

Virtual Reality im Alltag - Erfahrungswerte von VR-Industrieanwender in Bezug auf Einsatz, Probleme und Wirtschaftlichkeit

Jana Dücker¹, Polina Häfner¹, Jivka Ovtcharova¹

¹ (jana.duecker; polina.haefner; jivka.ovtcharova)@kit.edu

¹ Karlsruher Institut für Technologie – Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen, Karlsruhe

ABSTRACT

Virtual Reality (VR) Technologien ermöglichen bekanntermaßen Zeit- und Kostenersparnisse in der frühen Produktentwicklungsphase und bieten eine Kommunikationsplattform, sowohl für internen Austausch als auch für Kooperationen mit externen Geschäftspartnern. Um diese investitionsintensive VR-Technologie in ein Unternehmen einzuführen, setzen Firmen verstärkt auf vorhandenes Erfahrungswissen. Um dies zu erheben, wurde eine standardisierte Umfrage durchgeführt, die einen Einblick in den Unternehmensalltag von 16 Firmen mit VR-Unterstützung gewährte. Ziel war es zudem die zeitliche Entwicklung des Einsatzes von VR-Technologien aufzudecken und VR-Anwendungen herauszustellen, die aktuell für Unternehmen wichtig sind. So konnten Informationen über den Einsatz konkreter VR-Technologien, der Anwendungsbereiche, Einführungsüberlegungen und Nutzungsaspekte gesammelt werden. Insbesondere wurden die Hindernisse und Kosten beleuchtet und es folgte eine Bewertung der durch VR erzielten Erfolge.

Keywords: *Virtual Reality, industrieller Einsatz, Wirtschaftlichkeit, Herausforderungen*

1 EINLEITUNG

Erweitert man 3D-Technik um immersive, intelligente und interaktive Komponenten, erhält man eine Technologie, die mittlerweile für viele Unternehmen eine entscheidende Rolle spielt. Mithilfe dieser innovativen Virtual Reality (VR) Lösungen kann ein Team mit physisch noch nicht existierenden Produkten oder Sachzusammenhängen rein virtuell interagieren und diese hinsichtlich deren Eigenschaften und Funktionen realitätsnah und ganzheitlich beurteilen. Durch die Täuschung der menschlichen Sinnen in Echtzeit können komplexe

Inhalte einfach aufbereitet für interdisziplinären Austausch, auch mit externen Geschäftspartnern, verwendet werden. Das *Virtual Engineering* vereint die Nutzung dieser Technologien und geht einher mit dem Einsatz neuer Ingenieurmethoden (Ovtcharova 2015). Dabei bieten VR-Technologien das Werkzeug zur Verschmelzung von den physischen und virtuellen Ingenieurumgebungen. Besonders diese Eigenschaft begründet auch den Einsatz im Kontext von Industrie 4.0 als Technologie für Mensch-Maschinen-Interaktion (Siepmann, 2016 S. 64 ff.). Durch die Digitalisierung ist eine frühzeitige Validierung des Produktes auf Basis einheitlicher Informationshaltung möglich. Durch einen erhöhten Ressourceneinsatz in frühen Phasen kann auf Grundlage von neu erworbenen Wissen Entscheidungen vorverlegt werden. Dies führt zu erheblichen Kosten- und Zeiteinsparungen und ist als *Frontloading* bekannt (siehe Abbildung 1, Ovtcharova 2016).

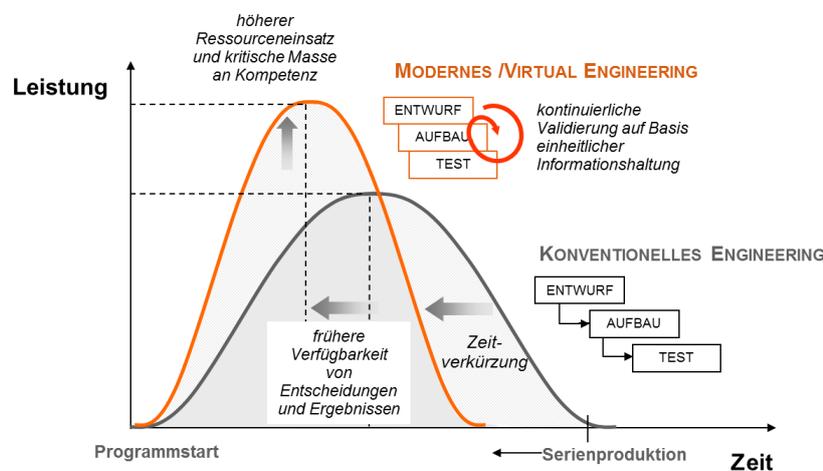


Abbildung 1: Veranschaulichung des Frontloadings durch Einführung von Virtual Engineering
 Quelle: Eigene Darstellung aus Vorlesung Product Lifecycle Management (2015)

Die beschriebenen Nutzen lassen sich jedoch nur schwer einschätzen, besonders für Unternehmen, die noch nicht mit VR-Technologien gearbeitet haben. In diesem Zusammenhang veröffentlichte das Virtual Dimension Center (VDC) im Jahr 2013 eine Übersicht über die Herausforderungen, die einen notwendigen Wandel in 5 Kategorien vorhersagen. Diese umfassen die Unternehmensstruktur, Humanressourcen, Ausstattung, Unternehmensstrategie und operative Maßnahmen (VDC 2013). Die Auswirkungen von VR-Technologien in Unternehmen sind demnach sehr umfassend und betreffen nicht nur die Beschaffung der Infrastruktur (Ausstattung), sondern beeinflussen die strategische Ausrichtung des Unternehmens.

Es existiert demnach eine Reihe von Hemmnissen, die Unternehmen von der Integration einer VR-Technologie abhalten. Dies zeigt auch eine Studie, die im Jahr 2015 durchgeführt wurde (Häfner et al., 2015). Von 47 befragten kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs) sahen 41% das fehlende Wissen und die fehlende Expertise als größte Herausforderung neben dem hohen Investitionsrisiko (43%). Bei der Frage nach der Unterstützung zur

Informationsbeschaffung nannten die meisten Unternehmen den Erfahrungsaustausch (39%). Aus diesem Grund hat die standardisierte Erfassung von Erfahrungswissen über VR im Alltag zum Ziel, Unternehmen ohne VR-Technologien einen besseren Zugang zu solchen Technologien zu bereiten und Aussagen über den strategischen und monetären Nutzen zu treffen.

2 KONZEPTION DER STUDIE ZUR ERHEBUNG VON ERFAHRUNGSWERTEN

Die Studie soll Aufschluss über die aktuelle Situation der VR-Adoption in deutschen Unternehmen geben. Dies betrifft zum einen die verwendeten VR-Systeme (Hardware, Software) und zum anderen die spezifischen Anwendungen. Dabei spielt die Integration in das Unternehmen eine wichtige Rolle. So können Aussagen über den Nutzen, die Schwierigkeiten und die Wirtschaftlichkeit getroffen werden. Diese qualitativen Daten beruhen auf Erfahrungswerten.

Eine Online-Umfrage eignet sich in diesem Fall besonders, um die Primärdaten zu erheben. Sie bietet genügend Anonymität und die Möglichkeit komplexe Skalen abzubilden. Dies ist notwendig, da es Auswahlfragen mit vielen Optionen gibt, die bei mündlichen oder telefonischen Befragungen nur schwer zu vermitteln sind.

Die Gestaltung der Online-Befragung gliedert sich in drei Teile. Zuerst sollen die Teilnehmer Angaben über ihre VR-Systeme und deren Anwendung machen. Die nächsten Frageblöcke erfassen den Nutzen und die Wirtschaftlichkeit im Unternehmensalltag. Dazu können die Teilnehmer aus verschiedenen Listen zu den Themen Nutzen und Hindernisse die auf ihr Unternehmen zutreffenden Optionen auswählen. Neben der Abfrage zu laufenden und einmaligen Kosten wurden auch die Vorgehensweisen und die Effekte der Wirtschaftlichkeit abgefragt. Der letzte Teil der Umfrage bezieht sich auf allgemeine Unternehmensdaten. Die Gestaltung des Erhebungsinstruments wurde formal nach dem beschriebenen Vorgehen und den aufgeführten Richtlinien von Homburg durchgeführt (Homburg 2012, S. 245 ff.).

3 ERFAHRUNGSWERTE VON VR-INDUSTRIEANWENDER

Die Befragung fand zwischen dem 17.2. und 13.4.2015 statt. In diesem Zeitraum beantworteten 17 Teilnehmer die Umfrage, von denen ein Datensatz wegen Dopplung gelöscht werden musste. Jedoch bearbeitete nicht jeder Teilnehmer alle Fragen. Falls einer Frage weniger Antworten zugrunde liegen, wird explizit darauf hingewiesen.

3.1 STUDIENRESULTATE

Die teilnehmenden Unternehmen sind verstärkt in der Automobilindustrie (31%) und in der Lehre bzw. Forschung (25%) tätig. Die Teilnehmer selbst kommen aus den Abteilungen Forschung & Entwicklung, IT, Management, Kundenbetreuung, Projektmanagement oder aus speziellen VR-Abteilungen. Genau 50% der Unternehmen zählen aufgrund ihrer Mitarbeiteranzahl zu KMUs. Die anderen Unternehmen beschäftigen mehr als 500 Mitarbeiter. Eine weltweite Kundenausrichtung vertreten 75% der Unternehmen.

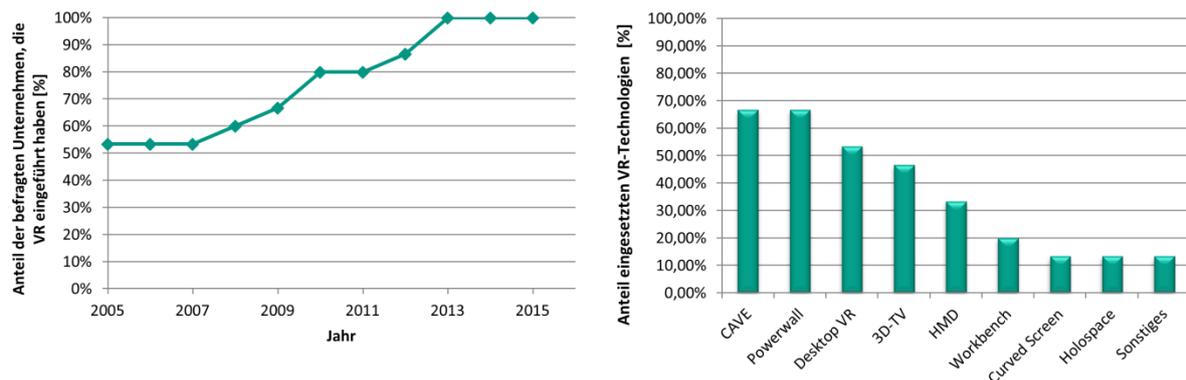


Abbildung 2: Einsatz von VR-Systemen bei 15 Unternehmen (1 Enthaltung)

Quelle: Eigene Darstellung (2015)

Vor 2006 setzten bereits 53% der Befragten ein VR-System ein. Im Jahr 2010 lag der Anteil bei 80%, bei einer Enthaltung. Es wurde kein Unternehmen befragt, dass nach 2013 eine VR-Technologie eingeführt hat. Der Verlauf ist auf der linken Seite der Abbildung 2 dargestellt.

Im Durchschnitt verwenden die Unternehmen 3 der aufgeführten VR-Visualisierungsmöglichkeiten. Die Verteilung und Häufigkeit kann aus der rechten Seite der Abbildung 2 abgelesen werden. Bemerkenswert ist, dass je 10 der 16 Teilnehmer eine CAVE oder eine Powerwall besitzen. Sieben Unternehmen verwenden sogar beide Technologien. Diese Medien sind stark vertreten. Aber auch die Desktop VR (53%) und die 3D-Fernseher (47%) werden genutzt. Zusätzlich zu der visuellen Ausgabe setzen 4 von 15 Unternehmen auch haptisches und 7 von 16 Unternehmen akustisches Feedback ein.

Bei der Frage nach der Software gaben 6 von 14 Unternehmen an, dass sie *ESI IC.IDO* nutzen. Vier Unternehmen setzen (zum Teil auch zusätzlich) Eigenentwicklungen ein. Drei Nennungen erhielt die Software *Unity3D* und zwei die Software *COVISE*. Die restlichen Angaben wurden jeweils nur einmal erwähnt. Darunter befanden sich Softwarepakete wie *MoreViz*, *Autodesk*, *RTT* oder *VE-Suite*. Eine ähnliche Rangfolge ist auch aus dem VR-Atlas zu entnehmen (Fellbach, 2012). Nur der Abstand von der Software *IC.IDO* zu der Anzahl der Nutzer anderer Systeme war deutlich höher.

Die Antworten zu der Frage nach der Integration von dem VR-System in die Unternehmensprozesse fielen sehr unterschiedlich aus. Jeder Wert der sechs-elementigen Skala (1 bis 6) wurde mindestens einmal ausgewählt. Der Durchschnitt entspricht nahezu einer Gleichverteilung mit einem Mittelwert von 3,6. Dabei gaben jeweils 38% der Befragten an, das VR-System täglich oder wöchentlich zu nutzen. Also ist es bei 75% der Befragten stark in die Unternehmensabläufe integriert.

Eingesetzt wird das VR-System von 75% der Befragten in der Entwicklung. Für Forschung verwenden es 69% der Unternehmen. Auch die Abteilungen Marketing (50%), Vertrieb (44%) und Produktion (44%) nutzen verstärkt die Technologie. In der IT-, Controlling- und Logistikabteilung sowie in der Management-Ebene spielt VR keine große Rolle.

Im Folgenden wird der Einsatz der VR-Technologie beleuchtet. Unterschieden wurde allgemeine Anwendungen in VR und Anwendungen von Simulationen. Im Durchschnitt wählte jeder Teilnehmer etwa 50% der aufgelisteten Anwendungen aus (Allgemein: 50%; Simulation: 47%). Die Verbreitung der allgemeinen Anwendungen und Simulationen ist in den Abbildung 3 und Abbildung 4 veranschaulicht. Die Unternehmen fokussieren sich auf die Kernaufgaben von VR-Technologien: Visualisierung und Kommunikationsplattform. Auffällig sind auch die vielen Anwendungen von Simulationen. Die Unternehmen erschließen sich immer mehr Anwendungsgebiete. Dabei gehören 50% der Teilnehmer zu KMUs. Es zeigt, dass die Einsatzgebiete nicht nur vielfältig sind, sondern auch viele verschiedene Anwendungen von einem Unternehmen durchgeführt werden.

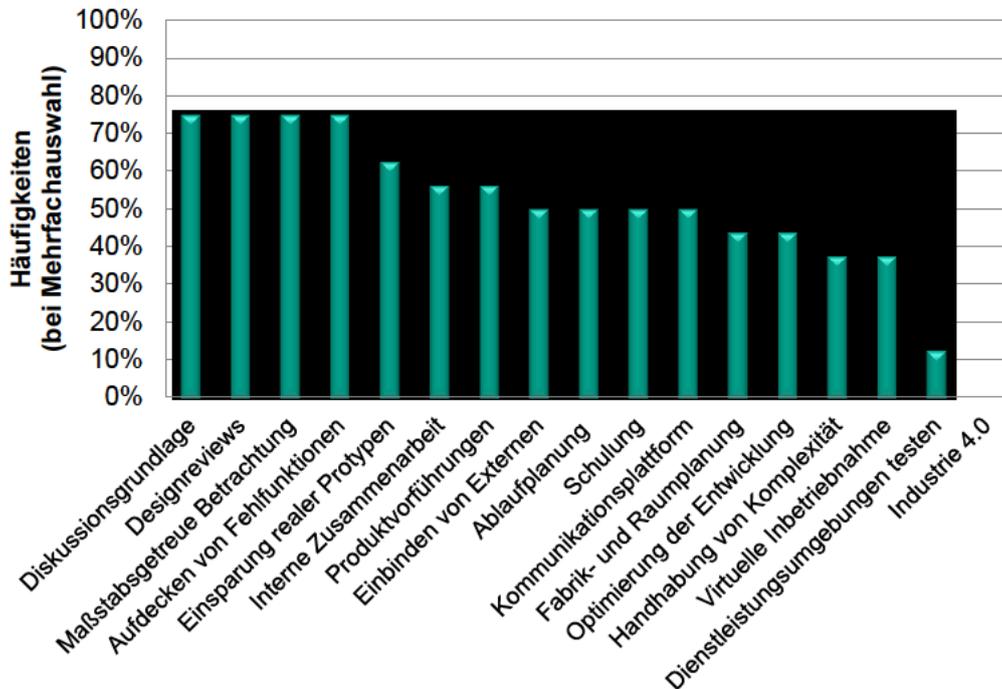


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der Anwendungen von VR (16 Teilnehmer)

Quelle: Eigene Darstellung (2015)

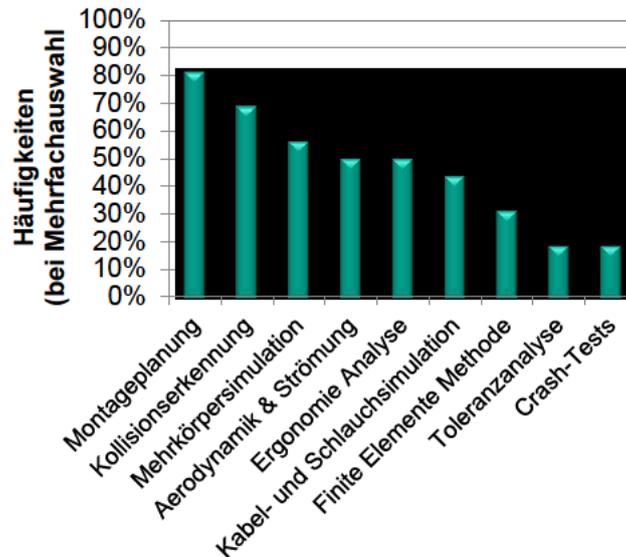


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der Simulationsanwendungen von VR (15 Teilnehmer)
 Quelle: Eigene Darstellung (2015)

Aus den Anwendungen resultiert Nutzen für das Unternehmen, der in dieser Befragung in drei Kategorien unterteilt wurde: Allgemein, Mitarbeiter und Prozesse. Die sechs häufig genannten, allgemeinen Nutzen (über 50%) sind bessere Diskussionsgrundlage (75%), Imageverbesserung (63%), allgemeine Zeitersparnis (63%), erhöhte Transparenz (56%), höhere Entscheidungsgeschwindigkeit auf Managementebene (56%) und sicherere Entscheidungsfindung (56%). Nutzenaspekte in Bezug auf die Mitarbeiter werden verstärkt in der gesteigerten Motivation (88%) und der abwechslungsreicheren Arbeitsumgebung (81%) gesehen. Bei der Prozessoptimierung betonen 10 der 16 Teilnehmer die verbesserte Kommunikation, 9 die reduzierten Iterationszyklen und 8 die schnelleren Prozesse im gesamten Unternehmen und das bessere Kooperationsklima.

Eine vollständige zeitliche Auslastung von der VR-Technologie wird nur selten erreicht. Das größte Problem identifizieren die Teilnehmer in dem zusätzlichen Zeitaufwand (88%). Die Hälfte der Befragten geben an, dass die Einbindung in die Abläufe und Mitarbeiterressourcen fehlen, kurz gefolgt von nicht ausreichenden Funktionalitäten der Systeme.

Um eine Investitionsentscheidung für eine VR-Technologie vor der Integration zu treffen, führten 38% der Befragten einen Kostenvergleich und 25% eine Nutzenanalyse durch. Jeweils 19% der Befragten gaben an, andere Verfahren oder keine Analyse angewandt zu haben. Es ist darauf hinzuweisen, dass eine Mehrfachwahl bei dieser Frage möglich war.

Die anfallenden Kosten wurden durch das Wählen einer Kostenkategorie abgefragt. Die Häufigkeitsverteilungen der einmaligen und laufenden Kosten sind in Abbildung 5 dargestellt. Die einmaligen Kosten der Teilnehmer variieren stark. Tendenziell geben die befragten

Unternehmen die laufenden Kosten im Verhältnis zu den einmaligen Kosten geringer an. Eine konkrete Aussage ist aufgrund der Größe der Kostenkategorien nicht möglich.

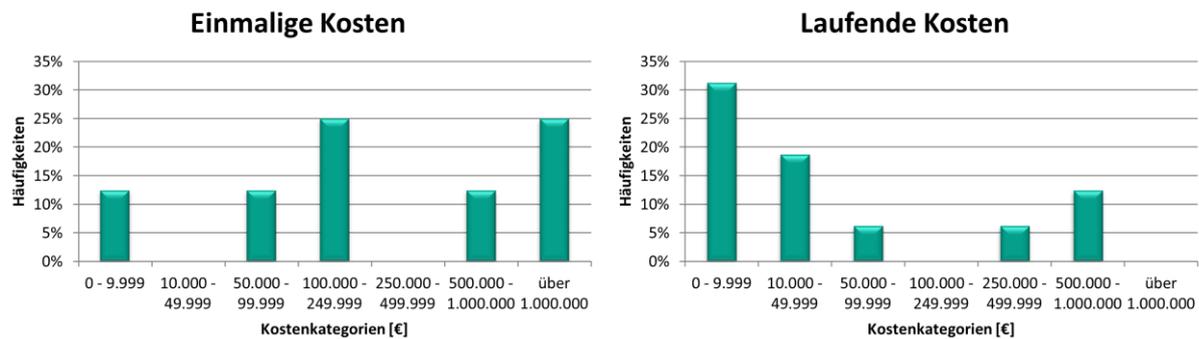


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilungen der einmaligen und laufenden Kosten

Quelle: Eigene Darstellung (2015)

Die Auswirkung von VR auf die Kostenreduktion schätzen 9 von 12 Teilnehmern als mittel bis stark ein. Durch eine Freitextmöglichkeit gaben die Unternehmen die Faktoren an, die zur einer Kostenreduktion durch den VR-Einsatz führen. Zusammengefasst ergaben sich folgende Aspekte: Senkung der Entwicklungskosten und Änderungskosten von Werkzeugen und Produkten durch Fehlererkennung in der Konstruktionsphase, Verlagerung der Reisekosten auf den Kunden, Reduzierung von Prototypen, Iterationsschleifen und der Anzahl von Abstimmungsterminen.

Die Effekte eines besseren Zeitmanagements durch das VR-System schätzten 8 von 12 Teilnehmern als mittel bis sehr stark ein. Zudem wurden folgende Faktoren aufgezählt: verkürzte interne und externe Entscheidungsprozesse, schnellere Validierung durch VR-Simulationen (keine Anfertigung von Prototypen), kürzere Serienanlauf- und Entwicklungszeiten, verkürzte Zeit bis zur Inbetriebnahme,

Nach der Meinung von 11 der 12 Teilnehmer kann ein positiver Effekt auf die Qualität verzeichnet werden. Dafür werden folgende Aspekte einbezogen: bessere Simulationen, verringerte Anzahl von Fehlern und nachträglichen Änderungen, realistische und interaktive räumliche Darstellung ermöglicht die Vermittlung von Handlungskompetenzen mithilfe virtueller Schulungsszenarien, höhere Ausgereiftheit von Produkten und Prozessen und bessere Einbindung von Kunden und Lieferanten

Der Kern der Befragung lag bei den Erfahrungswerten zu den wirtschaftlichen Effekten. In der Tabelle 1 sind diese zusammengefasst. Zu den Effekten gab es drei bis sieben konkrete Angaben. Einige Teilnehmer merkten an, dass diese Effekte existieren, aber schwer abzuschätzen seien. Andere Teilnehmer machten bewusst keine Angabe.

Tabelle 1: Erfahrungswerte über Wirtschaftlichkeit von VR-Technologien

Quelle: Eigene Darstellung (2015)

Effekt	Antworten	Durchschnitt
Kostenreduktion	0%, 5%, 15%	6,6%
Besseres Zeitmanagement	0%, 2%, 5%, 30%, 30-50%	15,4%
Qualitätsverbesserung	0%, 10%, 10%, 20-30%	11,3%
Fehlerreduktion	0%, 5%, 20%, 70-90%	26,3%
Anzahl neuer Prozesse und Dienstleistungen	1, 2, 2-3, 5, 6-8, 5-10, 20	6,4

Aufgrund der geringen Teilnehmeranzahl speziell in diesem Frageteil lassen sich die Ergebnisse nur schwer interpretieren. Die meisten Aussagen gab es zu der Anzahl neuer Prozesse, die mithilfe von VR-Technologien durchgeführt werden. Im Schnitt entstehen 6,4 neue Prozesse. Die Streuung der Werte ist allerdings sehr hoch. Diese Werte können mit der vorherigen Bewertung der Effekte auf einer Skala ergänzt werden. Zum Beispiel gab ein Unternehmen an, keine neuen Prozesse durch VR eingeführt zu haben. In Abbildung 6 kann man dies ablesen. Ebenso zeigt die Abbildung, dass der Großteil der Bewertungen der Effekte in dem Bereich mittel bis stark liegt. Besonders die Effekte der Fehlerreduktion wurden bei 8 der 12 Antworten als stark eingestuft. Nur zwei Unternehmen bestätigen keinen Effekt bei diesem Aspekt. Dies kann daran liegen, dass in diesem Fall VR verstärkt im Marketing und Vertrieb und weniger stark in der Produktentwicklung eingesetzt wird.

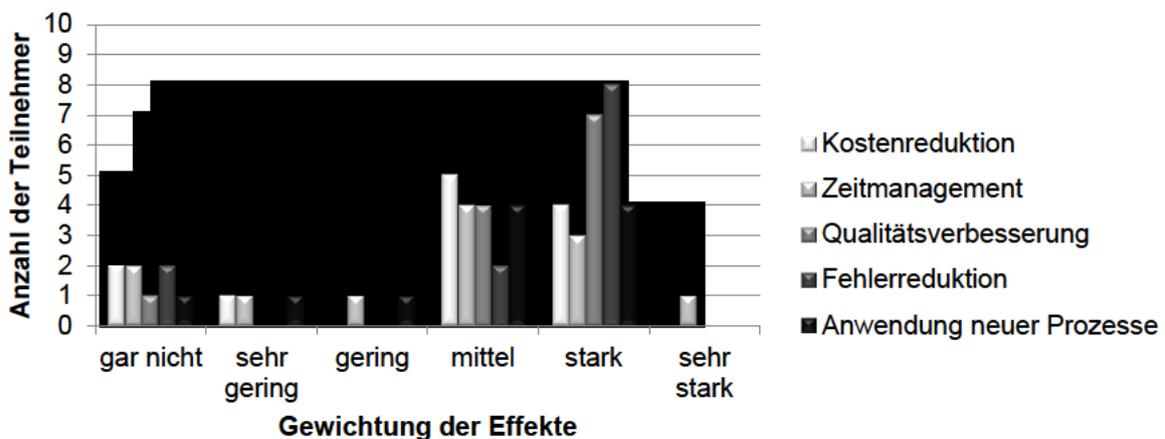


Abbildung 6: Positiven Effekte von VR-Technologien auf unternehmensbezogene Aspekte

Quelle: Eigene Darstellung (2015)

Abschließend wurde der Begriff der wirtschaftlichen Rentabilität einer Technologie definiert. Es bedeutet, dass eine Technologie mehr monetär bewertbaren Nutzen stiftet als Kosten verursacht. Es gab drei Enthaltungen, acht Zustimmungen und fünf Verneinungen. Damit bewerten fast 63% der 13 Teilnehmer, die eine Aussage getroffen haben, ihre Technologie als wirtschaftlich rentabel. Dies entspricht nicht dem in der Analyse gewonnenen Eindruck.

Eine mögliche Begründung liegt in der Verzögerung der Auswirkungen der Effekte. Viele Nutzenaspekte sind strategisch und damit langfristig realisierbar. Die positiven Effekte äußern sich zum Beispiel durch Qualitäts- oder Imageverbesserungen, denen man nur schwer einen monetären Wert zuweisen kann. Die Überzeugung von der VR-Technologie war bei allen Teilnehmern vorhanden. Der Nutzen wird stark betont, jedoch ist die Wirtschaftlichkeit schwer zu fassen. Außerdem sollte beachtet werden, dass 50% der Teilnehmer ein KMU vertreten. Die Erhebung der relevanten Daten ist in KMU meist zu zeitaufwendig und die Mitarbeiterkapazitäten sind oft nicht gegeben.

3.2 VERGLEICH DER ERGEBNISSE MIT VORHERIGER STUDIE

In der im Jahr 2003 vom Fraunhofer IPT durchgeführten Studie wurden 25 VR-Nutzer befragt (Klocke et al., 2003). Die Automobilbranche ist in beiden Studien etwa gleich stark vertreten. Der Anteil der Maschinen- und Anlagebauer war jedoch 2003 mehr als doppelt so hoch.

In beiden Studien setzen die meisten Unternehmen Powerwalls und CAVEs ein, obwohl der Anteil von CAVE-Nutzern leicht gestiegen ist. Der Einsatz von VR wurde in dieser Studie detaillierter abgefragt. Dennoch gehören Design Reviews heute immer noch zu den häufig genutzten Anwendungen. 2003 gaben die Unternehmen an, dass sie zukünftig Ergonomie-Untersuchungen und Schulungen einsetzen wollen. Mit prozentualen Anteilen von 50% ist diese Entwicklung zu beobachten. Jedoch haben sich Anwendungen wie Montageplanung und Kollisionserkennung stärker durchgesetzt.

Beide Studien fragten in gleicher Weise die Probleme der zeitlichen Auslastung ab. Hier ist eine deutliche Veränderung erkennbar. 2003 bewerteten die Teilnehmer die fehlende Akzeptanz der Mitarbeiter am negativsten. Dieser Aussage stimmen nur noch vier Teilnehmer zu (früher 13 Teilnehmer – 52%). Dafür bestärken die Befragten in dieser Umfrage fast einstimmig die Probleme der zusätzlichen Aufbereitungsdauer.

Die Bewertung der Nutzeneffekte dieser Umfrage ist nur schwer mit der Studie aus dem Jahr 2003 zu vergleichen, da dafür zu wenige Angaben gemacht wurden. Jedoch konnten unabhängig von der Fraunhofer Studie qualitative Aussagen über den Nutzen und die Wirtschaftlichkeit getroffen werden.

4 FAZIT UND AUSBLICK

Die Ergebnisse der Befragungen verdeutlichen den ausgeprägten Nutzen von VR. Die Unternehmen erkennen viele Nutzenaspekte und auch wirtschaftliche Effekte, die aber schwer und mit viel Aufwand zu messen sind. Außerdem geht aus der Umfrage hervor, dass der Einsatz VR bei KMU sinnvoll ist. Die befragten KMU setzen die Potentiale von VR in vielen Bereichen ihres Unternehmens ein. Jedoch konnte kaum ein KMU die Wirtschaftlichkeit einschätzen.

Die qualitativen Vorteile einer VR-Technologie für ein KMU wurden durch diese Befragung gestärkt. Die Bewertung der Effekte, sowohl qualitativ als auch monetäre, erfolgt jedoch nicht. Dieses Resultat unterstreicht die Notwendigkeit von einer durchgängigen Dokumentation in Unternehmen über alle Prozesse der Integration von VR hinweg. Dies benötigt eine Entwicklung von geeigneten Erhebungsmethoden und Auswertungen relevanter Daten des Einsatzes und der Probleme, speziell auch die Erfassung von Wirtschaftlichkeit. Dazu müssen Auswertungsmethoden wie Benchmark oder Key Performance Indicators (KPI) entwickelt werden, die über den aktuellen Auslastungsgrad, die erschlossenen Anwendungsbereiche (Abteilungen, Art der Anwendung, Effektivität der Anwendung) bis hin zur Wirtschaftlichkeit der Technologie alle relevanten Daten erfassen. Eine Integration in die bestehenden Unternehmensprozesse ist dabei notwendig, z.B. durch eine Integration in ein PLM-System. Diese Dokumentation ist eine notwendige und interne Unterstützung für ein Unternehmen selbst. Es führt ebenfalls zu einer besseren allgemeinen Erfassung von dem Nutzen und der Wirtschaftlichkeit von VR-Technologien, die zu einer breiteren Anwendung führt und das Innovationspotenzial von Unternehmen stärkt.

LITERATURVERZEICHNIS

- Häfner, P.; Dücker, J.; Ovtcharova, J. (2015): Virtual Reality für den Mittelstand. In: Tagungsband der IFF-Wissenschaftstage Digital Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme, Magdeburg, S. 232-237.
- Homburg, C. (2012): Marketingmanagement : Strategie - Instrumente - Umsetzung – Unternehmensführung (4. Aufl.), Springer Gabler, Wiesbaden.
- Klocke, F.; Straube, A. M.; Pypec, C. (2003): Vorsprung durch Virtual Reality, Management Summary, Fraunhofer IPT, Aachen.
- Ovtcharova, J.; Häfner, P.; Häfner, V.; Katicic, J.; Vinke, C. (2015): Innovation braucht Resourceful Humans - Aufbruch in eine neue Arbeitskultur durch Virtual Engineering, In: Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Hrsg.: Botthof, A.; Hartmann, E. A., Springer Berlin Heidelberg, S. 111-124.
- Ovtcharova J., (2016): Vorlesungen im Fach Virtual Engineering, Karlsruher Institut für Technologie, Wintersemester 2015/2016.
- Siepmann, D. (2016): Industrie 4.0 – Technologische Komponenten. In: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Hrsg.: Roth, A., Springer Berlin Heidelberg, S. 47-72.
- Virtual Dimension Center (2012): Virtual Reality Installationen in Deutschland. Abgerufen von: <http://www.vdc-fellbach.de/downloads/whitepaper>
- Virtual Dimension Center (2013): Whitepaper Einführung von Virtual Reality. Abgerufen von: <http://www.vdc-fellbach.de/downloads/whitepaper>.