



Virtuelle Techniken im Sondermaschinenbau

Technologien - Einsatzfelder - Nutzen

Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Christoph Runde
Marc Cannarozzi M.Sc.
Virtual Dimension Center (VDC) Fellbach
Auberlenstr. 13
70736 Fellbach
www.vdc-fellbach.de



Inhalt Whitepaper Virtuelle Techniken im Sondermaschinenbau

1. Umfeld des Sondermaschinenbaus

2. Styling & Design

- Funktion
- Styling

3. Virtual Mock-Ups

- Kollision / Bauraumoptimierung
- Umbau & Rückbau
- Usability / Ergonomie
- Serviceability

4. Prozess-Simulation

- Materialfluss
- Auslegung Fertigungsprozess
- Reinraumanwendungen

5. Automatisierungstechnik

- Prototyping Automatisierungskonzept
- Inbetriebnahme
- Arbeitsschutz

6. Training

- Bedienen / Nutzung
- Wartung / Reparatur / Instandhaltung

7. Weitere Themen

- Technische Dokumentation
- Marketing / Kommunikation
- Prozessunterstützung mit AR
- Teleoperations / Teleservices



Umfeld des Sondermaschinenbaus

Umfeld: Der Sondermaschinenbau bezeichnet einen Zweig des Maschinenbaus, der Sondermaschinen herstellt, die speziell nach Kundenwunsch konstruiert und gefertigt werden.

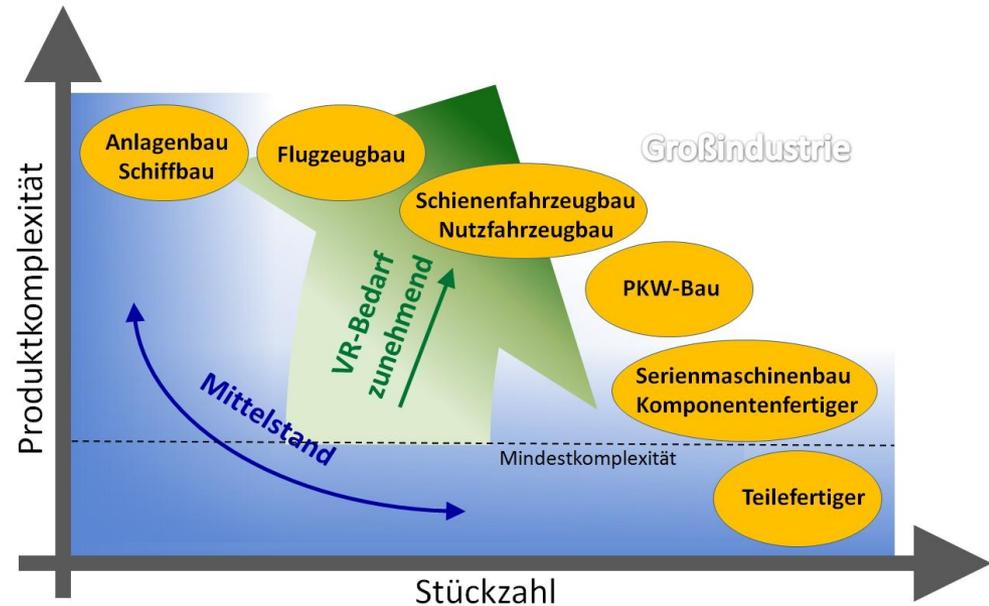
- lange Planungsfristen
 - wechselnde Anforderungen und Wünsche
 - Bedienung Weltmärkte, Sprach- und Kulturbarrieren,
 - variierende Gesetze, Regeln und Umweltauflagen
 - sehr hohe Komplexität: Entwicklung, Produktion, Inbetriebnahme, Bedienung, Service
 - nicht die Maschine, sondern die Leistung wird verkauft (Verantwortung für Betrieb der Maschine liegt damit beim Hersteller selbst)
- z. T. enorme Baugrößen
 - Losgröße 1
 - enorme Varianz
 - variierende Montageumfänge und -vorgänge
 - Plattformstrategien



Virtual Engineering [nach Bullinger, 2002]

Zielsetzungen

- schnelle Entwicklungszyklen als aktives Prozesselement
- frühes Ergebnisfeedback
- Betonung früher Entwicklungsphasen
- Entwicklung alternativer Produktkonzepte
- Spezifikation des Produkts entscheiden



Virtual Engineering

Nutzen Virtual Reality

- Einsparung physischer Prototypen
- höhere Planungsqualität und Planungssicherheit, Reduktion Iterationsschleifen
- Kosteneinsparungen durch Fehlerreduzierung, damit Reduktion von Fehlerfolgekosten
- verbesserte interne Kommunikation und verbesserter Kundendialog





Styling & Design

- fotorealistische Abbildungen, Styling-Bewertung: Geometrie, Farben, Materialien
- realistische 1:1-Präsentation: echte Abmessungen
- Variantenbetrachtung, Vorauswahl vor Rapid Prototyping
- Darstellung in späterer Umgebung (etwa Fabrikkontext)
- Vergleichsmöglichkeit Realsystem – virtueller Prototyp
- Akzeptanztests
- Bedientests



Bild: ESI

Design-Review der
Trumpf TruLaser
Cell 3000



Bild: TU Chemnitz

Design Review
in der Cave des VRCP



Bild: Trumpf

3D-Visualisierung der
Trulaser 3030

Styling & Design

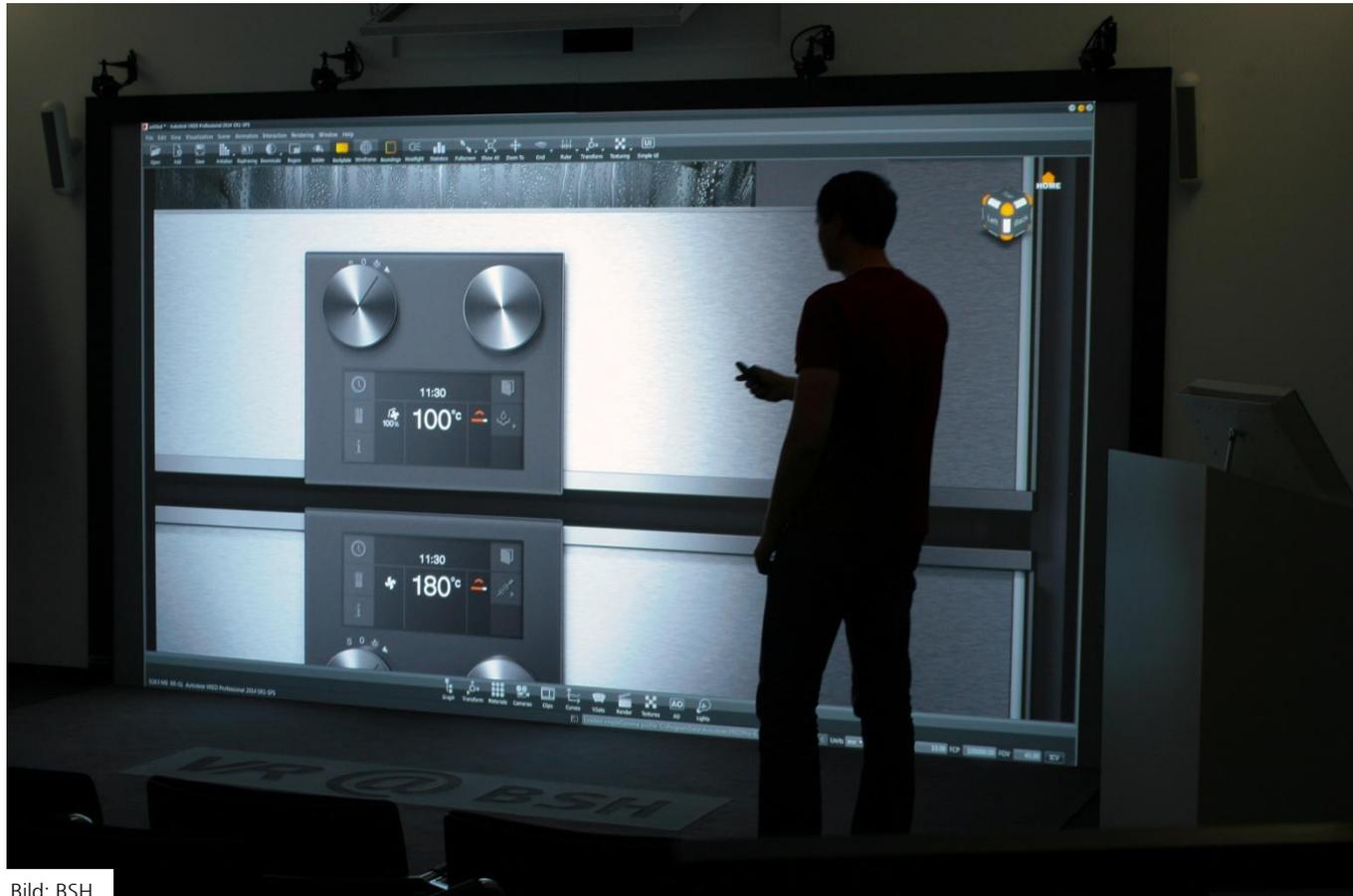


Bild: BSH

VR-Anlage im Design-Prozess bei BSH mit dem Fokus auf hohe Darstellungsqualität. Mit Hilfe von Produkt-visualisierungen treffen Designer dort Material- und Formentscheidungen.



Virtual Mock-Ups

Kollision / Bauraumoptimierung

- Zusammenführung Planungsgewerke (Mechanik, Hydraulik, Elektrik, ...)
- Bauraumoptimierung
- Vermeidung Doppelbelegung von Bauraum
- Kollisionsüberprüfung in der Bewegung
- Berücksichtigung Bestand mittels Laserscanning: Mischdatenverarbeitung



Bild: ESI

Analyse für OPTIMA

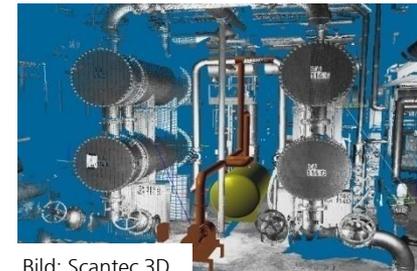


Bild: Scantec 3D

Mischdatenverarbeitung
Laserscan (grau) und CAD
(farbig) zur Vermeidung
doppelter Bauraum-
belegung

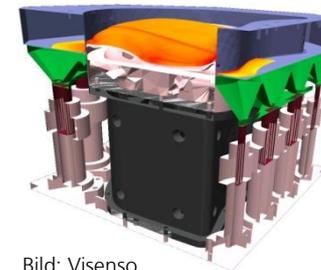
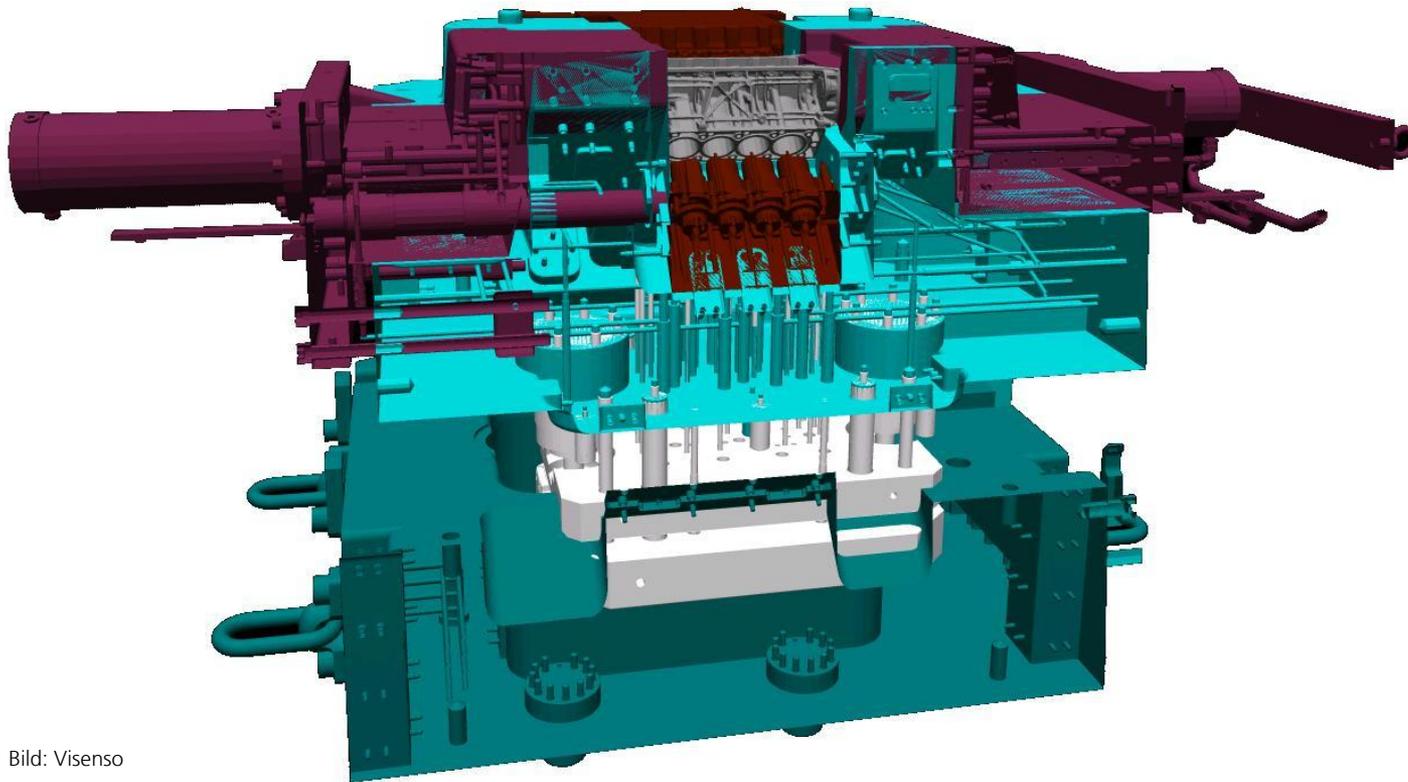


Bild: Visenso

Virtual Mock-Up
Tiefziehpresse mit
Prozess-Simulation

Virtual Mock-Ups

Kollision / Bauraumoptimierung



Überprüfung
Funktionsweise des
Gießwerkzeugs,
Kinematiken,
Kollisionen,
Freigängigkeit

Bild: Visenso



Virtual Mock-Ups

Kollision / Bauraumoptimierung

Virtual Design Review Textilmaschine im Team vor einer Powerwall

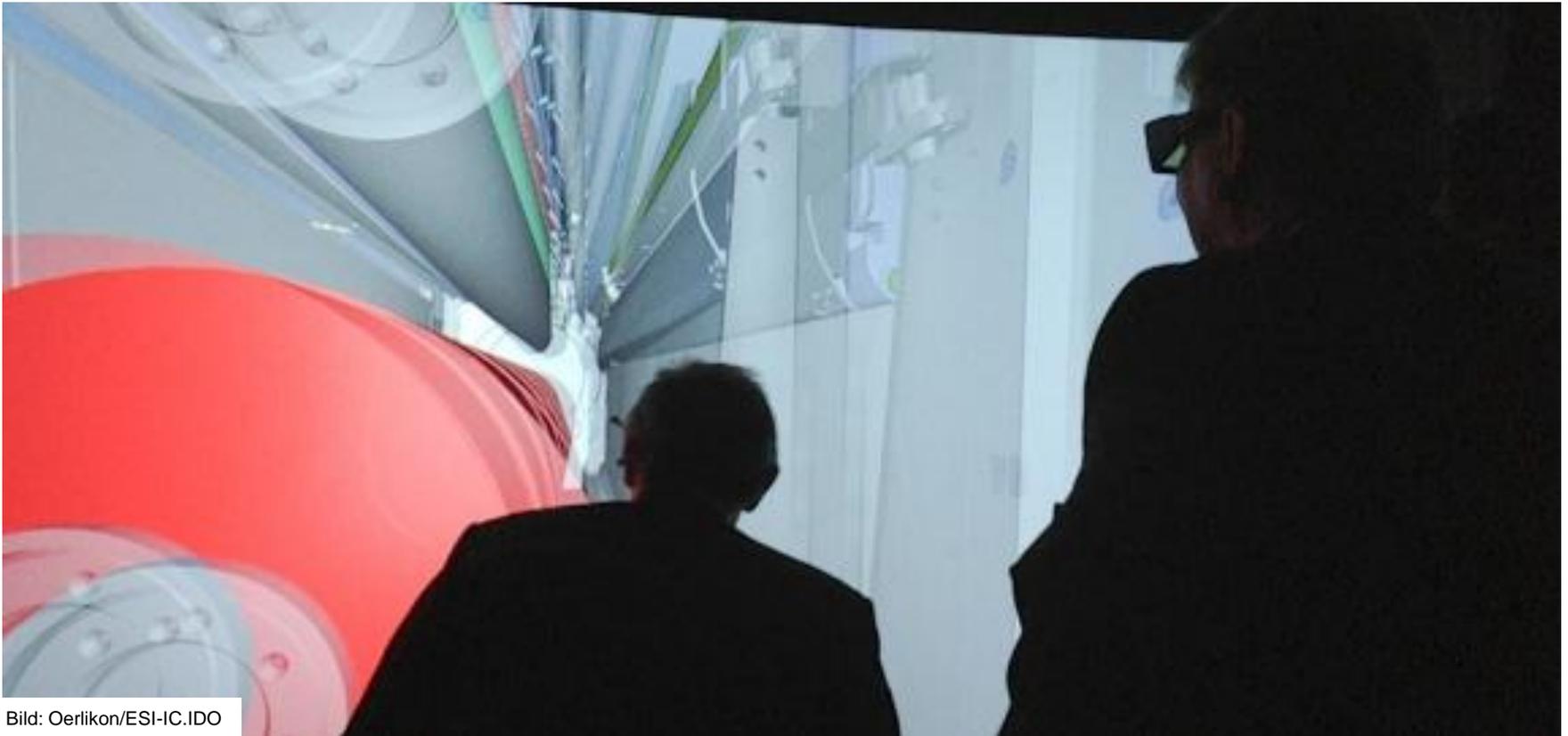


Bild: Oerlikon/ESI-IC.IDO

Umbau und Rückbau: VR-Anwendungsfelder

- Rückführung Bestand und Realisierungsstand in Planungsunterlagen, Variantenbetrachtung
- Unterstützung Projekt-Controlling
- Änderungsmanagement
- Mischdatenverarbeitung: Scan plus Neu-Konstruktion
- AR-gestützte Einplanung neuer Geometrien in Bestand



Bild: Scantec 3D

Laserscan

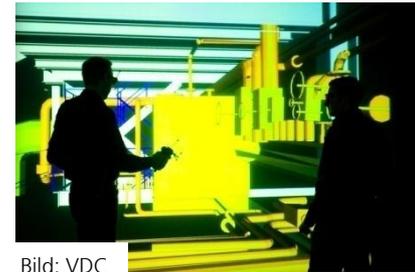


Bild: VDC

Diskussion vor Powerwall

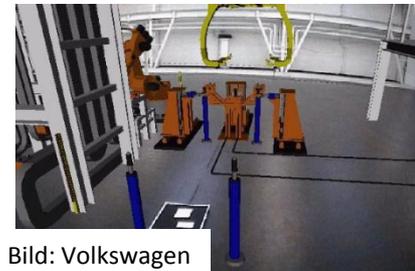


Bild: Volkswagen

AR-gestützte Einplanung neuer Objekte in Bestand

Virtual Mock-Ups

Kollision / Bauraumoptimierung



Bild: ESI

Mischdatenverarbeitung vor Powerwall: Kombination von 3D-Modellen und Laserscan-Punktwolke

Virtual Mock-Ups



Bild: TU München

AR-Einplanung
in Bestand:
Fördertechnik

Messfunktion
in AR



Bild: Volkswagen

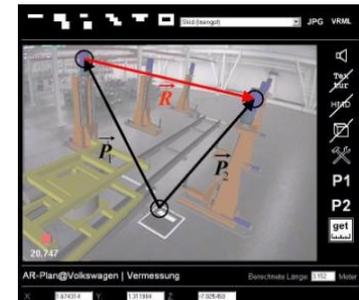


Bild: Volkswagen

Virtual Mock-Ups

Usability / Ergonomie

- Bedienbarkeit, Einsehbarkeit
- Erreichbarkeit (Hände, Werkzeug)
- Belastungen
- Benutzer in VR-Umgebung oder virtuelles Menschmodell
- Vorteil realer Benutzer: subjektive Einschätzung, (implizites) Expertenwissen
- Vorteil Menschmodell: objektiv, Aussagen für großen Bevölkerungsteil erzielbar



Bild: OPTIMA

Greifraum-Untersuchungen an einem Mixed Mock-Up



Bild: Siemens PLM

Zugänglichkeits-Untersuchungen mit einem virtuellen Menschmodell

Virtual Mock-Ups

Servicability

- Überprüfung Zugänglichkeit visuell und manuell
- Überprüfung Zugänglichkeit Baugruppen, Verbindungselemente, Schmiernippel, etc. visuell, mit Händen und Werkzeug
- alle Varianten, Perspektiven und Positionen
- Überprüfung De-/Montierbarkeit, Montagereihenfolgen
- Test und Evaluation von Montagehilfen (Führungslinien, abgekantete Ecken, etc.) für manuelle Montage
- Mitschrieb, Ermittlung Vorgabezeiten



Bild: ESI Courtesy of Extricom

Virtuelle Demontage:
Zugänglichkeit



Bild: Fraunhofer IPA

Zugänglichkeits-
untersuchung an
Bearbeitungszentrum



Bild: Industriehansa

Dokumentation der
Arbeitsschritte:
Generierung von
Vorgabezeiten

Virtual Mock-Ups

Servicability



Bild: ESI

Ein-/Ausbau- und
Zugänglichkeitsuntersuchung
für Gabler



Prozess-Simulation

Materialfluss

- virtuelle Inbetriebnahme geometrisch-logischer Modelle von Fördersystemen
- Auslegung Puffer, Lager, Steuerungskonzept/Sensorik
- ggf. Kopplung mit Materialfluss-Simulator (z. B. Plant Simulation)

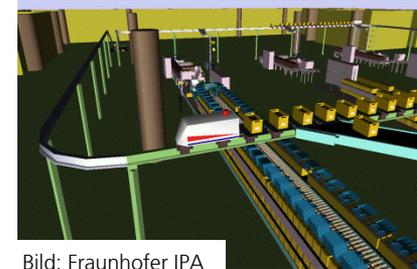


Bild: Fraunhofer IPA

Fördersystem bei der Deutschen Post



Bild: Fraunhofer IPA

Rohbaumontage Daimler



Bild: Fraunhofer IPA

Kommissionierlager Rhode Schuhe

Prozess-Simulation

Auslegung Fertigungsverfahren

- Simulationsziel: gewünschte Bauteileigenschaften (Geometrie, Toleranzen, Dicke, Festigkeit, Vermeidung von Lunkern) bei optimalem Prozess (Prozesssicherheit, Prozessgeschwindigkeit)
- VR-Anwendungen zeigen den Prozess selbst und das Resultat
- Bereiche freischneiden
- Proben nehmen
- Partikelquellen setzen
- Temperaturverlauf-/entwicklung
- Materialbeanspruchung/Spannungen

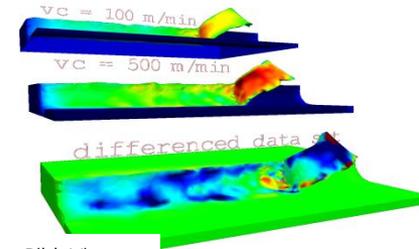


Bild: Visenso

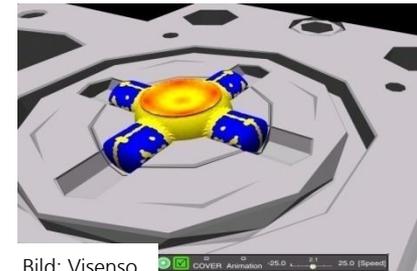
Spanende
Fertigung

Bild: Visenso

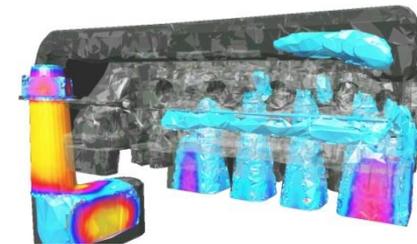
Fließpressen:
Simulation

Bild: Visenso

Abkühlung
Gußteil

Prozess-Simulation

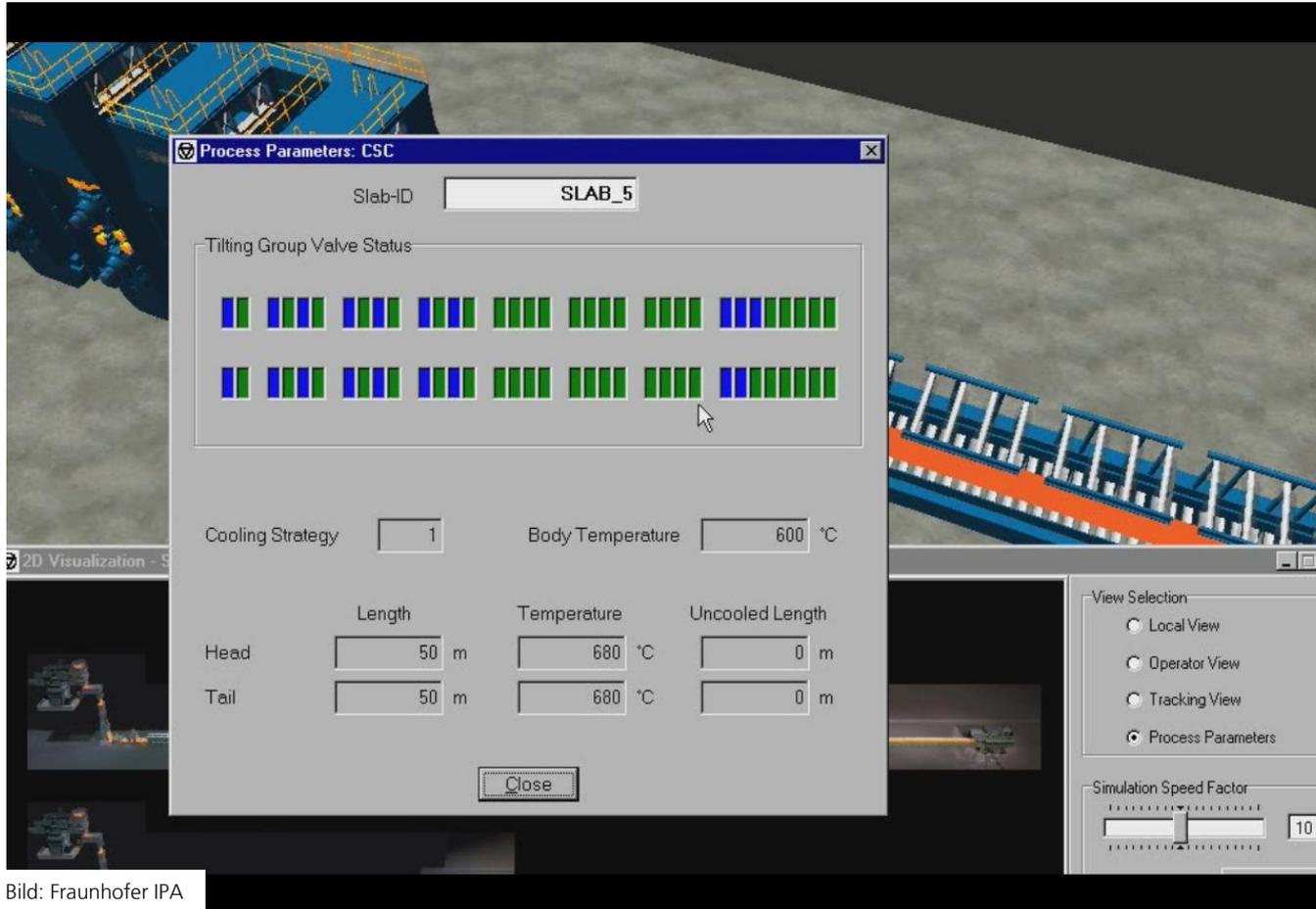


Bild: Fraunhofer IPA

Virtuelles Stahlwerk:
 Simulator verknüpft
 Auftragsreihenfolgeplanung
 mit Prozess-Simulation (Ofen,
 Walzen) und mit 3D-Visualisierung
 bei SMS DEMAG

Prozess-Simulation

Reinraum-Anwendungen

- Strömungsverhalten in Anlage
- Ziel: Sicherstellung gleichmäßiger laminarer Strömung
- Minimierung Verwirbelungen
- Minimierung Abschattungen



Bild: Optima

Strömungssimulation in Reinraum-Verpackungsanlage



Bild: Optima

Strömungssimulation in Reinraum-Verpackungsanlage

Simulation Automatisierungstechnik

Prototyping Automatisierungskonzept

- Offline-Programmierung
- virtuelle Tests und Optimierung
- Auslegung Sensorik, Aktorik
- Vermeidung Kollisionen, Deadlocks
- Verwendung / Generierung u.U. der echten (Soft-)SPS-/Robotersteuerungs-Codes

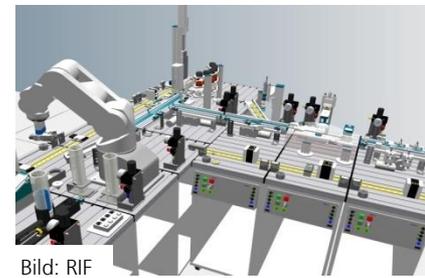


Bild: RIF

Simulationsmodell automatisierter Arbeitsstationen

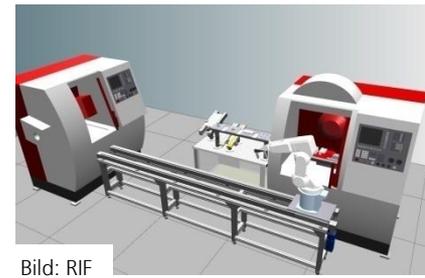


Bild: RIF

Simulationsmodell zweier Bearbeitungsstationen mit Bestückungsroboter



Bild: Fraunhofer IPA

Simulationsmodell Rohbaumontage

Simulation Automatisierungstechnik

Inbetriebnahme

- Anlaufunterstützung durch Teilsimulation
- Hardware-in-the-Loop: Entwicklung und Evaluation Sensorik, Aktorik, Steuerung
- Abläufe, Not-Aus, Hochfahren, Herunterfahren



Bild: Bathelt

Virtuelle Verpackungsmaschine



Bild: v-fab

Physische SPS an 3D-Anlagenmodell

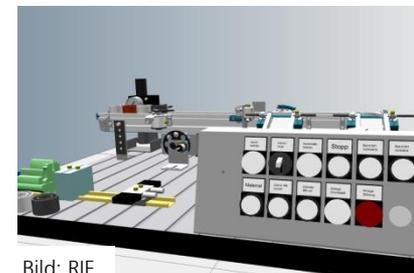


Bild: RIF

Virtuelle Steuerungsoberfläche

Simulation Automatisierungstechnik

Arbeitsschutz / Arbeitssicherheit

- Sicherheitstechnik, Unfallschutz
- Überprüfung Greifräume
- Überprüfung Trennsysteme, Absperrungen, Sensorik, Verarbeitung (Sicherheitskonzept)



Bild: Fraunhofer IPA

„IPA-Sicherheitszelle“:
virtuelle Überprüfung
Sicherheitskonzept



Bild: Fraunhofer IAO

Kransimulator:
Gefahrenbereich
beim Abladen in rot

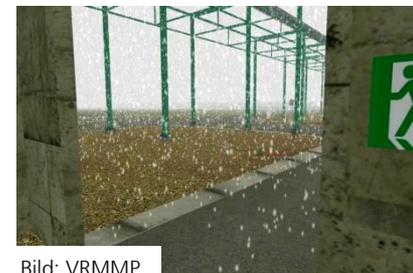


Bild: VRMMP

Ausschilderung
im Anlagenbau



Training

Möglich zu verwaltende Wissensarten in Virtuellen Umgebungen:

- Positionswissen
- Strukturwissen
- Verhaltenswissen
- Prozedurwissen

Möglichkeiten des Lernens in Virtuellen Umgebungen:

- räumliches Explorieren
- konzeptuelles Lernen
- Erlernen motorischer Fähigkeiten
- prozedurales Lernen



Bild: VRMMP

Örtlichkeit und Aussage einer Anzeige



Bild: VRMMP

Funktionsweise eines Prozesses



Bild: Fraunhofer IPA

Bedienung einer virtuellen Steuerung als Head-Up-Display

Training

Bedienen / Nutzung

- Lernstufen: Erläutern, Begleiten, Prüfen
- Einbringen von Dokumentation
- Einbringen von Simulatoren
- Szenarien-Simulation
- Sichtbarmachen von Verborgenenem



Bild: LightShape

Transfer Prozesswissen:
Stichtypen bei Groz-Beckert



Bild: RIF

Blick in ein
Bearbeitungszentrum



Bild: ESI

Produktpräsentation
bei Gabler



Training

Beispiel Hochspannungs-Umschaltwerk

- Vermittlung aller Stromkreise über interaktiven Schaltplan
- Isolatoren und Unterbrecher lassen sich im Schaltplan öffnen und schließen
- im Hintergrund überprüft ein Hochspannungs-Sicherheitsprogramm die Richtigkeit aller Operationen
- im nächsten Schritt werden Operationen über simulierte Bedienerkonsole geführt



Bild: 5DT

3D-Ansicht des Umspannwerks

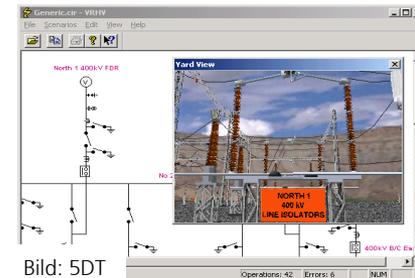


Bild: 5DT

Schaltplan mit räumlicher Zuordnung

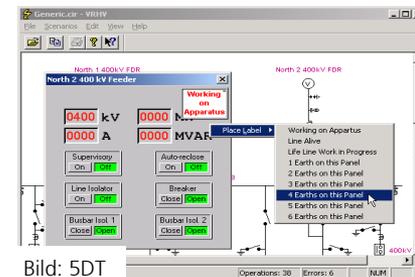


Bild: 5DT

simulierte Bedienerkonsole



Training

Wartung / Reparatur / Instandhaltung

- Werkzeugeinsatz
- Abläufe, Prozesswissen, Beschädigungsgefahren
- alle Varianten, alle Perspektiven
- online-Assistenten (z. B. mit AR)



Bild: ESI

Werkzeugwechsel unter Kollisions- und Abgleit-Bedingungen



Bild: ESI

Beidhändige Ausbausimulation

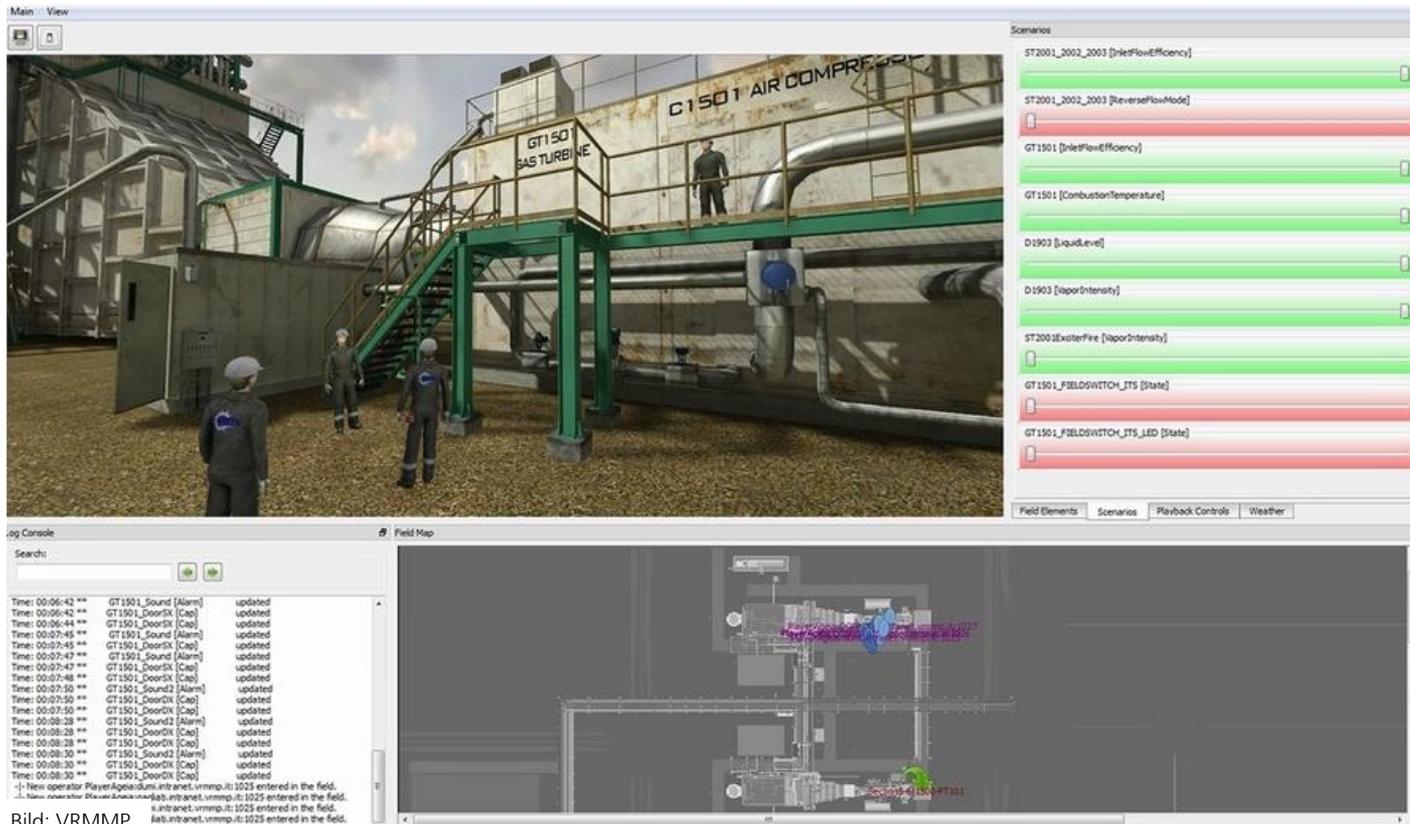


Bild: VRMMP

Operator Training Simulator (OTS): Identifikation von Störsachen im Anlagenbau

Training

Wartung / Reparatur / Instandhaltung



Screenshot eines verteilten, kooperativen Trainingssimulators des Virtual Reality & Multimedia Park Turin für Total: eine Gruppe von Mitarbeitern – jeder mit seinem eigenen Avatar – hat gemeinschaftlich Aufgaben der Störungsdiagnose und –behebung zu lösen.

Bild: VRMMP

Weitere Themen: Technische Dokumentation

- Aufnahme Dokumentations-relevanter Informationen in das 3D-Modell
- Verknüpfung und Abruf innerhalb einer Virtual Walkthroughs
- Verknüpfung und ortsrichtiger Abruf mittels Augmented Reality bei Anwesenheit an der realen Maschine mit Anbindung an das komplette Dokumentationssystem
- Erfassung von 3D-Geometrien per Laserscan zu Dokumentationszwecken; ggf. Abgleich mit bestehender Dokumentation (ältere Erfassungen, Plan-/Soll-Geometrien bzw. Plan-/Soll-Lagen)



Bild: Fraunhofer IPA

Interaktive Dokumentation mit Virtual Reality



Bild: Re'flect

Interaktive Dokumentation mit Augmented Reality

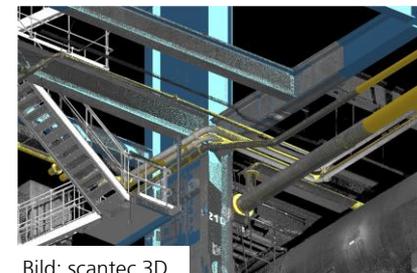


Bild: scantec 3D

Dokumentation der 3D-Geometrie per Laserscan



Weitere Themen: Marketing

- virtuelle Produktpräsentation
- gemeinsames Verständnis sichern
- komplexe und große Produkte
- Produkt virtuell in Betrieb zeigen
- einfach detaillierte Einblicke bieten
- Einsparung Transportkosten für aufwändig zu bewegende Güter (z. B. Maschinen)
- aber auch bessere Geheimhaltung möglich, Präsentation kritischer Details nur ausgewählten Kontakten
- individuelle Präsentationen; Kunde gestaltet sein spezifisches Produkt selbst



Bild: ESI Group

VR-Messestand
Motek 2011

Bild: Visenso

VR-Messestand
Knowledge Base

Bild: Imsys

Kundenführung
vor Powerwall

Weitere Themen: Marketing

Variantenmanagement im Vertrieb

- lange Planungszeiten - schnelle Technologieentwicklung
- verschiedene Lebenszyklen von Produktteilen
- riesige Kombinationsmöglichkeiten, Kombinationsverbote
- Aufnahme Kundenwunsch, Steigerung Kundenbindung in frühen Phasen
- ausschließlich mögliche Produkte werden angeboten
- frühe Aussage zur Lieferbarkeit und Lieferzeitpunkt
- frühe Aussage zu Preis, Angebotsunterstützung
- inkrementelle und iterative Entwicklung, spontane Anforderungsänderungen
- systematisches Variantenmanagement sehr wichtig: unsystematisches Variantenmanagement funktioniert oft anfänglich, lässt sich aber nicht skalieren



Bild: Schuler

Ausstattungsoptionen einer Pressenlinie



Bild: Trumpf

Variantendarstellung 2-D-Laserschneidmaschinen



Weitere Themen: Marketing



Bild: ESI / OPTIMA

Messestand für die Fa. Optima Group auf der Interpack 2011: Messekonzepte können feste Zeitfenster für die Präsentation beinhalten. Die Ausgabe und das Einsammeln von 3D-Brillen muss organisiert werden oder aber Einwegbrillen finden Verwendung. Das Publikum außerhalb kann zusätzlich über einfache Bildschirme die 3D-Szene verfolgen. Durch die Licht-schluckende Wirkung der 3D-Filter kann eine Abdunkelung erforderlich werden.



Weitere Themen: Prozessunterstützung mit Augmented Reality

- Anzeige nächster Arbeitsschritte im Blickfeld des Betrachters
- Anzeige ortsrichtig überlagert über Kamerabild des realen Objekts
- Erfassung des aktuellen Zustands (Demontage, Steuerung, ...)
- Remote-Servicekräfte in Ergänzung einspielbar
- Hardware: Tablet (industrietauglich), Datenbrille (erwartet)



Bild: Volkswagen

AR-basierte Wartungs- & Reparaturassistentin „Marta“ auf Tablet-PC



Bild: Fraunhofer IPA

AR-unterstützte Maschinenbedienung



Bild: Nee

Überblenden Online-Prozessdaten auf Werkstück

Weitere Themen: Teleoperations / Teleservices

- Verfolgung von Maschinen in Leitzentrale
- Condition Monitoring, Erfassung Arbeitsparameter
- Fernsteuerung: Einsatz dort, wo Kameras aufgrund von Umweltbedingungen oder Signallaufzeiten nicht möglich sind



Bild: Fraunhofer IPA

Fern-Konfiguration eines Specht-Bearbeitungszentrums über Touchscreen und Stereo-Rückprojektion



Bild: Fraunhofer IPA

3D-Visualisierung Bearbeitungszentrum Specht von Hüller-Hille



Bild: Financial Times

Projektion in Leitzentrale bei Rio Tinto: Fernüberwachung Grubenfahrzeuge

Weitere Themen: Teleoperations / Teleservices

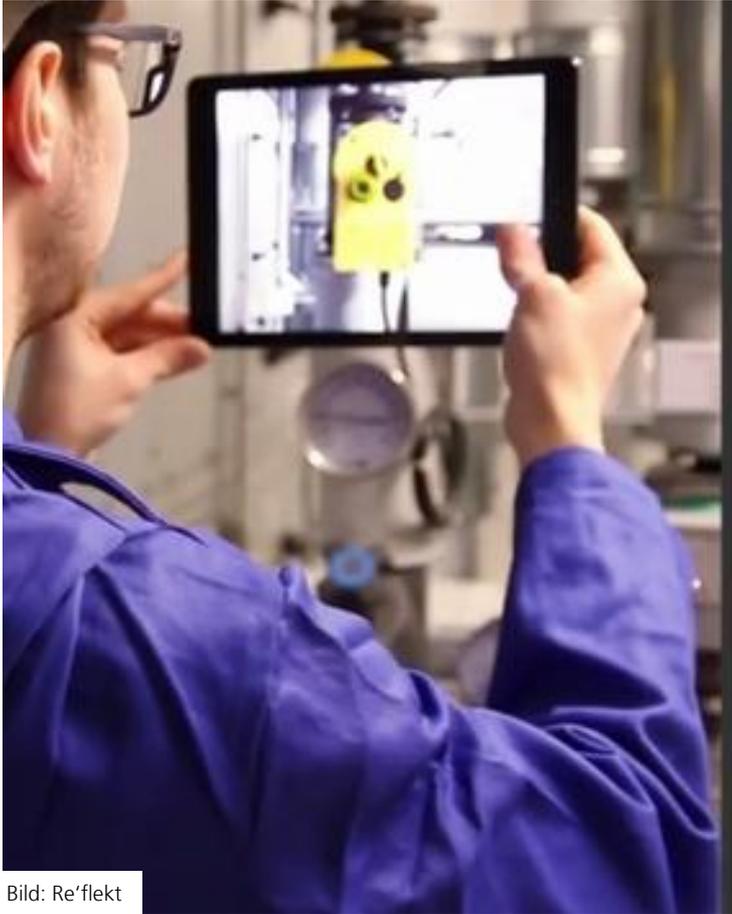


Bild: Re'flect



- Tele-Support mit Augmented Reality:
- Operator in Zentrale erhält Sicht des Werkers und seine Problemstellung
 - Werker erhält Anweisungen des Operators mit ortsrichtiger Zuweisung



Zusammenfassung

- Sondermaschinenbau ist interessantes Einsatzfeld für Virtual Reality und Augmented Reality
- je nach konkretem Anwendungsfall andere Software und/oder Hardware sinnvoll
- Stückzahl 1 ist kein Argument gegen den Einsatz von Simulationstechnik: Testerfordernis nimmt zu mit Neuheitsgrad des Produkts
- relevanter:
 - Produktkomplexität und Risiko für Fehlerfolgekosten
 - Voraussetzungen geschaffen in Form digitaler Entwicklungsprozessketten, die als Datenlieferant dienen
- letzteres einer der entscheidenden Erfolgsfaktoren für den Einsatz Virtueller Techniken



Zusammenfassung: Literatur

- Neugebauer, R. et. al.: Perspektiven von Virtual-Reality-Technologien in der Produktionstechnik- VRAX, 2004
- Dierssen, S.: Die virtuelle Maschine: Konfiguration, Simulation, Visualisierung. In: SimVis, S. 145-156, SCS Publishing House e.V., 2000
- Mujber, T.S.; et. al.: Virtual reality applications in manufacturing process simulation, In: Journal of Materials Processing Technology, S. 155-156, Elsevier, 2004
- Sun, Shu-Huang; Tsai, Li-Zhan: Development of virtual training platform of injection molding machine based on VR technology, Springer-Verlag London, 2012
- Gausemeier, J.: Augmented Reality und Virtual Reality in der Produktentwicklung. In: VEC Innovation Days, 11.-12.07.2006, Stuttgart. Stuttgart: DaimlerChrysler AG, 2006
- Runde, C.: Konzeption und Einführung von virtueller Realität als Komponente der Digitalen Fabrik in Industrieunternehmen. Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007.

VDC-Mitglieder im Thema Sondermaschinenbau





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Das Thema interessiert Sie und Sie suchen nach Ansprechpartnern?
Sprechen Sie uns gerne an.

Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Christoph Runde
Marc Cannarozzi M.Sc.
Virtual Dimension Center (VDC) Fellbach
Auberlenstr. 13
70736 Fellbach
www.vdc-fellbach.de