VIRTUAL DIMENSION CENTER

Die Virtuelle Abnahme im Maschinenbau

VDC-Whitepaper

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

DIGITAL LOTSE BW
Virtuelle Planung und Entwicklung

© Kompetenzzentrum Virtuelle Realität und Kooperatives Engineering w. V. – Virtual Dimension Center (VDC)

Die Abnahme

Motivation:

- Virtuelle Techniken (VR, AR, MR) bekannt für Aufgaben in Entwicklung, Training, Marketing, Assistenz. Auch für die Abnahme denkbar?
- Abnahme von (mindestens Teil-)Aspekten eines Produkts ohne physische Realisierung könnte Zeit und Geld sparen

Der juristische Begriff der Abnahme:

- Erklärung, dass eine Sache oder ein Zustand bestimmten Kriterien entspricht, so insbesondere dass ein Werk als erfüllungstauglich bestätigt wird
- Begriff „Abnahme“ auch im Sinne von tatsächlicher Übernahme verwendet

Werkvertrag

- § 640 BGB regelt die Abnahme
- Erklärung des Bestellers, dass er das Werk akzeptiert
- von erheblicher Bedeutung für die Abwicklung eines Werkvertrages
- Unternehmer hat Anspruch auf die Abnahme, wenn das Werk – abgesehen von unwesentlichen Mängeln – vertragsgemäß hergestellt ist.

Die Abnahme

- Werksabnahme: Abnahme eines Produktes noch beim Hersteller
- meist schließt sich der Site Acceptance Test (SAT) beim Kunden an
- gemeinsam von Auftraggeber und Auftragnehmer
- Grundlage der Prüfung sind die Spezifikationen des Pflichtenheftes und gegebenenfalls
- weitere nach Vertragsabschluss vereinbarte Änderungen (Änderungsanforderung)
- (reduzierte) Funktionsprüfung (englisch Factory acceptance test, abgekürzt FAT) [beispielsweise Transport- und Endmontageschäden]
- Alle Schritte der Werksabnahme werden in einem schriftlichen Abnahmeprotokoll festgehalten, welches anschließend von Auftraggeber und Auftragnehmer gemeinsam unterzeichnet wird

Bild: ESI

(virtueller) Werkzeugwechsel unter Kollisions- und Abgleitbedingungen

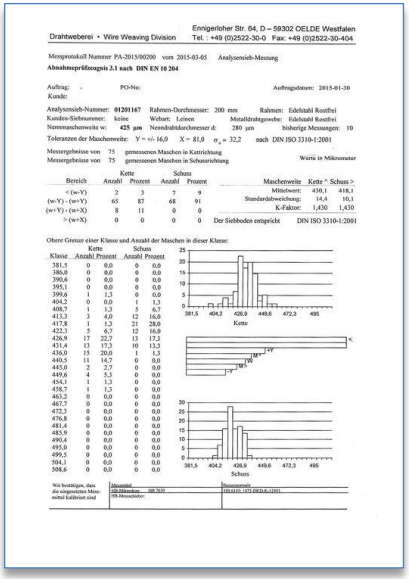
DIN EN 10204:2005 Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen" (Abnahmeprüfzeugnisse)

- legt die verschiedenen Arten von Prüfbescheinigungen fest, die dem Besteller in Übereinstimmung mit den Vereinbarungen bei der Bestellung für die Lieferung metallischer Erzeugnisse zur Verfügung gestellt werden können

#	Art der Prüfbescheinigung	Inhalt der Bescheinigung	Bestätigung der Bescheinigung durch
2.1	Werksbescheinigung	Bestätigung der Übereinstimmung mit dessen Bestellung	den Hersteller
2.2	Werkszeugnis	Bestätigung der Übereinstimmung mit dessen Bestellung unter Angabe von Ergebnissen nichtspezifischer Prüfung	den Hersteller
3.1	Abnahmeprüfzeugnis 3.1	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung	den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers
3.2	Abnahmeprüfzeugnis 3.2	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung	den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers und den vom Besteller beauftragten Abnahmebeauftragten oder den in den amtlichen Vorschriften genannten Abnahmebeauftragten

Quelle: Wikipedia: EN 10204

Werksbescheinigung 2.1
Quelle: Haver & Boecker



Abnahmeprüfzeugnis 3.1
Quelle: Haver & Boecker

BG RCI 223: Anhang 3: Allgemeine Checkliste für die Erstinbetriebnahme von Maschinen

BG RCI
Berufsgenossenschaft
Rohstoffe und chemische Industrie

Formale Voraussetzungen für die Inbetriebnahme

- Konformitätserklärung
- CE-Kennzeichnung
- Kenndaten angebracht

Anforderungen an die Betriebsanleitung

- deutsche Betriebsanleitung
- bestimmungsgemäße Verwendung
- Kennwerte Energieversorgung
- Restrisiken
- persönliche Schutzausrüstung
- Transporthinweise
- Betriebszustände und Betriebsarten
- Informationen über Inbetriebnahme
- Sicherheitseinrichtungen
- Stellteile und deren Auswirkungen
- Anleitungen zur Fehlererkennung und Fehlerortung
- Instandhaltung sicherheitsrelevanter Bauteile
- besondere Symbole für Sicherheitshinweise
- Inhaltsverzeichnis, Stichwortverzeichnis
- Angaben zu Lärmemissionen

Betriebsanweisung

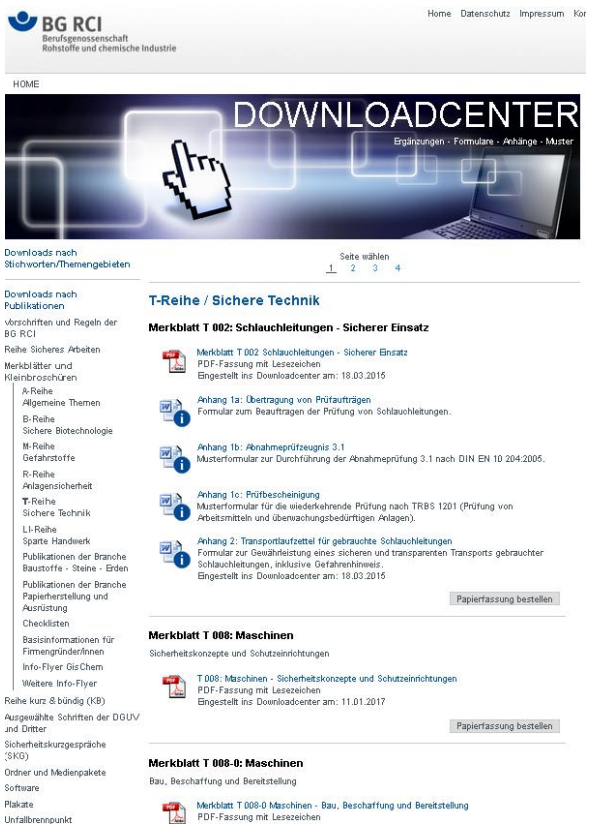
- Struktur und Übersicht
- Wartungs-, Rüst- Reparaturarbeiten sowie Störungsbeseitigung
- Beschreibung Gefährdungen
- Durchführung Prüfungen
- Verhalten bei Mängeln

Sicherheitstechnische Überprüfung

- Sicherheitseinrichtungen vorhanden
- Schutzeinrichtungen für alle gefahrbringenden Bewegungen
- keine Anreize zur Umgebung von Schutzeinrichtungen
- Schutzeinrichtungen nach Anhang I Nr. 1.4.1 der Maschinenrichtlinie
- heiße und sehr kalte Oberflächen gesichert
- Schutz für Einrichtarbeiten
- kein Absinken schwerer Maschinenteile bei Druckverlust
- Wirksamkeit Schutzeinrichtungen
- ausreichende Schutzwirkung
- Schutzeinrichtungen nur mit Werkzeug entfernbar
- Piktogramme für Restgefahren
- Hauptschalter für jede Energieart
- Berührschutz am elektrischen Schaltschrank
- Kennzeicnhung elektrischer Betriebsmittel
- Gefährdung nach Wiederkehr Strom
- Not-Aus-Einrichtung
- Bedienbereich sicher begehbar
- elektrische Sicherheit
- Umgehung Schutzeinrichtungen
- Schutzeinrichtungen eingebaut wie vorgesehen

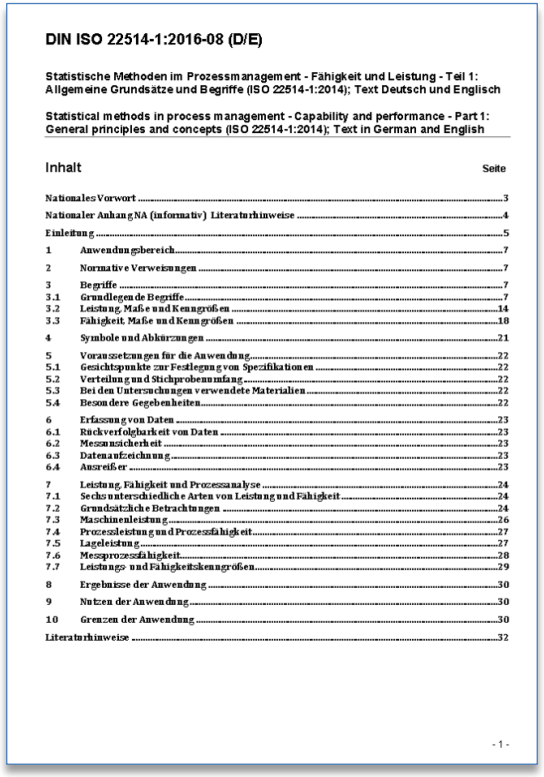
Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie BG RCI T-Reihe / Sichere Technik

- Merkblatt T 002: Schlauchleitungen - Sicherer Einsatz: Anhang 1b: Abnahmeprüfzeugnis 3.1
- Merkblatt T 008: Maschinen: Sicherheitskonzepte und Schutzeinrichtungen
- Merkblatt T 008-1: Checklisten Maschinen: Prüfung vor Erstinbetriebnahme
- Merkblatt T 008-3: Checklisten Maschinen: Elektrische Ausrüstung
- Merkblatt T 008-4: Checklisten Maschinen: Hydraulische Ausrüstung
- Merkblatt T 008-5: Checklisten Maschinen: Pneumatische Ausrüstung



DIN ISO 22514-1 und -2: Statistische Verfahren im Prozessmanagement - Fähigkeit und Leistung - Teil 2: Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitskenngrößen von zeitabhängigen Prozessmodellen

- beschreibt Verfahren zur Bestimmung von Kenngrößen zur Schätzung der Qualitätsfähigkeit und der Leistung von Produkt- und Prozessmerkmalen
- Prozessergebnisse acht möglichen (statistischen) Verteilungstypen gegliedert
- Berechnungsformeln für die statistischen Maßzahlen für jede dieser Verteilungen
- statistische Verfahren beziehen sich nur auf kontinuierliche Qualitätsmerkmale.
- auf Prozesse in allen industriellen und wirtschaftlichen Sektoren anwendbar



DIN ISO 22514-1:2016-08 (D/E)

Statistische Methoden im Prozessmanagement - Fähigkeit und Leistung - Teil 1: Allgemeine Grundsätze und Begriffe (ISO 22514-1:2014); Text Deutsch und Englisch

Statistical methods in process management - Capability and performance - Part 1: General principles and concepts (ISO 22514-1:2014); Text in German and English

Inhalt Seite

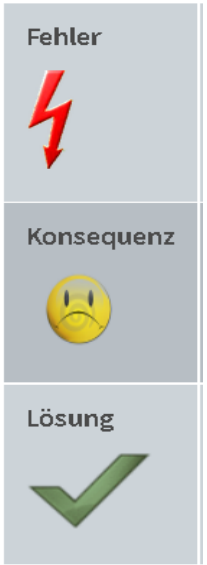
Nationales Vorwort ... 3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise ... 4
Einleitung ... 5
1 Anwendungsbereich ... 7
2 Normative Verweisungen ... 7
3 Begriffe ... 7
3.1 Grundlegende Begriffe ... 7
3.2 Leistung, Maße und Kenngrößen ... 14
3.3 Fähigkeit, Maße und Kenngrößen ... 18
4 Symbole und Abkürzungen ... 21
5 Voraussetzungen für die Anwendung ... 22
5.1 Gesichtspunkte zur Festlegung von Spezifikationen ... 22
5.2 Verteilung und Stichprobenumfang ... 22
5.3 Bei den Untersuchungen verwendete Materialien ... 22
5.4 Besondere Gegebenheiten ... 22
6 Erfassung von Daten ... 23
6.1 Rückverfolgbarkeit von Daten ... 23
6.2 Messunsicherheit ... 23
6.3 Datenaufzeichnung ... 23
6.4 Ausreißer ... 23
7 Leistung, Fähigkeit und Prozessanalyse ... 24
7.1 Sechs unterschiedliche Arten von Leistung und Fähigkeit ... 24
7.2 Grundsätzliche Betrachtungen ... 24
7.3 Maschinenleistung ... 26
7.4 Prozessleistung und Prozessfähigkeit ... 27
7.5 Lageleistung ... 27
7.6 Messprozessfähigkeit ... 28
7.7 Leistungs- und Fähigkeitskenngrößen ... 29
8 Ergebnisse der Anwendung ... 30
9 Nutzen der Anwendung ... 30
10 Grenzen der Anwendung ... 30
Literaturhinweise ... 32

- 1 -

7 häufigste Fehler bei der Abnahme

Quelle: Q-DAS GmbH, Weinheim.
http://www.q-das.de/de/anwendungen/qs-stat/haeufige-fehler-maschinenabnahme/

1. Die Abnahmemodalitäten sind nicht eindeutig festgelegt und ausreichend spezifiziert. Die Abnahme beim Hersteller ist nicht ausreichend vorbereitet. So können beispielsweise die Rohmaterialien fehlen, die Maschine läuft nicht ungestört bzw. der Kalt- und Warmstart ist nicht durchgeführt worden
2. Die Maschine wird vor dem eigentlichen Run Off nur nach dem Bauchgefühl eingestellt.
3. Es wurde kein Eignungsnachweis für die verwendeten Messsysteme vorgenommen.
4. Häufig ist die Berechnungsmethode für die Fähigkeitskennwerte nicht ausreichend spezifiziert.
5. Mehrdimensionale Merkmale wie Positionstoleranzen werden wie eindimensionale Merkmale behandelt.
6. Viele nicht validierte Excel Formblätter mit Makros zur Bestimmung der Ergebnisse sind fehlerhaft.
7. Die Dokumentation ist unvollständig. Insbesondere werden die Umgebungsbedingungen nicht ausreichend festgehalten.



Styling & Design in der Abnahme

- 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

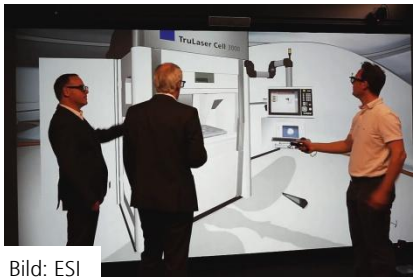


Bild: ESI

Design-Review der Trumpf TruLaser Cell 3000

Bild: TU Chemnitz

Design Review in der Cave des VRCP

Bild: Trumpf

3D-Visualisierung der Trulaser 3030

Virtual Mock-Ups in der Abnahme

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

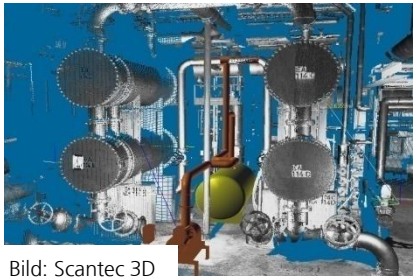


Bild: Scantec 3D

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

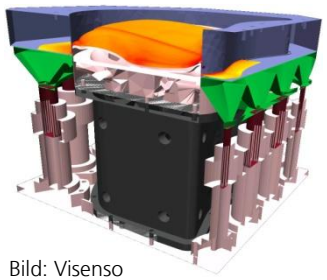


Bild: Visenso

Virtual Mock-Up Tiefziehpresse mit Prozess-Simulation

Virtual Mock-Ups in der Abnahme

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 Bevolkerungsteil erzielbar

Bild: OPTIMA

Greifraum-Untersuchungen an einem Mixed Mock-Up

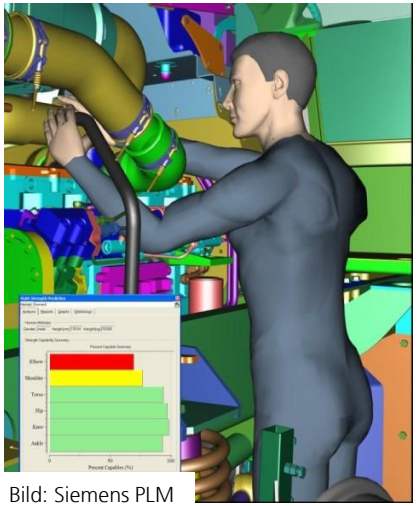


Bild: Siemens PLM

Zugänglichkeits-Untersuchungen mit einem virtuellen Menschmodell

Virtual Mock-Ups in der Abnahme

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

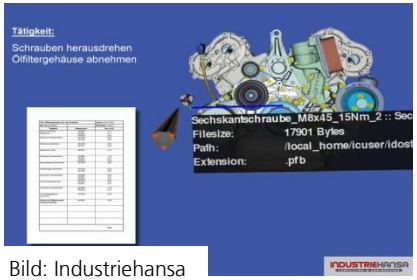


Bild: Industriehansa

Dokumentation der Arbeitsschritte: Generierung von Vorgabezeiten

Prozess-Simulation in der Abnahme

Materialfluss

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

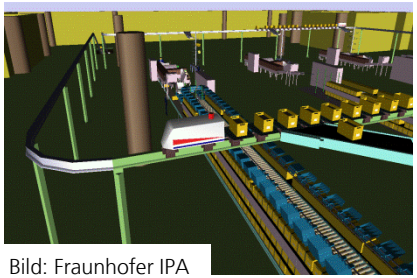


Bild: Fraunhofer IPA

Fördersystem bei der Deutschen Post

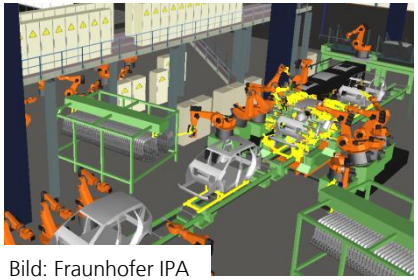


Bild: Fraunhofer IPA

Rohbaumontage Daimler

Bild: Fraunhofer IPA

Kommissionierlager Rhode Schuhe

Prozess-Simulation in der Abnahme

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

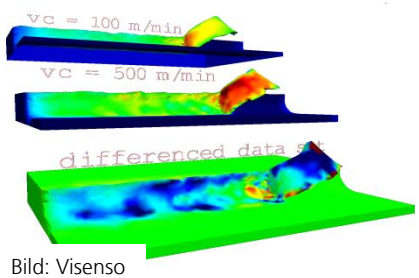


Bild: Visenso

Spanende Fertigung

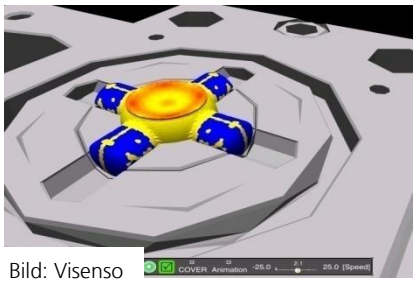


Bild: Visenso

Fließpressen: Simulation

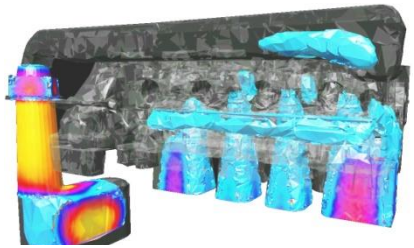


Bild: Visenso

Abkühlung Gußteil

Prozess-Simulation in der Abnahme

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 in der Abnahme

Prototyping Automatisierungskonzept

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

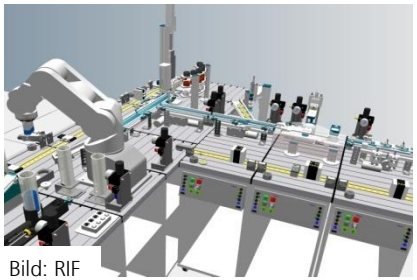


Bild: RIF

Simulationsmodell automatisierter Arbeitsstationen

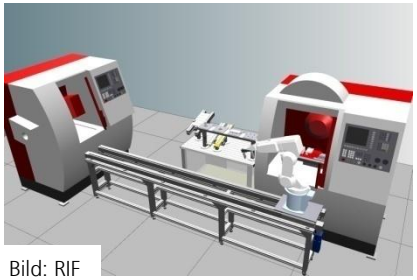


Bild: RIF

Simulationsmodell zweier Bearbeitungs-stationen mit Bestückungsroboter

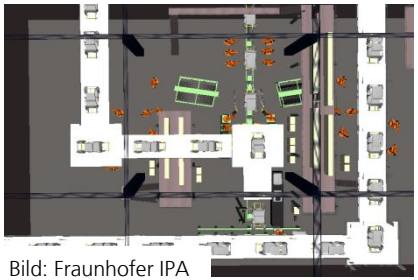


Bild: Fraunhofer IPA

Simulationsmodell Rohbaumontage

Simulation Arbeitsschutz / Arbeitssicherheit in der Abnahme

- 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

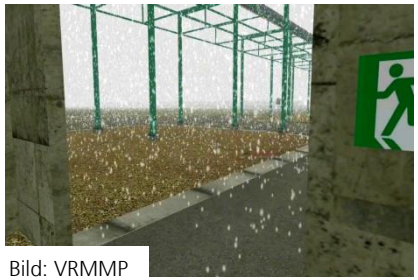


Bild: VRMMP

Ausschilderung im Anlagenbau

Berücksichtigung von Stochastik in Virtuellen Umgebungen

- statistische Varianz in Materialflussmodellen
  - Ausfallwahrscheinlichkeiten (z.B. mean time to failure)
  - schwankender Auftragseingang
- Toleranzanalyse im Rahmen des DMU / VMU
- Robustheitsbetrachtungen in Automatisierungssimulationen (Ausfall von Komponenten wie Sensoren)

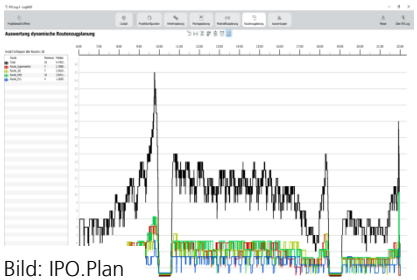


Bild: IPO.Plan

Auswertung Routenzug-Planung

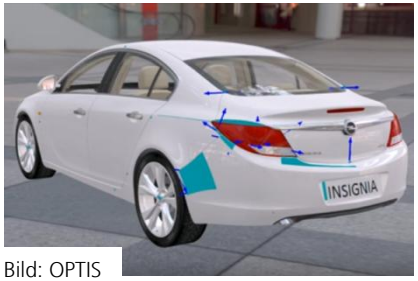


Bild: OPTIS

Aesthetica Toleranz-Analyse & -Visualisierung

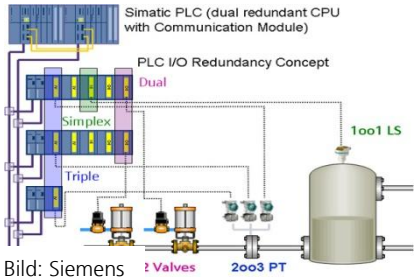


Bild: Siemens

Schema Verdichter-automatisierungssystem mit Redundanz

Automobilbau: Virtuelle Zertifizierung („virtueller TÜV“)

- Ziel: Abnahme von Aspekten des Fahrzeugs ohne physischen Prototyp
- PKW mindestens realisiert:
  - Außenkante nach ECE-R26 (Economic Commission for Europe): Außenkante nach ECE-R26: Prüfung Außenbereich von Radien und Kanten.
  - Radabdeckungen nach EG 78/549: Prüfung der Überdeckung von den Randkanten.
  - Kennzeichen nach 70/222 EWG: Prüfung vom Abstand zwischen Kennzeichenschild und Fahrbahn sowie der Neigung.
  - Einsatz von Hilfsgeometrien, z.B.: 100mm Kugel, 30°-Kegel

Bild: Daimler

Prüfobjekt zur virtuellen Zertifizierung bei Daimler

Bild: Daimler

Zertifizierung bei Daimler an Powerwall zu u.a. Aspekten

Flugzeugbau: Virtuelle Zertifizierung

- Ziel: Abnahme von Aspekten des Flugzeugs ohne physischen Prototyp
- Luftfahrt:
  - virtuelle Vorzertifizierung von Flugzeugsitzen (nach EuroNCA, JNCAP, ChinaNCAP)
  - numerische Experimente und Analyse schon länger Bestandteil von Zulassungsprozessen
  - für Aufprall-Simulationen (des Flugzeugs oder Vogelschlag)
  - Nachstellen von realistischen Umwelt-bedingungen, die im Labor schwer nachzustellen sind (Vibration, Temperatur, Höhe, Umströmungsgeschwindigkeit, realer Lastfall Flügel)

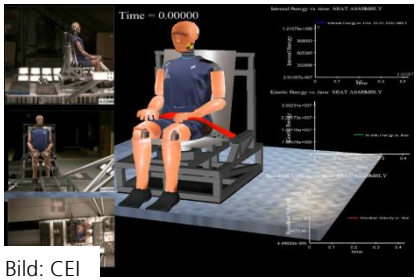


Bild: CEI

Virtueller Crashtest mit 3D-Dummy

Bild: ESI

virtuelle Vorzertifizierung von Flugzeugsitzen mit der Virtual Seat Solution (auch EuroNCA, JNCAP)

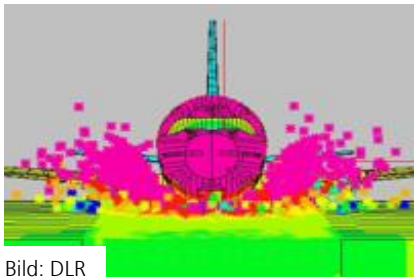


Bild: DLR

Wasseraufprall (ditching) eines Verkehrsflugzeuges

Vielen Dank für Ihr Interesse

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

DIGITAL LOTSE BW
Virtuelle Planung und Entwicklung

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

© Kompetenzzentrum Virtuelle Realität und Kooperatives Engineering w. V. – Virtual Dimension Center (VDC)