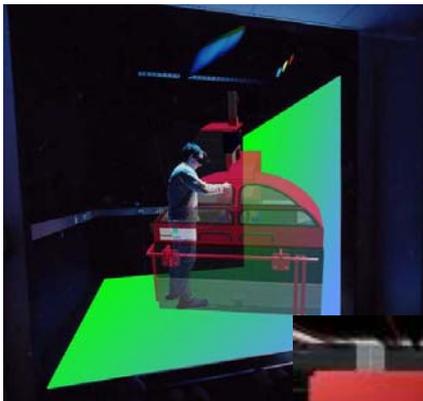


# Vorsprung durch Virtual Reality

## Management Summary

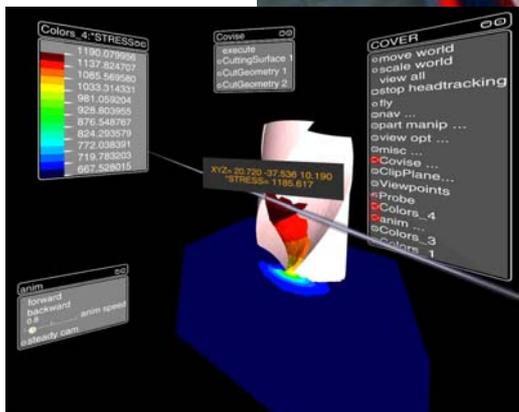


**Studie über den  
industriellen Einsatz von Virtual Reality**

durchgeführt durch das  
Fraunhofer IPT in Aachen



**Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke  
Dipl.-Ing. Andreas M. Straube  
Cora Pypec**



**Virtual Reality Labor  
Steinbachstrasse 17  
52074 Aachen**

**+49 (0) 241 / 8904-243**

**+49 (0) 241 / 8904-6243**

**Copyright © 2003 Fraunhofer IPT  
Alle Rechte vorbehalten.**

**Vervielfältigungen nur mit Genehmigung des Fraunhofer IPT.**

Diese Studie ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, des Nachdrucks oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverbreitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Studie berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

# I Inhaltsverzeichnis

I Inhaltsverzeichnis .....	I
II Abbildungsverzeichnis .....	III
III Tabellenverzeichnis .....	VI
Management Summary .....	1
Realisierung der Befragung .....	1
Charakterisierung der Teilnehmer .....	2
Stand der Virtual-Reality-Technologie .....	5
Grad der Nutzung .....	11
Integration der Virtual-Reality-Systeme in den Unternehmensablauf .....	21
Benutzerakzeptanz .....	28
Ranking aufgestellter Thesen zur Nützlichkeit von Virtual Reality sowie erwartete Entwicklung .....	32
Fazit .....	34

## ÜBERBLICK DER GESAMTEN STUDIE

- A Realisierung der Befragung
  - A.1 Ziele der Befragung
  - A.2 Angaben zur Stichprobe
- B Charakterisierung der Teilnehmer
  - B.1 Überblick aller Befragten
  - B.2 Verbreitung der Virtual-Reality-Technologie
  - B.3 Charakterisierung der Produkte
  - B.4 Zusammenfassende Bewertung
- C Stand der Virtual-Reality-Technologie
  - C.1 Startphase des Virtual-Reality-Einsatzes
  - C.2 Trend der Virtual-Reality-Systemarten
  - C.3 Ranking der Virtual-Reality-Komponenten
    - C.3.1 Visualisierungssysteme
    - C.3.2 Tracking-Systeme
    - C.3.3 Interaktionsgeräte
    - C.3.4 Virtual-Reality-Software
    - C.3.5 Virtual-Reality-Hardware
    - C.3.6 Betriebssysteme
    - C.3.7 Virtual-Reality-Systemaufbau
  - C.4 Datenaustausch
    - C.4.1 Charakterisierung der Datenformate
    - C.4.2 Grad der Datenanbindung an Virtual-Reality-Systeme
    - C.4.3 Schnittstellen zur Datenaufbereitung
    - C.4.4 Aufbereitungsdauer der Daten
  - C.5 Finanzierungsaufwand für Virtual-Reality-Systeme
  - C.6 Zusammenfassende Bewertung

- D Grad der Nutzung
    - D.1 Überblick der Abteilungen mit Virtual-Reality-Einsatz
    - D.2 Anwendungsgebiete von Virtual-Reality-Systemen
      - D.2.1 Anwendungen mit Virtual-Reality-Einsatz
      - D.2.2 Virtual-Reality-Einsatz bei Simulationen
      - D.2.3 Anwendungsgebiete in Abhängigkeit der Projektionssysteme
    - D.3 Grad der Auslastung interner Virtual-Reality-Systeme
      - D.3.1 Qualität der Nutzung
      - D.3.2 Hindernisse zur vollständigen zeitlichen Auslastung
    - D.4 Einsatz von Nutzenbewertungsverfahren
    - D.5 Bewertung messbarer Kenngrößen
    - D.6 Zusammenfassende Bewertung
  - E Integration der Virtual-Reality-Systeme in den Unternehmensablauf
    - E.1 Grad der Eingliederung in den Arbeitsablauf
    - E.2 Status der Virtual-Reality-Abteilung für das Gesamt-Unternehmen
    - E.3 Bewertung der Interdisziplinarität
    - E.4 Bewertung der Implementierungsphase
      - E.4.1 Charakterisierung der Personen zur Virtual-Reality-Implementierung
      - E.4.2 Einarbeitung der Mitarbeiter
      - E.4.3 Zeitfaktoren bei der Implementierung von Virtual Reality
    - E.5 Zusammenfassende Bewertung
  - F Benutzerakzeptanz
    - F.1 Bewertung der Virtual-Reality-Technologie
      - F.1.1 Bewertung der Visualisierungssysteme
      - F.1.2 Bewertung der Tracking-Systeme
      - F.1.3 Bewertung der Interaktionsgeräte
      - F.1.4 Bewertung der Virtual-Reality-Software
      - F.1.6 Bewertung des Virtual-Reality-Systems im Gesamtzusammenhang
    - F.2 Qualitative Bewertung des Virtual-Reality-Einsatzes
    - F.3 Defizite
    - F.4 Zusammenfassende Bewertung
  - G Ranking aufgestellter Thesen zur Nützlichkeit von Virtual Reality und erwartete Entwicklung
  - H Fazit
- Glossar  
Tabellen  
Fragebogen

## II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Branchenübersicht aller Befragten .....	2
Abbildung 2: Status VR-Nutzung nach Branche .....	3
Abbildung 3: Status VR-Einsatz nach Umsatz.....	4
Abbildung 4: Produktkomplexität aller Befragten.....	5
Abbildung 5: Startphase interner VR-Systeme.....	6
Abbildung 6: Wertung der Systemnutzung (31 Wertungen der VR-Anwender) .....	7
Abbildung 7: Ranking Projektionsflächen .....	8
Abbildung 8: Ranking Interaktionsgeräte.....	9
Abbildung 9: Art des Datenrücktransfer aus VR in vorgelagerte Systeme.....	10
Abbildung 10: Aktueller VR-Einsatz nach Abteilungen .....	11
Abbildung 11: Zukünftige Entwicklung des VR-Einsatzes nach Abteilungen .....	12
Abbildung 12: Ranking der Anwendungen.....	12
Abbildung 13: Zukünftige Entwicklung des VR-Einsatzes bei den Anwendungen .....	13
Abbildung 14: Ranking der Simulationen .....	14
Abbildung 15: Zukünftige Entwicklung des VR-Einsatzes bei Simulationen.....	15
Abbildung 16: Hindernisse zur vollständigen zeitlichen Auslastung .....	16
Abbildung 17: Nutzenbewertungsverfahren .....	18
Abbildung 18: Quantitative Nutzenbewertung interner VR-Nutzer mit eingesetztem Nutzenbewertungsverfahren.....	18
Abbildung 19: Quantitative Nutzenbewertung interner VR-Nutzer ohne eingesetztes Nutzenbewertungsverfahren.....	19
Abbildung 20: Status der Integration der VR-Systeme in den Arbeitsablauf .....	21
Abbildung 21: Status VR-Abteilung für das Gesamt-Unternehmen.....	22
Abbildung 22: Formen der Zusammenarbeit allgemein .....	23
Abbildung 23: Aktueller und zukünftiger Einsatz von VR für lokale und verteilte Zusammenarbeit.....	24
Abbildung 24: Trend der VR-Integration.....	25
Abbildung 25: Einarbeitungszeit der verschiedenen Mitarbeiter .....	26
Abbildung 26: Durchschnittliche Einarbeitungszeit der verschiedenen Mitarbeiter .....	26
Abbildung 27: Gesamtwertung Projektionsflächen nach Darstellungsqualität.....	28
Abbildung 28: Gesamtwertung Interaktionsgeräte nach Handling .....	29
Abbildung 29: Anforderungen an Interaktionsgeräte.....	30
Abbildung 30: Aktuelle Defizite in der VR-Technologie .....	30
Abbildung 31: Ranking aufgestellter Thesen zur Nützlichkeit von VR .....	32
Abbildung 32: Erwartete Entwicklung in der Zukunft.....	33

### ÜBERBLICK DES GESAMTEN ABBILDUNGSVERZEICHNISSSES

Abbildung 1: Branchenübersicht aller Befragten
Abbildung 2: Betriebsgröße nach Umsatz unter allen Befragten
Abbildung 3: Mitarbeiterzahlen in den einzelnen Abteilungen
Abbildung 4: Status VR-Nutzung nach Branche
Abbildung 5: Status VR-Einsatz nach Umsatz
Abbildung 6: Status VR-Nutzung nach Mitarbeiterzahlen
Abbildung 7: Produktkomplexität aller Befragten

Abbildung 8: Startphase interner VR-Systeme  
Abbildung 9: Trend der VR-Systemarten  
Abbildung 10: Wertung der Systemnutzung  
Abbildung 11: Ranking Projektionsflächen  
Abbildung 12: Ranking Beamer  
Abbildung 13: Ranking 3D-Brillen  
Abbildung 14: Ranking Tracking-Systeme  
Abbildung 15: Ranking Interaktionsgeräte  
Abbildung 16: Ranking VR-Software  
Abbildung 17: Ranking VR-Hardware nach Branche  
Abbildung 18: Ranking Betriebssysteme nach Branche  
Abbildung 19: Systemaufbau nach zeitlicher Anschaffung  
Abbildung 20: Verbreitungsstatus von Daten  
Abbildung 21: Datenanbindung der internen VR-Nutzer  
Abbildung 22: Datenanbindung der externen VR-Nutzer  
Abbildung 23: Präferierte Datenanbindung der potenziellen VR-Nutzer  
Abbildung 24: Integration von Zulieferdaten  
Abbildung 25: Ranking der Schnittstellen  
Abbildung 26: Art des Datenrücktransfers aus VR in vorgelagerte Systeme  
Abbildung 27: Durchschnittliche Aufbereitungsdauer der Daten  
Abbildung 28: Investitionen in VR-Systeme  
Abbildung 29: Zukünftige Investitionen der internen VR-Nutzer  
Abbildung 30: Aktueller VR-Einsatz nach Abteilungen  
Abbildung 31: Zukünftige Entwicklung des VR-Einsatzes nach Abteilungen  
Abbildung 32: Ranking der Anwendungen  
Abbildung 33: Zukünftige Entwicklung des VR-Einsatzes bei den Anwendungen  
Abbildung 34: Aktueller VR-Einsatz bei Simulationen  
Abbildung 35: Zukünftige Entwicklung des VR-Einsatzes bei Simulationen  
Abbildung 36: Kombination Anwendung - Projektionsfläche  
Abbildung 37: Gründe für den VR-Einsatz  
Abbildung 38: Hindernisse zur vollständigen zeitlichen Auslastung  
Abbildung 39: Nutzenbewertungsverfahren  
Abbildung 40: Quantitative Nutzenbewertung interner VR-Nutzer mit eingesetztem Nutzenbewertungsverfahren  
Abbildung 41: Quantitative Nutzenbewertung interner VR-Nutzer ohne eingesetztes Nutzenbewertungsverfahren  
Abbildung 42: Klassifizierung des aktuellen Nutzens  
Abbildung 43: Erwarteter Nutzen in der Zukunft der externen und potenziellen VR-Nutzer  
Abbildung 44: Status der Integration der VR-Systeme in den Arbeitsablauf  
Abbildung 45: Status VR-Abteilung für das Gesamt-Unternehmen  
Abbildung 46: Formen der Zusammenarbeit allgemein  
Abbildung 47: Aktueller und zukünftiger Einsatz von VR für lokale und verteilte Zusammenarbeit  
Abbildung 48: Trend der VR-Integration  
Abbildung 49: Charakterisierung der Personen zur VR-Implementierung  
Abbildung 50: Kategorisierung der aktuellen und zukünftigen VR-Mitarbeiter

Abbildung 51: Einarbeitungszeit der verschiedenen Mitarbeiter  
Abbildung 52: Durchschnittliche Einarbeitungszeit der verschiedenen Mitarbeiter  
Abbildung 53: Zeitdauer bis zum gewinnbringenden VR-Einsatz  
Abbildung 54: Gesamtwertung Projektionsflächen nach Darstellungsqualität  
Abbildung 55: Gesamtwertung Beamer nach Lichtstärke  
Abbildung 56: Verwendete Auflösungen zur Visualisierung der VR  
Abbildung 57: Gesamtwertung 3D-Brillen nach Ermüdungserscheinung  
Abbildung 58: Gesamtwertung Tracking nach Genauigkeit  
Abbildung 59: Genauigkeitsanspruch aller Befragten  
Abbildung 60: Anforderungen an Tracking-Systeme  
Abbildung 61: Gesamtwertung Interaktionsgeräte nach Handling  
Abbildung 62: Anforderungen an Interaktionsgeräte  
Abbildung 63: Ranking der Einsatzgebiete von haptischen Ein- / Ausgabegeräten  
Abbildung 64: Gesamtwertung der Software nach Features und Stabilität  
Abbildung 65: Anforderungen an VR-Software  
Abbildung 66: Gesamtwertung VR-System im Gesamtzusammenhang  
Abbildung 67: Qualitative Gesamtwertungen  
Abbildung 68: Aktuelle Defizite der VR-Technologie  
Abbildung 69: Ranking aufgestellter Thesen nach Nützlichkeit von VR  
Abbildung 70: Erwartete Entwicklung in der Zukunft

### III Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Einzelwertungen Visualisierungssysteme nach Darstellungsqualität
- Tabelle 2: Einzelwertungen Beamer nach Lichtstärke
- Tabelle 3: Einzelwertungen 3D-Brillen nach Ermüdungserscheinung
- Tabelle 4: Einzelwertungen Tracking nach Genauigkeit
- Tabelle 5: Einzelwertungen Interaktionsgeräte nach Handling
- Tabelle 6: Einzelwertungen VR-Software nach Features
- Tabelle 7: Einzelwertungen VR-Software nach Stabilität
- Tabelle 8: Einzelwertungen VR-System im Gesamtzusammenhang
- Tabelle 9: Einzelwertungen qualitative Verbesserung interne VR-Nutzer
- Tabelle 10: Einzelwertungen qualitative Verbesserung externe VR-Nutzer
- Tabelle 11: Einzelwertungen qualitative Verbesserung potenzielle VR-Nutzer
- Tabelle 12: Einzelwertungen Thesen

# Management Summary

---

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen untersuchte Anfang 2003 im Rahmen der Studie „Vorsprung durch Virtual Reality“, welchen Stand der Einsatz von Virtual-Reality-Systemen in der Industrie hat, welche Potenziale durch diese Technologie erschlossen werden und wo im wesentlichen die Hindernisse in der Nutzung liegen. Ferner sollte durch die Studie ermittelt werden, welche messbaren Nutzensgrößen der Einsatz von Virtual-Reality-Systemen einem Unternehmen liefert.

Im folgenden wird eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der Umfrage gegeben. Die gesamte Auswertung der Studie kann über das Fraunhofer IPT bezogen werden.

## REALISIERUNG DER BEFRAGUNG

Im Rahmen der Studie wurden Unternehmen des produzierenden Gewerbes im deutschsprachigen Raum befragt, die im Fahrzeug-, Anlagen- und Maschinenbau, der Luft- und Raumfahrt sowie der Zulieferindustrie angesiedelt sind. Die Studie wurde mittels eines Fragebogens im Multiple-Choice-Format durchgeführt. Insgesamt wurde der Fragebogen an **80 Unternehmen** versandt, die entweder Virtual-Reality-Systeme im Haus einsetzen, externe Dienstleistungen in Anspruch nehmen, oder bei denen aufgrund ihrer Kernkompetenzen ein Einsatz dieser Technologie interessant wäre. Für die letzte Gruppe der potenziellen VR-Nutzer wurde zusätzlich zu dem Fragebogen ein Handout angefertigt, das Erklärungen und Definitionen für die verwendeten Begriffe enthielt.

Die **Rücklaufquote** bei der Befragung liegt mit 40 Antworten bei **50 %**. Dabei muss angemerkt werden, dass die befragten Unternehmen mit eigenen VR-Systemen nahezu alle den Fragebogen ausgefüllt haben, wohingegen zahlreiche Unternehmen, die bislang keinen Kontakt zu Virtual Reality hatten, sich an der Umfrage nicht beteiligt haben. Als Gründe hierfür wurden aufgeführt, dass diese Technologie für ihr Unternehmen noch zu teuer sei oder aber kein erkennbarer Nutzen durch VR ersichtlich war. Somit konnten die Teilnehmer in drei Kerngruppen differenziert werden. Die erste Gruppe stellt die **internen VR-Nutzer** dar, die bereits VR-Systeme in das Unternehmen implementiert haben. Als zweites sind die **externen VR-Nutzer** zu nennen, die entweder Pilotprojekte als Testphase für eigene Systeme mit externen VR-Dienstleistern durchführen, oder aber die Technologie bereits extern zeitlich flexibel oder ständig nutzen. Basierend auf den Rückläufen von Unternehmen, die noch keinen VR-Einsatz hatten, baut die dritte Gruppe der **potenziellen VR-Nutzer** auf. Darunter fallen die Unternehmen, die sich einen VR-Einsatz intern vorstellen könnten, sich aber noch nicht eingehender mit der Thematik im Sinne von Pilotprojekten o.ä. befasst haben. Die Unternehmen, für die ein Einsatz der VR-Technologie nicht in Frage kommt, haben an der Befragung nicht teilgenommen.

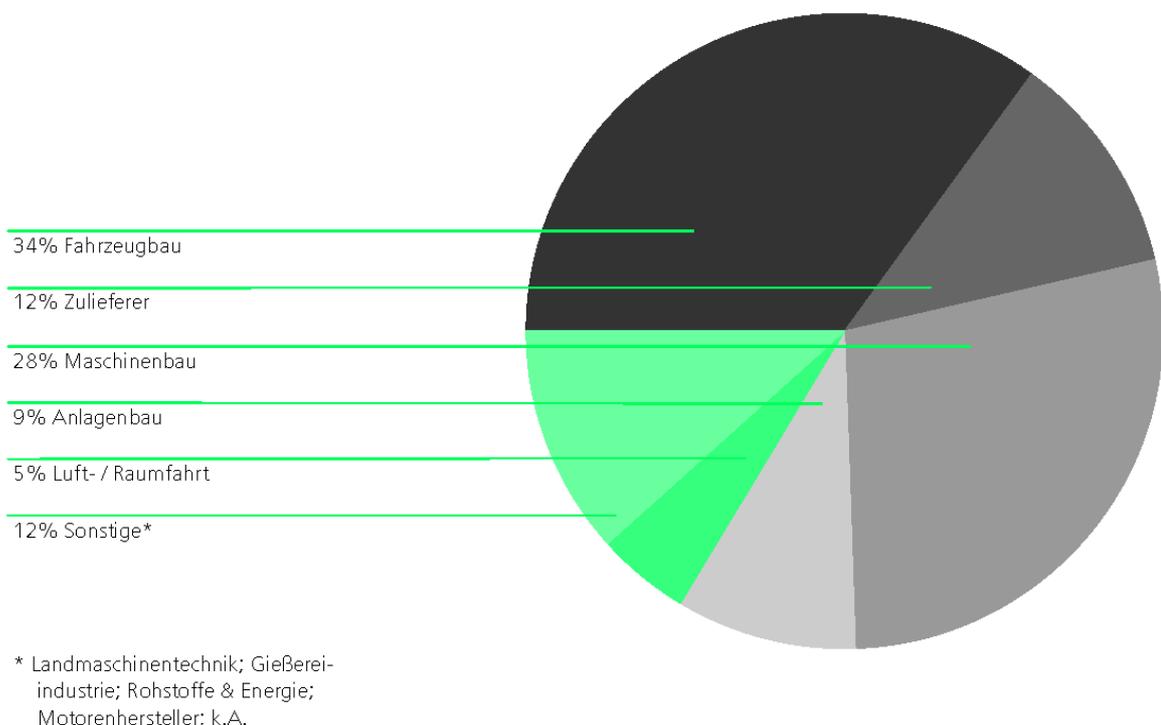
VR-Systeme werden zur Zeit noch verstärkt im Fahrzeugbau eingesetzt, demzufolge kommen die 25 Antworten der internen VR-Nutzer zu 49% aus eben dieser Branche, gefolgt vom Maschinenbau mit 15% und der Zulieferindustrie mit 12%. Im Bereich der externen und potenziellen VR-Nutzer sind die Teilnehmer auf die einzelnen Branchen verhältnismäßig gleich verteilt.

Im Vergleich zu anderen Umfragen, bei denen die Zahl der Teilnehmer zum Teil höher liegt, muss betont werden, dass der Fokus dieser Studie ausschließlich auf der produzierenden Industrie lag und somit Forschungs- und Hochschulinstitute sowie die Unterhaltungsindustrie außer Acht gelassen wurden. Somit sind die Ergebnisse dieser Umfrage hinsichtlich des industriellen Einsatzes im produzierenden Gewerbe im deutschsprachigen Raum als repräsentativ zu betrachten.

Um eine unterschiedliche Auffassung der verschiedenen Termini zu vermeiden, wurden diese im Fragebogen jeweils mit zusätzlichen Begriffen in Klammern charakterisiert. Ein Beispiel ist immersive VR, charakterisiert durch Stereoprojektion sowie Orientierungs- und Positionsbestimmung.

### CHARAKTERISIERUNG DER TEILNEHMER

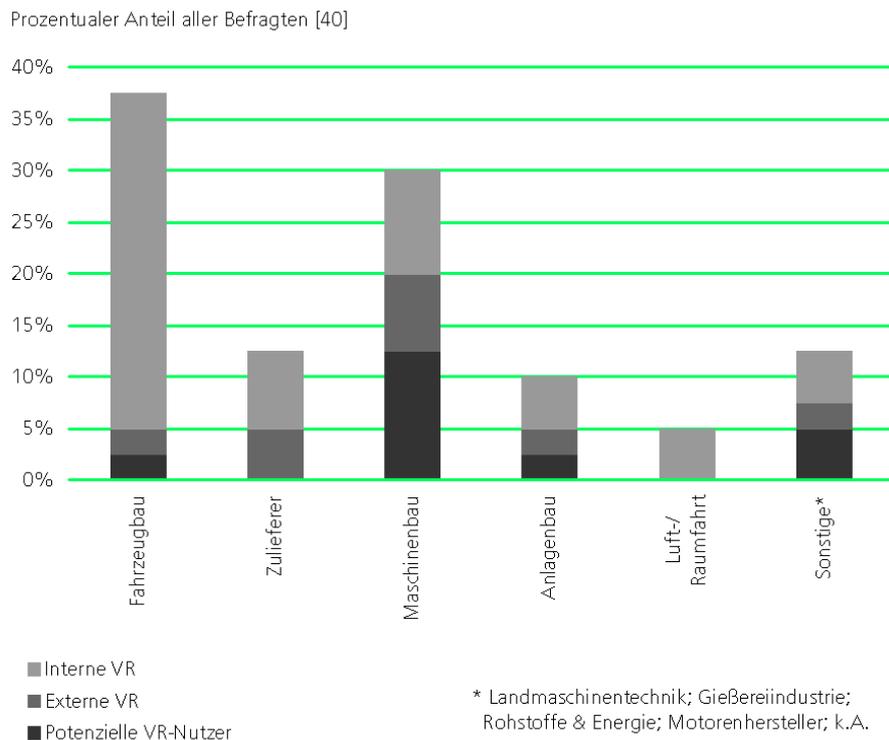
Von den 40 Teilnehmern stammen 34% der Befragten aus Unternehmen des Fahrzeugbaus, dicht gefolgt mit 28% aus dem Maschinenbau. Neben weiteren gängigen Branchen wie Luft- und Raumfahrt, Anlagenbau und der Zulieferindustrie, wurde in dem Fragebogen noch die Option „Sonstiges“ mit freier Antwortmöglichkeit vorgegeben. Die in Abbildung 1 unter diesem Begriff dargestellten 12% entsprechen Unternehmen aus der Landmaschinentechnik, der Gießereiindustrie, Rohstoffe & Energie sowie Motorenhersteller. Die unten abgebildeten Prozentangaben sind nicht als absolut anzusehen, da verschiedene Unternehmen in mehreren Branchen angesiedelt und demzufolge in zwei oder drei Branchen zugleich verzeichnet sind.



**Abbildung 1:** Branchenübersicht aller Befragten (Mehrfachnennungen enthalten)

Auf die Frage nach nationaler oder internationaler Unternehmensaktivität, antworteten **95%** aller Befragten mit **international**. Lediglich 2 Teilnehmer dieser Umfrage haben ihre Firmenaktivitäten nach eigenen Angaben national ausgerichtet.

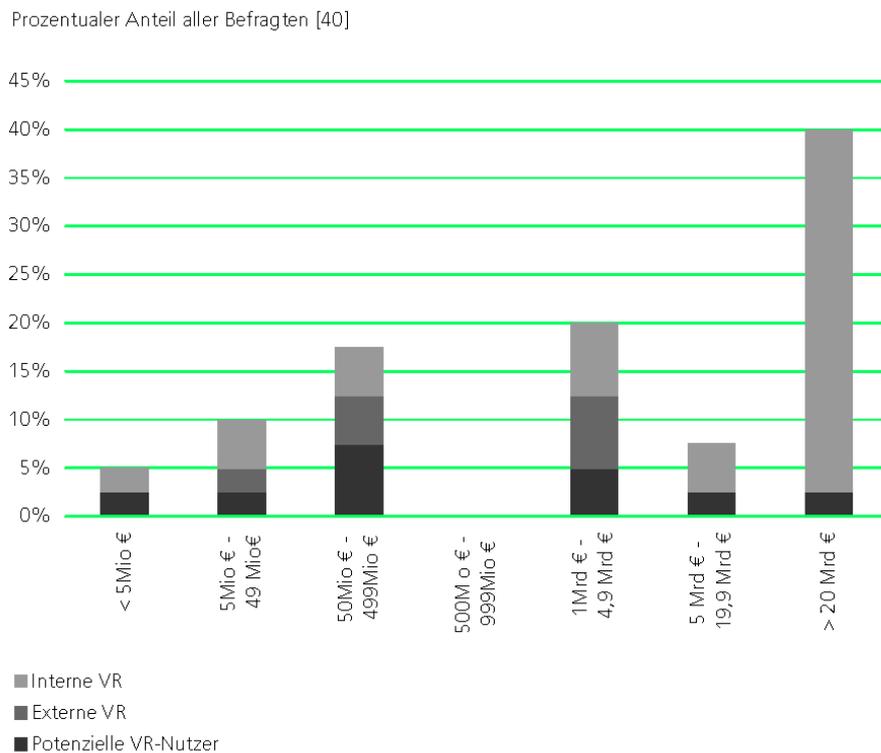
Hinsichtlich der **Verbreitung der VR-Technologie**, entsprechen **62%** der 40 Teilnehmer, den **Nutzern interner VR-Systeme**. Dabei stellt der Fahrzeugbau, wie anfangs bereits erwähnt, den größten Teil der Nutzer dar. **Externe Dienstleistungen** nehmen unter allen Befragten lediglich **15%** in Anspruch. Dabei haben die Nutzer externer VR-Systeme angegeben, dass sie zu 67% Pilotprojekte als Testphase für eigene Systeme durchführen und zudem zu 50% die externen Systeme bereits zeitlich flexibel in Anspruch nehmen. Die flexible Inanspruchnahme beschränkt sich derzeit noch vermehrt auf den Marketingaspekt von VR-Systemen, wie z.B. Verkaufsdemonstrationen. Ein Einsatz zur Unterstützung des Produktionsprozesses wie beim Digital Mock-Up oder bei der Visualisierung von Simulationen, sind nur vereinzelt angegeben. Den größten Teil an externen VR-Systemen nehmen Unternehmen aus dem Maschinenbau ein, wobei die anderen Branchen zahlenmäßig unmittelbar im Anschluss stehen. Die **23% der potenziellen VR-Nutzer** stammen ebenfalls in erster Linie aus dem Maschinenbau.



**Abbildung 2:** Status VR-Nutzung nach Branche

Wie in Abbildung 2 erkennbar ist, scheint sich der integrierte VR-Einsatz in Zukunft besonders auf den Maschinenbau auszuweiten. Einen Trend bei dem relativ hohen Anteil potenzieller VR-Nutzer unter „Sonstiges“ lässt sich nicht weiter bestimmen, da die einzelnen Teilnehmer aus unterschiedlichen Branchen stammen. Im Bereich des Fahrzeugbaus sind geringe potenzielle VR-Nutzer zu verzeichnen. Dies liegt an dem Umstand, dass VR in der Automobilindustrie bereits etabliert ist und potenzielle Nutzer nur aus

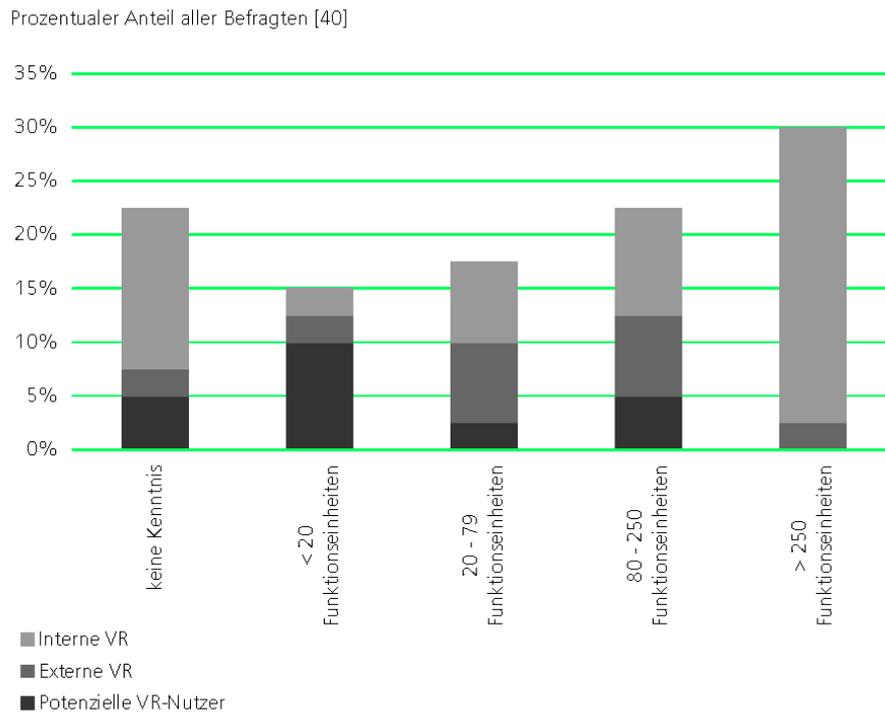
Abteilungen innerhalb eines Konzerns stammen, die noch kein VR-System nutzen. Betrachtet man die Zulieferindustrie, so erkennt man, dass hier offensichtlich die Notwendigkeit von einem VR-Einsatz erkannt wurde, um mit den Kunden – meist aus dem Fahrzeugbau und der Luft- und Raumfahrt – technologisch Schritt halten zu können und einheitliche Schnittstellen zu schaffen.



**Abbildung 3:** Status VR-Einsatz nach Umsatz

Im Hinblick auf den Umsatz scheinen bislang die umsatzstarken Unternehmen Hauptnutzer eigener VR-Systeme zu sein. Nur vereinzelt sind interne Systeme bei den kleineren und mittleren Unternehmen zu verzeichnen.

Da die befragten Unternehmen aus der produzierenden Industrie stammen, wurde in der Umfrage die **Komplexität der Produkte** anhand der Anzahl an zusammengesetzten Funktionseinheiten abgefragt. Unter Funktionseinheit werden einzelne Baugruppen verstanden, wie z.B. die Elektrik oder die Abgasanlage bei einem Automobil. Ein Fahrzeug z.B. besteht aus über 150 Funktionseinheiten, wohingegen beispielsweise eine Motorsäge ca. 20 Funktionseinheiten beinhaltet.



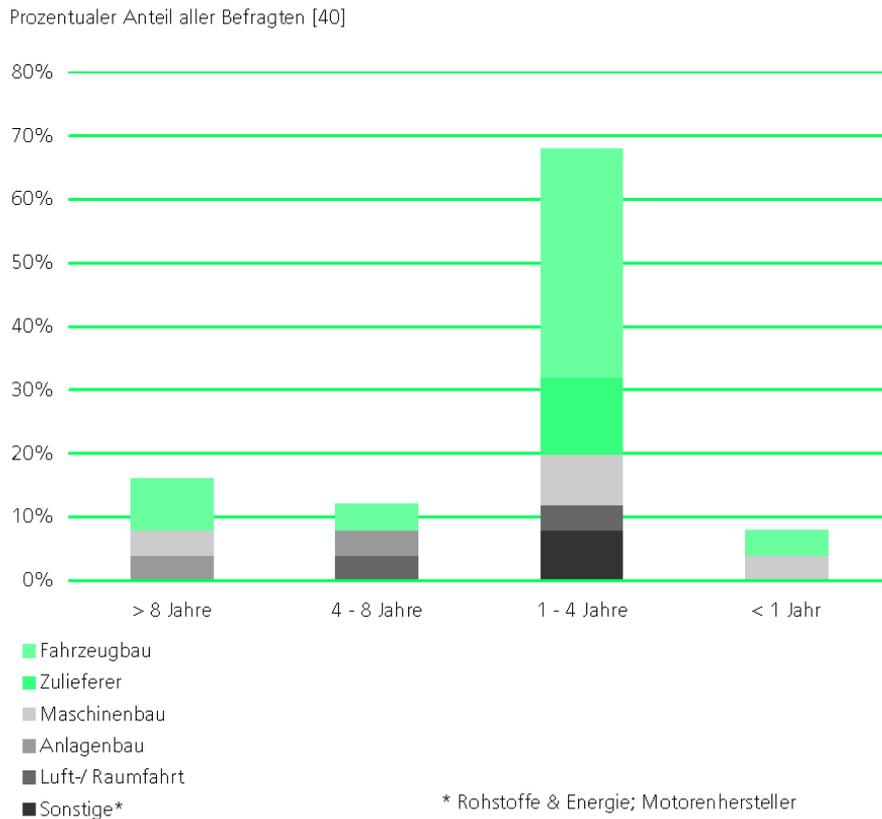
**Abbildung 4:** Produktkomplexität aller Befragten

Anhand Abbildung 4 wird deutlich, dass die Produktkomplexität bei den internen VR-Nutzern wesentlich höher liegt als bei den beiden anderen Nutzergruppen. In erster Linie basiert die Tendenz auf der Tatsache, dass Unternehmen aus dem Fahrzeugbau Hauptnutzer eigener VR-Systeme sind. Zudem sind aber auch die komplexen Produkte der Unternehmen aus dem Anlagenbau, der Luft- und Raumfahrt sowie vereinzelt aus dem Maschinenbau zu nennen.

Es wird deutlich, dass Virtual Reality insbesondere bei komplexen Produkten eingesetzt wird, die gleichzeitig kostenintensiv sind. Mit sinkenden Preisen von VR-Systemen ist ein wirtschaftlicher Einsatz nun auch bei weniger komplexen Produkten möglich und zu vermuten. Demzufolge kann der Trend der VR-Nutzung in Zukunft hin zu kleineren und mittleren Unternehmen gehen, deren Produkte zudem durch eine geringere Komplexität gekennzeichnet sind.

## STAND DER VIRTUAL-REALITY-TECHNOLOGIE

Von den 25 Nutzern interner VR-Systeme haben 68% der Befragten vor 1 bis 4 Jahren angefangen, diese Technologie zu verwenden. Anhand der vorliegenden Auswertung ist ersichtlich, dass Unternehmen aus dem Maschinenbau und der Zulieferindustrie tendenziell erst seit weniger als 4 Jahren mit VR-Systemen arbeiten.



**Abbildung 5:** Startphase interner VR-Systeme

Die Nutzer **externer Dienstleistungen** beschäftigen sich, ebenso wie die Befragten mit eigenen VR-Systemen, mit **67%** mehrheitlich seit **1 bis 4 Jahren** mit der VR-Technologie. **33%** der 6 Befragten sind dahingegen erst seit **weniger als einem Jahr** auf dem Gebiet der Virtual Reality aktiv sind.

Auf die Frage nach der **Wahrscheinlichkeit einer Implementierung** eigener VR-Systeme, haben die Nutzer externer VR auf einer 4-stufigen Skala von „sehr wahrscheinlich“ zu „überhaupt nicht“, zu **100% im Bereich einer wahrscheinlichen Implementierung** geantwortet. Aufbauend auf dem Ergebnis und den Aussagen der externen VR-Nutzer, dass sie die Dienstleistungen zwecks Testphase für eigene VR-Systeme in Anspruch nehmen, ist ein Trend zu unternehmensintegrierten Systemen zu erkennen.

Insgesamt steht bei allen VR-Anwendern (intern und extern) die Nutzung **immersiver Systeme** im Vordergrund. Immersive Systeme bestehen aus einer Stereoprojektion und einem Tracking der Kopf- und Handposition. Unter Immersion (lat. Eintauchen) wird dabei die Einbezogenheit des Nutzers in die Anwendungsumgebung unter Ansprache seiner Sinne verstanden.

**Nicht-immersive Systeme** stehen unmittelbar in der Wertung der Nutzung an zweiter Stelle. Die Unterscheidung der beiden Systemarten war insofern zwingend notwendig, um die Nutzung reiner VR-Systeme erkennbar zu machen. Eine Schwierigkeit in der VR-

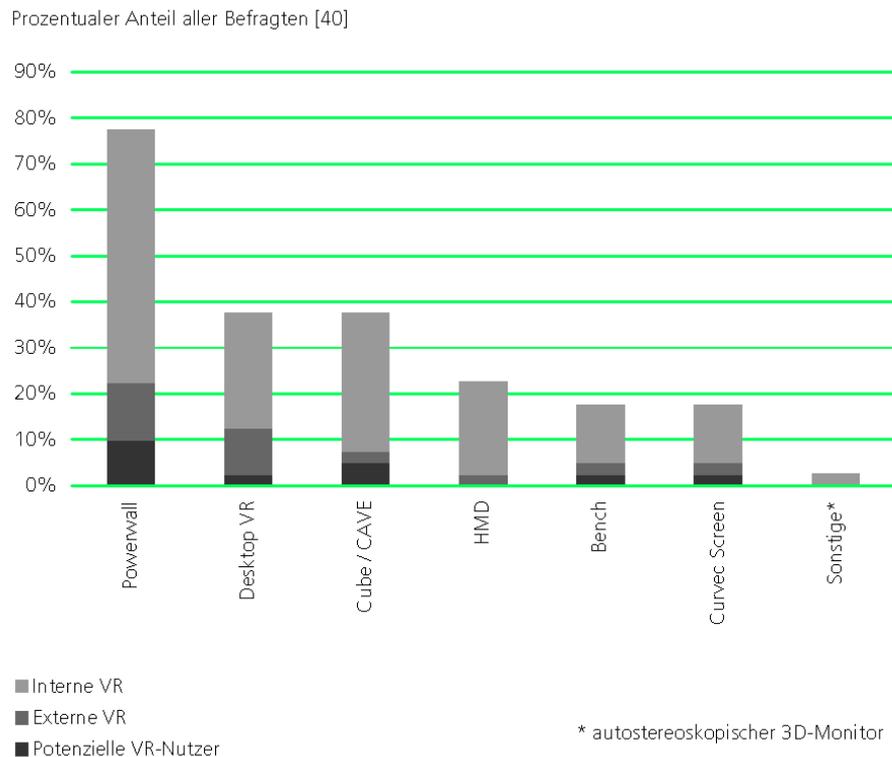
Technologie liegt nach wie vor in der Begriffsdefinition, was VR ist und was nicht. Unter Virtual Reality werden eine Vielzahl von nicht-stereoskopischen Systemen subsumiert, die zudem auch kein Tracking beinhalten. Nicht-immersive VR steht in der Umfrage demzufolge für diese einfachen dreidimensionalen Abbildungen oder Animationen.

**Augmented Reality** bezeichnet der Realität überlagerte virtuelle Informationen. Dies wird häufig durch semi-transparente Displays erreicht, durch die der Nutzer die reale Umgebung sieht und auf denen Zusatzinformationen eingeblendet werden. Potenzielle Einsatzgebiete sind Wartungs- und Montagearbeiten. Systeme der Augmented Reality sind derzeit noch in der Entwicklung und noch nicht effizient in der Industrie einsetzbar, wie auch durch die geringe Nutzung deutlich wird.



**Abbildung 6:** Wertung der Systemnutzung (31 Wertungen der VR-Anwender)

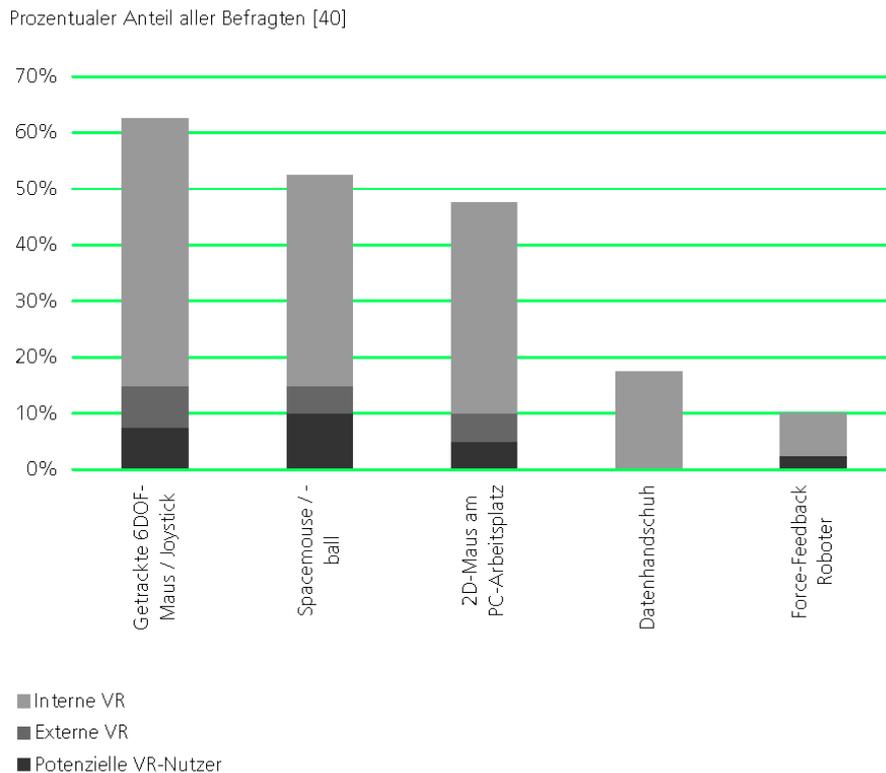
Ausgehend von den Umfrageergebnissen liegt bei den **Projektionsflächen** die Nutzung der Powerwall bei allen drei Befragten Gruppen an erster Stelle. Bei den internen VR-Nutzern sind Anwendungen in einer Cube™ / CAVE™ zweitplatzierte, wohingegen die externen VR-Nutzer Desktop-VR präferieren. Die CAVE™ besteht laut Angaben der Befragten mehrheitlich aus 3 Seiten. Nur 2 der 13 VR-Anwender nutzen eine 4- bis 5-Seiten CAVE™.



**Abbildung 7:** Ranking Projektionsflächen

Die zum Teil integrierte Darstellung der potenziellen VR-Nutzer in der obigen und den folgenden Abbildungen, zeigen den zukünftigen Trend. Demzufolge stehen die internen und externen VR-Nutzer für den aktuellen Status quo.

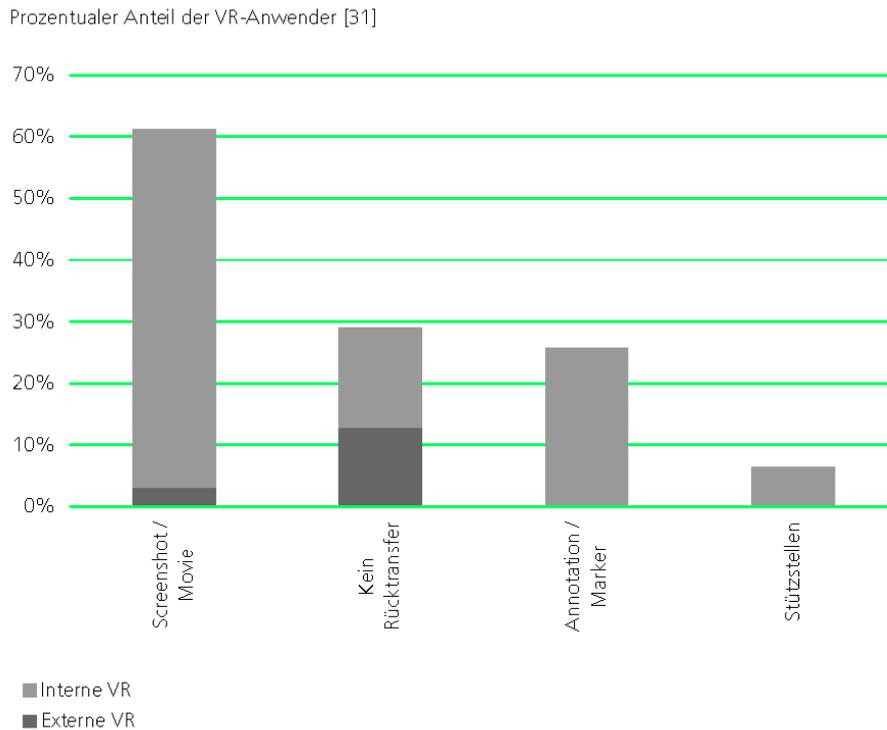
Im Bereich der Interaktionsgeräte haben die Befragten mehrheitlich angegeben, dass sie eine getrackte 6 Degree of Freedom DOF-Maus / Joystick oder artverwandte Geräte nutzen. Die Spacemaus / -ball ist das zweithäufigst genutzte Eingabegerät. Der Datenhandschuh sowie der Force-Feedback-Roboter werden am wenigsten genutzt, was auf Unhandlichkeit und aufwendige Kalibrierungsmaßnahmen zurückgeführt werden kann, sowie den vergleichsweise hohen Kosten für Force-Feedback-Roboter und den fehlenden kommerziellen Softwareanwendungen.



**Abbildung 8:** Ranking Interaktionsgeräte

Der hohe Anteil an Angaben bei der 2D-Maus am PC-Arbeitsplatz ist nicht weiter verwunderlich. Auf der einen Seite werden viele Anwendungen nicht-immersiv durchgeführt, was durch die Ergebnisse hinsichtlich des hohen Nutzungsgrades an nicht-immersiven Systemen belegt wurde. Auf der anderen Seite wird auch bei immersiven Systemen die 2D-Maus zur Datenaufbereitung und Vorbereitung einer immersiven Sitzung benötigt.

Auf die Frage nach einem **Datenrücktransfer aus VR in vorgelagerte Systeme**, haben 61% der VR-Anwender angegeben, dass sie Screenshots oder Movies einsetzen. Diese Technik entspricht nicht einem tatsächlichen Datenrücktransfer, vielmehr dient er ebenso wie Annotationen und Marker lediglich zur Dokumentation von Änderungen.



**Abbildung 9:** Art des Datenrücktransfers aus VR in vorgelagerte Systeme

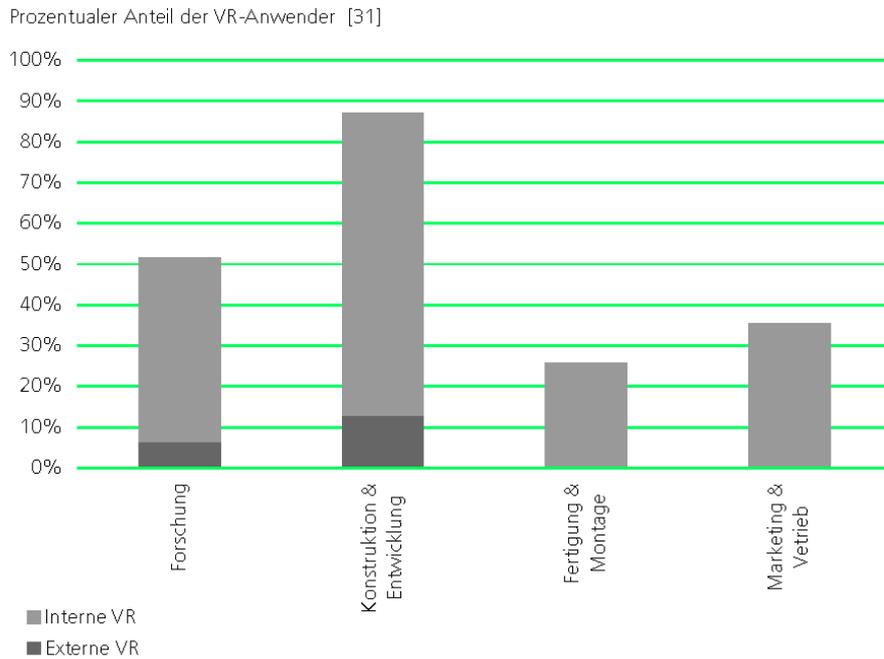
Wie Abbildung 9 zudem zeigt, gaben 29% der befragten VR-Anwender an, dass sie keinen Rücktransfer von Daten durchführen. Diese Antworten setzten sich aber zu 13% aus externen VR-Nutzern zusammen, bei denen aufgrund fehlender unternehmensinterner Systeme ein Rückfluss nicht zwingend produktiv und nutzbringend wäre. Zudem werden die externen VR-Systeme mehrheitlich für Marketingzwecke eingesetzt, wobei in diesem Anwendungsrahmen kein Datenrücktransfer benötigt wird.

Ein Beispiel für einen Datenrücktransfer sind Stützstellen einer in einer virtuellen Umgebung durchgeführten Kabelverlegung, die in das CAD-Modell integriert werden. Diese Art des Transfers wird aber bislang von nur 6% der 31 VR-Anwender genutzt.

Um die Angaben zu relativieren, wurden die Befragten nach der **Wichtigkeit eines Datenrücktransfers** befragt. Dabei haben 87% der VR-Anwender auf einer 4-stufigen Skala von „sehr wichtig“ zu „überhaupt nicht wichtig“, zusammenfassend betrachtet, den Rücktransfer **tendenziell** als **eher wichtig** erachtet.

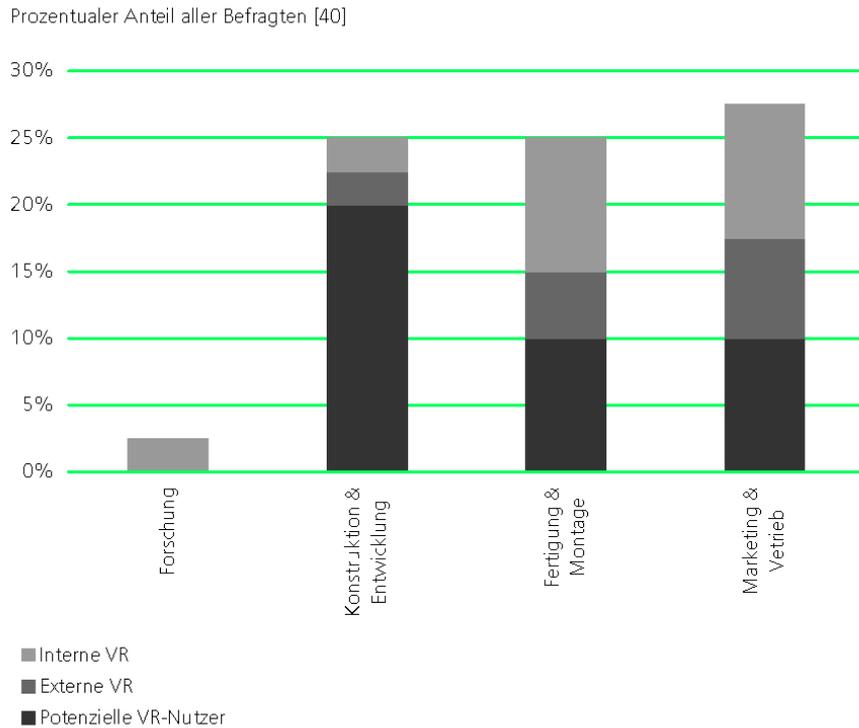
## GRAD DER NUTZUNG

In der Umfrage wurden die Unternehmen nach dem derzeitigen und zukünftigen **Abteilungseinsatz** der VR-Technologie befragt. Anhand Abbildung 10 ist ersichtlich, dass derzeit VR mehrheitlich in der Konstruktion und Entwicklung eingesetzt wird. Zudem ist die Technologie aktuell noch weit in der Forschung verbreitet.



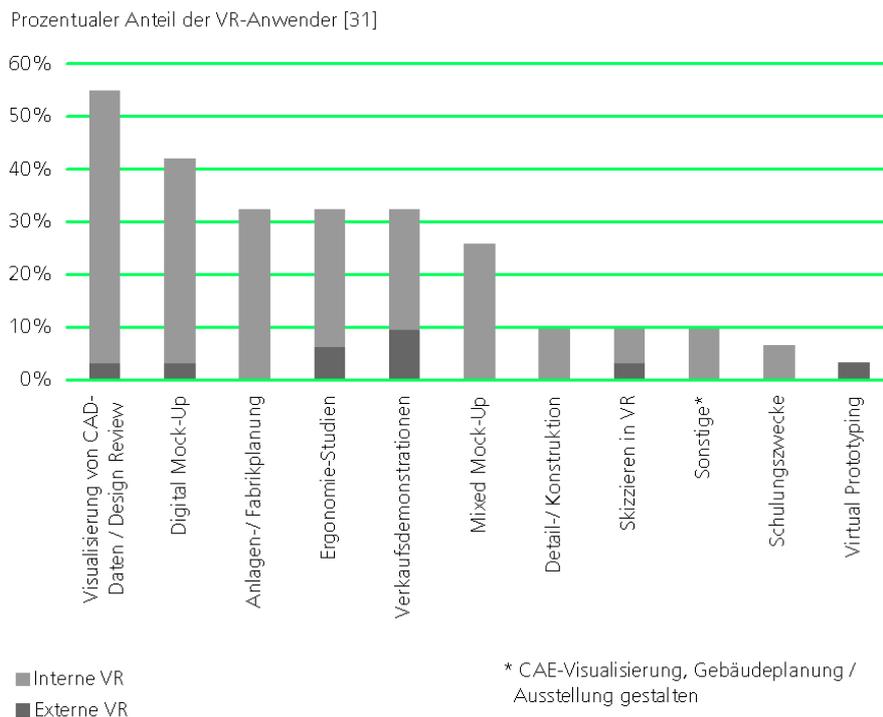
**Abbildung 10:** Aktueller VR-Einsatz nach Abteilungen

Der Einsatz von Virtual Reality in der Zukunft, zielt bei den internen und externen VR-Anwendern verstärkt auf eine Nutzung in der Fertigung und Montage sowie im Marketing und Vertrieb ab. Die potenziellen VR-Nutzer sehen das Leistungsvermögen von VR-Systemen für sich mehrheitlich im Bereich der Entwicklung und Konstruktion, was in Kohärenz mit dem aktuellen Status quo bei den derzeitigen VR-Anwendern steht. Insgesamt betrachtet, planen die internen und externen VR-Nutzer bis auf den Bereich der Forschung, einen durchgängigen Einsatz von VR in ihrem Unternehmen. Die Notwendigkeit zur unternehmensinternen Forschung auf dem Gebiet der Virtual Reality, nimmt demzufolge zukünftig ab. Dieser Trend lässt sich darauf zurückführen, dass die Anzahl der externen Forschungsinstitute, die sich mit VR beschäftigen, sowie die Anzahl von Software- und Hardwareanbietern in diesem Bereich, stark zugenommen haben.



**Abbildung 11:** Zukünftige Entwicklung des VR-Einsatzes nach Abteilungen

Neben den aktuellen und zukünftigen Abteilungen, wurden die Unternehmen nach den **Anwendungen** gefragt, bei denen sie Virtual Reality einsetzen.

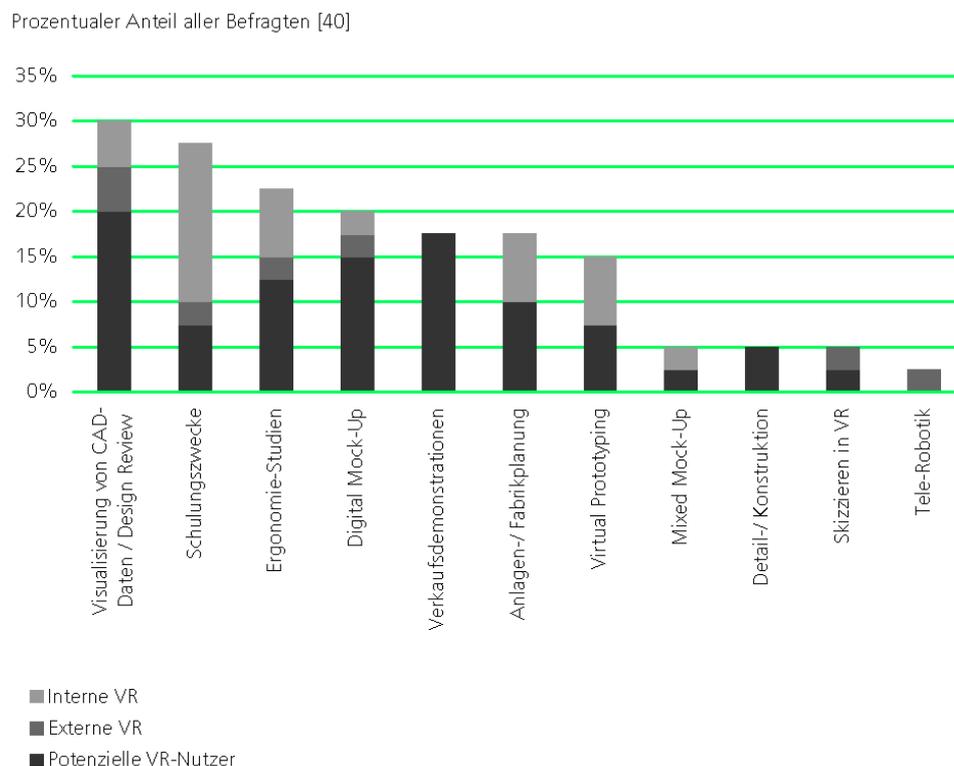


**Abbildung 12:** Ranking der Anwendungen

Wie in Abbildung 12 erkennbar ist, werden VR-Systeme derzeit hauptsächlich für die Visualisierung von CAD-Daten bzw. für einen Design Review genutzt. Die Unterstützung der Konstruktionsabteilung durch den Einsatz von VR bei einem Digital Mock-Up, steht in der Gesamtwertung an zweiter Stelle. Detaillierter betrachtet, liegt die Hauptnutzung von Virtual Reality bei den externen Nutzern bei Verkaufsdemonstrationen. Der Aspekt wurde bereits im Vorfeld mehrfach angesprochen.

VR-Anwendungen im Bereich des Skizzieren oder Detailkonstruktionen werden bei allen Befragten relativ gering genutzt. Dies basiert auf dem derzeitigen Entwicklungsstand der Anwendungen, der bei allen beiden Bereichen noch in der Erprobung liegt.

Berücksichtigt man die Aussagen der potenziellen VR-Nutzer, liegt der Trend der VR-Nutzung in der Zukunft laut Abbildung 13 (s. nächste Seite), ebenfalls bei der Visualisierung von CAD-Daten. An zweiter Stelle steht ein VR-Einsatz im Bereich von Schulungen, der derzeit bei den aktuellen VR-Anwendern nur zu 6% genutzt wird (s. Abbildung 12). Betrachtet man die Befragtengruppen separat, liegt nach Aussage der internen VR-Nutzer gerade hier das Potenzial in der Zukunft.

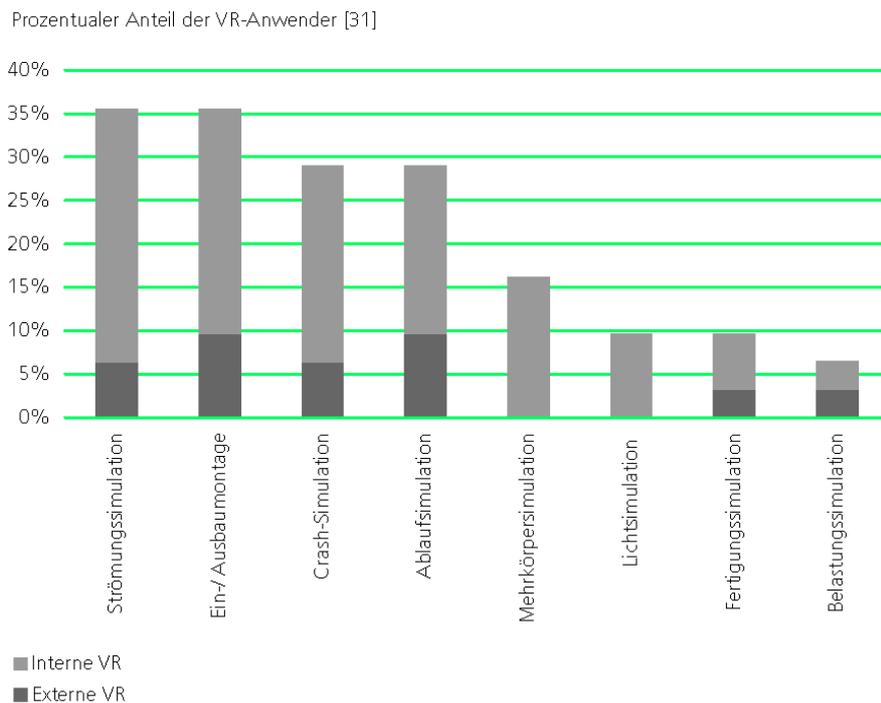


**Abbildung 13:** Zukünftige Entwicklung des VR-Einsatzes bei den Anwendungen

Anwendungen wie Detail-Konstruktion oder Skizzieren werden auch in der Zukunft eher wenig genutzt. Demzufolge werden für die Ideenfindung und die detaillierte Konstruktion der Produkte auch in Zukunft nach wie vor die herkömmlichen Systeme genutzt.

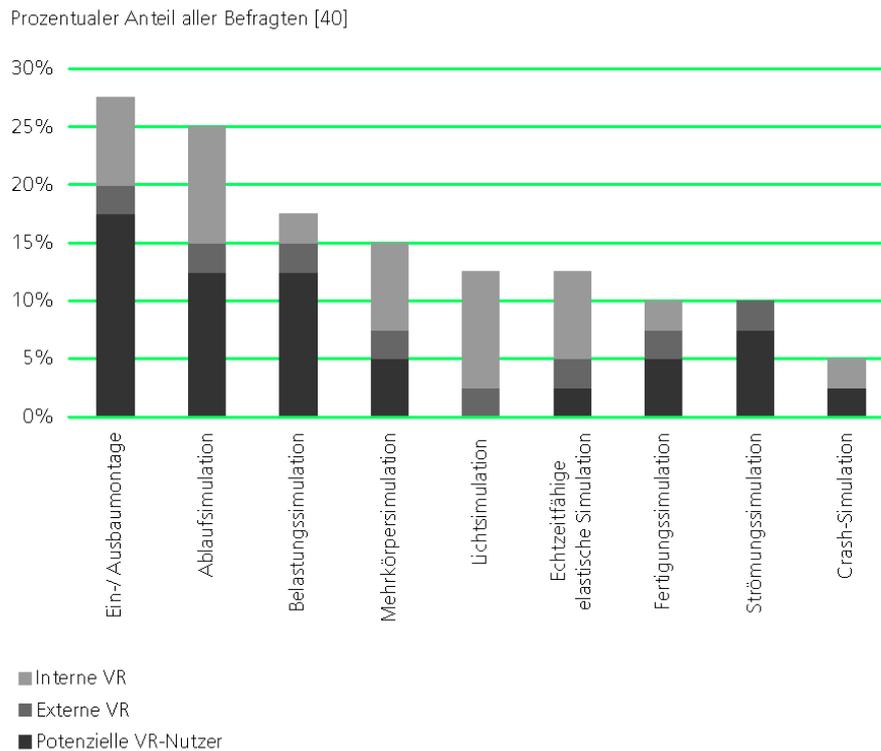
Der Einsatz von Virtual Reality zur **Visualisierung von Simulationen**, soll in der Zukunft auf verschiedene Bereiche ausgedehnt werden. **Derzeit** liegt die Hauptnutzung

mit jeweils 35% der gesamten VR-Nutzer bei Strömungssimulationen und Ein- und Ausbaumontagen (s. Abbildung 14). Der relativ hohe Anteil an der Nutzung der Virtual Reality zur Crashsimulation, ist mit der Branchenzugehörigkeit der meisten internen VR-Nutzer zu verstehen, die vermehrt im Fahrzeugbau angesiedelt sind.



**Abbildung 14:** Ranking der Simulationen

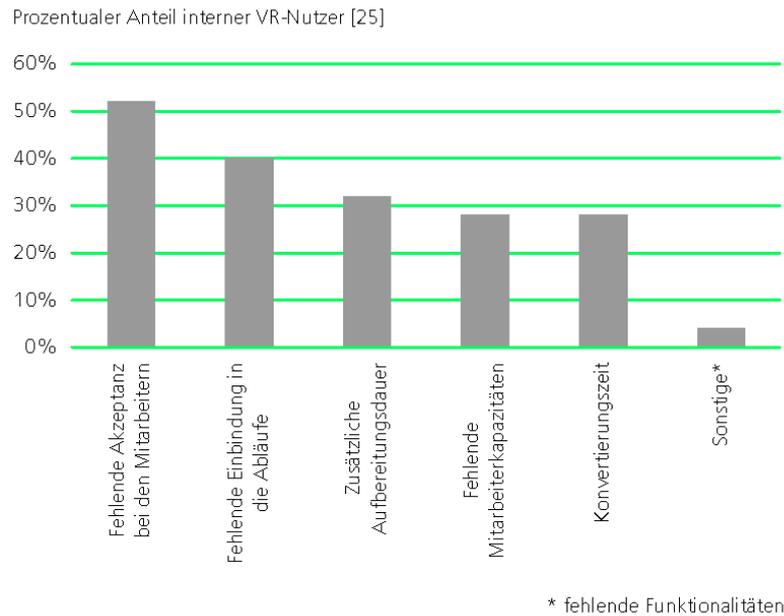
Die Weiterführung des Nutzungstrends der VR-Systeme hinsichtlich der Montagesimulation ist in Abbildung 15 erkennbar. Zudem wünschen sich die potenziellen VR-Nutzer, Belastungssimulationen in der virtuellen Umgebung durchführen zu können.



**Abbildung 15:** Zukünftige Entwicklung des VR-Einsatzes bei Simulationen

Die bisherigen Ergebnisse haben gezeigt, dass Virtual-Reality-Systeme derzeit in den Unternehmen des produzierenden Gewerbes für verschiedene Anwendungen eingesetzt werden. Um diesen Einsatz quantifizieren zu können, wurden die Nutzer interner VR-Systeme gebeten, die Auslastung des VR-Systems anhand der zeitlichen Nutzung in Tagen zu bewerten. **23** der insgesamt **25 Nutzer interner VR** (s. S. 3) haben sich zu dieser Frage geäußert. Davon gaben **65%** an, dass sie ihr System **mehr als 3 Tage** in der Woche nutzen, was eine relativ hohe Auslastung darstellt. Detaillierter betrachtet, ist das Virtual-Reality-System insgesamt zu **39%** durchgängig die Woche über im Einsatz. Ein relativ geringer Anteil von **35%** gab an, das System **unter 2 Tage** zu nutzen, wobei auch hier detaillierter betrachtet, die Mehrheit (26%) nur einen Nutzungstag angab.

**Probleme** für eine vollständige zeitliche Auslastung der unternehmensinternen VR-Systeme, werden in der folgenden Abbildung 16 dargestellt.



**Abbildung 16:** Hindernisse zur vollständigen zeitlichen Auslastung

Die fehlende Akzeptanz bei den Mitarbeitern stellt derzeit das größte Problem in den Unternehmen dar (s. auch Abschnitt Benutzerakzeptanz, S. 28). Dies mag zum einen an der mangelnden Kenntnis über den produktiven Nutzen eines VR-Systems liegen, so dass der Einsatz eher als Spielerei betrachtet wird, oder die Mitarbeiter bemängeln zum anderen die Benutzerfreundlichkeit.

Die Nennungen in Bezug auf die fehlenden Mitarbeiterkapazitäten ist vor dem Hintergrund zu betrachten, dass VR zur Zeit noch einen Know-how intensiven Bereich darstellt und somit die Akquisition neuer Mitarbeiter erschwert wird (vgl. Abbildung 30: Aktuelle Defizite in der VR-Technologie, S. 30). Die fehlende Einbindung in die Arbeitsabläufe geht einher mit den geringen personellen Kapazitäten, dem zusätzlichen Aufbereitungsaufwand sowie den benötigten Konvertierungszeiten. Daher stellt die fehlende Einbindung das zweithäufigste Hindernis in der Wertung dar.

Insbesondere beim Einsatz neuer Technologien wird von den Verantwortlichen eine Rechtfertigung der finanziellen Mittel in Form von aussagekräftigen Zahlen verlangt, die den Nutzen belegen. Ausgewählte **Verfahren zur Nutzenbewertung** werden im folgenden kurz vorgestellt, da in der Umfrage nach dem konkreten Einsatz von solchen Verfahren hinsichtlich der VR-Technologie gefragt wurde.

Die nachfolgend aufgeführten **Managementtechniken** erheben hier keinen Anspruch auf eine detaillierte Definition. Sie sollen lediglich ausgewählte Möglichkeiten skizzieren. Eine ausführliche Einführung in diverse Bewertungsverfahren als Entscheidungshilfe und Wirtschaftlichkeitsrechnung liefern Rinza und Schmitz in „Nutzwert-Kosten-Analyse“ (1977) sowie Warnecke, Bullinger und Hichert in „Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure“ (1980).

Die **Nutzwert-Analyse** ist ein Verfahren, bei dem der Nutzen eines Sachverhalts nicht-monetär bewertet wird. An Stelle monetärer Maßstäbe wird eine Skalierung vorge-

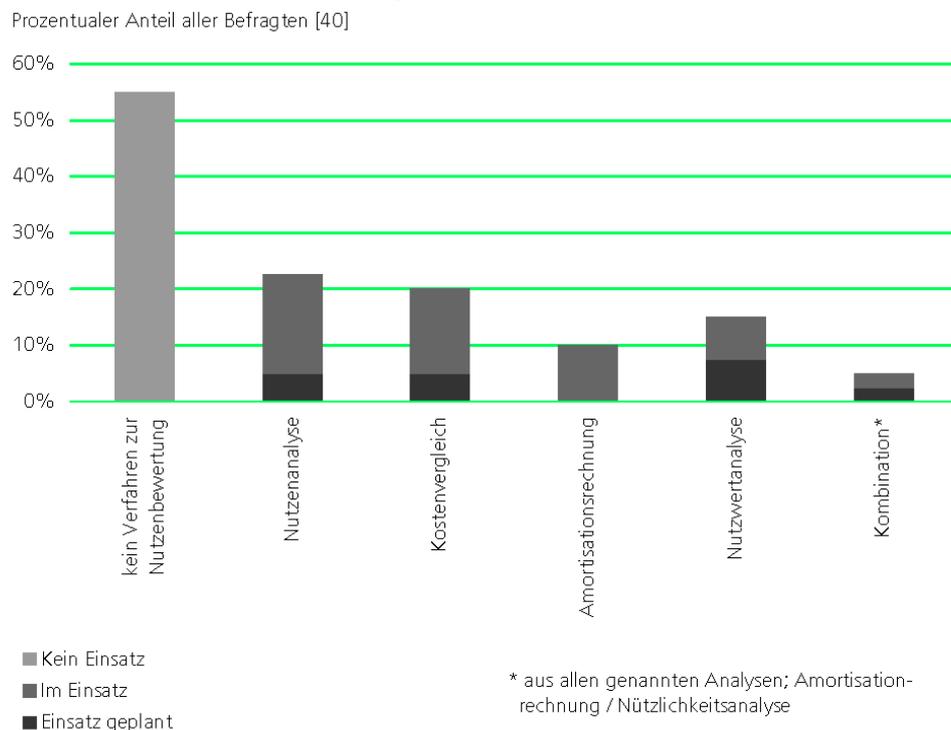
nommen, die der Benotung im Schulsystem ähnelt. Durch diese Bewertung erstellt man zum einen eine Nutzwert-Rangfolge und zugleich ermöglicht die Skalierung eine Nutzwertrelation hinsichtlich bestehender Alternativen. Die Nutzwert-Analyse wird dann eingesetzt, wenn eine monetäre Bewertung des Nutzens nicht möglich ist.

Die **Kostenrechnung** stellt das Gegenstück zur Erlösrechnung dar. Wird in der Erlösrechnung die Summe aller einzelnen Erlöse als Maßstab für den monetären Nutzen verwendet, so wird bei der Kostenrechnung ein Mengengerüst zur monetären Bewertung des Aufwands erstellt und mittels bestimmter Kalkulationsverfahren in monetäre Beträge umgesetzt.

Die **Nützlichkeits-Analyse** umfasst die nicht-monetäre Aufwandsbewertung und nicht-monetäre Nutzenbewertung. Zur Quantifizierung der Nützlichkeits aus den Punktwerten der Bewertungen wird ein Quotient aus beiden ermittelt oder die Teilergebnisse werden in Form eines Nutzwert-Aufwandswert-Diagramms dargestellt.

Die **Amortisationsrechnung** baut auf den Zahlen der Kostenvergleichs- bzw. Gewinnvergleichsrechnung auf mit dem Ziel, den Zeitraum zu ermitteln, in dem das eingesetzte Kapital für die Investitionen über Erträge wieder eingenommen wurde. Die Amortisationszeit ist dabei die wesentliche Kenngröße, die Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit der Investition bringt und dementsprechend eine Aussage über Nutzen oder Kapitalverlust liefern kann.

In Abbildung 17 wird ein Überblick über die Nutzung der verschiedenen Bewertungsverfahren hinsichtlich der VR-Systeme gegeben. In dem Zusammenhang wurden alle drei Teilnehmergruppen befragt, um auf der einen Seite den derzeitigen Nutzungstand von solchen Verfahren zu ermitteln und zugleich die Tendenz in der Zukunft zu ermitteln.

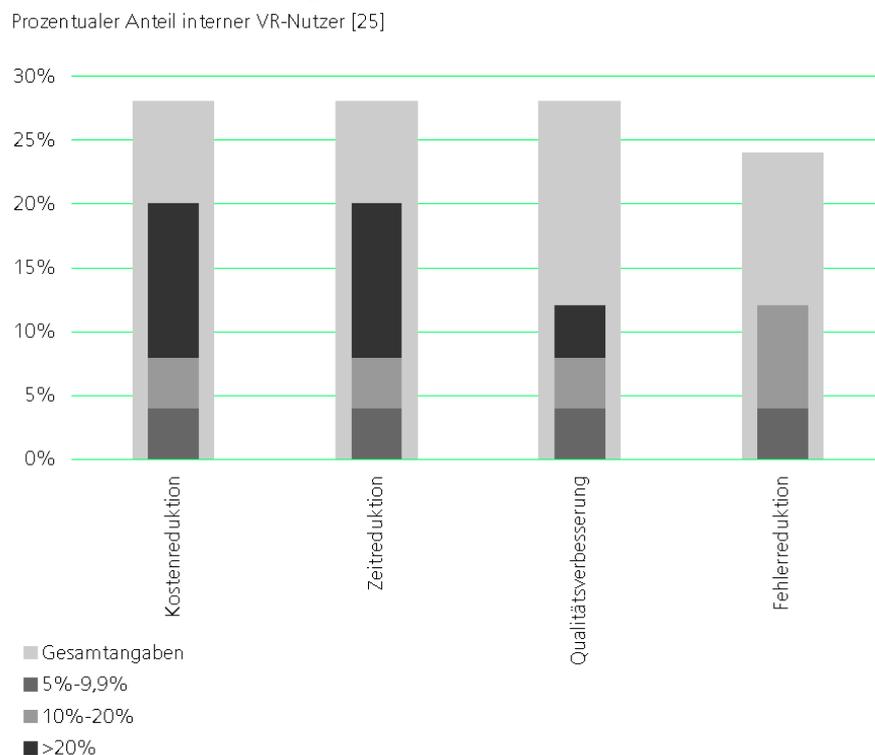


## Abbildung 17: Nutzenbewertungsverfahren

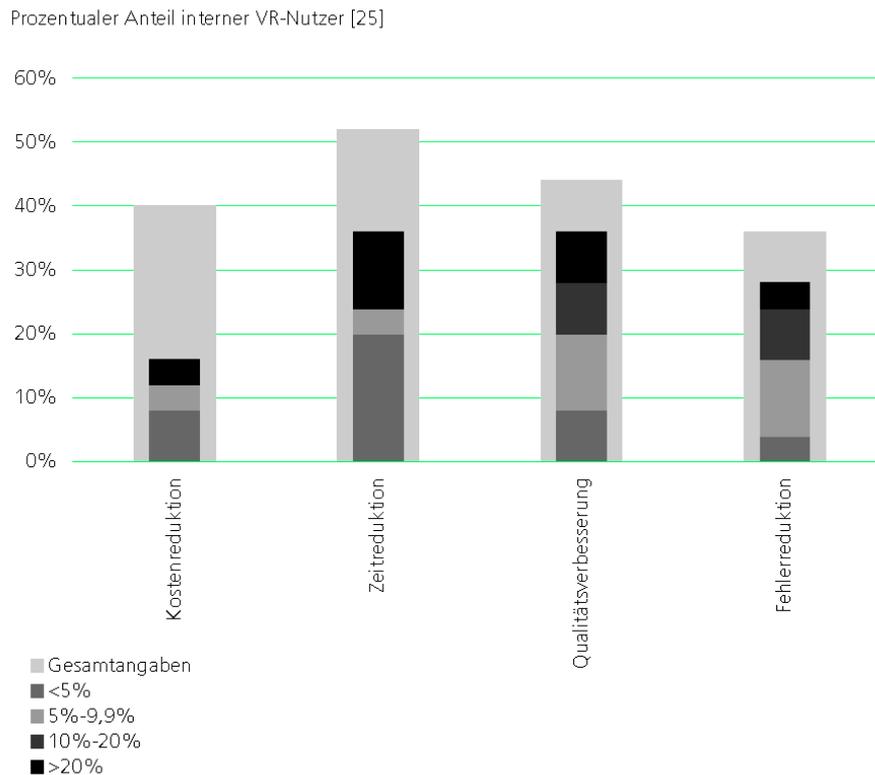
Wie in Abbildung 17 ersichtlich ist, setzten die meisten Unternehmen kein Verfahren zur Nutzenbewertung ein und haben ein solchen Einsatz auch in Zukunft nicht geplant. Die Unternehmen, die solche Bewertungstechniken einsetzten, wählten zu gleichen Teilen monetäre wie auch nicht-monetäre Verfahren.

Zusätzlich wurde von den Firmen eine prozentuale Angabe zur Kostenreduktion, Zeitreduktion, Qualitätsverbesserung sowie Fehlerreduktion durch den VR-Einsatz abgefragt. Um nun die Aussagen bzgl. des Nutzens in den verschiedenen Gebieten bewerten zu können, wurden die Angaben der Unternehmen im Zusammenhang mit dem Einsatz von Nutzenbewertungsverfahren betrachtet.

Die Sparte „Gesamtwertung“ bezieht sich dabei auf die Teilnehmer, die sich insgesamt qualitativ zu dem Nutzen geäußert haben. Die darin dargestellten quantitativen Angaben, beziehen sich auf die Gesamtteilnehmer, die sich neben der qualitativen Wertung, auch zu dem Nutzen prozentual geäußert haben.



**Abbildung 18:** Quantitative Nutzenbewertung interner VR-Nutzer mit eingesetztem Nutzenbewertungsverfahren



**Abbildung 19:** Quantitative Nutzenbewertung interner VR-Nutzer ohne eingesetztes Nutzenbewertungsverfahren

Wie in Abbildung 18 zu sehen ist, geben 28% der internen VR-Nutzer mit eingesetztem Nutzenbewertungsverfahren an, dass sie eine Kostenreduktion durch den VR-Einsatz erzielen, wobei 12% diese mit einer Reduktion von über 20% beziffern. Insgesamt lassen die Angaben in Abbildung 18 der internen VR-Nutzer die Aussage zu, dass der Einsatz von Virtual-Reality-Systemen nachweislich den Unternehmen einen produktiven und monetären Nutzen bringt. Alle quantitativen Aussagen zum Nutzen in Abbildung 18 wurden wie bereits zuvor betont, unter Zuhilfenahme von monetären Bewertungstechniken getroffen worden.

Betrachtet man die Einschätzungen von internen VR-Nutzern, die keine Nutzenbewertungsverfahren einsetzen (s. Abbildung 19), so ist zu erkennen, dass hier 40% eine Kostenreduktion durch den VR-Einsatz erzielen. Jedoch quantifizieren nur 16% ihre Aussage gegenüber den 20% der internen VR-Nutzern mit eingesetztem Bewertungsverfahren in Abbildung 18. Des Weiteren geben nur 5% an, dass sie eine Einsparung hinsichtlich der Kosten von über 20% hätten. Dem stehen 12% der VR-Nutzer mit Bewertungsverfahren gegenüber, d.h., die Anwender ohne Einsatz eines allgemeinen Nutzenbewertungsverfahrens, schätzen die quantitativen Vorteile vorsichtiger ein.

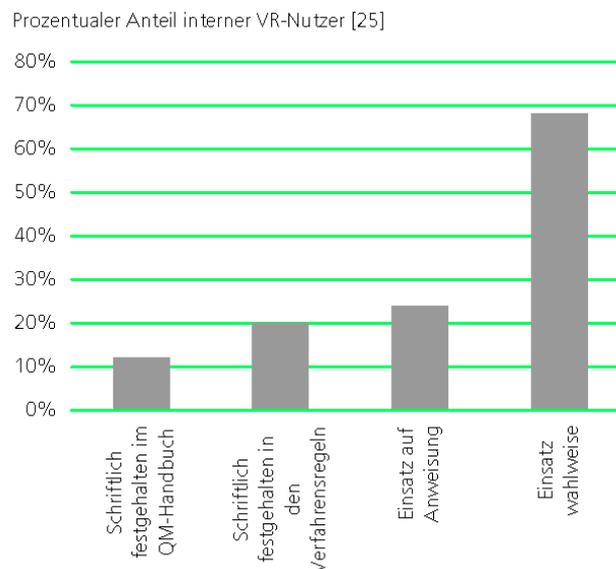
Eine Zeitreduktion wird von 52% der internen VR-Nutzer ohne eingesetztes Nutzenbewertungsverfahren angegeben gegenüber 28% der internen Nutzer mit solchen Verfahren, wobei der Anteil der die Zeitreduktion auf über 20% beziffert, bei beiden Gruppen mit 10% gleich ist.

Insgesamt betrachtet, differenzieren die prozentualen Angaben über Einsparungen oder Verbesserungen bei Nutzern von Bewertungsverfahren oder keiner Technik nicht signifikant. Die Unterscheidung sollte nur ein mögliches Defizit zwischen geschätztem und nachweislichem Nutzen aufweisen, der jedoch nicht ersichtlich ist.

## INTEGRATION DER VIRTUAL-REALITY-SYSTEME IN DEN UNTERNEHMENSABLAUF

Um die Integration der VR-Systeme in den Unternehmen bewerten zu können, wurden die Nutzer interner VR zunächst nach ihrer allgemeinen Prozessorganisation befragt. In diesem Kontext gaben **32% der 25 internen VR-Nutzer** an, ein **Qualitätsmanagement-Handbuch** zu besitzen. Demzufolge haben die Unternehmen ihre Prozesse schriftlich festgehalten und durch eine unabhängige Organisation prüfen lassen, um für Außenstehende die Qualität ihrer Arbeitsabläufe belegen zu können. Die Mehrheit von **44%** der Befragten gab an, ihre Prozesse nach **internen Verfahrensregeln** auszurichten. Dies beinhaltet ebenfalls eine schriftliche Niederlegung, jedoch ohne ein externes Zertifikat. Die Minderheit von **24%** der VR-Nutzer gab an, dass ihr Arbeitsablauf lediglich **auf Anweisung** organisiert ist.

Zusammenfassend betrachtet, hat die Mehrheit der Unternehmen ihre Prozesse schriftlich fixiert, so dass ein optimaler und effizienter Arbeitsfluss gewährleistet wird. Im zweiten Schritt wurden die Unternehmen nach der Integration der VR-Systeme in ihre jeweiligen Organisationsstruktur befragt.



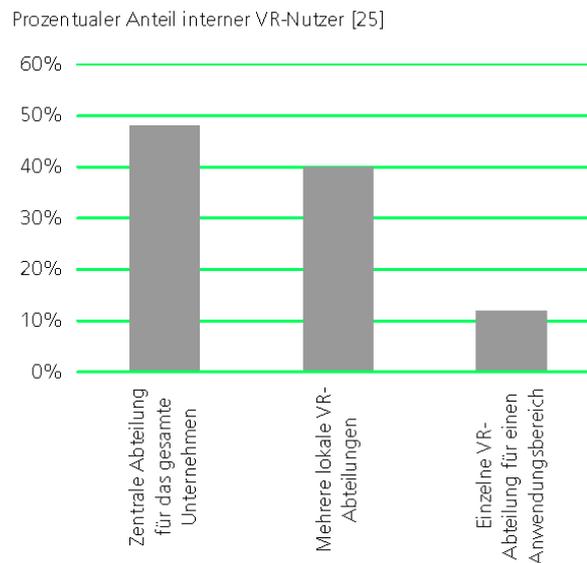
**Abbildung 20:** Status der Integration der VR-Systeme in den Arbeitsablauf

In Abbildung 20 sind von der Summe her mehr Nennungen dargestellt, als die Gesamtanzahl der internen VR-Nutzer beträgt. Dies liegt z.B. an dem Umstand, dass Unternehmen, die ihren allgemeinen Arbeitsablauf im QM-Handbuch festgeschrieben haben, zum einen den VR-Einsatz ebenfalls in diesem fixiert haben, zugleich aber auch einen VR-Einsatz nach Wahl durchführen.

Wie in Abbildung 20 ersichtlich ist, wird der Einsatz von VR-Systemen noch vornehmlich wahlweise durchgeführt, was zudem durch eine geringe Einbindung in die Abläufe belegt wurde (vgl. Abbildung 16). Nur ein geringer Anteil hat diesen in den Arbeitsablauf durch eine schriftliche Niederlegung fest fixiert. Im Zusammenhang mit den Ergebnissen der allgemeinen Organisationsstruktur, ist festzustellen, dass prozentual gesehen der

Einsatz der VR-Technologie unabhängig von den gängigen Arbeitsabläufen, in Form eines mündlichen Auftrags überwiegt.

Aufgrund der benötigten Rechenleistung waren VR-Systeme anfänglich mit enormen Kosten verbunden. Demzufolge wurden in den Unternehmen zunächst nur einzelne VR-Labore implementiert. Hinsichtlich der kostengünstigeren Hardware-Lösungen, die mittlerweile auf dem Markt existieren, wurden die Unternehmen nach der derzeitigen **Organisation von Virtual Reality in ihrem gesamten Unternehmen** befragt.



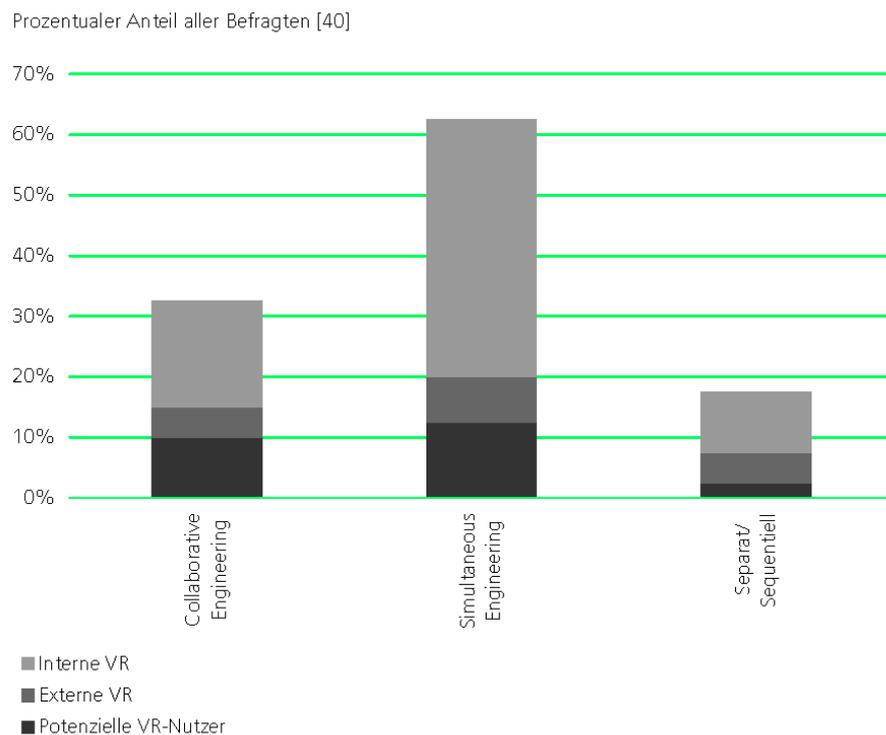
**Abbildung 21:** Status VR-Abteilung für das Gesamt-Unternehmen

Derzeit haben die Befragten noch hauptsächlich eine zentrale VR-Abteilung für das gesamte Unternehmen. Betrachtet man die zahlenmäßig hohen Antworten bei mehreren lokalen VR-Systemen zuzüglich der Aussagen zu einer lokalen VR-Abteilung für einen einzelnen Anwendungsbereich, ist jedoch ein Trend zu lokaler VR zu verzeichnen. Im Hinblick auf die erwartete Entwicklung von VR zu vermehrt mobilen VR-Systemen und kostengünstigeren Komplettlösungen (s. Abbildung 32, S. 33), werden in Zukunft eher lokale VR-Abteilungen in Erscheinung treten, die flexibel zwischen Besprechungsräumen, Konstruktionsbüros und Berechnungsabteilungen genutzt werden können.

Da die Produktentwicklung heute zunehmend von einer Verteilung der Aufgaben gekennzeichnet ist, sei es durch eine interne Dezentralisation oder durch die Auslagerung einzelner Kompetenzen auf entfernte Standorte oder Zulieferer, ist die Frage nach einem **VR-Einsatz bei verschiedenen Formen der Zusammenarbeit** von Interesse.

In diesem Zusammenhang wurden alle Unternehmen zunächst danach befragt, in welcher Form ihre einzelnen Entwicklungsabteilungen bzw. verteilten Produktionsstätten zusammenarbeiten. Im weiteren Verlauf sollten sie den derzeitigen und zukünftigen Einsatzstatus der VR-Systeme hinsichtlich der jeweiligen Form von Zusammenarbeit angeben.

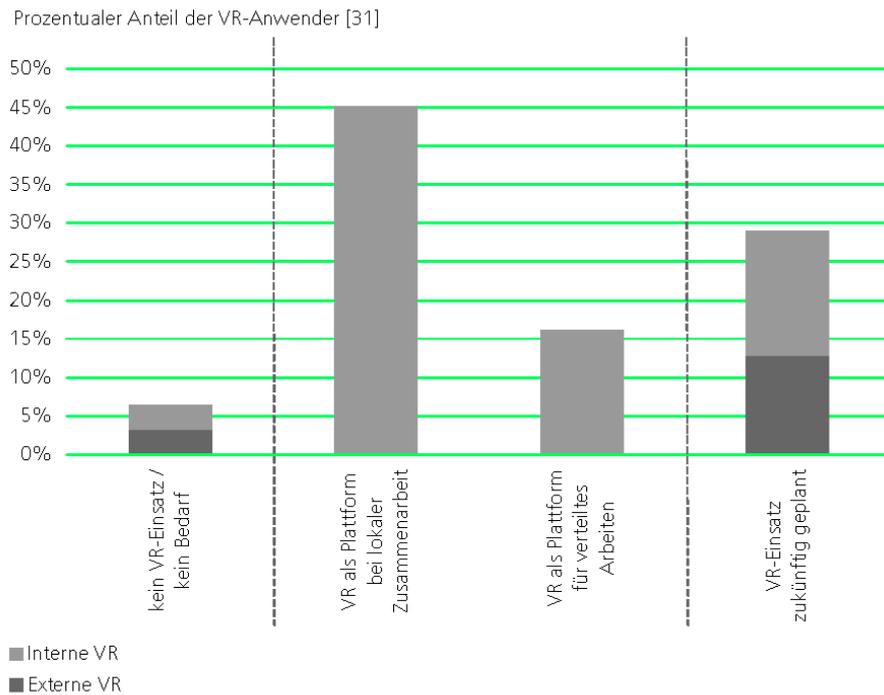
Unter den verschiedenen Formen der Zusammenarbeit werden im wesentlichen Simultaneous Engineering und Collaborative Engineering subsumiert. **Simultaneous Engineering** ist die Umschreibung für zeitlich parallel durchgeführte Abläufe, die vormals streng sequentiell durchgeführt wurden. Simultaneous Engineering verfolgt das Ziel, die Zeit von der Produktidee bis zu Einführung des Produktes zu verkürzen, die Entwicklungs- und Herstellkosten zu verringern und die Produktqualität zu verbessern. Somit soll eine funktionsübergreifende Zusammenarbeit der Mitarbeiter aus den verschiedenen Abteilungen erreicht werden. Unter dem Begriff **Collaborative Engineering** wird die projektbezogene sowie standort- und unternehmensübergreifende Kommunikation und Kooperation zusammengefasst.



**Abbildung 22:** Formen der Zusammenarbeit allgemein

Wie in Abbildung 22 erkennbar ist, arbeitet die Mehrheit der Firmen in Form von Simultaneous Engineering. Collaborative Engineering wird zudem von 33% aller Befragten durchgeführt, wohingegen ein sequentielles Arbeiten von nur 18% der Befragten präferiert wird.

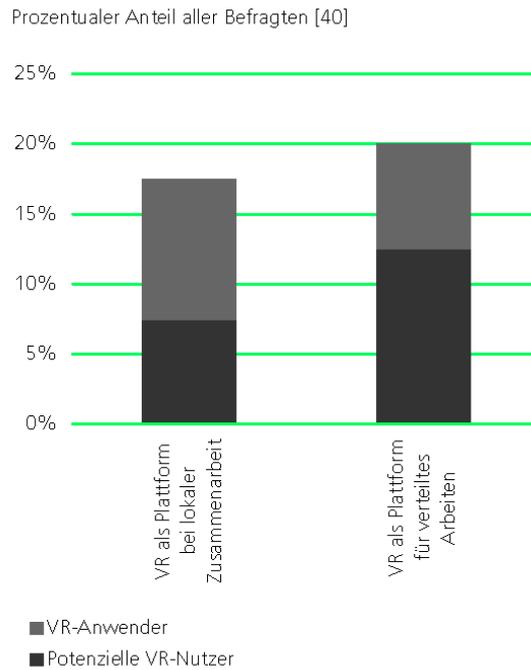
Zusätzlich wurde der Einsatz von Virtual Reality zur Unterstützung einer lokalen Zusammenarbeit im Sinne eines Simultaneous Engineering und einer verteilten Zusammenarbeit hinsichtlich eines Collaborative Engineering abgefragt. Dabei wurde nach dem aktuellen und dem geplanten Einsatz unterschieden.



**Abbildung 23:** Aktueller und zukünftiger Einsatz von VR für lokale und verteilte Zusammenarbeit

Demzufolge setzen die Nutzer interner VR ihre Systeme schon in relativ hoher Zahl als Plattform bei lokaler Zusammenarbeit ein. Die Nutzung für verteiltes Arbeiten ist noch gering. Dieser Umstand liegt wahrscheinlich an der noch unzureichenden Möglichkeit zur Telepräsenz in der virtuellen Umgebung und den wenigen kommerziell verfügbaren Systemen.

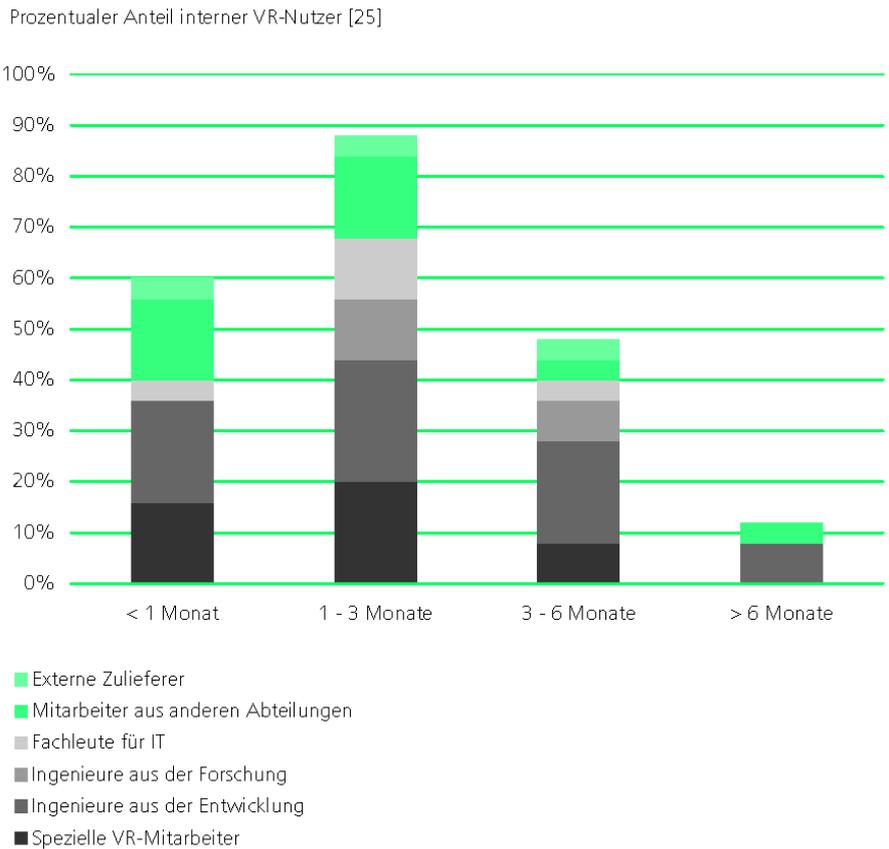
Die externen VR-Nutzer setzen diese Technologie noch gar nicht für ein interdisziplinäres Arbeiten ein. Jedoch ist bei den Externen, wie auch bei einigen internen VR-Nutzern, ein Einsatz in Zukunft geplant. Abbildung 24 liefert einen Überblick über die zukünftige Entwicklung von Virtual Reality hinsichtlich der Unterstützung verschiedener Formen der Zusammenarbeit.



**Abbildung 24:** Trend der VR-Integration

Wie in Abbildung 24 erkennbar ist, geht der Trend des VR-Einsatzes hin zur Unterstützung des Collaborative Engineering. Die Nutzung der Systeme als Plattform bei lokaler Zusammenarbeit wird zahlenmäßig unter allen Befragten ebenfalls in Zukunft weiter ausgebaut.

Zur **zeitlichen Quantifizierung der Implementierungsphase**, wurden die Nutzer interner VR-Systeme nach der benötigten Einarbeitungszeit der einzelnen Mitarbeiter befragt.



**Abbildung 25:** Einarbeitungszeit der verschiedenen Mitarbeiter

Insgesamt betrachtet, benötigen die Mitarbeiter in der Regel 1 bis 3 Monate zur Einarbeitung in die VR-Technologie. Da die Aussagen zudem separat auf die einzelnen Mitarbeitergruppen getroffen wurden, wird im folgenden die durchschnittliche Einarbeitungszeit der jeweiligen Gruppe skizziert.



**Abbildung 26:** Durchschnittliche Einarbeitungszeit der verschiedenen Mitarbeiter

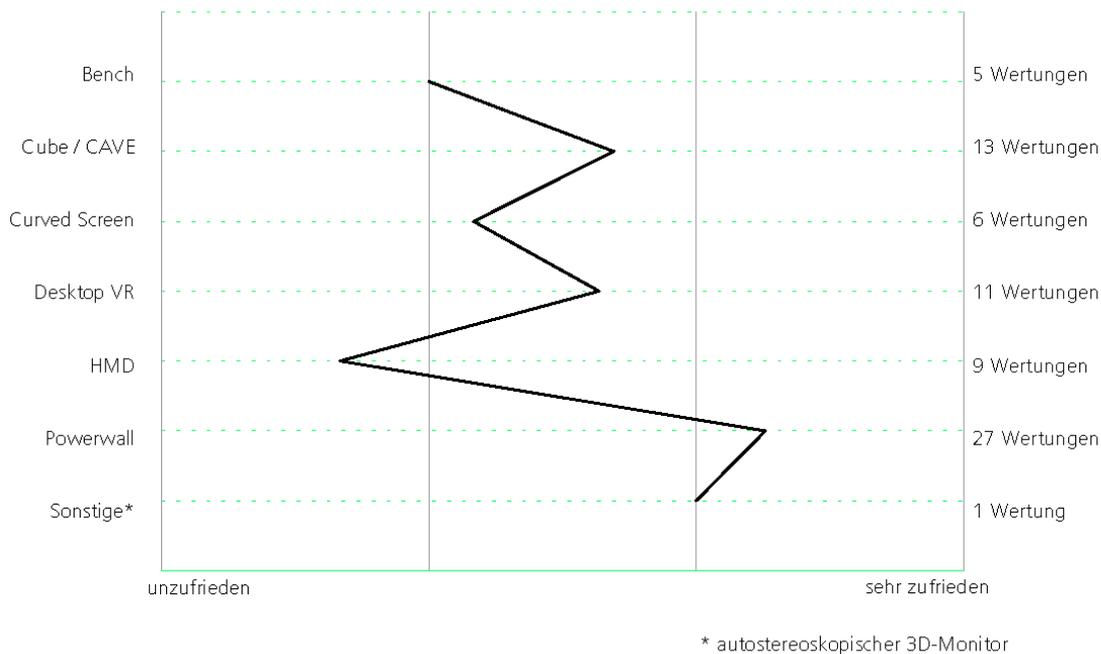
Die unterschiedlichen Zeitausprägungen sind in Relation mit dem Aufgabengebiet der Mitarbeiter zu betrachten. Demzufolge ist es verständlich, dass spezielle VR-Mitarbeiter,

die sich nur mit dem VR-System beschäftigen können, die geringste Einarbeitungszeit benötigen. Die Ingenieure aus der Forschung und Entwicklung beanspruchen die längste Phase. Dies ist auf den Umstand zurückzuführen, dass sie neben dem Alltagsbetrieb zusätzlich den Umgang mit der VR-Technologie erlernen müssen. Da die restlichen 3 Mitarbeitergruppen nur mit einzelnen Bereichen einer VR-Anwendung in Berührung kommen, ist die geringe Einarbeitungszeit nicht weiter verwunderlich.

## BENUTZERAKZEPTANZ

Für eine produktive Integration neuer Technologien ist die Akzeptanz der Benutzer von Bedeutung. In diesem Zusammenhang wurden die aktuellen Anwender von VR-Systemen dazu befragt, wie zufrieden sie mit den genutzten Komponenten sind und wo die derzeitigen Defizite in der Technologie noch liegen.

Im Bereich der **Projektionsflächen** sind die Befragten interner und externer VR von der **Darstellungsqualität** mit der Powerwall am zufriedensten. An zweiter Stelle steht der autostereoskopische 3D-Monitor, wobei zu beachten ist, dass dieses System lediglich 1 Anwender bewertet hat und hier dementsprechend nicht von einem repräsentativen Ergebnis gesprochen werden kann. Im Feld von eher unzufrieden liegen Curved Screen und Bench. Am schlechtesten in der Bewertung der Darstellungsqualität hat der Head Mounted Display (HMD) abgeschnitten. Dies liegt zum einen am geringen Tragekomfort und zum anderen an der begrenzten Auflösung.



**Abbildung 27:** Gesamtwertung Projektionsflächen nach Darstellungsqualität

Ähnlich wie bei der Wertung der Projektionsflächen, hat bei den **Interaktionsgeräten** das am häufigsten genutzte Eingabegerät am besten abgeschnitten (s. Abbildung 28). Die Unternehmen sollten in diesem Zusammenhang die Geräte nach dem **Handling** bewerten.

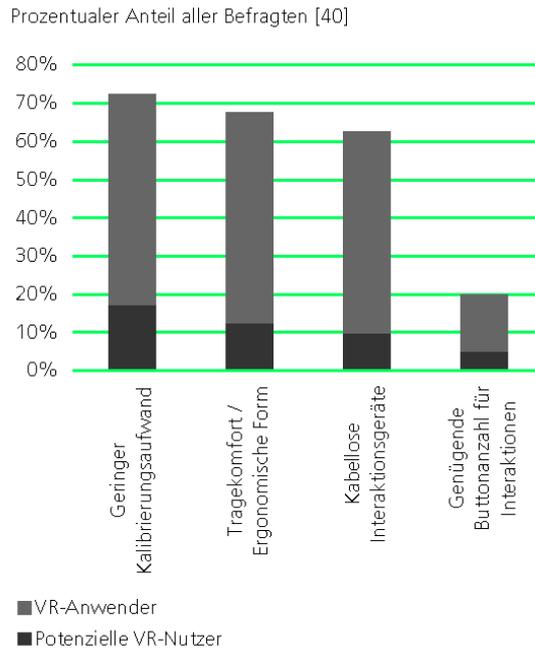


**Abbildung 28:** Gesamtwertung Interaktionsgeräte nach Handling

Der Datenhandschuh wurde mit Abstand am schlechtesten im Umgang bewertet, da der Tragekomfort als gering einzuschätzen ist und aufwendige Kalibrierungsmaßnahmen für jeden einzelnen Nutzer notwendig sind. Eine Übergabe des Eingabegeräts in einer Besprechung mit mehreren Personen in der virtuellen Umgebung ist demzufolge schwierig. Hier ist eine 3DOF-Maus oder ein Joystick wesentlich einfacher zu handhaben.

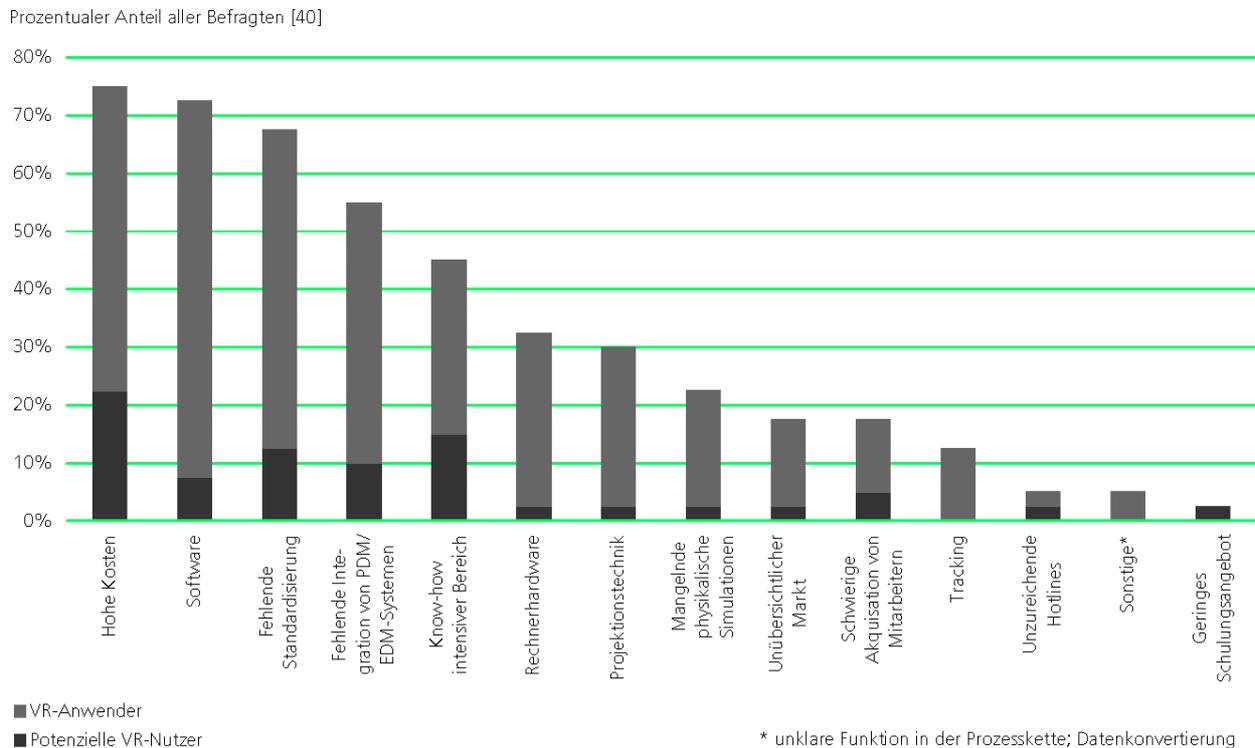
Die getrackte 6DOF-Maus bzw. Joystick, die laut Ranking das meistgenutzte Interaktionsgerät ist, hat in der Wertung am besten abgeschnitten. Ebenfalls eine gute Bewertung, die einhergeht mit einem hohen Nutzungsgrad, ist bei der Spacemaus zu verzeichnen.

Unabhängig von der Nutzung eines bestimmten Ein-/Ausgabegeräts, wurden die Unternehmen dazu aufgefordert, weitere wichtige Anforderungen an Interaktionsgeräte anzugeben. Abbildung 29 skizziert diese zum einen von derzeitigen VR-Anwendern und zum anderen von den potenziellen VR-Nutzern.



**Abbildung 29:** Anforderungen an Interaktionsgeräte

Neben der Bewertung der einzelnen Komponenten, wurden alle Befragten dazu aufgefordert, die **derzeitigen Defizite** in der VR-Technologie zu bewerten. Abbildung 30 zeigt die Aussagen der Teilnehmer nach der Häufigkeit der Nennungen.



**Abbildung 30:** Aktuelle Defizite in der VR-Technologie

Das größte Defizit stellt nach Angabe aller drei Gruppen, derzeit noch die hohen Kosten dar, die bei der Anschaffung eines VR-Systems anfallen. Die folgenden drei häufigsten Nennungen von jeweils um die 50% der aktuellen VR-Anwender, beziehen sich auf die Defizite bei der Software, fehlende Standards und fehlende Integration in EDM- / PDM-Systeme.

Eine zweite Gruppe von Defiziten, die um die 30% der VR-Anwender benennen, sind bei der Rechnerhardware, der Projektionstechnik sowie dem notwendigen Know-how verzeichnet.

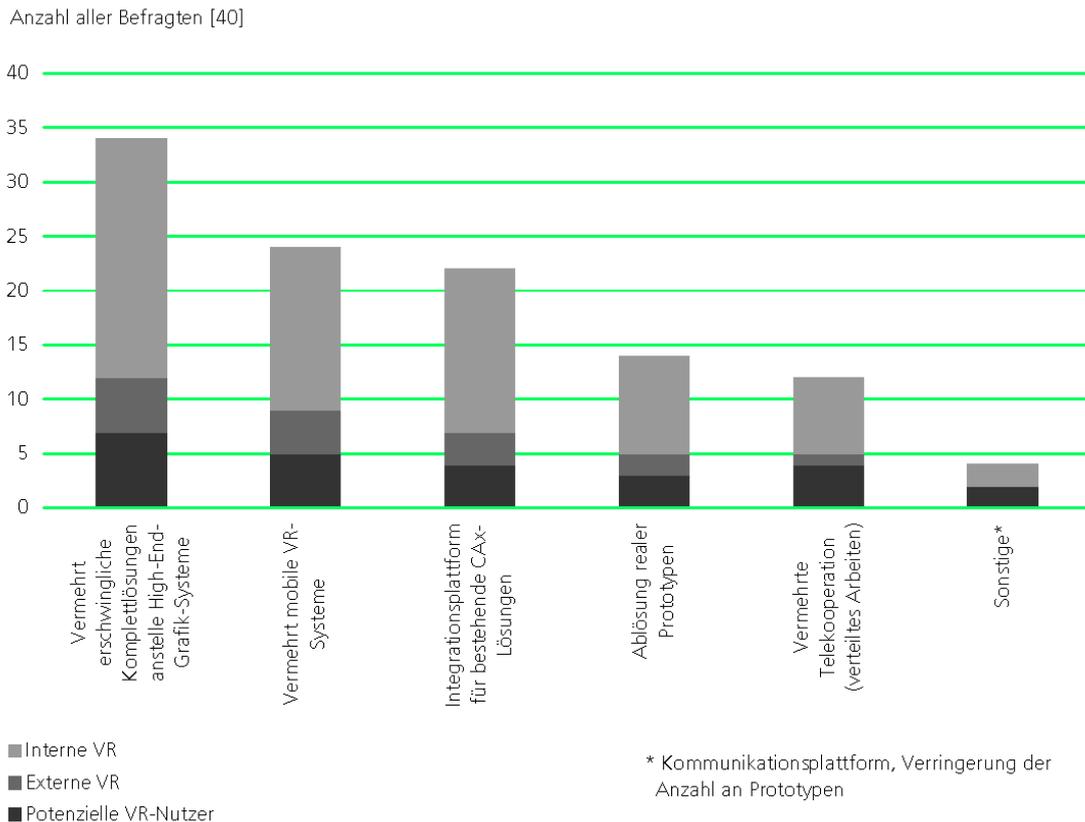
## RANKING AUFGESTELLTER THESEN ZUR NÜTZLICHKEIT VON VIRTUAL REALITY SOWIE ERWARTETE ENTWICKLUNG

Im Vorfeld der Umfrage wurden **Thesen** formuliert, die die Vorteile eines VR-Einsatzes subsumieren. Die Teilnehmer wurden in der Befragung dazu aufgefordert, diese nach der Wichtigkeit für ihr Unternehmen auf einer 5-stufigen Skala von „sehr wichtig“ bis „unwichtig“ zu bewerten. Das folgende **Ranking** gibt einen komprimierten Aufschluss über den Anspruch der Unternehmen an VR-Systeme.



**Abbildung 31:** Ranking aufgestellter Thesen zur Nützlichkeit von VR

Neben der Wertung der vorformulierten Thesen, sollten die Befragten die erwartete **Entwicklung von der VR-Technologie** in der Zukunft angeben.



**Abbildung 32:** Erwartete Entwicklung in der Zukunft

Die Antworten aller drei Befragtengruppen der Studie sind bezüglich der erwarteten Entwicklung in der Zukunft, bis auf den Aspekt der vermehrten Telekooperation, von den anteilmäßigen Nennungen einheitlich. Demzufolge erwarten alle Teilnehmer, dass in Zukunft mehr preiswertere Komplettlösungen auf dem Markt angeboten werden. Zudem liegt die interne Nutzung mehr auf dem Fokus von mobilen VR-Systemen, was mit der Aussage bezüglich der Organisation im Unternehmen in Relation betrachtet werden kann (s. Abbildung 21, S. 22).

Zudem wird Virtual Reality von 55% aller Befragten als Integrationsplattform für bestehende CAx-Lösungen gesehen. Ein Grund hierfür ist vermutlich die verbesserte Mensch-Maschine-Schnittstelle, die VR darstellt. Die Visualisierung in der virtuellen Umgebung ermöglicht dem Nutzer einen besseren Zugang zu komplexen dreidimensionalen Daten. Die Ablösung realer Prototypen wird nur von 23% der internen VR-Nutzer als eine Entwicklung in der Zukunft angesehen. Vielmehr lässt sich mit VR die Anzahl physischer Prototypen reduzieren und ermöglicht gleichzeitig eine effiziente Verfügbarkeit einer beliebig großen Menge virtueller Prototypen, die innerhalb eines Unternehmens verteilt werden können. Dies ist insbesondere bei sich verkürzenden Produktentwicklungszyklen notwendig.

## FAZIT

Das Ziel der Umfrage war es, den derzeitigen Einsatzstatus der VR-Technologie in der produzierenden Industrie aufzuzeigen sowie die zukünftige Entwicklung zu analysieren.

Zusammenfassend lässt sich ein Wandel in der Nutzergruppe erkennen. In Zukunft sind VR-Systeme nicht mehr nur in großen umsatzstarken Konzernen anzutreffen, sondern kleinere und mittlere Unternehmen werden sich ebenfalls die Technologie zu eigen machen. Insbesondere der Maschinenbau stellt dabei eine potenzielle Branche dar.

Durch die Umfrage wurde zudem ersichtlich, dass der Begriff von Virtual Reality und die Technologie, die dahinter steckt, unterschiedlich aufgefasst wird. Demzufolge sollte in Zukunft der Versuch unternommen werden, eine einheitliche Definition und Kategorisierung von VR zu schaffen. In diesem Zusammenhang soll hier erwähnt werden, dass unter reiner Virtual Reality, immersive Systeme mit Stereoprojektion und Tracking verstanden wird.

Mehrheitlich wird die Technologie als ein Kommunikations- und Präsentationsmedium eingesetzt. Dies schließt die Interaktion durch Orientierungs- und Positionsgeräte nicht aus, impliziert aber, dass das vollständige Potenzial zur Unterstützung der Produktentwicklung nicht ausgeschöpft wird.

Das Problem bei einem VR-Einsatz liegt in der fehlenden Mitarbeiterakzeptanz. Demzufolge muss auf der einen Seite, der Sinn und Zweck eines VR-Systems mehr publik gemacht werden, so dass sich Hemmschwellen und Unwissenheit verringern können. Auf der anderen Seite müssen identifizierte Defizite auf Soft- und Hardwareseite angegangen werden, um die Akzeptanz zu erhöhen.

Auf die Frage nach dem nachweisbaren Nutzen als Rechtfertigung eines Einsatzes, wurden in der Studie aussagekräftige Werte aufgezeigt, die zudem in Verbindung mit Nutzenbewertungsverfahren dargestellt wurden. Demzufolge ist ein Vorteil durch den integrierten VR-Einsatz nachgewiesen und verschafft Nutzern interner VR einen Vorsprung gegenüber anderen Wettbewerbern, die diese Technologie nicht einsetzen.

Neben den Auswertungen, die sowohl an die potenziellen neuen VR-Nutzer als auch an derzeitige Nutzer zur Bewertung eines VR-Systems gerichtet sind, gibt die Studie Aufschluss über die derzeitigen Defizite, denen sich VR-Systemhersteller widmen sollten. In dieser Hinsicht, kann die Studie evtl. eine Kommunikationsplattform zwischen Anwender und Hersteller darstellen.

Falls Sie Verbesserungsvorschläge, Kritik oder sonstige Anmerkungen zu der Studie haben sollten, so senden Sie bitte eine Mail an [andreas.straube@ipt.fraunhofer.de](mailto:andreas.straube@ipt.fraunhofer.de).