

Mascha Will-Zocholl¹

Die Verlockung des Virtuellen. Reorganisation von Arbeit unter Bedingungen der Informatisierung, Digitalisierung und Virtualisierung

Abstract: Der aktuelle Wandel von Arbeit und Organisation ist eng verknüpft mit einer fortschreitenden Informatisierung und der Entstehung eines Informationsraums. Als eine spezifische Form der Informatisierung gewinnt die Virtualisierung von Entitäten an Bedeutung. In der Automobilentwicklung zeigt sie sich im Einsatz von 3D-CAD-Software und virtueller Prototypen, die genutzt werden, um Funktionalitäten von echten Prototypen zu testen, bevor diese überhaupt gebaut werden. Dadurch verändert sich die Organisation von Ingenieursarbeit tief greifend und die neuen Möglichkeiten sind verlockend: Entwicklungsarbeit scheint räumlich und zeitlich flexibel zu werden, anytime – anyplace. Eine ortsunabhängige Reorganisation scheint in greifbare Nähe zu rücken, bekannte Muster der Technikeuphorie und Managementutopien werden reaktiviert. In den vier Fallstudien, auf die sich dieser Beitrag bezieht, werden vor allem drei Dimensionen an Widersprüchen sichtbar: Erstens mit Blick auf das Verhältnis von physischen und virtuellen Prototypen und Simulationen, zweitens in Bezug auf brüchige globale Kooperationen sowie drittens hinsichtlich der Standardisierung von Arbeit.

1 Einführung

In aktuellen Diskussionen um den Wandel von Arbeit und Organisation stehen Prozesse der Digitalisierung und Virtualisierung im Mittelpunkt. Vom „digital capitalism“ (Schiller 2001) oder dem „informational capitalism“ (Castells 1996) ist die Rede, wenn es um kapitalistisches Wirtschaften geht, das auf Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK-Technologien) basiert. Eine Herauslösung aus etablierten Arbeitsbeziehungen wird in der „digital labour“ (Frayseé/O’Neil 2015) erwartet, ebenso die Prekarisierung bestimmter Beschäftigtengruppen bzw. die Entstehung einer neuen, globalen Klasse, dem „cybertariat“ (Huws 2003). Arbeitsformen wie das „crowdworking“ (Benner 2014) oder die „digital nomads“ (Steinberg 2015) suggerieren eine Unabhängigkeit von Orten (und Zeit). Die Zusammenarbeit erfolgt in „virtual teams“ (Kurtzberg 2014), in einer Ära des „virtual freedom“ (Ducker 2014), in der jede und jeder sich die Potentiale der neuen Technologien zu Nutze machen kann. Die Zukunft von Arbeit (und Arbeitsplätzen) wird im Spannungsfeld zwischen intelligenten Maschinen und Menschen diskutiert (BMAS 2015; Brynjolfsson/McAfee 2014; Frey/Osborne 2013; Levy/Murnane 2005; Pfeiffer 2015). Vom Ende der menschlichen Arbeit über eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen bis hin zur Verheißung von mehr Freiheit und Selbstbestimmung reichen die Prognosen. Digitalismus² statt Postfordismus könnte das aktuelle Paradigma lauten³. Mit Verve wird die Vision einer

¹ Dr. Mascha Will-Zocholl, Institut für Soziologie, Goethe-Universität Frankfurt am Main. E-Mail: m.will-zocholl@soz.uni-frankfurt.de.

² Die Begrifflichkeit scheint angesichts der allgegenwärtigen Verweise auf die Digitalisierung angebracht. Ursprünglich handelt es sich dabei im Wortsinn um eine pathologische Überdosierung von *Digitalis*, der Fingerhutpflanze.

³ Im politischen Diskurs ist dieser Umbruch spätestens mit dem Ausrufen der Digitalen Agenda (2014 – 2017) omnipräsent. Die „digitale Gesellschaft“, wie das BMBF im Wissenschaftsjahr 2014 titulierte, löst bisherige Paradigmen der Wissens- und Informationsgesellschaft ab. Eine Digitalpolitik soll Infrastruktur verbessern, Daten schützen und digitales Wirtschaften und Arbeiten fördern.

„Industrie 4.0“ verfolgt, ohne eine Kontextualisierung mit früheren Debatten vorzunehmen (Pfeiffer 2015). Dabei entsteht der Eindruck, diese technikgegebenen Pfade seien unausweichlich – alternativlos zu befolgen.

So erinnert die aktuelle Diskussion an alte Debatten, wie jene um das Computer Integrated Manufacturing (CIM) und den Einsatz von Industrierobotern in den 1980er Jahren. Die gängige, technikdeterministische Auffassung lautete hier: Diese Technologie gibt es, deshalb wird sie auch eingesetzt. Managementtheoretisch war die Rhetorik geprägt von dem unbedingten Willen, die vorhandene Technologie ungeachtet der Passung zur damaligen Praxis des Produzierens einzuführen und durchzusetzen. Dem Ausrufen des „Ende[s] des Technikdeterminismus“ (Lutz 1987) zum Trotz zeigt sich in der gegenwärtigen Debatte das bekannte Muster von Technikeuphorie und Managementutopie. Unbestritten ergeben sich neue Möglichkeiten der Kommunikation und Kooperation, neue plattformbasierte Geschäftsmodelle und anderes. Deren Folgen und Herausforderungen sind derzeit mit Blick auf die aktuelle Praxis zu bestimmen.

In diesem Beitrag⁴ wird die Bestimmung virtualisierungs- und digitalisierungsbedingter Herausforderungen und Möglichkeiten am Beispiel der Produktentwicklung in der Automobilindustrie vorgenommen. Die Entstehung des virtuellen Prototyping und die Verfügbarkeit digitaler Modelle nährt die Idee eines „Global Engineering“ im Sinne einer 24-Stunden-Entwicklung, die den Zeitzonen folgend einmal um den Globus rotiert. Ingenieur*innen sollen weltweit zusammenarbeiten, nonstop an der gleichen Komponente eines Fahrzeugs. Diese Konzepte suggerieren, dass Engineering in zeitlicher und örtlicher Hinsicht flexibel werde. Von Seiten der Manager*innen und auch an Universitäten wird die Idee optimistisch aufgegriffen (Continental 2006). Es scheint unausweichlich zu sein, Arbeit auf diese Weise zu reorganisieren, zumal der erwartete Vorteil anscheinend auf der Hand liegt: Die Mobilisierung einer globalen Engineering-Workforce soll den Entwicklungsprozess maßgeblich beschleunigen und die einzelnen Komponenten und -systeme möglichst breit nutzbar machen; zudem werden Kosteneinsparungen erwartet. Hier gleicht das Virtuelle einem Heilsversprechen, das eine effiziente Reorganisation von Arbeit in Aussicht stellt und dabei mögliche Grenzen hinsichtlich der Ortsunabhängigkeit und der Abhängigkeit von Erfahrungswissen sowie Qualifikation systematisch ausblendet bzw. durch ein Mehr an Technik (Tools und Systemen) zu überwinden glaubt. Mit der Virtualisierung von Objekten steht die materielle Bindung an Orte und Personen zur Disposition. Das Ziel, Arbeit orts- und zeitunabhängig zu reorganisieren, scheint in greifbare Nähe zu rücken – auch für Wissensarbeit, die sich bisher solcher Überlegungen weitgehend entziehen konnte.

Dabei ist zu erwarten, dass sich diese Prozesse und deren Entwicklung in der Praxis viel widersprüchlicher zeigen, als das seitens vieler Akteure thematisiert wird, die der Verlockung des Virtuellen⁵ unterliegen. Der vorliegende Beitrag fokussiert auf die Frage, wie sich (Arbeits-)Prozesse unter den Bedingungen der Informatisierung,

⁴ An dieser Stelle möchte ich Andrea Baukowitz für anregenden Diskussionen und Anmerkungen sowie den Herausgeber*innen für ihre hilfreiche Kommentierung des Beitrags danken.

⁵ Diese Erwartung teilen auch Bailey et al. 2012, die ihren Beitrag „The Lure of the Virtual“ titulieren.

Digitalisierung und Virtualisierung im Engineering verändern und welche Möglichkeiten oder Grenzen der Virtualisierung sich offenbaren. Das Feld der virtuellen Produktentwicklung, in dem es um Arbeitsgegenstände geht, die zuvor nicht digitalisiert und virtuell verfügbar waren⁶, ist deshalb besonders spannend. Die Entwicklung dort kann als Vorreiter für andere Bereiche gesehen werden, die z. B. im Zuge einer Industrie 4.0 oder dem, was darunter diskutiert wird, erst in den Blick geraten. Eine Entwicklung in der Logik des „alten“ Automatisierungsparadigmas erscheint angesichts des „weichen“ Charakters von Software im Gegensatz zu den „harten“ Maschinen, um die es in der damaligen Diskussion ging, fraglich (Baukrowitz 1996: 56 f.).

Um diese Analyse durchzuführen, ist es wichtig, zunächst einige grundlegende konzeptionelle Überlegungen anzustellen, nämlich wie die derzeit häufig synonym oder in ungeordneter Reihenfolge verwendeten Begriffe Digitalisierung, Virtualisierung und Informatisierung in Beziehung zu setzen sind und welche spezifischen Beschreibungen sich dahinter verbergen. Dabei werden auch die räumlichen Konsequenzen berücksichtigt. Anschließend erfolgt die Vorstellung relevanter Dimensionen der Fallstudien, um schließlich die Widersprüche und Auswirkungen der aktuellen Entwicklungen zu thematisieren.

2 Informatisierung, Digitalisierung und Virtualisierung

Entgegen gängiger Gleichsetzungen von Informatisierung mit Computerisierung (Müller 2010) oder neuerdings mit Digitalisierung oder noch allgemeiner mit der allgegenwärtigen Durchdringung unseres Alltags mit IuK-Technologien ist eine analytische Aufarbeitung angebracht. Zweifelsohne markiert die aktuelle ubiquitäre Durchdringung aller gesellschaftlichen Bereiche mit IuK-Technologien eine neue Phase des Informatisierungsprozesses und des Wirtschaftens, wie sie in den Konzepten des „informational capitalism“ (Castells 1996), „digital capitalism“ (Schiller 2001) oder dem „second machine age“ (Brynjolfsson/McAfee 2014) zum Ausdruck kommen. Die Anfänge der Informatisierung reichen jedoch um Jahrhunderte vor Erfindung des Personal Computers (PC) zurück. Es handelt sich dabei um einen historischen Prozess der Entstehung von Informationstechnologien, in der die Einführung der doppelten Buchführung⁷ um 1494 eine wichtige Etappe markiert. Allgemein wird

„Informatisierung [...] verstanden als ein Prozess der systematische[n] Erzeugung und Nutzung von Informationen, mit dem Ziel daraus weitere Informationen zu gewinnen“ (Boes 2005: 215).

Sie ist damit eng mit der Entwicklung kapitalistischer Gesellschaften verknüpft, beginnend mit einer Rationalisierung des Informationsgebrauchs in großen Unternehmen, die laut Rudi Schmiede (1996) zu einer „strukturellen Verdopplung“ des materiellen Arbeitsprozesses führten und führen, indem eine abstrakte Informationsebene etabliert wird. Diese Abstraktion soll es ermöglichen, komplexe Organisationen zu kontrollieren und zu steuern. Der Umgang mit Informationen (und Wissen)⁸ wurde im

⁶ Im Gegensatz zur Software-Entwicklung beispielsweise.

⁷ Gleeson-White (2014) beschreibt sehr anschaulich die Bedeutung der doppelten Buchführung für die Entstehung kapitalistischen Wirtschaftens.

⁸ Zur Unterscheidung dieser Begrifflichkeiten s. Schmiede 2006 (52 f.).

Laufe der Zeit immer wichtiger und war nie so bedeutsam wie heute. So gesehen, kann Informatisierung als Meta-Prozess verstanden werden, der nicht auf den einfachen Gebrauch von Computern, Smartphones oder der Cloud reduziert werden sollte.

Unter Digitalisierung wird die Transformation von analogen in digitalisierte Informationen verstanden. Auf Basis digitaler und digitalisierter Daten wird es möglich, a) diese zu übermitteln (von Ort A nach Ort B) und b) in beliebiger Anzahl zur Verfügung zu stellen. Das erleichtert die Trennung von Menschen und den repräsentierten Phänomenen. Mit der Digitalisierung geht die Zusammenführung des Computers als Medium und Maschine einher (Esposito 1993) und markiert eine neue Phase der Informatisierung. Die Virtualisierung stellt einen Spezialfall der Digitalisierung dar. Die Spezifik des Virtuellen besteht in der Existenz von Funktionalitäten, die „entsprechend ihrer Anlage als Möglichkeit vorhanden“⁹ sind, d. h. man tut so, als ob man mit dem realen Auto hantieren würde und nicht mit einem Modell des Fahrzeugs. Virtualisierung bezeichnet demnach den Prozess der Erzeugung digitaler oder digitalisierter Repräsentationen oder Effekte, die für Entitäten (Objekte, Prozesse oder Menschen) stehen und diese in ihrer Funktion ersetzen können bzw. die herangezogen werden können, um so zu tun, als ob man die nicht-virtuellen Dinge benutze (Bailey et al. 2012: 1485). Das bezieht sich auch auf Software und nicht nur auf physische Entitäten. Diese Repräsentationen haben „keine als gegeben unterstellte, sondern eine informationstechnisch hergestellte raumzeitliche Basis“ (Hubig 2013)¹⁰.

Der Unterschied zwischen digital und virtuell lässt sich am Beispiel der Automobilentwicklung (und anderen Konstruktionsbereichen) veranschaulichen. Dort hat sich Computer-Aided-Design-Software (CAD-Software) etabliert, um Bauteile – mittlerweile auch in 3D – computerbasiert darzustellen. Es handelt sich dabei um digitale Repräsentationen, die aber noch keine Funktionalität der realen Bauteile abbilden können. Dies ist erst mit virtuellen Prototypen (oder Digital Mock-Ups) realisierbar, die versuchen, die stofflichen Eigenschaften des Autos zu repräsentieren, also Objektcharakteristika aus der realen Welt abzubilden. Sie eröffnen somit die Möglichkeit, Funktionen zu simulieren (z. B. Windströmungen an der Außenhülle des Fahrzeugs).

Diese neue Phase der Informatisierung wird durch die Verbreitung internetfähiger Endgeräte sowie die Entstehung einer globalen IuK-Infrastruktur beschleunigt. Damit geht auch die Entstehung einer neuen räumlichen Dimension der Informatisierung einher, die sich in der These des „Informationsraumes“ (Baukrowitz/Boes 1996; Boes/Kämpf 2007) als ein Raum der Produktion niederschlägt. Darin konstituieren sich Arbeitsräume durch das Handeln der Menschen im Informationsraum als „soziale Räume“ (Lefebvre 1991). Dies bedeutet in der Konsequenz ein Auseinanderfallen von Raum und Ort. Der Informationsraum ist weltumspannend und doch steht das

⁹ So wird im Duden die Bedeutung des Terminus beschrieben.

¹⁰ Hubig (2013) führt im Weiteren den Unterschied zwischen virtuellen Realitäten („virtual realities“) und virtuellen Wirklichkeiten („virtual actualities“) aus, die in Abhängigkeit des Phänomens in unterschiedlichen Anteilen wirksam werden (ebd.: 7 f.). Eine ähnliche Konzeption findet sich bei Manuel Castells (1996), der von „virtual realities“ und „real virtualities“ spricht (ebd.: 372).

Arbeitshandeln, das in ihm vollzogen wird, in einem engen Bezug zu Orten (wie das Beispiel zeigen wird).

Die räumliche Reorganisation von Arbeit rückt nun, im Zuge der Vorstellungen entgrenzter Organisationen und orts- sowie zeitunabhängigen Arbeitens (Kratzer 2003), in den Fokus. Dabei geht es ebenfalls um das Verhältnis von Zeit, Distanz und Nähe, welches Giddens (1984) mit „time-space-distanciation“ oder Harvey (1989) mit „time-space-compression“ beschreiben. Mit der Outsourcing-Debatte nahm die Diskussion um organisationale Freisetzungseffekte aus dem Kontext „Betrieb“ an Fahrt auf. Durch zunehmend globale Wertschöpfungsketten rückte zunächst „Offshoring“ in den Blickpunkt; heute wird bereits von „Cloud Computing“ und „Crowd Working“ gesprochen (vgl. zu den Entwicklungen in der IT-Industrie, die als Vorreiterin in den vergangenen Jahren umfassend untersucht wurde z. B. Aspray et al. 2006; Boes et al. 2014; Flecker/Huws 2004; Hardy/Hollinshead 2011; Mayer-Ahuja 2011). Je weiter Digitalisierungs- und auch Virtualisierungsprozesse voranschreiten, umso mehr zielen die jeweiligen Reorganisationskonzepte auf eine beliebige Verteilung von Arbeit – anytime, anyplace.

Denn wenn Arbeitsgegenstände digitalisiert und Arbeitsprodukte virtuell verfügbar sind bzw. physische Entitäten ersetzen könnten, wird die Abhängigkeit dieser von Wissen, Personen sowie Orten im Zuge von umfassenden Kontroll- und Steuerungsphantasien des Managements zur Disposition gestellt. Doch welche inneren Widersprüche zeigen sich in der Praxis? Dies soll am Beispiel der Entwicklungsarbeit in der Automobilindustrie dargestellt werden, deren qualitative Veränderung aufgrund der manipulierten Abgaswerte bei einigen großen Herstellern aktuell in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt¹¹ ist.

3 Methodisches Vorgehen und Fallunternehmen

Die Datenbasis besteht aus vier Fallstudien (vgl. zur Forschungsstrategie der Fallstudie Pongratz/Trinczek 2010) im Bereich der Automobilentwicklung, die bei zwei Fahrzeugherstellern, einem mittelständischen und einem großen Zulieferunternehmen durchgeführt wurden. Dazu wurden aus der gesamten Interviewcharge zweier Projekte¹², insgesamt 45 qualitative Interviews mit Ingenieur*innen unterschiedlicher Hierarchiestufen (Konstruktion, Team-, Gruppen- und Abteilungsleiter) mit einer Länge von 70 bis 90 Minuten ausgewählt und in die Analyse einbezogen. Die Auswahl der Interviewten erfolgte auf Grundlage eines inhaltlichen Samplingverfahrens (Lamnek 2008); dabei waren der Einsatzbereich und die Länge der Betriebszugehörigkeit (mindestens acht Jahre) von Bedeutung. Das Geschlecht spielte bei der Auswahl keine Rolle. Die Auswertung der verschriftlichten Interviews erfolgte computergestützt nach inhaltsanalytischen Kriterien mit vorgegebenen und spontan generierten Codes (Mayring 2008).

¹¹ Ermöglicht wurde diese Manipulation erst durch die Entwicklung des Autos zum Informationsobjekt. Ohne eine Software-Steuerung des Motors und den Einsatz von Simulation in der Validierung (d. h. Tests, die ausschließlich virtuell durchgeführt werden) wäre eine Manipulation der Abgaswerte nicht so leicht möglich gewesen.

¹² „Wissensarbeit in der Automobilindustrie“ (Dissertationsprojekt DFG 2006 – 2010) und „TRUST Teamwork“ (BMBF 2009 – 2013).

Fallunternehmen	Art und Unternehmensgröße	Zentrale Dynamiken und Strategien
MassCar	Amerikanischer MassenhHersteller	Globales Engineering-Netzwerk, Coopetition innerhalb des Konzerns, Standort u. a. in Indien (Simulation; IT-Services)
PremCar	Deutscher Premiumhersteller	Zentrales deutsches Entwicklungszentrum, Offshoring (in begrenztem Maße) nach Indien (Simulation)
FirstTier1	Großer internationaler Deutschland-basierter Systemzulieferer	Globale Entwicklungsaktivitäten werden von Deutschland aus gesteuert; gleichzeitig Hauptstandort mit Nearshoring-Standorten in Osteuropa (u. a. Fahrzeugtests)
FirstTier2	Mittelständischer deutscher Systemzulieferer	Zentral organisiertes Engineering am deutschen Hauptstandort; Coopetition mit Mitbewerber(n); Nearshoring-Standort in Osteuropa (Standardtätigkeiten)

Abbildung 1: Vorstellung Fallunternehmen

(Quelle: eigene Darstellung)

Das Sample setzte sich aus Fallunternehmen zusammen, die zwischen 1.500 und 8.500 Ingenieur*innen beschäftigten: Die Reorganisationsprozesse bei MassCar lassen sich mit „intensivierter Globalisierung“ beschreiben, jene des zweiten Herstellers PremCar mit „beharrlicher Zentralisierung“, denn das deutsche Forschungs- und Entwicklungszentrum steht nach wie vor im Mittelpunkt aller Engineering-Aktivitäten. Die beiden anderen Unternehmen FirstTier1 und FirstTier2, beides Systemzulieferer, verfügen über je ein standardisiertes, produktionslastiges und ein innovatives, entwicklungsintensives Geschäftsfeld. „Forciertes Offshoring“ kennzeichnet die derzeitige Situation bei FirstTier1, denn die Standorte im osteuropäischen Ausland spielten angesichts der Krise 2009 eine größer werdende Rolle, was zu einem Interessenkonflikt der involvierten Ingenieur*innen am deutschen Standort führte. Ähnliches gilt, wenn auch etwas schwächer ausgeprägt, ebenfalls für FirstTier2. Die aktuelle Reorganisation dort ist geprägt von einem „sukzessiven Offshoring“ an ausländische Standorte (Will-Zocholl 2011: 95 f.).

4 Reorganisation der Produktentwicklung und Virtualisierung des Engineerings

Mit der Digitalisierung ist ein Wandel des Engineerings verbunden. Maßgeblich ist dafür der Einsatz von CAD-Software seit den 1980er Jahren. Bis dahin war das Engineering aufgrund der Arbeitsmittel lokal gebunden. In Zeiten, in denen Reißbretter noch in der Entwicklung von Autos und ihren Komponenten dominierten, war es offensichtlich, dass Menschen zusammen an einem Ort oder nahe beieinander arbeiten mussten. Die Zeichnungen mussten physisch aufbewahrt und ausgetauscht werden; Teamarbeit war nur vor Ort möglich. Sich am Reißbrett zu treffen, förderte das Entstehen neuer Ideen und die Verbesserung der Entwürfe; so gesehen stellten die Zeichnungen ein Kommunikationsmedium dar. Die Art zu denken und zu arbeiten, unterschied sich maßgeblich von der heutigen Logik des Arbeitens auf Basis von 3D-CAD-Modellen und PDM-Systemen, wie sie etwa von Böhle/Millkau (1988a) und Bolte (1995) beschrieben wurde: Während am Reißbrett vom „großen Ganzen“ her ge-

dacht und die Details davon abgeleitet werden, erstellt man mit CAD erst die Details und setzt daraus dann das gesamte Produkt zusammen (ebd.). Die 3D-CAD-Modelle von heute werden genutzt, um Digital Mock-Ups (DMU) zu konstruieren, die zukünftige Funktionen einzelner Komponenten, aber auch kompletter Fahrzeuge simulieren. Zudem ermöglichen die virtuellen Prototypen die Entwicklung von Produktionswerkzeugen, lange bevor die Produktionsstraße gebaut wird. Schließlich ist es sogar praktikabel, den kompletten Ablauf der Produktion zu simulieren, inklusive aller relevanten Bereiche wie Manufacturing, Controlling, Logistik, Finanzen und Marketing (Anderl 2006). So stellen diese Modelle heute nicht nur Repräsentationen des Designs oder einer bestimmten Funktionalität dar, andere Bereiche wie z. B. das Controlling sind unmittelbar daran gekoppelt. Die Modelle (ob virtuell oder physisch) lassen sich bis auf einzelne Bauteile anhand von digitalisierten Stücklisten¹³ herunterbrechen, die Teil spezialisierter Software wie z. B. SAP Automotive sind oder die auf eine andere Weise in die CAD-Programme integriert werden. Die Entstehung sogenannter integrierter Produktdatenmanagement-Systeme (PDM) bildet die Basis für eine neue Arbeitsorganisation. Der weltweite Zugang zu Echtzeitdaten ebenso wie die Verfügbarkeit einer gut ausgebildeten Engineering-Workforce kann als wesentliche Bedingung für die weitere Entwicklung angesehen werden. Prozessuale Schritt-für-Schritt-Methoden wurden durch gleichzeitig verlaufende Praktiken, dem Simultaneous Engineering, ersetzt. Der Produktentwicklungsprozess wird damit in stärker modularisierten, iterativen und überlappenden Phasen organisiert, was die benötigte Zeit für einzelne Abschnitte reduzieren soll. Dies verstärkt allerdings die Projektifizierung der Entwicklungsarbeit, denn in der Konsequenz müssen gleichzeitig mehrere Fahrzeugprojekte in jeweils unterschiedlichen Phasen von den Beschäftigten bearbeitet werden. Das verstärkt den Bedarf an Kommunikation mit allen Beteiligten, auch außerhalb des Engineerings, wie z. B. dem Marketing, dem Controlling oder der Produktionsplanung. Eine weitere Folge der Virtualisierung ist die zunehmende Kooperation im Bereich des Engineerings. Ging es in den 1980er und 1990er Jahren vor allem um die Reduzierung der Fertigungstiefe (Altmann/Sauer 1989), wurde in der vergangenen Dekade ebenfalls die Entwicklungstiefe stark reduziert (Schamp et al. 2004; VDA 2004). Folglich verschwimmen die Abgrenzungen zwischen Zulieferer und Dienstleister stetig. Globale und lokale Engineering-Netzwerke entstehen.

Weitere Entwicklungstendenzen der Ingenieursarbeit, die in den vergangenen Jahren diagnostiziert wurden, sind die Ausweitung der Projektarbeit bei gleichzeitig steigendem Zeit- und Kostendruck sowie höhere Ansprüche an die Selbstorganisationsfähigkeit. Tendenzen einer Standardisierung der Arbeit, zunehmende Dokumentations- und Abstimmungstätigkeiten, ein erhöhter Kommunikations- und Koordinationsaufwand sowie eine Verschiebung von Kreativ- zu Verwaltungsarbeit, die auch

¹³ Eine Stückliste verzeichnet alle relevanten Bauteile eines Objektes und ist gleichzeitig so strukturiert, dass sich aus ihr die Anordnung der einzelnen Produkte oder Baugruppen ergeben können (Eigner et al. 2014: 242 f.). Wie die doppelte Buchführung eine wichtige Etappe der Informatisierung insgesamt markiert, so kennzeichnet die Einführung der Stückliste als Abstraktion des physischen Produkts einen bedeutsamen Abschnitt in der Informatisierung des Engineerings.

unter *Entkernung*¹⁴ gefasst wird, kennzeichnen die Entwicklung. Zudem sehen sich die Beschäftigten dem Dilemma ausgesetzt, einerseits eine größere Verantwortung aufgrund des globalen Zusammenhangs zu haben und andererseits über weniger Autonomie zu verfügen, um dieser zu begegnen. Unsicherheitserfahrungen nehmen in den von Offshoring betroffenen Unternehmen zu (Kurz 2007; Greif 2007; Will-Zocholl 2011; Vester et al. 2007; zu den vergleichbaren Entwicklungen in der IT-Industrie s. Kämpf 2008). Diese Veränderungen werden im Zuge der Virtualisierung noch verstärkt bzw. wurden erst durch sie ermöglicht, wie z. B. eine Standardisierung und Globalisierung¹⁵ der Arbeitsorganisation.

Insgesamt ist der Umgang mit Virtualisierung von hohen Erwartungen seitens des Managements an die Globalisierung und an die weltweite Verteilung von Entwicklungsaufgaben geprägt. Dies führt dazu, dass das Management geneigt ist, der Verlockung des Virtuellen zu unterliegen und dabei Widersprüche, die sich in der Arbeit, aber auch auf Ebene der Organisation zeigen, nicht wahrzunehmen oder anderen Ursachen zuzusprechen.

5 Widersprüche der Verlockung des Virtuellen – aus den Fallunternehmen

Mit Blick auf die Ergebnisse der Fallstudien wird deutlich, dass die Veränderungen in der Praxis und aus Sicht der betroffenen Ingenieur*innen viel widersprüchlicher ausfallen, als sie in den optimistischen Erwartungen formuliert werden. Es lassen sich dabei vor allem drei Dimensionen identifizieren, in denen Widersprüche der Verlockung des Virtuellen sichtbar werden: erstens in Bezug auf das Verhältnis der virtuellen zu den physischen Modellen, zweitens mit Blick auf die Organisation einer globalen Arbeitsteilung und drittens hinsichtlich der Standardisierung von Arbeit. In diesen Feldern stoßen gegenwärtige Entwicklungen an Grenzen, die auf unterschiedlichen Ebenen – in der technologischen Komponente, dem eingeschränkten Blickwinkel der Manager*innen und Techniker*innen oder auch in Qualifikationsproblemen – liegen können.

5.1 Zum Verhältnis zwischen Simulation, virtuellen und physischen Prototypen

Mit der Informatisierung und insbesondere der Virtualisierung stellt sich die Frage nach der Gestaltung des Verhältnisses der informations- und wissensbezogenen Prozesse einerseits und den materiellen Gegebenheiten des Arbeitsgegenstandes andererseits in neuer Qualität. Diese gilt es zu gestalten. Denn aufgrund der detailgenauen Abbildung von Komponenten und kompletten Fahrzeugen inklusive der Funktionalitäten entsteht der Eindruck, dass es sich um das reale Fahrzeug selbst handelt. Das ist offensichtlich auch der Grund, warum das Potential der Virtualisierung der Produktentwicklung von Manager*innen, die über Engineering-Strategien entscheiden, überbewertet wird (Bailey et al. 2012; Will-Zocholl 2016; Schilcher et al. 2011).

¹⁴ Der Begriff der Entkernung fokussiert auf eine Verschiebung der ingenieurwissenschaftlichen Kerntätigkeiten (Kurz 2007; Will-Zocholl 2011).

¹⁵ Hier lässt sich in Anlehnung an Flecker/Mail (2010) auch von einer Globalisierung durch die Hintertür sprechen, die mit einer weiteren Bürokratisierung der Tätigkeiten einhergeht.

Die Fallunternehmen bemerken erst im Laufe der Zeit, dass die Auslagerungsstandorte umfassendere Kompetenzen benötigen oder mehr Unterstützung bedürfen, wie es das Beispiel von FirstTier1 zeigt, als Teile des Fahrzeugversuchsbereichs an einen osteuropäischen Standort verlagert wurden. Zunächst wurden ausschließlich simulierte Tests übernommen, dann aber zeigte sich, dass ebenfalls reale Tests notwendig sind:

„[D]en Fahrversuch, den bauen wir gerade da auf [...]. Deswegen brauchen wir einerseits eine Strecke da und wir brauchen aber auch die Autos da. Und gerade Prototypen sind sehr teuer und deshalb sehr rar. [D]a muss man sich dann mit dem Kunden und anderen Abteilungen, da entwickelt ja jeder an dem Auto rum, nicht nur wir mit unserer [Komponente], muss man sich die Fahrzeuge teilen und die dann auch noch mit [dem osteuropäischen Standort] teilen, das wird innerhalb unserer Organisation auch noch eine Schwierigkeit. Deswegen kann ich nicht so einfach sagen, entweder mach ich's da oder hier.“ (FirstTier1P1: 205-217)

An diesem Beispiel werden nicht intendierte Folgen der Verlagerung von Arbeits- und Aufgabenbereichen an einen vermeintlich günstigeren Standort sichtbar: Nachdem einerseits der Standort aufgebaut wurde, um Entwicklungskosten zu sparen (insbesondere die Personalkosten der deutschen Ingenieur*innen), muss man nun andererseits die Ausgaben für einen weiteren Prototypen oder zumindest die für den Transport durch halb Europa selbst tragen (der Prototyp darf auf der Straße nicht eingesetzt werden). Die Verfügbarkeit digitaler Daten und virtueller Prototypen erlaubt es, Entwicklungsarbeit in kleinere, beliebigere Teile zu untergliedern als zuvor, Routinearbeiten wie Simulationen und Berechnungen zu separieren und dann auf mehrere Individuen zu verteilen. Dabei wird die Verbindung zwischen physischen und virtuellen Prototypen aber unterschätzt. Nicht alles, was bisher simuliert wird, kann eins zu eins auf die physischen Prototypen übertragen werden. Welche Probleme sich daraus ergeben können, manifestiert sich beispielsweise in der stetig steigenden Anzahl an Rückrufaktionen der Automobilkonzerne (CAM 2015).

Die Ergebnisse stützen jene von Bailey et al. 2012, die in ihrer Studie zur amerikanischen Autoindustrie ebenfalls konstatieren, dass die Möglichkeiten, auf Basis virtueller Modelle und mittels Simulationen zu arbeiten, durch das Management überschätzt werden (ebd.: 1485). Ähnliches gilt für die Universitäten, die vermitteln, dass die Digitalisierung des Arbeitsobjektes und seine Verfügbarkeit im Informationsraum dazu führen, dass Arbeit ortsunabhängig organisiert wird und sie überall auf der Welt in derselben Erscheinungsform wahrgenommen wird¹⁶. Die Erwartungen verstärkten sich zudem, weil die technische Entwicklung, z. B. die Übertragungskapazität des Internets oder die Verfügbarkeit von In-time-Datenbanken, schneller als zunächst angenommen verlief. Die Ingenieur*innen auf der operativen Ebene, die noch beide Welten kennen, zeichnen ein realistischeres Bild. Sie beschreiben, wie die stofflich-materielle Seite existent (und wichtig) bleibt, obwohl die Modelle virtuell sind. Verführerisch ist dabei, dass die heutigen virtuellen Modelle die Chance bieten, Funktionalitäten zu testen (u. a. auch Crashtests). Dadurch, dass sie so echt anmuten, werden sie vermeintlich als Substitute physischer Prototypen angesehen, was

¹⁶ Vgl. dazu auch Hubig (2015).

sie aber nicht sind. Denn sie beruhen viel stärker als zuvor auf Abstraktionen im Sinne von theoretischen Annahmen und mathematischen Berechnungen. Insofern sind die Erscheinungsformen solcher Modelle nicht mehr als Ableitungen von Wahrscheinlichkeiten unter bestimmten Bedingungen. Im Vergleich mit früheren Modellen, die den physischen Prototypen vorausgingen, z. B. solche aus Holzstäbchen, erscheinen sie nur konkreter. Zudem haben sich die Qualifikationen und Kompetenzen im Zuge der weiteren Informatisierung divergent entwickelt. Spezialisierungsprozesse führen dazu, dass die physische und die virtuelle Welt noch weiter auseinanderdriften. Menschen, die keinerlei Erfahrung mehr in der physischen Welt haben, sind nicht in der Lage, die Ergebnisse der Tests und Berechnungen von der virtuellen in die reale Welt zu übertragen, sondern betrachten die Ergebnisse vielmehr als selbstverständlich (oder übernehmen sie eins zu eins). Die Syntheseleistung des Rückbindens an die materielle Beschaffenheit der Bauteile ist eine notwendige Bedingung für die Entwicklung neuer Produkte. So ist es eben nicht möglich, ausschließlich mit virtuellen Repräsentationen zu arbeiten, ohne zuvor Erfahrungen mit physischen Entitäten gemacht zu haben. Auch ein Zerlegen von Konstruktionsarbeitsgängen in beliebige Teilstücke, um die Arbeitsteilung auszuweiten, ist nicht bis ins kleinste Detail realisierbar, denn die Teilstücke werden durch ihre physische Funktionalität begrenzt. In der Folge zeigt sich, dass die Produktentwicklung viel stärker lokal gebunden ist, als das Management dies denkt. Es sieht so aus, als ließe sich längst nicht alles (Wissen), was zuvor relevant gewesen ist (auch in Verbindung mit den Zeichnungen und Zeichenbrettern), in eine digitalisierte Welt transferieren.

5.2 Fragile Kooperationen in der globalen Entwicklungszusammenarbeit

Die Virtualisierung von Ingenieursarbeit führt zu einer globaleren Arbeitsteilung, die in Kombination mit dem Trend, die Entwicklungstiefe ebenfalls zu reduzieren, einen höheren Bedarf an Kooperation hervorruft. In den Fallstudien zeigen sich neue Formen der globalen Zusammenarbeit, für die bisher noch kein Koordinationsmechanismus gefunden werden konnte. Die Ansätze, in den untersuchten Unternehmen *Global-Engineering*-Strategien umzusetzen, divergieren. MassCar verfolgt eine solche Strategie, in die alle zugehörigen, weltweit verteilten Entwicklungszentren eingebunden sind. FirstTier1 und FirstTier2 verwenden den Ansatz eher als „Best-Sourcing-Strategie“, um Arbeit in Niedrig-Lohnländer zu verlagern. Als Global Engineering wird mitunter auch verstanden, bei den Zulieferern einen bestimmten Anteil an Offshoring-Outsourcing einzufordern (und bei den Angeboten einpreisen zu lassen). Bisher wird vor allem auf ein Konzept gesetzt, das als „Follow-the-sun“-Strategie, das Ausnutzen unterschiedlicher Zeitzonen fokussiert. Dabei werden hauptsächlich Standardtätigkeiten wie Berechnungen oder Test-Simulationen an anderen Standorten erledigt, um Zeit einzusparen. Die verschiedenen Herangehensweisen der Fallunternehmen verdeutlichen, dass die Suchprozesse noch nicht abgeschlossen sind. Bei diesen Formen der globalen Zusammenarbeit treten Standardschwierigkeiten verteilten Arbeitens, die z. B. durch unterschiedliche Kulturen, Sprachschwierigkeiten oder Probleme der Zeitkoordination verursacht werden, auf. Sie täuschen gelegentlich über darunterliegende Probleme wie Interessenkonflikte hinweg, die unter kompetitiven Bedingungen zwangsläufig entstehen. Dies passiert innerhalb

verschiedener Standorte einer Firma und zwischen eigenständigen Unternehmen. Outsourcing, speziell zu osteuropäischen Standorten, hat einen disziplinierenden Effekt auf die verbleibenden Beschäftigten, sehen sie doch den eigenen Job zur Disposition gestellt. Angesichts der Herausforderungen, die im Zuge der Reorganisationsprozesse an sie herangetragen werden, befinden sich die Ingenieur*innen in einem Widerspruch zwischen aktiven Widerstand, passiver Blockade und Resignation, den sie bisher nicht zu lösen vermögen.

Eine weitere Herausforderung der globalen Zusammenarbeit unter kompetitiven Bedingungen ist eine juristische: Bei MassCar kam es zu Schwierigkeiten in Bezug auf die Eigentumsrechte. Die verschiedenen globalen Entwicklungsstandorte des Unternehmens sollen nicht nur gemeinsam entwickeln, sie konkurrieren gleichzeitig um Aufträge und Verantwortlichkeiten. Eine Verrechnungsstelle für geistiges Eigentum wurde geschaffen, die sicherstellen soll, dass Rechte an Daten und Informationen berücksichtigt werden, um dann einen Ausgleich für deren Nutzung zwischen den beteiligten Entwicklungsstandorten herzustellen. Dies löst das Dilemma, in dem sich die Beschäftigten am deutschen Standort befinden, nur bedingt. Zwar werden nun relevante Daten ausgetauscht, allerdings so minimal wie möglich. Denn die Standortkonkurrenz besteht weiter fort, konkurrieren doch die einzelnen Niederlassungen bei jedem neuen Projekt um Fähigkeiten, Kompetenzen und vor allen „Head Counts“¹⁷.

Bisher wird versucht, diesen Kooperationsproblemen mit klassischen Methoden zu begegnen, die aber das eigentliche Ziel, den Aufwand für Reisen zu minimieren oder Arbeit effektiv zu organisieren, nicht erreichen. Zwei Beispiele sollen an dieser Stelle genannt werden. Das erste bezieht sich auf die Entwicklung einer Mittel-Klasse-Plattform bei MassCar. Es wurde ein Engineering-Prozess aufgesetzt, in den alle zugehörigen Standorte eingebunden waren, die diese später für ihre lokalen Marken nutzen würden. Dem globalen Team standen Video- und Telefonkonferenzen sowie virtuelle Teamumgebungen zur Verfügung, um ihre Kommunikation und ihr gemeinsames Arbeiten zu organisieren, aber sie hatten große Schwierigkeiten, die auftretenden Probleme zu lösen, wie es einer der Beteiligten schildert:

„Wir hatten z. B. einen globalen Prozess, da hat es also jede Woche eine Telefonkonferenz gegeben, über zwei bis drei Stunden und die Leute waren einfach nicht in der Lage, sich zu einigen. Irgendwann waren die Fronten so verhärtet, die haben kaum noch vernünftig miteinander gesprochen. Und dann haben wir irgendwann gesagt: ‚Ok, jetzt machen wir einen Vier-Tages-Workshop [...]‘ Und die sind dann nach vier Tagen rausgekommen und 80 % der Probleme, die sie das letzte Jahr nicht in der Lage waren zu lösen, waren geklärt. Weil sie auf einmal im persönlichen Gespräch festgestellt [haben]: ‚Wir sind gar nicht so weit auseinander.‘“ (MassCarS1a: 698-715)

Das Unternehmen sucht im Rahmen der globalen Zusammenarbeit nach einem geeigneten Mix aus lokalen und verteilten Methoden der Zusammenarbeit. Ein weiteres Plattform-Projekt lief so schlecht, dass schließlich entschieden wurde, alle Beteiligten für zwei Jahre am Standort des deutschen Entwicklungszentrums zusammenzuzie-

¹⁷ Dabei sehen sich die deutschen Beschäftigten im Nachteil, denn um im Gesamtpreis konkurrenzfähig zu bleiben, müssen sie mit weniger „Köpfen“ den gleichen Arbeitsumfang leisten.

hen. Die Beispiele verdeutlichen, dass verteiltes Arbeiten trotz aller technologischen Möglichkeiten voraussetzungsvoll ist. Diese Erkenntnis führte bei PremCar zu einem Experiment bezüglich der Entwicklung eines Konzeptautos für einen Autosalon: Im „Projekthaus“ wurden alle Beteiligten in einem Gebäude um das zu entwickelnde Fahrzeug herum gruppiert. Die Büros waren so angeordnet, dass jede/r sehen konnte, wenn jemand am physischen Prototypen in der Mitte des Gebäudes (Halle) arbeitete. Umgekehrt war ebenfalls sichtbar, wer gerade in seinem Büro war. Dies erlaubte den Kolleg*innen, dass sie sich auf sehr kurzen Wegen aufsuchen und über Ideen, Schwierigkeiten, Kollisionen und dergleichen unterhalten konnten. Das Ergebnis dieses Entwurfsprozesses wurde als sehr gelungen bewertet und die Arbeit als vergleichsweise effizient. Gleichzeitig wurde darauf verwiesen, dass die Entwicklung „echter“ Fahrzeuge zu komplex sei und zu viele Menschen daran beteiligt seien, um sie auf diese Weise zu organisieren. Bei anderen Projekten wird versucht, zumindest für bestimmte Arbeiten im Produktentwicklungsprozess eine räumliche Nähe zu schaffen (durch Arbeitsplätze im gleichen Gebäude oder dadurch, dass auch Zulieferer und Entwicklungsdienstleister auf PremCar-eigenen Flächen beherbergt werden).

Die Bezüge in der Entwicklung werden globaler und vom Management wird eine stärkere Reorganisation von Arbeit durch den Informationsraum gewünscht sowie – je nach Unternehmen – auch vorangetrieben. Gleichzeitig zeigt sich, dass bisher Strategien fehlen, um insbesondere im Konfliktfall handlungsfähig zu bleiben. Wenn Entwicklungsarbeit über das Prinzip verlängerter Werkbänke hinaus reorganisiert werden soll, braucht es mehr als das Aufsetzen von virtuellen Teamräumen, wie sie z. B. die Software TeamCenter bereitstellt, oder semantischer Kommentierungen von Digital Mock-Ups (Völz 2011).

5.3 Standardisierung von Prozessen und Wissen

Virtualisierung geht mit Globalisierung und Standardisierung in den Fallunternehmen Hand in Hand. Treibende Kraft ist dabei das Management, das verteilte Prozesse auf einheitliche Weise, am besten im globalen Maßstab, kontrollieren und steuern möchte. Um das zu gewährleisten, wird versucht, Abläufe weltweit anzugleichen. Daraus resultieren unterschiedliche Problemlagen, auf die im Folgenden eingegangen wird.

Unter diesen Bedingungen nimmt eine stärkere Orientierung an Prozessen zu, was die Ingenieur*innen als ungünstige Entwicklung betrachten:

„Es geht dann weniger um das Produkt selbst als um die Prozesse und hinter jedem Prozess stehen halt auch Leute, die diese Prozesse tracken, sprich die Projektingenieure verfolgen, um zu schauen, dass die auch ja die Prozesse einhalten. Das tut nicht immer dem Produkt gut, weil das manchmal vernachlässigt wird, und das ist halt so ein Problem, was wir in dieser ganzen Reorganisation schon sehen. Zu viele Prozesse.“ (MassCarP5:31)

In erster Linie steigt zusätzlich zu den ohnehin schon umfangreichen rechtlichen Anforderungen die Anzahl der Dokumentationen. Denn die Prozesse müssen vor einem weiteren Standardisierungsschritt umfassend beschrieben werden. Das betrifft vor allem die deutschen MassCar-Standorte, die bisher weniger dokumentiert haben, weil sie sehr stark über das Erfahrungswissen der einzelnen Ingenieur*innen organisiert sind. Anders verhält sich das in den USA, wo der Dokumentationsaufwand im-

mer schon höher gewesen ist, weil Stellen häufiger mit neuen Personen besetzt werden und diese sich dann in die jeweiligen Prozesse und Abläufe erst einfinden müssen. Das spiegelt sich auch im Vergleich der Fallunternehmen wider. Mit seinem zentralen deutschen Engineering zeigt PremCar nur schwache Standardisierungsbestrebungen, während MassCar aufgrund des amerikanischen Mutterkonzerns und der Zusammenarbeit mit den weltweit verteilten Engineering-Zentren stärker versucht, Prozesse global in Einklang zu bringen, zu „harmonisieren“, wie es dort heißt.

Es wird deutlich, dass vermeintlich gleiche Prozesse trotz detailreicher Dokumentationen nicht zum gleichen Ziel führen müssen. Es entstehen große Datenbanken und neue IuK-Systeme werden implementiert, um die Arbeitsabläufe weiter anzugleichen. Allein die Tatsache, dass viele unterschiedliche lokale Software-Versionen im Einsatz sind und bisher nicht einmal die technische Angleichung gelingen mag, offenbart, wie schwierig sich diese Strategie gestaltet.

„Ja, der Aufwand für die Dokumentation, die Genauigkeit für die Dokumentation ist viel größer geworden als bei früheren Projekten. [...] Wobei hier natürlich versucht wird, das Ganze auch zu globalisieren, d. h., dass ein amerikanisches Ablagesystem oder Dokumentationsystem das gleiche sein sollte wie hier. Genauso wie in Korea, China und in Australien. Das ist natürlich eine ziemliche Herausforderung, weil die Systeme, die dahinterstehen, nicht unbedingt die gleichen sind und angepasst werden müssen.“ (MassCarP7: 118)

Zudem führt eine Standardisierung von Prozessen und Dokumentationen nicht automatisch zu Uniformität. Um dennoch die Arbeitsteilung zu erhöhen, wird versucht, eine Kodifizierung von Wissen voranzutreiben, d. h. die Umwandlung von „tacit knowledge“ (Polanyi 1967) oder „working knowledge“ (Harper 1987) in eine für die Organisation brauchbare Form wird angestrebt. Eine vom Erfahrungswissen (Böhle 2003; Böhle/Millkau 1988b) der einzelnen Beschäftigten unabhängige Form des Wissens ist das Ziel. Aber diese kann nicht einfach vom menschlichen Körper extrahiert und für die globale Verteilung wissensintensiver Arbeit genutzt werden, jedenfalls nicht über ein gängiges Wissensmanagement-System. Der Gedanke, Wissen aus den Körpern herauszufiltern, ist nicht neu, wird allerdings im Zusammenhang mit verteiltem Arbeiten verstärkt relevant. Denn das Problem, dass das Arbeitshandeln der Ingenieur*innen eben nicht auf der gesamten Welt identisch ist und die virtuellen Repräsentationen offen (auch offener als zuvor Zeichnungen) sind und deshalb unterschiedlich interpretiert werden können, soll gelöst werden. Bisher ist das Ingenieurshandeln nicht derart standardisiert, dass es von verschiedenen Personen angewendet zum gleichen Ergebnis führt. Zudem unterscheidet sich die Ausbildung der Ingenieur*innen in den einzelnen Ländern. Der Versuch, ihre Arbeit weiter zu standardisieren und letztendlich in Teilen zu automatisieren, führt laut eines Engineering-Managers bei MassCar dazu, dass jegliche Freiheitsgrade in der Ausführung der Tätigkeiten beschnitten werden. Die Vorgaben müssten so streng und genau sein, dass – im übertragenen Sinn, es wird ja mit CAD-Programmen gearbeitet – eine Beschreibung erforderlich sei, wie der Stift zu halten und in welcher Ecke mit welchem Strich zu beginnen ist. Und dennoch wäre es im Ergebnis eine andere Zeichnung. Nicht zuletzt deshalb passiert es, dass die Ingenieur*innen der Niedrig-Lohn-Standorte (aber auch anderer Niederlassungen) nach Deutschland gesandt werden, um dort

von den Kolleg*innen zu lernen – an einem Ort, face-to-face und in der Anwesenheit physischer Prototypen. Ob das Problem der Standardisierung grundsätzlich lösbar ist, wird sich zeigen. Es ist jedoch zumindest anzunehmen, dass sich die Problematik abschwächt, wenn diese Entwicklungen stärker in die Aus- und Weiterbildung ein- geht und sich auf diese Weise im Erfahrungswissen abbildet.

6 Fazit

Die Möglichkeit, virtuelle Modelle in der Produktentwicklung nutzen zu können, ist verlockend. Einer der interviewten Manager sah die Zukunft des Engineerings gar gänzlich in der virtuellen Welt des *Second Life*. Die Erfahrungen jener, die in ihrer täglichen Praxis mit den Konsequenzen der Digitalisierung und Virtualisierung umgehen, zeigen, dass sich die Einlösung dieser Visionen schwieriger, da widersprüchlicher und herausfordernder, gestaltet als erwartet. Insbesondere drei Widersprüche der Verlockung des Virtuellen lassen sich identifizieren.

Erstens: Das Unterschätzen des Verhältnisses von virtuellen zu physischen Prototypen und das Überschätzen der Simulation (s. auch Hubig 2015). Im Vergleich zur Handhabung von physischen Modellen gestaltet sich der Umgang mit virtuellen Prototypen und den damit erzielten Testergebnissen problematisch. Virtuelle Modelle sind – auch wenn sie so „real“ erscheinen – abstrakter, als es die früher in der Produktentwicklung genutzten Modelle waren. Diese Abstraktheit bildet eine Limitation: Virtuelle Modelle sind kein kompletter Ersatz für physische Prototypen. Umso wichtiger ist die Erfahrung der Beschäftigten mit Letzteren, weil eine Übersetzungsleistung oder Interpretation der Simulationsergebnisse notwendig wird, die nicht hoch genug bewertet werden kann. Diese Herausforderung muss für ein zukünftiges Arbeiten im Informationsraum gelöst werden.

Zweitens: Brüchige globale Kooperationen anstatt friktionsloser Organisationen. In den untersuchten Unternehmen zeigt sich, insbesondere im Fall der global zur Zusammenarbeit gezwungenen Standorte, dass unter Wettbewerbsbedingungen Kooperation enorm schwierig ist und allein in den Informationsraum verlegtes Zusammenarbeiten nicht funktioniert. In der Regel wird mit klassischen Lösungsversuchen agiert, wie das Zusammenziehen des Teams auf Zeit im MassCar-Projekt oder das Projekthaus bei PremCar exemplarisch veranschaulichen. Die Beispiele verdeutlichen, dass es zwar Ansätze gibt, wie die globale Kooperation organisiert werden kann, dass aber noch Gestaltungspotential besteht.

Drittens: Die Standardisierung von Arbeit im Zuge einer Intensivierung der Arbeitsteilung anstelle der Zunahme von Autonomie und kreativer, selbstbestimmter Arbeit. Auf die verstärkte globale Arbeitsteilung wird damit reagiert, Prozesse zu standardisieren. Dies erfordert auch eine Standardisierung von Arbeit; es wird eine Rationalisierung von Ingenieursarbeit¹⁸ sichtbar. Die Beziehung zwischen Globalisierung und Standardisierung ist eine wechselseitige: Einerseits ermöglicht Standardisierung eine globale Arbeitsteilung und andererseits verstärkt die Globalisierung wie-

¹⁸ Das offenbart sich, wenn man die gesamte Bandbreite der Veränderungen von Ingenieursarbeit betrachtet (vgl. Will-Zocholl 2011).

derum Standardisierungsprozesse. Bisher wird versucht, Standardisierungen über zunehmende Dokumentation und den Einsatz von IT-Systemen zu erreichen. Dabei wird deutlich, dass Entwicklungsarbeit – im Vergleich zur Arbeit in der Softwareentwicklung – nur begrenzt standardisierbar ist. Das bisherige Vorgehen, diesem Problem mit noch mehr Standardisierung (und Spezialisierung z. B. in der Ausbildung) zu begegnen, löst diese Herausforderung nicht.

Die aktuelle Entwicklung zeigt, dass im Engineering die Suchprozesse nach Strategien für einen sinnvollen Einsatz der Virtualisierung noch andauern. Sie weist noch viele Widersprüche und Begrenzungen auf. Ein hoher Gestaltungsbedarf in den Betrieben, in der Ausbildung und der Qualifizierung ist augenscheinlich. Für die Arbeits- und Industriosozologie ist es von großer Bedeutung, die Widersprüche, Optionen und Problemlagen in der aktuellen Diskussion um Digitalisierung und Virtualisierung zu identifizieren, Position zu beziehen und sich in die Debatten einzubringen. Das ist wichtig, um die Deutungsmacht dieser Veränderungen nicht den Technikwissenschaften oder Visionären der großen Internetkonzerne zu überlassen.

Literatur

- Altmann, Norbert; Sauer, Dieter (Hg.) (1989): Systemische Rationalisierung und Zulieferindustrie - Sozialwissenschaftliche Aspekte zwischenbetrieblicher Arbeitsteilung. Frankfurt, New York.
- Anderl, Reiner (2006): Virtuelle Produktentwicklung in der Automobilindustrie. In: Baukrowitz, Andrea; Berker, Thomas; Boes, Andreas; Pfeiffer, Sabine; Schmiede, Rudi; Will, Mascha (Hg.): Informatisierung der Arbeit – Gesellschaft im Umbruch. Berlin, S. 37-52.
- Aspray, William; Mayadas, Frank; Vardi, Moshe (Hg.) (2006): Globalization and Offshoring of Software. In: Research Report of the Association for Computing Machinery (ACM). Internet: <http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g61226a06j.pdf> [zuletzt aufgesucht am 08.04.2016].
- Bailey, Diane E.; Leonardi, Paul M.; Barley, Stephen R. (2012): The Lure of the Virtual. In: Organization Science, Jg. 23, H. 5, S. 1485-1504.
- Baukrowitz, Andrea (1996): Neue Produktionsmethoden mit alten EDV-Konzepten? Zu den Eigenschaften moderner Informations- und Kommunikationssysteme jenseits des Automatisierungsparadigmas. In: Schmiede, Rudi (Hg.): Virtuelle Arbeitswelten. Arbeit, Produktion und Subjekt in der „Informationsgesellschaft“. Berlin, S. 49-77.
- Baukrowitz, Andrea; Berker, Thomas; Boes, Andreas; Pfeiffer, Sabine; Schmiede, Rudi; Will, Mascha (Hg.) (2006): Informatisierung der Arbeit – Gesellschaft im Umbruch. Berlin.
- Baukrowitz, Andrea; Boes, Andreas (1996): Arbeit in der „Informationsgesellschaft“. In: Schmiede, Rudi (Hg.): Virtuelle Arbeitswelten. Arbeit, Produktion und Subjekt in der „Informationsgesellschaft“. Berlin, S. 129-158.
- Benner, Christiane (Hg.) (2014): Crowd Work – Zurück in die Zukunft. Frankfurt am Main.

- BMAS (2015): Forschungsbericht 455. Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Berlin.
- Boes, Andreas (2005): Informatisierung. In: SOFI, IAB, ISF und INIFES (Hg.): Berichterstattung zur sozioökonomischen Entwicklung in Deutschland. Wiesbaden, S. 211-244.
- Boes Andreas; Kämpf, Tobias (2007): The Nexus of Informatisation and Internationalisation – A New Stage in the Internationalisation of Labour in Globalised Working Environments. In: Work Organisation, Labour and Globalisation, Jg. 1, H. 2, S. 193-208.
- Boes, Andreas; Kämpf, Tobias; Langes, Barbara; Lühr, Thomas; Steglich, Steffen (2014): Cloudworking und die Zukunft der Arbeit – Kritische Analysen am Beispiel der Strategie „Generation Open“ von IBM. Kassel.
- Böhle, Fritz (2003): Wissenschaft und Erfahrungswissen. Erscheinungsformen, Voraussetzungen und Folgen einer Pluralisierung des Wissens. In: Böschen, Stefan; Schulz-Schaeffer, Ingo (Hg.): Wissenschaft in der Wissensgesellschaft. Wiesbaden, S. 143-177.
- Böhle, Fritz; Milkau, Brigitte (1988a): Vom Handrad zum Bildschirm. Frankfurt am Main, New York.
- Böhle, Fritz; Milkau, Brigitte (1988b): Sinnliche Erfahrung und Erfahrungswissen im industriellen Arbeitsprozess. Sonderforschungsbereich 333 der Universität München, Arbeitspapier 13. München. Internet: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-100609> [zuletzt aufgesucht am 01.03.2016].
- Bolte, Annegret (1995): „Beim CAD geht das Konstruieren langsamer als das Denken“. Zum Einfluss des Einsatzes von CAD-Systemen auf das Arbeitshandeln von Planern. In: Arbeit, Jg. 7, H. 4, S. 362-379.
- Brynjolfsson, Eric; McAfee, Andrew (2014): The Second Machine Age: Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird. Kulmbach.
- Castells, Manuel (1996): The Information Age: Economy, Society, and Culture, Volume 1: The Rise of the Network Society. Oxford, Malden MA.
- Center of Automotive Management (CAM) (2015): Automotive Performance 2015. Bergisch-Gladbach.
- Continental (Hg.) (2006): In Search of Global Engineering Excellence. Educating the next Generation of Engineers for the Global Workplace. Hannover.
- Ducker, Chris (2014): Virtual Freedom. How to Work with Virtual Staff to Buy More Time, Become More Productive, and Build Your Dream Business. Dallas.
- Eigner, Martin; Roubanov, Daniil; Zafirov, Radoslav (Hg.) (2014): Modellbasierte Virtuelle Produktentwicklung. Berlin, Heidelberg.
- Esposito, Elena (1993): Der Computer als Medium und Maschine. In: Zeitschrift für Soziologie, Jg. 22, H. 5, S. 338-354.
- Flecker, Jörg; Meil, Pamela (2010): Organisational restructuring and emerging service value chains – implications for work and employment. In: Work, Employment and Society, Jg. 24, H. 4, S. 1-19.
- Flecker, Jörg; Huws, Ursula (2004): Asian Emergence: The World's Back Office? IES Report 409. Brighton.
- Frayseé, Olivier; O'Neil, Mathieu (2015): Digital Labour and Prosumer Capitalism. London.

- Frey, Carl B.; Osborne, Michael A. (2013): *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization*. University of Oxford.
- Gleeson-White, Jane (2014): *Soll und Haben. Die doppelte Buchführung und die Entstehung des modernen Kapitalismus*. Stuttgart.
- Giddens, Anthony (1984): *The Constitution of Society: Outline of the Theory of Structuration*. Cambridge.
- Greif, Moniko 2007: *Das Berufsbild der Ingenieurin und des Ingenieurs – eine Einführung*. In: Greif, Moniko (Hg.): *Das Berufsbild der Ingenieurinnen und Ingenieure im Wandel*. VDI-Report, Bd. 37. Düsseldorf, S. 7–16.
- Greif, Moniko (Hg.) (2007): *Das Berufsbild der Ingenieurinnen und Ingenieure im Wandel*. VDI-Report, Bd. 37. Düsseldorf.
- Hardy, Jane; Hollinshead, Graham (2011): *The Embeddedness of Software Development in Ukraine: An Offshoring Country Perspective*. In: *European Planning Studies*, Jg. 19, H. 9, S. 1633-1650.
- Harper, Douglas (1987): *Working Knowledge. Skill and Community in a Small Shop*. Berkeley, Los Angeles.
- Harvey, David (1989): *The Condition of Postmodernity: An Enquiry into the Origins of Cultural Change*. Oxford.
- Hubig, Christoph (2015): *Simulationen wovon und Simulationen wofür – Virtual Realities und Virtual Actualities als Herausforderungen pragmatischer Wahrheitstheorie*. Vortrag auf dem SAS-Workshop am 12.10.2015 in Stuttgart.
- Hubig, Christoph (2013): *Virtualisierung der Technik – Virtualisierung der Lebenswelt. Neue Herausforderungen für eine Technikethik als Ermöglichungsethik*. Internet: http://www.philosophie.tu-darmstadt.de/media/institut_fuer_philosophie/diesunddas/hubig/downloadshubig/virtualisierung_der_technik__virtualisierung_der_lebenswelt.pdf [zuletzt aufgesucht am 02.02.2016].
- Huws, Ursula (2003): *The Making of a Cybertariat: Virtual Work in a Real World*. New York.
- Kämpf, Tobias (2008): *Die neue Unsicherheit. Folgen der Globalisierung für hochqualifizierte Arbeitnehmer*. Frankfurt am Main, New York.
- Kratzer, Nick (2003): *Arbeitskraft in Entgrenzung. Grenzenlose Anforderungen, erweiterte Spielräume, begrenzte Ressourcen*. Berlin.
- Kurtzberg, Terri (2014): *Virtual Teams: Mastering Communication and Collaboration in the Digital Age*. New York.
- Kurz, Constanze (2007): *Kompetenzprofile der Ingenieurinnen und Ingenieure im Wandel?* In: Greif, Moniko (Hg.): *Das Berufsbild der Ingenieurinnen und Ingenieure im Wandel*. VDI-Report, Bd. 37. Düsseldorf, S. 51-72.
- Lamnek, Siegfried (2008): *Qualitative Sozialforschung*. Weinheim.
- Lefebvre, Henri (1991): *The Production of Space*. New York.
- Levy, Frank; Murnane, Richard J. (2005): *The New Division of Labor: How Computers Are Creating the Next Job Market*. Woodstock.
- Lutz, Burkart (1987): *Das Ende des Technikdeterminismus und die Folgen: Soziologische Technikforschung vor neuen Aufgaben und neuen Problemen*. In: Lutz, Burkart; Deutsche Gesellschaft für Soziologie (DGS) (Hg.): *Technik und sozialer*

- Wandel: Verhandlungen des 23. Deutschen Soziologentages in Hamburg 1986. Frankfurt am Main, S. 34-52.
- Mayer-Ahuja, Nicole (2011): Grenzen der Homogenisierung. IT-Arbeit zwischen ortsgebundener Regulierung und transnationaler Unternehmensstrategie. Frankfurt am Main.
- Mayring, Philipp (2008): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim.
- Müller, Nadine (2010): Reglementierte Kreativität. Arbeitsteilung und Eigentum im computerisierten Kapitalismus. Berlin.
- Pfeiffer, Sabine (2015): Warum reden wir eigentlich über Industrie 4.0? In: *Mittelweg*, Jg. 24, H. 6, S. 14-36.
- Polanyi, Michel (1967): *The Tacit Dimension*. Chicago.
- Pongratz, Hans J.; Trinczek, Rainer (Hg.) (2010): *Industriesoziologische Fallstudien. Entwicklungspotentiale einer Forschungsstrategie*. Berlin.
- Schamp, Eike W.; Rentmeister, Bernd; Lo, Vivien (2004): Dimensions of Proximity in Knowledge-based Networks: The Cases of Investment Banking and Automobile Design. In: *European Planning Studies*, Jg. 12, H. 5, S. 607-624.
- Schiller, Dan (2001): *Digital Capitalism. Networking the Global Market System*. Cambridge.
- Schilcher, Christian; Poth, Ann-Kathrin; Sauer, Stefan; Stiefel, Klaus-Peter; Will-Zocholl, Mascha (2011): Trust in International Teams. Cultural, Spatial and Organizational Issues. In: *Journal of Business Research*, Jg. 11, H. 4, S. 29-38.
- Schmiede, Rudi (1996): Informatisierung, Formalisierung und kapitalistische Produktionsweise. Entstehung der Informationstechnik und Wandel der gesellschaftlichen Arbeit. In: Schmiede, Rudi (Hg.): *Virtuelle Arbeitswelten. Arbeit, Produktion und Subjekt in der „Informationsgesellschaft“*. Berlin, S. 15-47.
- Schmiede, Rudi (2006): Wissen, Arbeit und Subjekt im „Informational Capitalism“. In: Dunkel, Wolfgang; Sauer, Dieter (Hg.): *Von der Allgegenwart der verschwindenden Arbeit – Neue Herausforderungen für die Arbeitsforschung*. Berlin, S. 45-65.
- Steinberg, Jonas (2015): *Digital Nomad – Travel The World And Work Remotely From Your Computer*.
- Verband der deutschen Automobilindustrie (VDA) (Hg.) 2004: *Future Automotive Industry Study (FAST) 2015. Die neue Arbeitsteilung in der Automobilindustrie*. Materialien zur Automobilindustrie 32. Frankfurt am Main.
- Vester, Michael; Teiwes-Kügler, Christa; Lange-Vester, Andrea (2007): *Die neuen Arbeitnehmer: Zunehmende Kompetenzen – wachsende Unsicherheit*. Hamburg.
- Völz, Diana (2011): *Semantische Annotationen zur rechnergestützten kooperativen Produktentwicklung*. Aachen.
- Will-Zocholl, Mascha (2016): *New Topologies of Work. Informatisation, Virtualisation and Globalisation in Automotive Engineering*. In: Flecker, Jörg (Hg.): *Space, Place and Global Digital Work*. London (im Erscheinen).
- Will-Zocholl, Mascha (2011): *Wissensarbeit in der Automobilindustrie. Topologien der Reorganisation von Ingenieursarbeit in der globalen Produktentwicklung*. Berlin.