



Whitepaper

Virtual Reality in Fertigungsverfahren

Anwendungen, Herausforderungen, Ergebnisse

von:

VIRTUAL DIMENSION CENTER



 **Fraunhofer**
IPA

[**VIENSO**]
visual engineering solutions

 **esi**
IC.IDO

VRCA VIRTUAL
REALITY
CENTER
AACHEN

Umfeld Virtual Reality – Fertigungsverfahren

- Virtual Reality (VR) im Engineering vielfach mit Montierbarkeit, Wartbarkeit, Ergonomie, Industrial Engineering assoziiert
- vergangene Jahre: etliche VR-Projekte in Fertigungsanwendungen



Bild: Hauptgruppen Fertigungsverfahren nach DIN 8580

Bild: Merkmale der Hauptgruppen der Fertigungsverfahren nach DIN 8580

Schaffen der Form	Ändern der Form				Ändern der Stoffeigenschaften
	Zusammenhalt beibehalten	Zusammenhalt vermindern	Zusammenhalt vermehren		
Zusammenhalt schaffen	Zusammenhalt beibehalten	Zusammenhalt vermindern	Zusammenhalt vermehren		
Hauptgruppe 1 Urformen	Hauptgruppe 2 Umformen	Hauptgruppe 3 Trennen	Hauptgruppe 4 Fügen	Hauptgruppe 5 Beschichten	Hauptgruppe 6 Stoffeigenschaft ändern

Umfeld Virtual Reality – Fertigungsverfahren

- Auslegung von Fertigungsverfahren: vielfach eine komplexe räumliche Aufgabenstellung
- damit VR grundsätzlich sinnvoll einsetzbar
- VR-Anwendungen: häufig Weiterverarbeitung (Post Processing) von Daten aus der physikalischen Simulation, etwa Computational Fluid Dynamics (CFD) oder Finite-Elemente-Analyse (FEM)
- starker Einsatz von Interaktionsmetaphern
- Unterstützung lokales oder verteiltes kooperatives Arbeiten mit VR
- Augmented Reality (AR) für Modellüberprüfung



Virtuelle Bearbeitungszentren

Eingesetzte VR-Techniken

- **Fehlfarbendarstellung:** eine physikalische Größe (wie z. B. Temperatur, mechanische Spannungen) wird über eine Farbcodierung sichtbar gemacht
- **Proben:** der Betrachter kann mit einem Messfühler das Modell abfahren und Messwerte anzeigen lassen. Der Messfühler kann bezüglich der gemessenen Größe variabel sein. Die Probe kann auch eine Partikelquelle (in einem Strömungsfeld) sein
- **Schnitte:** das 3D-Modell wird so angeschnitten, dass die für den Betrachter wichtigen Bereiche gut zu sehen sind

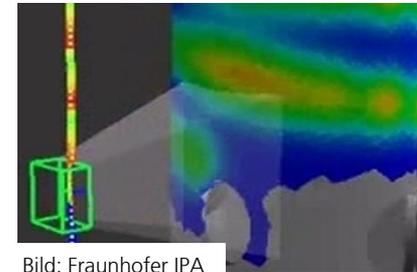


Bild: Fraunhofer IPA

Reinigungsgrad
über Fehlfarben

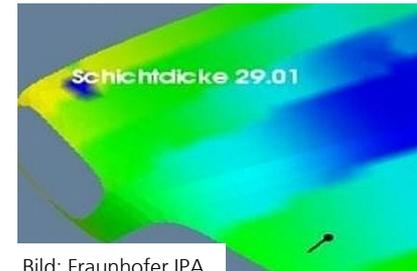


Bild: Fraunhofer IPA

Messprobe zur
Schichtdickenbestimmung

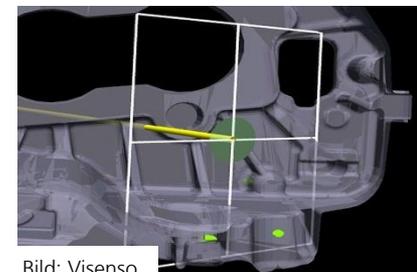
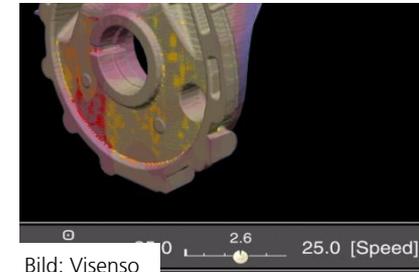


Bild: Visenso

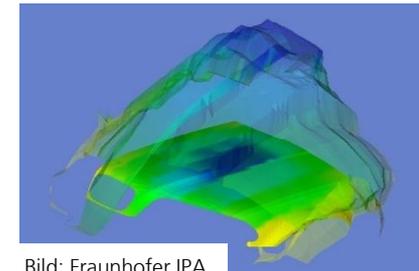
Schnitt durch
Gussteil

Eingesetzte VR-Techniken

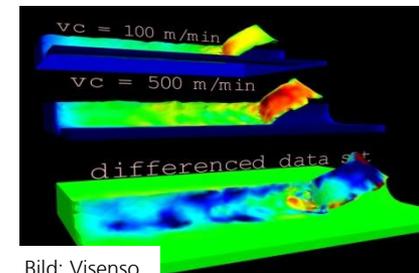
- **Zeitraffer, Zeitlupe:** dynamische Animation (Erkennen zeitlicher Zusammenhänge) kann beschleunigt, verlangsamt und eingefroren werden
- **Überhöhen:** physikalische Größe (wie z. B. Schichtdicke, Auslenkung bei Schwingung) wird verstärkt, dass sie überhaupt erst sichtbar wird
- **komparative Darstellung:** alternative Fertigungsprozesse (z. B. aufgrund anderer Prozessparameter wie Vorschubgeschwindigkeit) werden simultan gezeigt, um sowohl die Absolutwerte der Einzelprozesse wie auch Unterschiede identifizieren zu können
- **subtraktive Darstellung:** lediglich der Unterschied zwischen zwei Prozessalternativen wird angezeigt. Damit lassen sich Prozessunterschiede noch leichter ausmachen



Animation
Strömungssimulation



Überhöhung
Schichtdicke Lack



vergleichende
Darstellung,
Differenzdarstellung

Eingesetzte VR-Techniken

- **selektive Darstellung nach Werten:** nur Modellbereiche, deren Elemente Messwerte in einem anzugebenden Bereich aufweisen, werden angezeigt. Damit lassen sich Problemzonen sehr schnell extrahieren
- **Superposition:** verschiedene Simulationsergebnisse oder aber ein Versuchsteil und ein Simulationsergebnis werden überlagert. Werden genau die simulierten Verfahrensergebnisse des real verwendeten Verfahrens überblendet, weisen Abweichungen auf mögliches Optimierungspotenzial des Simulationsmodells oder aber auf qualitative Schwankungen des Verfahrens hin
- **Inline-Analyse mit AR:** weiterhin lassen sich Prozessparameter und Messwerte einem Werkstück graphisch überlagern, unter Umständen sogar während des Fertigungsprozesses

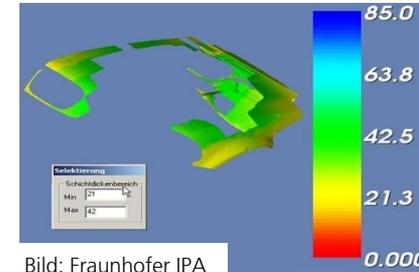


Bild: Fraunhofer IPA



Bild: Projekt Arvika

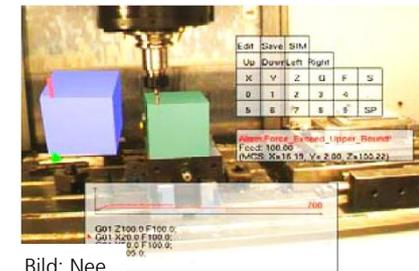


Bild: Nee

Urformen

- Fertigen eines festen Körpers aus formlosem Stoff durch Schaffen eines Zusammenhaltes; hierbei treten die Stoffeigenschaften des Werkstückes bestimmbar in Erscheinung
- Zu den Fertigungsverfahren des Urformens zählen beispielsweise alle Gieß- und Abscheide-Techniken
- VR-Anwendungen:
 - Prozessanalyse
 - Bauteilanalyse

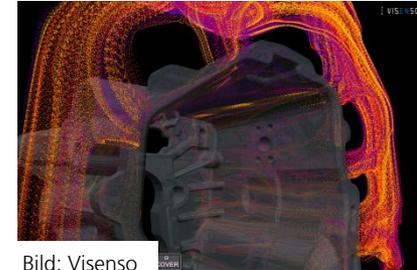


Bild: Visenso

Gießsimulation
(Strömung, Temperatur)

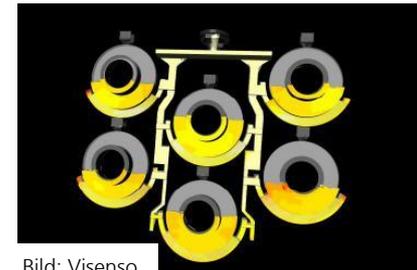


Bild: Visenso

Gießsimulation,
Füllstand

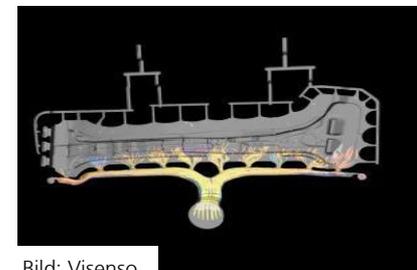


Bild: Visenso

Gießsimulation
(Strömung, Temperatur)

Urformen: Gießen

- Simulationsziel: gewünschte Bauteileigenschaften (Festigkeit, Toleranzen, Vermeidung von Lunkern) bei optimalem Gießprozess (Prozesssicherheit, Prozessgeschwindigkeit) erreichen
- VR-Anwendungen für die Gießsimulation zeigen den Gießprozess selbst und das Resultat
- Betrachter betrachtet Fluss der Schmelze im Zeit- und Temperaturverlauf mit oder ohne Form
- Temperaturverlauf beim Abkühlen
- Bereiche freischneiden
- Proben nehmen
- Partikelquellen setzen

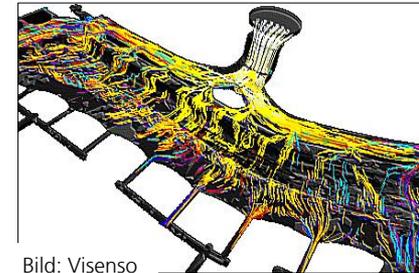


Bild: Visenso

Gießsimulation:
Strömung, Temperatur

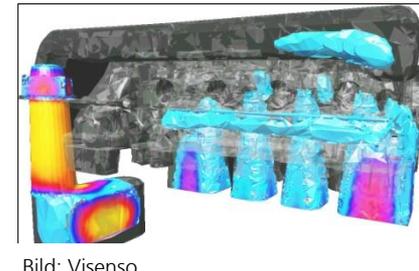


Bild: Visenso

Gießsimulation:
Abkühlphase

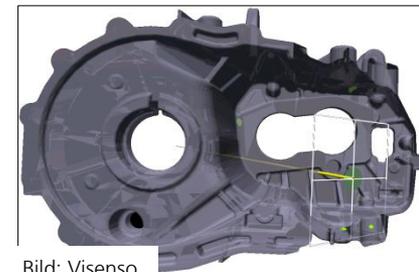


Bild: Visenso

Gussteil:
Lunkersuche

Urformen: Gießen – Maschinenbau

- Überprüfung Funktionsweise Maschine
- Digital Mock-Up
- Kinematik
- Physik, Steuerungstechnik
- Prozess-Simulatoren

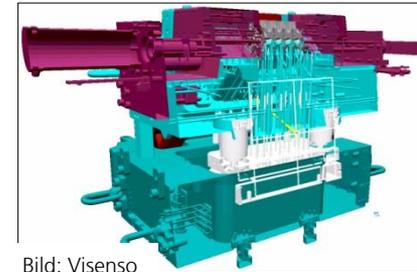


Bild: Visenso

Druckgusswerkzeug

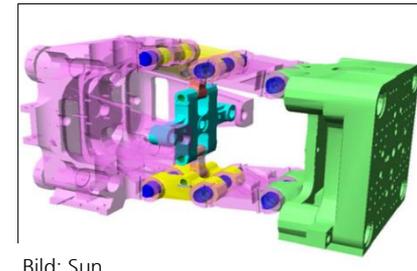


Bild: Sun

Druckgussform

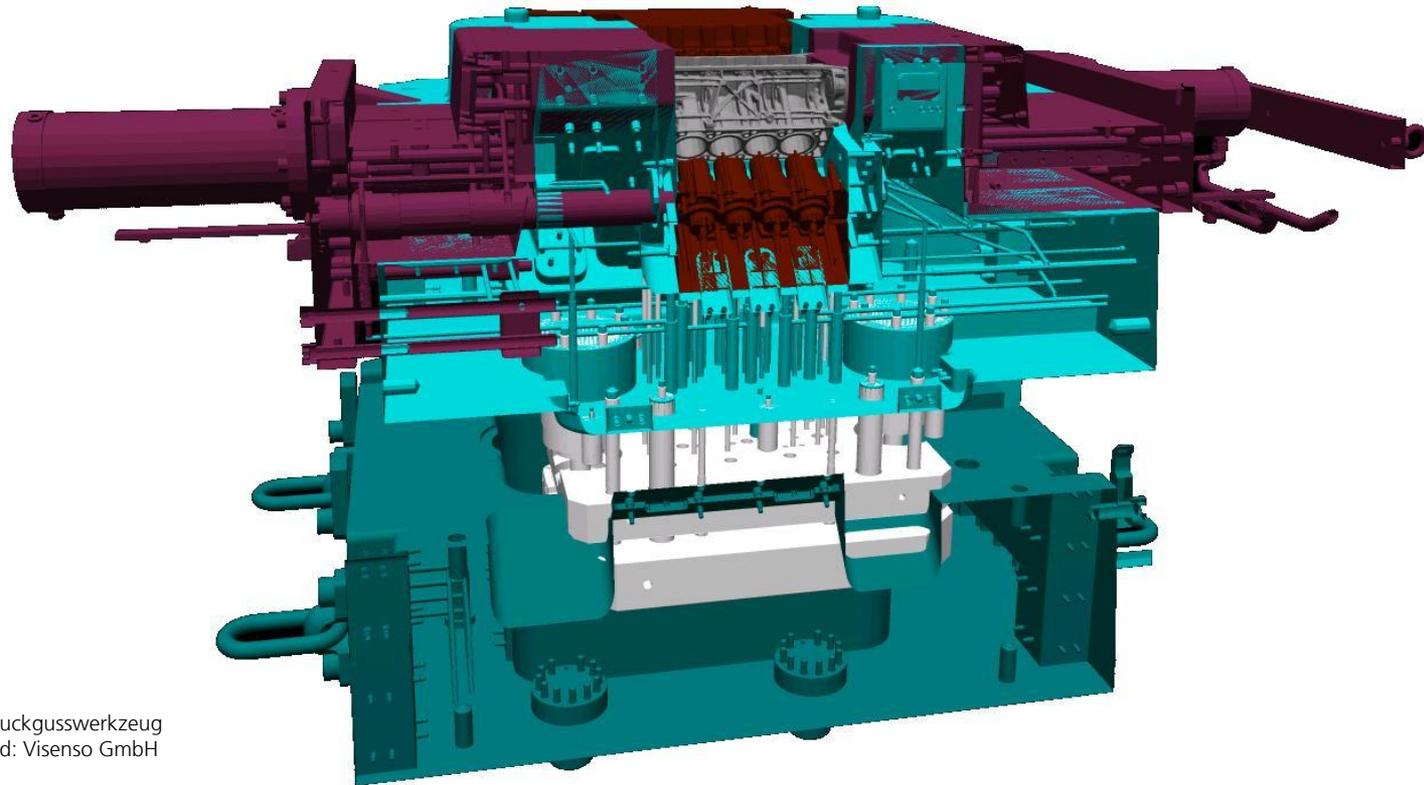


Bild: Fraunhofer IPA

Stranggussanlage:
Kokille, Biegetreiber,
Notschere, Öfen

Urformen: Gießen – Maschinenbau

- Funktionsweise des Gießwerkzeugs
- Kinematiken
- Kollisionen/
Freigängigkeit



Druckgusswerkzeug
Bild: Visenso GmbH

Umformen

- Fertigen durch bildsames (plastisches) Ändern der Form eines festen Körpers
- Masse als auch der Zusammenhalt beibehalten
- zu den Fertigungsverfahren des Umformens zählen Druckumformen (wie Walzen, Gesenkformen, Fließpressen) und das Tiefziehen
- Simulationsziel: gewünschte Bauteileigenschaften (etwa Geometrie, Toleranzen, Dicke, Festigkeit) bei optimalem Umformprozess (etwa Prozesssicherheit, Prozessgeschwindigkeit) erreichen
- Analyse des Umformprozesses in der Zeit
- Materialbeanspruchung/Spannungen
- Temperaturentwicklungen
- Werkstück als Umformresultat selbst

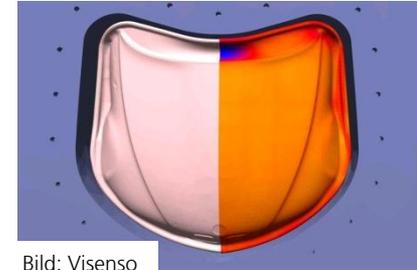


Bild: Visenso

Tiefziehsimulation:
Motorhaube

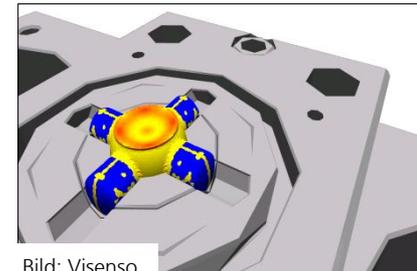


Bild: Visenso

Simulation
Fließpressen

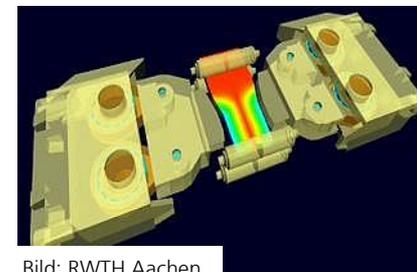


Bild: RWTH Aachen

Simulation Gesenkformen
(Schmieden)

Umformen: Tiefziehen – Maschinenbau

- Überprüfung Funktionsweise Maschine
- Digital Mock-Up
- Kinematik
- Physik, Steuerungstechnik
- Prozess-Simulatoren

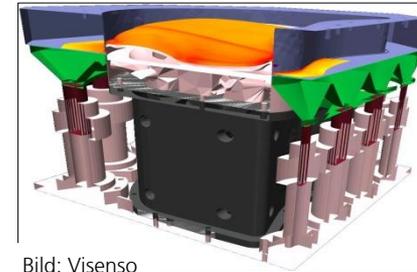


Bild: Visenso

Tiefziehpresse

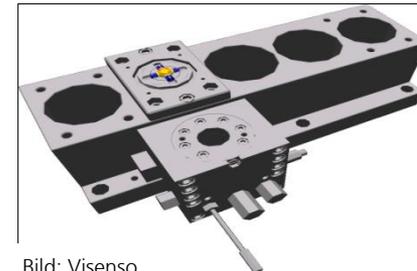


Bild: Visenso

Pressform

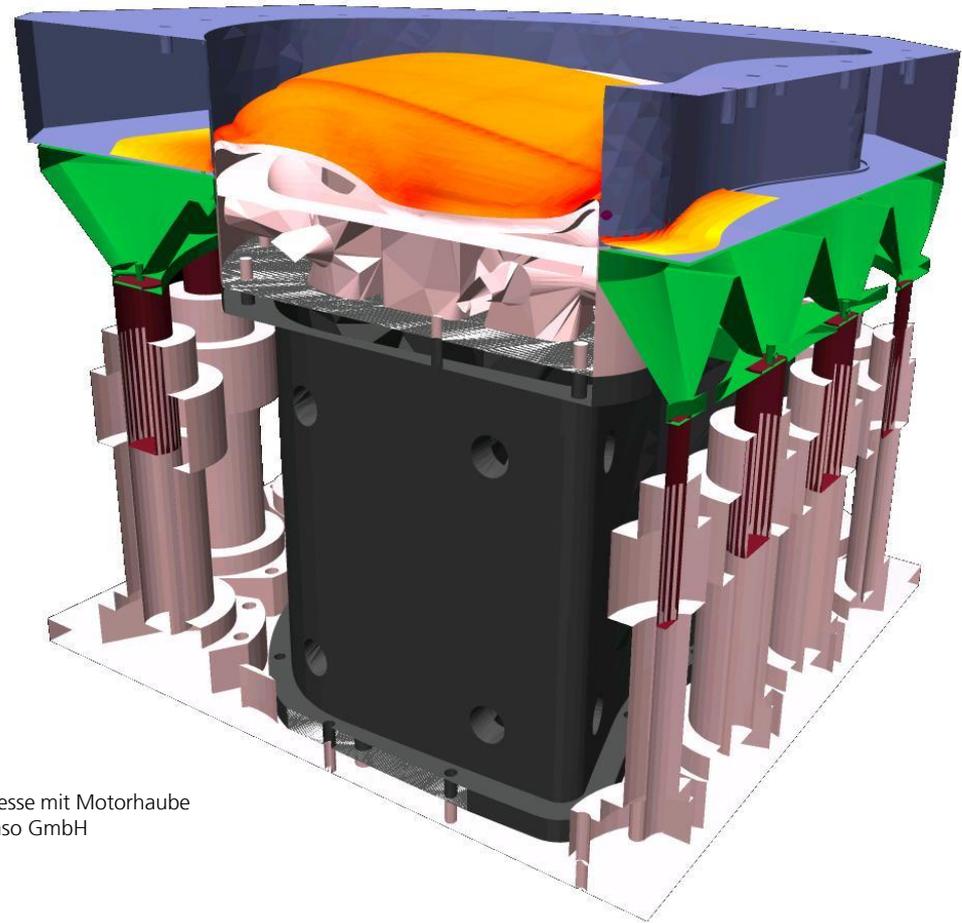


Bild: Fraunhofer IPA

Walzen Stahlwerk

Umformen: Tiefziehen – Maschinenbau

- Funktionsweise des Presswerkzeugs
- Beanspruchungen
- Kinematiken



Tiefziehpresse mit Motorhaube
Bild: Visenso GmbH

Trennen

- Fertigen durch Aufheben des Zusammenhaltens von Körpern, wobei der Zusammenhalt teilweise oder im Ganzen vermindert wird
- zu den trennenden Fertigungsverfahren zählen unter anderem das Bohren, das Fräsen, das Zerlegen und das Reinigen
- Ergebnisse einer Prozess-Simulation am Werkstück interaktiv analysieren
- Programmierung der Werkzeugmaschine evaluieren: Virtual Machining

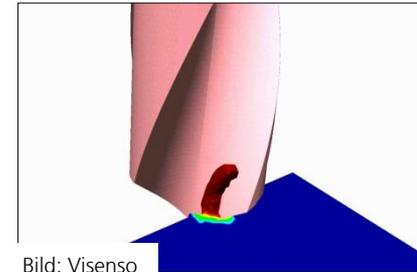


Bild: Visenso

Simulation Bohren

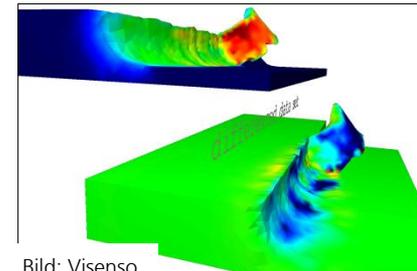


Bild: Visenso

Simulation Fräsen



Bild: Nee

Überblenden Online-Prozessdaten auf Werkstück



Trennen: Zerspanen

- Optimierung von Zerspanprozessen:
detailliertes Wissen über Vorgänge notwendig
- Simulation des Spanbildungsvorgangs:
Verständnis erweitern für die thermischen und
mechanischen Belastungen von Werkzeugen und
Werkstücken
- Betrachtungen zu Temperatur und
Spannungsverläufen
- auch der Span als geometrisches Gebilde und seine
physikalischen Eigenschaften werden abgebildet.
Interessant sind die Temperaturentwicklung,
-verteilung und -abführung
- Bauteilverzug zu vermeiden

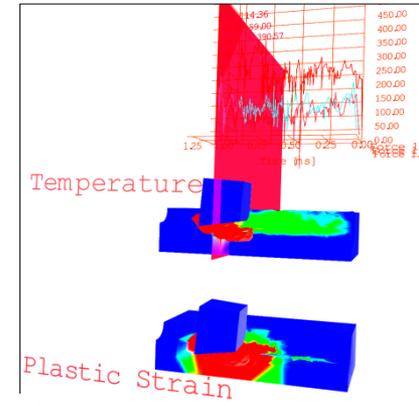


Bild: Visenso

gleichzeitige Darstellung
3D und numerische
Informationen

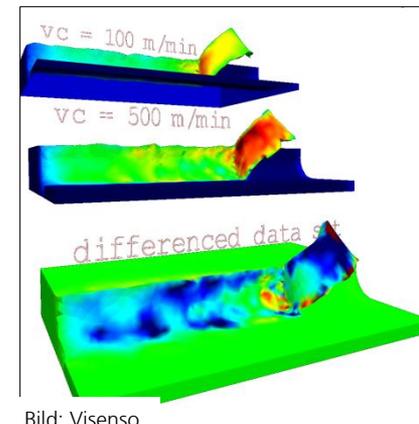


Bild: Visenso

Simulation
Fräsen

Trennen: Zerlegen

- Virtuelle Umgebungen mit Kollisionserkennung und Abgleitsimulation finden Einsatz bei der Untersuchung von Montage und Demontage
- dazu wird die Position und Orientierung eines ein-/aus-zubauenden Bauteils mit einem räumlichen Eingabesystem vorgegeben
- virtuell auftretende Kollisionskräfte werden angezeigt



Bild: ESI – IC.IDO

Montage-Prüfung mit
2-Hand-Interaktion VR



Bild: ESI – IC.IDO

Ausbauuntersuchung
in VR

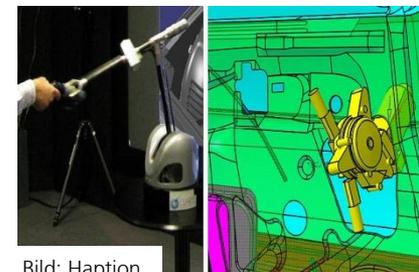


Bild: Haption

haptisch unterstützte
Ausbauuntersuchung

Trennen: Reinigen

- Schwerpunkt Zugänglichkeitsuntersuchungen
- Strahlverfolgungsalgorithmen: alle relevanten Bauteilflächen vom Reinigungsmittel erfasst?
- farbliche Kennzeichnung, Schnitte und Auswahl
- kritische Bereiche schnell identifizieren
- Technologische Nähe Lackiersimulation und Raytracing
- Simulation Trockeneisstrahlen: schonende Strahlmittelumlenkung mittels eines zusätzlichen Druckluftstroms ; verbesserte Abtragleistungen
- Entwicklung Düse (Injektorkrümmen), Rapid Prototyping, Evaluation Simulation über Strahlversuche

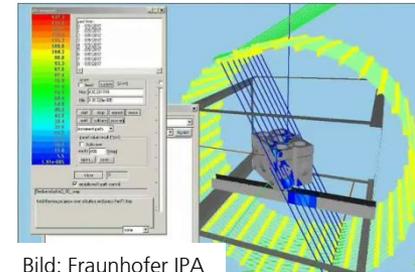


Bild: Fraunhofer IPA

Reinigungssimulation

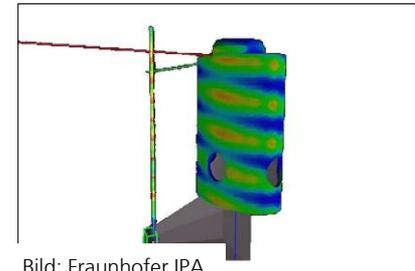


Bild: Fraunhofer IPA

Reinigungssimulation

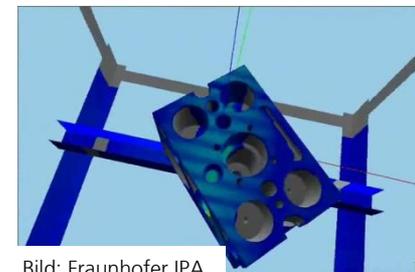


Bild: Fraunhofer IPA

Reinigungssimulation

Fügen: Schweißen

- auf Dauer angelegtes Verbinden oder sonstiges Zusammenbringen von zwei oder mehreren Werkstücken geometrisch bestimmter fester Form oder von eben solchen Werkstücken mit formlosem Stoff
- dabei wird der Zusammenhalt örtlich geschaffen und im Ganzen vermehrt
- sämtliche Montagethemen wie auch das Schweißen
- vergleichende Schweißpunktsimulation mit unterschiedlichen Parametersätzen (animiert)
- Offline-Programmierung von Robotern: gefahrlos und ohne Belegung der realen Zelle
- AR Inline-Unterstützung Schweißprozess: Einblendung von Prozessgrößen lagerichtig, kontextbezogen, in die reale Schweißbrille: Korrekturen während des Prozesses

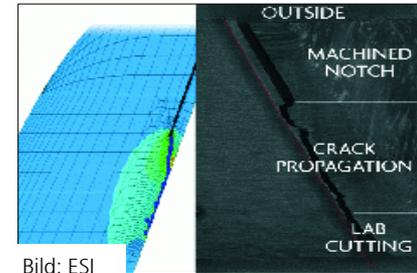


Bild: ESI

ESI für AREVA:
Simulation Rissverlauf
im Schweißprozess

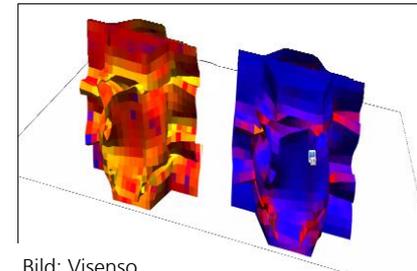


Bild: Visenso

Visualisierung
simulierter
Schweißpunkte

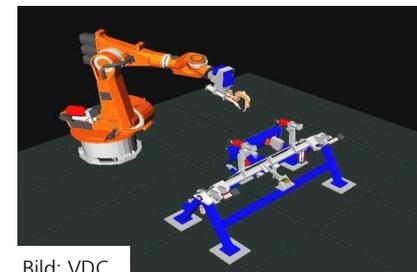


Bild: VDC

Roboter-Schweißzelle

Beschichten

- Fertigen durch Aufbringen einer fest anhaftenden Schicht aus formlosem Stoff auf ein Werkstück
- maßgebend ist der unmittelbar vor dem Beschichten herrschende Zustand des Beschichtungstoffes
- zu den Fertigungsverfahren des Beschichtens zählt unter anderem das Lackieren
- Ziel der Simulation ist es, gewünschte Ergebniseigenschaften (etwa Schichtdicke) bei optimalem Lackierprozess (etwa Prozesssicherheit, Prozessgeschwindigkeit, Ressourceneinsatz) zu erreichen
- VR-Anwendungen für die Lackiersimulation zielen auf die Analyse des Lackiervorgangs, des Lackierergebnisses und auf das Training des Lackiervorgangs

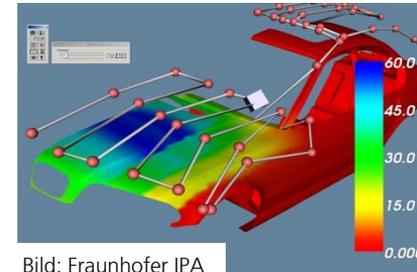


Bild: Fraunhofer IPA

Lackiersimulation:
Robotertrajektorie

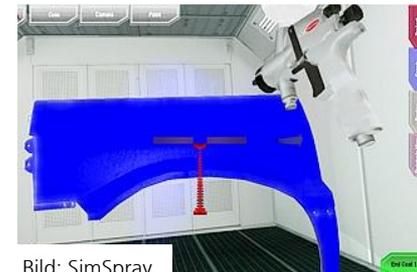


Bild: SimSpray

Lackiertrainer
SimSpray

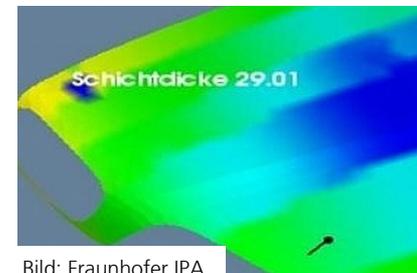


Bild: Fraunhofer IPA

Lackiersimulation:
Messprobe

Beschichten: Lackieren

- Analyse der Gitterwerte des 3D-Modells
- virtuelle Proben
- selektive Bereichsanzeige: nur die Bereiche anzeigen, in denen Elemente bestimmte Simulationsergebniswerte aufweisen (hier: Lack-Schichtdicken zwischen 21 und 42 μm)
- räumliche Bereichsanzeige: nach räumlichen Gesichtspunkten: Bereichsauswahl über Würfel (linkes Fenster im Bild unten)
- umschlossener Modellbereich: rechte Fenster (im Bild unten)
- oberes rechtes Fenster: überhöhte Darstellung
- unteres rechtes Fenster: Draufsicht, ausgerichtet im Koordinatensystem
- Anwahl: vergrößern auf den gesamten Bildschirm

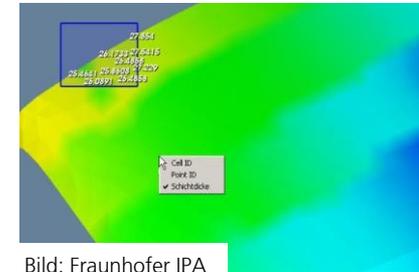


Bild: Fraunhofer IPA

Lackiersimulation:
Gitteranalyse



Bild: Fraunhofer IPA

Lackiersimulation:
selektive Anzeige

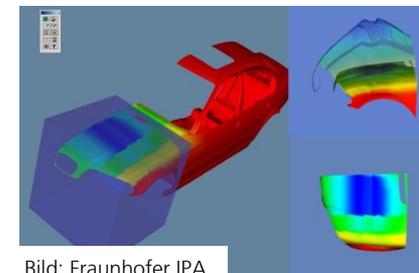


Bild: Fraunhofer IPA

Lackiersimulation:
Bereichsauswahl

Stoffeigenschaften ändern

- Fertigen durch verändern der Eigenschaften des Werkstoffes, aus dem ein Werkstück besteht
- durch Veränderungen im submikroskopischen bzw. atomaren Bereich, z. B. durch Diffusion von Atomen, Erzeugung und Bewegung von Versetzungen im Atomgitter, chemische Reaktionen
- Fertigungsverfahren:
Verfestigen durch Umformen und Sintern
- Verfestigen durch Umformen:
gleiche VR-Werkzeuge wie für Umformen
- VR-Werkzeuge speziell für das Sintern:
Analyse des Sintervorgangs und des Werkstücks
- Schnitte durch das Werkstück erstellt, freie Sicht auf Werkstückeigenschaften (wie Dichte, Festigkeit)

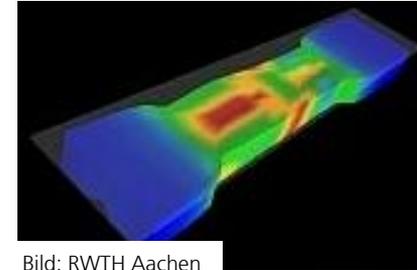


Bild: RWTH Aachen

Schmiedeteil

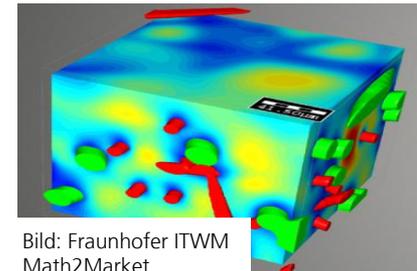


Bild: Fraunhofer ITWM
Math2Market

Sintermaterial

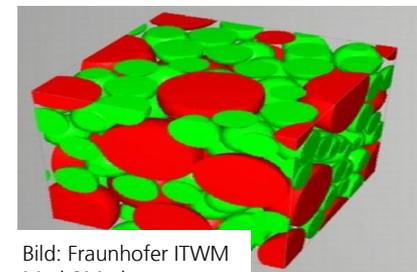


Bild: Fraunhofer ITWM
Math2Market

Sintermaterial

Zusammenfassung

- Virtual-Reality-Techniken werden heute bereits für die Analyse und den Entwurf zahlreicher Fertigungsverfahren eingesetzt
- In einigen Anwendungsgebieten, wie dem Gießen, ist der Einsatz von VR sehr weit
- andere Themen: tendenziell Aufholbedarf
- durch die Recherche wurde deutlich, dass gefundenen VR-Anwendungen noch nicht einmal die Hälfte aller möglichen Fertigungsverfahren darstellen
- gleichzeitig wurde sichtbar, dass häufig nur ein Bruchteil der möglich einsetzbaren VR-Techniken im konkreten Einzelfall zum Einsatz kam. Hier würde sich oft ein Blick über den Tellerrand lohnen

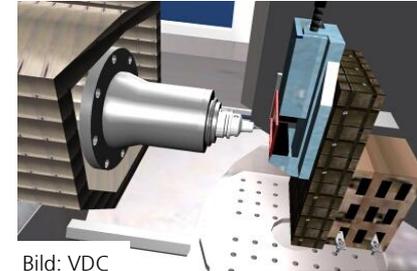


Bild: VDC

Blick in virtuelles
Bearbeitungszentrum



Bild: VDC

Blick auf virtuelle
Steuerung



Bild: VDC

Blick auf
Spritzgussmaschinen

Quellen

ESI – IC.IDO: IDO.Explore

http://www.icido.de/de/Produkte/VDP/IDO_Explore.html, abgerufen 2011

Fraunhofer IPA: Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA): Fabrikplanung und Produktionsoptimierung, <http://www.ipa.fraunhofer.de/index.php?id=79>, abgerufen 2006

Fraunhofer IPA: Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA): waterjet cleaning, Teilereinigung 5.3, <http://www.youtube.com/watch?v=v-wRifXED5Q>, abgerufen am 12.4.2012

Fraunhofer IPA: Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA): Lackiertechnik, <http://www.ipa.fraunhofer.de/index.php?id=263>, abgerufen 2006

Fraunhofer IPK: Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, <http://www.ipk.fhg.de>, abgerufen am 12.4.2012

Fraunhofer ITWM: Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik (ITWM): GeoDict, <http://www.geodict.com>, abgerufen am 12.4.2012

Math2Market GmbH ; www.math2market.de; abgerufen am 12.4.2012

Mujber, T.S.; et al.: Virtual reality applications in manufacturing process simulation, In: Journal of Materials Processing Technology, S. 155-156, Elsevier, 2004

Nee, YC.: Augmented Reality in Manufacturing & Assistive Technology Group,

<https://share.nus.edu.sg/eng/eir/Engineering%20Expertise%20Directory%202009/default.aspx>, abgerufen am 12.4.2012

DIN 8580: Norm DIN 8580 2003-09 Fertigungsverfahren – Begriffe, Einteilung

RWTH Aachen: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen: Visualization of Metal Forming Process, http://www.rz.rwth-aachen.de/aw/cms/rz/Themen/Virtuelle_Realitaet/research/projects/mechanical_engineering/~plv/visualization_of_metal_forming_processes/?lang=de, abgerufen am 12.4.2012

SimSpray: <http://www.vrsim.net/simspray>, abgerufen am 12.4.2012

Sun , Shu-Huang; Tsai, Li-Zhan: Development of virtual training platform of injection molding machine based on VR technology. In: International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer-Verlag London, 2012

Tschirner, P.; Hillers, B.; Gräser, A.: A Concept for the Application of Augmented Reality in Manual Gas Metal Arc Welding. In: IEEE Computer Society (Hrsg.): Proceedings of the IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2002), 30. September - 1. Oktober 2002, Darmstadt. New York/USA: IEEE Press, 2002, S. 257-258

Visenso GmbH: visual engineering solutions (2012), <http://www.visenso.de>, abgerufen am 12.4.2012

Das Thema interessiert Sie
und Sie suchen nach Umsetzungspartnern?
Sprechen Sie mit uns.

VDC.

Netzwerk für Virtual Engineering.

Virtual Dimension Center (VDC)
Aublerenstr. 13
70736 Fellbach
Tel.: 0711 / 58 53 09-0
info@vdc-fellbach.de
www.vdc-fellbach.de