktoren kann insbesondere die Kommunikation zwischen den Teammitgliedern als zentraler Faktor in der virtuellen Teamarbeit identifiziert werden. Eine Einflussanalyse, die ermittelte Einflussfaktoren (siehe Tabelle 2) und Erfolgsfaktoren (siehe Tabelle 4) miteinander in Beziehung setzt, ließe eine Bestimmung der erfolgsrelevantesten Einflussfaktoren zu, die zur gesamtheitlichen Beschreibung verteilter Entwicklungssituationen verwendet werden können. Diese dienen als Ausgangspunkt der Adaption von Entwicklungsmethoden an die Entwicklungssituation verteilter Projekte dient.

Standortverteilte Produktgenerationsentwicklung ist die Entwicklung neuer Produktgenerationen, bei der das Entwicklungsteam die Aktivitäten der Produktentwicklung gemeinsam und von örtlich getrennten Standorten aus durchführt.

Im Vergleich zur PGE an einem Standort zeichnet sich die standortverteilte PGE durch zusätzliche koordinative, technische, soziale und methodische Herausforderungen aus (Ahuja 2017). Dies ist darauf zurückzuführen, dass

der jedem Produktentwicklungsprozess zugrundeliegende Problemlösungsprozess standortverteilt unter der Berücksichtigung zusätzlicher Restriktionen stattfindet. Diese verschärften Randbedingungen beziehen sich im Wesentlichen auf das Handlungssystem von Produktentwicklungsprozessen und erfordern somit eine Adaption vorhandener Methoden, Prozesse und Tools (MPT) der PGE für ihre standortverteilte Anwendung. Das Handlungssystem besteht dabei aus den Aktivitäten der Produktentstehung und des Problemlösungsprozesses, deren zeitlichen Abhängigkeiten und den zur Realisierung einer Entwicklungsaufgabe benötigten Ressourcen (Albers et al. 2016).

Autor	Einflussfaktor	Autor	Einflussfaktor	Autor	Einflussfaktor	Autor	Einflussfaktor
Gaul (2001)	Anzahl der Partner	Kirkman und Mathieu (2005)	Rhythms of Team Processes	Ostergaard und Summers (2009)	Dependability of resources	Lectwith und Ludden (2016)	Integration of functional department members and subject matter experts into the team
	Ort	Trzdelinski und Wojtkowski (2007)	Functions		Completeness		Team and team leaders' political reputation and standing
	Zeit	Ostergaard und Summers (2009)	Functional interdependencies		Evaluation of progress		Team autonomy and freedom
	Sprache		Group		Process approach		Team leaders' interactions with team and team organizations
	Organisation		Culture	Stage	Team vision and goals		
	Größe der Organisation		Individual	distance between team members' configuration or collocation patterns	Alignment to vision and goals		
	Intensität der Zusammenarbeit		Personality	Number of distributed functions	Knowledge transfer and sharing		
	Verteilung der Komponenten		Team number relations	Number of different nationalities	Experience of working on virtual teams		
	Verteilung der Aufgaben		leadership styles	number of time zones	Experience of working with other team members		
	Anzahl der Schnittstellen		Frequency	interviews or meetings / project duration	Number of fully dedicated members		
	Datenzugriff	Duration	Pera et al. (2011)	Number with dedicated roles			
	Werkzeugkompatibilität	Translators		Stellung der Partner in der Wertschöpfungskette	Number reporting directly to team leader		
Methodenkompatibilität	Techniques	Lindemann und Kern (2016)	Wiederholhäufigkeit	Experience of using communication technology			
Collaborate with people you have never met face-to-face	Technology		Formalisierungsgrad	New group required			
Chudoba et al. (2003)	Work at home during normal business days	Ostergaard und Summers (2009)	Reliability	Partnerschaftlichkeit	Dependency on individuals		
	Work while traveling, for example at airports or hotels		Availability	Rechtliche Gestaltung	Uncertainty		
	Work on projects that have changing team members		Type	Time difference between time zones	Time pressure		
	Work with teams that have different ways to track their work		Concurrency	Extra hours worked	Ergebnisqualität		
Vartiainen et al. (2004)	Work with people that use different collaboration technologies	Coupling	Impact on functional or workshop relationship between team members	Wilsen (2018)	Arbeitsmodus		
	Mobility	Abs traction	Number of locations		Genutzte Tools		
	Diversity of knowledge	Scope	Key location		Anzahl der Teilnehmer		
Kirkman und Mathieu (2005)	Mode of interaction	Form	Team structures at locations	Methodenwissen der TN			
	Numbers of Boundaries Crossed	Ownership	Recognizing different cultural situations	Fachwissen der TN			
	Proportion of Co-Located Members	Permission to change	Understanding different economic, social, and legal conditions	Alter der TN (Durchschnitt)			
	Task Complexity	Security	Adapting to different cultural situations	Kommunikation zwischen TN			
Team Evolution and maturation	Change propagation	Sensitivity to cultures reflected in communication and interaction	Unterlagen über Fachwissen	Vorgänger Szenarien			

Tabelle 2: Literaturbasierte Einflussfaktoren der standortverteilten Produktentwicklung

Autor	Erfolgsfaktor	Autor	Erfolgsfaktor	Autor	Erfolgsfaktor	Autor	Erfolgsfaktor
Weinkauff (2004)	Teammitglieder aus verschiedenen funktionalen Bereichen	Ahuja (2017)	Kommunikation	Meyer-Eschenbach (2005)	Verständnis kultureller Hintergründe	Howitz (2006)	Kommunikationstechnologie
	Teammitglieder aus verschiedenen Organisationen		Zweck des Teams		intensive Kommunikation		Qualität der Kommunikation
	Teammitglieder mit gleichen Muttersprachen		Führung		Verständnis bevorzugter Methoden der Produktentwickler		klar definierte Rollen und Verantwortlichkeiten
	Proaktivität der Teammitglieder		Organisationskultur		gleiche IT-Infrastruktur		Vertrauen und Beziehungen der Teammitglieder
	Topmanagement Unterstützung		Training		harmonisierter Entwicklungsprozess		interkulturelles Verständnis
	klare Mission		Vertrauen		gemeinsame Arbeitssprache	Boutellier (2008)	organisatorisches Engagement
	Kommunikation		Arbeitsqualität		detaillierte Projektorganisation		Innovationstyp
	Aufgabenplanung		Leistung		Management-Strategie		Art des Projekts
	Leistungskontrolle		Konflikte		gemeinsame Zielsetzung		Art des Wissens
Ahuja (2017)	Team-Zusammensetzung		Top Management Unterstützung		lernen zusammen zu arbeiten		Grad der Ressourcenbündelung
	Effektive HR-Praktiken		Technologie Verfügbarkeit		Organisationsstruktur, Budget		

Tabelle 3: Probleme und Handlungsempfehlungen zur Hebung der Potentiale

Analyisierte Problematik	Handlungsempfehlung
Uneinheitliche Begriffe und Sprache	Vereinheitlichung von Begriffen und Übersetzung
Fehlende Übersicht/Zuordnung	Einteilung in Einflussfaktor-Klassen
Meiste Faktoren in Ebene "Team"	Ableitung weiterer Erfolgsfaktoren aus verteilten Entwicklungsprojekten
Fehlendes Wissen über mögliche Zustände von Einflussfaktoren	Definition von Ausprägungen für Einflussfaktoren
Fehlende Messbarkeit	Einteilung in harte und weiche Einflussfaktoren
Fehlendes Wissen über Möglichkeit Ausprägungen zu ändern	Unterteilung in beeinflussende und beeinflusste Faktoren
Fehlendes Wissen über Einflüsse untereinander	Durchführung einer Einflussanalyse mit allen Einflussfaktoren
zu große Anzahl für einen effektiven Umgang zu ermöglichen	Identifikation der erfolgsrelevanten Einflussfaktoren

Tabelle 4: Literaturbasierte Erfolgsfaktoren standortverteilter Entwicklungsprojekte

4.2 Begriffsdefinition "Standortverteilte Produktgenerationsentwicklung"

Da die Entwickler technischer Systeme immer sowohl die Synthese als auch die Analyse ebendieser Systeme umfasst, ist es erforderlich, dass die Erforschung und Entwicklung von MPT für die standortverteilte PGE sowohl auf die Gestaltung (Synthese) als auch die Validierung (Analyse) technischer Lösungen abzielt (Albers et al. 2012) und dabei immer auf vorherrschenden Entwicklungssituation anpassbar sind. Ein wichtiger Faktor ist hierbei die Komplexität der vorherrschenden Entwicklungssituation, die verstanden wird als das fehlende Wissen aus einem makroskopischen Zustand eines Systems den mikroskopischen Zustand aller seiner Elemente abzuleiten (Breitschuh et al. 2018). Die Synthese technischer Systeme wird beispielsweise mithilfe von Kreativitätstechniken im virtuellen Raum (Walter et al. 2017a) durchgeführt oder durch PDM Systeme zur standortübergreifenden Erstellung von CAD-Prototypen unterstützt. Die Analyse technischer Systeme umfasst beispielsweise die verteilte Durchführung von Validierungsaktivitäten mithilfe des IPEK-X-in-the-Loop-Ansatzes, bei dem das „X“ als System in Development (SiD) virtuell, physisch oder gemischt virtuell-physisch an das Supersystem gekoppelt ist (Albers et al. 2018).

Liegt allerdings eine standortverteilte Entwicklungssituation vor, so ist zurzeit die Verwendung vieler Entwicklungsmethoden nur dann möglich, wenn alle Teammitglieder an einem Ort zusammenkommen. Durch die gezielte Adaption bestehender Methoden für den standortverteilten Einsatz können solche Situation jedoch besser bearbeitet werden (Walter et al. 2017b). Aktuell werden in der Produktentwicklungsforschung bereits einzelne Methoden für die standortverteilte PGE entwickelt, die insbesondere die erfolgsversprechenden Potentiale digitaler und mobiler Tools zur Methodenunterstützung, wie beispielsweise Innovationsplattformen, nutzbar machen. So existieren bereits Ansätze für eine standortverteilte Anwendung, wie die Reizwort-Methode 2.0 (Walter et al. 2017a), als Variante des Brainstormings. Während diese Methodenvariante des Brainstormings zwar für standortverteilte Teams mit synchroner Kommunikation anwendbar ist, ist ihr Einsatz nicht länger möglich, wenn es zu zusätzlichen Zeitverschiebungen kommt. Eine Adaptionsvariante der Szenariotechnik, als Methode der strategischen Vorausschau, hingegen, ermöglicht einen Einsatz auch in asynchronen Entwick-

lungssituationen vor allem durch die Auswahl geeigneter Tools und die großteilige Ausführung der Arbeitsschritte in Einzelarbeit (Walter et al. 2017a). Somit zeigt sich, dass sich aus teilweise oder vollständig asynchron durchgeführten Aktivitäten der standortverteilten PGE zusätzliche Konsequenzen für einsetzbare Tools, mögliche Arbeitsmodi oder Kommunikationskanäle ergibt und zusätzliche Adaptionen von MPT erforderlich macht. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass Entwicklungsprozesse zunehmend agil gestaltet werden, gewinnt die systematische Unterstützung der standortverteilten PGE zusätzlich an Bedeutung. Die frühzeitige und kontinuierliche Validierung von Produktprofilen, Produktkonzepten und Produkten als wichtiger Bestandteil agiler Prozesse, wie die Produktvalidierung in AR-Umgebungen (Reinemann et al. 2018), gelangt in der standortverteilten PGE jedoch an ihre Grenzen. Diese Methoden sind ohne Adaption auf die geänderten Randbedingungen nicht ohne weiteres anwendbar.

Um Entwicklungsmethoden oder Herangehensweisen wie agile Prozessstrukturen auch in standortverteilten Entwicklungskontexten anwenden zu können ist daher zunächst eine Charakterisierung solcher Situationen erforderlich, die insbesondere Problemstellungen aus räumlichen Verteilungsaspekten berücksichtigt. Darüber hinaus müssen anschließend die Erschwernisse der zeitlichen Asynchronität betrachtet werden. Durch diese Betrachtungen können PMT anschließend für den Einsatz in der standortverteilte PGE adaptiert und nutzbar gemacht werden.

5 Diskussion

Die Literatur liefert bereits eine große Anzahl an Einflussfaktoren zur allgemeinen Beschreibung von Entwicklungssituationen. Wenige berücksichtigen bisher jedoch die Spezifika standortverteilter Entwicklungsprozesse. Die ausführliche Literaturanalyse und das Zusammenführen der Einflussfaktoren zur Beschreibung standortverteilter Entwicklungskontexte aus der Literatur zeigt, dass eine ganzheitliche Betrachtung sowie eine Sammlung aller Einflussfaktoren in bestehender Literatur bisher nicht existent sind. Die Betrachtung und Zusammenfassung der literaturbasierten Einflussfaktoren ließen zudem auf Problematiken schließen, entstanden durch die fehlende einheitliche Beschreibung der Einflussfaktoren, die behoben werden müssen um

die Grundlage zur ganzheitlichen Beschreibung standortverteilter Entwicklungssituationen zu bilden. Die dargestellten Problematiken sind mittels der gegebenen Handlungsempfehlungen zu beheben. Ein Abgleich der Einflussfaktoren mit den Erfolgsfaktoren verteilter Teams würde eine Identifikation der erfolgsrelevanten Einflussfaktoren möglich machen. Die Betrachtung des Begriffs der standortverteilten Produktgenerationsentwicklung auf Basis der vorangegangenen Literaturanalyse mit den einhergehenden Anwendungsbeispielen und Implikationen führte zu einem ganzheitlichen Begriffsverständnis.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Um die empirisch belegten Vorteile der Methodenanwendung auch in standortverteilte Entwicklungsprojekten ausschöpfen zu können, ist es zwingend erforderlich das erste der von Birkhofer (2005) formulierten *10 Gebote des erfolgreichen Methodentransfers* „Meet the design situation“ zu erfüllen. Um Entwicklungsmethoden erfolgreich anwenden zu können müssen sie demnach an die vorherrschende Entwicklungssituation angepasst werden. Dieser Beitrag liefert dazu, ausgehend von der Analyse der Einflussfaktoren standortverteilter Entwicklungsprozesse mit der Betrachtung des Begriffes *standortverteilte Produktgenerationsentwicklung* die Grundlage zur ganzheitlichen Beschreibung verteilter Entwicklungssituationen. Ausgehend vom geleisteten Beitrag soll in folgenden Forschungsprojekten ein Vorgehen entwickelt werden mit dem die Anforderungen an Entwicklungsmethoden ausgehend von der verteilten Entwicklungssituation definiert werden können, um somit die Adaption von Methoden und letztendlich deren erfolgreichen Einsatz zu ermöglichen.

7 Literaturverzeichnis

- Ahuja, J. 2017: Modelling the Success Factors of Virtual Team. *Indian Journal of Science and Technology*, 9 (48).
- Albers, A., Bursac, N. & Wintergerst, E. 2015: Produktgenerationsentwicklung - Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2015*, 4-14.
- Albers, A., Ebel, B. & Lohmeyer, Q. 2012: Systems of Objectives in Complex Product Development. *Proceedings of TMCE 2012*, May 7-11.

- Albers, A., Mandel, C., Yan, S. & Behrendt, M. 2018: System of Systems Approach for the Description and Characterization of Validation Environments. Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference, 2799-2810.
- Albers, A., Reiss, N., Bursac, N. & Richter, T. 2016: iPeM – Integrated Product Engineering Model in Context of Product Generation Engineering. *Procedia CIRP*, 50, 100-105.
- Albers, A., Reiss, N., Bursac, N., Urbanec, J. & Lüdcke, R. 2014: Situation-appropriate method selection in product development process – empirical study of method application. Proceedings of NordDesign 2014, Espoo, Finland 27-29th August 2014.
- Bavendiek, A.-K., Huth, T., Inkermann, D., Paulsen, H., Vietor, T. & Kauffeld, S. 2018a: COLLABORATIVE DESIGN: LINKING METHODS, COMMUNICATION TOOLS AND COMPETENCIES TO PROCESSES. Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference, 149-160.
- Bavendiek, A.-K., Inkermann, D. & Vietor, T. 2014: Konzept zur Methodenbeschreibung und -Konzept zur Methodenbeschreibung und -auswahl auf Basis von Kompetenzen und Zusammensetzung von Entwicklungsteams. DFX 2014: Proceedings of the 24th Symposium Design for X: Bamberg, Germany 1-2 Oktober 2014, 215-226.
- Bavendiek, A.-K., Paulsen, H., Vietor, T. & Kauffeld, S. 2018b: Supporting distributed design teams with regard to processes, methods & tools and competencies & qualifications. Proceedings of NordDesign 2018, Linköping, Sweden, 14th - 17th August 2018.
- Birkhofer, H., Jänsch, J. & Kloberdanz, H. 2005: An extensive and detailed view of the application of design methods and methodology in industry. Proceedings ICED 05, the 15th International Conference on Engineering Design, Melbourne, Australia, 15.-18.08.2005.
- Boutellier, R., Gassmann, O. & Zedtwitz, M. 2008: Managing Global Innovation. Uncovering the Secrets of Future Competitiveness (Third edition). Verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-68952-2>
- Braun, T. & Lindemann, U. 2003: Supporting the Selection, Adaptation and Application of Methods in Product Development. Proceedings of ICED 03, the 14th International Conference on Engineering Design, Stockholm, 629-630.
- Breitschuh, J., Bursac, N., Albers, A. & Reiss, N. 2018: Scaling agile practices on different time scopes for complex problem-solving. Proceedings of NordDesign 2018, Linköping, Sweden, 14th - 17th August 2018, 1-24.
- Chudoba, K., Lu, M., Watson-Manheim, M. & Wynn, E. 2003: How virtual are we? Measuring Virtuality and Understanding Its Impact in a Global Organization. *Information Systems Journal*, 15, 279-306.
- Detecon 2015: Virtuelle Zusammenarbeit im unternehmerischen Kontext. Zugriff am 18.12.2018. Verfügbar unter <https://www.detecon.com/virtuelle-zusammenarbeit-im-unternehmerischen-kontext>

- Gaul, H.-D. 2001: Verteilte Produktentwicklung. Perspektiven und Modell zur Optimierung (Produktentwicklung, 1. Aufl.). Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2001. München: Hut.
- Gericke, K., Eckert, C. & Stacey, M. 2017: What Do We Need To Say About a Design Method? Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED17), Design Theory and Research Methodology, Vancouver, Canada, 21.-25.08.2017. Vol. 7.
- Gericke, K., Kramer, J. & Roschuni, C. 2016: An Exploratory Study of the Discovery and Selection of Design Methods in Practice. *Journal of Mechanical Design*, 138 (10), 101-109.
- Gericke, K., Meißner, M. & Paetzold, K. 2013: Understanding the Context of Product Development. Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED13) Design For Harmonies, Vol. 3: Design Organisation and Management, Seoul, Korea 19-22.08.2013, 191-200.
- Gierhardt, H. 2002: Global verteilte Produktentwicklungsprojekte. Ein Vorgehensmodell auf der operativen Ebene (Produktentwicklung, 1. Aufl.). Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2001. München: Verl. Dr. Hut.
- Grabner, C. & Lödding, H. 2018: Wie Unternehmen den Umgang mit Methoden gestalten. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 113 (6), 373-376.
- Graner, M. & Behr, M. M. 2012: The use of methods in new product development - a review of empirical literature. *International Journal of Product Development*, 16 (2), 158.
- Horwitz, F. M., Bravington, D. & Silvis, U. 2006: The promise of virtual teams: identifying key factors in effectiveness and failure. *Journal of European Industrial Training*, 30 (6), 472-494.
- Kern, E.-M. 2005: Verteilte Produktentwicklung - Rahmenkonzept und Vorgehensweise zur organisatorischen Gestaltung. Zugl.: Hamburg, Techn. Univ., Habil.-Schr., 2005, GITO. Berlin.
- Kirkman, B. L. & Mathieu, J. E. 2005: The Dimensions and Antecedents of Team Virtuality. *Journal of Management*, 31 (5), 700-718.
- Konradt, U. & Hertel, G. 2002: Management virtueller Teams. Von der Telearbeit zum virtuellen Unternehmen (Management und Karriere). Weinheim: Beltz.
- Krause, F.-L. (Ed.). 1998: New tools and workflows for product development. Proceedings ; Production Technology Centre Berlin, Germany, 14/15 May 1998. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl.
- Larsson, A., Törlind, P., Karlsson, L., Mabogunje, A., Leifer, L., Larsson, T. et al. 2003: Distributed Team Innovation - A Framework for Distributed Product Development. Proceedings of ICED 03, the 14th International Conference on Engineering Design, Stockholm.
- Ledwith, A. & Ludden, P. 2016: A Typology Framework for Virtual Teams. PMI® Research and Education Conference, Limerick, Munster, Ireland. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Lindemann, U. 2009: Methodische Entwicklung technischer Produkte. Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden (VDI-Buch, 3., korrigierte Aufl.). Berlin: Springer.
- Lindemann, U. & Kern, E.-M. 2016: Handbuch Produktentwicklung. Verteilte Produktentwicklung: Hanser.

- Lipnack, J. & Stamps, J. 1997: Virtual teams. Reaching across space, time, and organizations with technology. New York NY u.a.: Wiley.
- Merriam-Websters 2019: Definition Kontext. Zugriff am 08.03.2019. Verfügbar unter <http://www.merriam-webster.com/dictionary/context>
- Meyer-Eschenbach, A. & Blessing, L. 2005: Experience with Distributed Development of Household Appliances. Proceedings ICED 05, the 15th International Conference on Engineering Design, Melbourne, Australia, 15.-18.08.2005.
- Ostergaard, K. J. & Summers, J. D. 2009: Development of a systematic classification and taxonomy of collaborative design activities. *Journal of Engineering Design*, 20 (1), 57-81.
- Péréa, C., Mothe, C. & Brion, S. 2011: The Impact of Team Virtuality and Task Complexity on NPD Coordination Modes. In 2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences (S. 1-10). IEEE.
- Ponn, J. C. 2007: Situative Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte (Produktentwicklung, 1. Aufl.). Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2007. München: Dr. Hut.
- Reinemann, Jonas, Hirschter, T., Mandel, C., Heimicke, J. & Albers, A. 2018: Methodische Unterstützung zur Produktvalidierung in AR-Umgebungen in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung. DfX 2018: Proceedings of the 29th Symposium Design for X: Tutzingen, Germany 1-2 Oktober 2014.
- Schröder, C., Schlepphorst, S. & Kay, R. 2015: Bedeutung der Digitalisierung im Mittelstand (IFM-Materialien, Nr. 244). Bonn: Institut für Mittelstandsforschung.
- Schweitzer, L. & Duxbury, L. 2010: Conceptualizing and measuring the virtuality of teams. *Information Systems Journal*, 20 (3), 267-295.
- Trzcieliński, S. & Wojtkowski, W. 2007: Toward the measure of organizational virtuality. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 17 (6), 575-586.
- Vartainen, M., Hakonen, M. & Kokko, N. 2004a: Degree of Virtuality, Well-being and Performance in Dispersed Teams and Projects. Proceedings of 8th International Workshop on Teamworking (IWOT 8), Trier, Germany. 2004.
- Wach, J. J. 1994: Problemspezifische Hilfsmittel für die integrierte Produktentwicklung (Konstruktionstechnik München, Bd. 12). Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 1993. München: Hanser.
- Walter, B., Klippert, M., Kunz, M., Albers, A. & Reiß, N. 2017a: Kreativitätsmethoden im digitalen Umfeld – Aktive Förderung von Innovationsimpulsen in standortverteilten Entwicklungsteams. 15. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik.
- Walter, B., Rapp, S. & Albers, A. 2016: Selecting appropriate tools for synchronous communication and collaboration in locally distributed product development. Proceedings of NordDesign 2016, Volume 2, Trondheim, Norway, 10th - 12th August 2016, 258-267.

- Walter, B., Wilmsen, M., Albers, A. & Bursac, N. 2017b: Zukunftsmanagement in Zeiten der Digitalisierung: Die Szenario-Technik als Innovationsmethode in der standortverteilten Produktentwicklung. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung – SVT 2017.
- Weinkauff, K. & Woywode, M. J. 2004: Erfolgsfaktoren von virtuellen Teams. Ergebnisse einer aktuellen Studie. Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung : ZfbF, 56 (4), 393-412.
- Welp, E. G. 1996: Planung und Steuerung verteilter Produktentwicklungsprozesse. VDI-Berichte Band 1270 S. 185- 208, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Wilmsen, M. 2018: Szenario-Technik in der standortverteilten Produktentwicklung. Abschlussarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Karlsruhe.
- Wilmsen, M., Duehr, K. & Albers, A. 2019: A context-model for adapting design processes and methods. Proceedings of 29th Design 2019 (submitted).

Kontakt

Katharina Duehr, M. Sc.
David Kopp, B. Sc.
Dipl.-Wi.-Ing. Benjamin Walter
Dipl.-Ing. Markus Spadinger
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
Karlsruher Institut für Technologie
IPEK – Institut für Produktentwicklung
76131 Karlsruhe
www.ipek.kit.edu