

A photograph of an industrial manufacturing environment. A large yellow robotic arm is positioned over a white car chassis. The car's hood is open, revealing the engine and various mechanical components. The background shows a factory setting with metal structures and other equipment.

Mensch-Roboter-Kollaboration in der industriellen Anwendung

Beispiele und Erfahrungen aus der Montagetechnik

30.03.2017 | Dr. E. Wellbrock
thyssenkrupp | Industrial Solutions | System Engineering

engineering.tomorrow.together.



thyssenkrupp

Agenda

- 1 Vorstellung thyssenkrupp System Engineering
- 2 Anforderungen und Erwartungen der Endanwender an die MRK
- 3 Erfahrungen beim der Kraft-/Leistungsbegrenzung
- 4 Anwendungsbeispiele mit LBR in der MRK
- 5 Anwendungsbeispiele mit Industrierobotern in der MRK
- 6 Fazit



thyssenkrupp – Business Areas

Kennzahlen – Geschäftsjahr 2015/2016 [€ Mio]

Components
Technology



Elevator
Technology



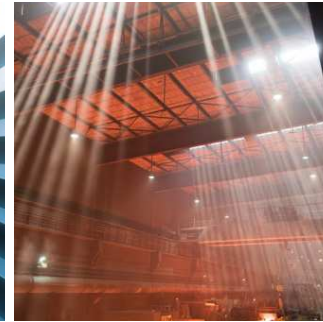
Industrial
Solutions



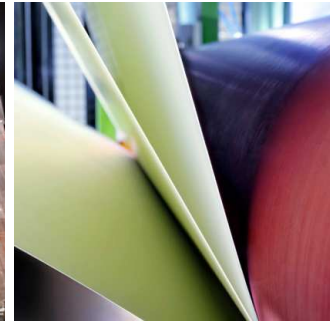
Materials
Services



Steel
Americas



Steel
Europe



	Components Technology	Elevator Technology	Industrial Solutions	Materials Services	Steel Americas	Steel Europe
Umsatz ¹	6,807	7,468	5,744	11,886	7,633	1,489
EBIT ²	335	860	335	128	315	-33
Mitarbeiter	30,751	51,426	19,602	19,754	27,559	3,847

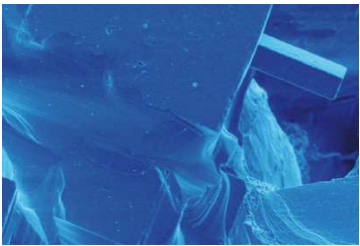
thyssenkrupp AG Umsatz: 39,263 | EBIT adj.: 1,469 | Mitarbeiter: 156,487

1. Vor Konsolidierung | 2. Vor Corporate



thyssenkrupp - Business Units

Electrolysis & Polymers Technologies



Fertilizer & Syngas Technologies



Industrial Specialties



Cement Technologies



Mining Technologies



Service



System Engineering



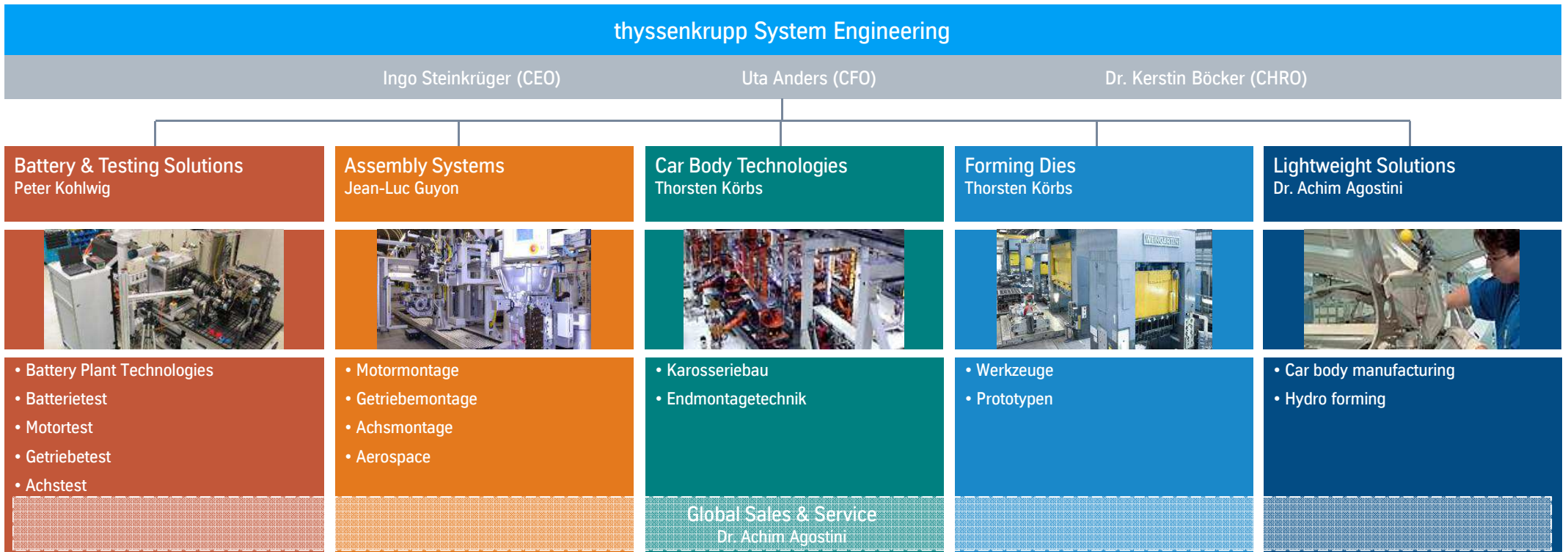
Marine Systems



Network of Excellence



thyssenkrupp System Engineering - Organisation



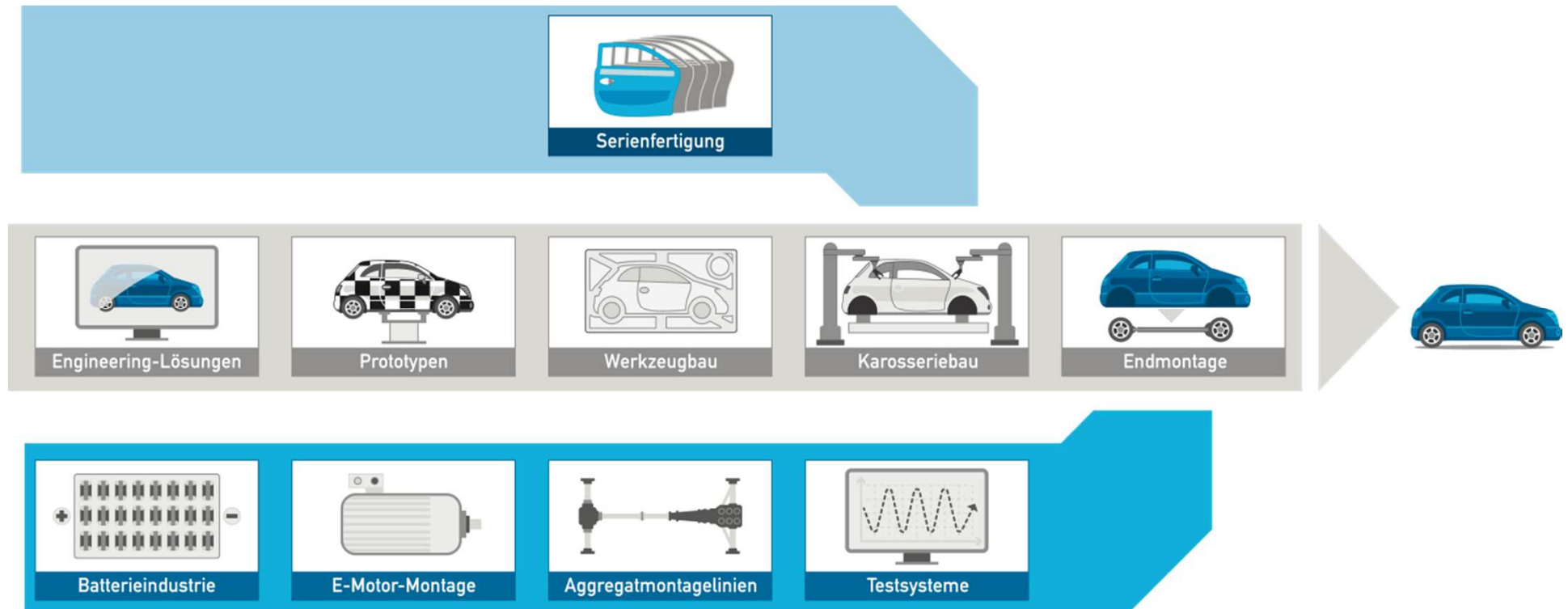
3 Kontinente, 10 Länder, 4.300 Mitarbeiter, 1.000 [€ Mio] Umsatz

Geschäftsjahr 2015/2016



thyssenkrupp System Engineering

Wertschöpfungskette für die Automobilindustrie



Produktspektrum Standort Bremen



Anforderungen und Erwartungen der Endanwender an die MRK



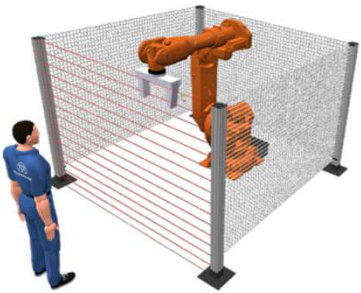
Was ist MRK?

Zusammenarbeit von Menschen
und Robotern an einem Bauteil
ohne zeitliche und räumliche Trennung



Grundlagen der MRK

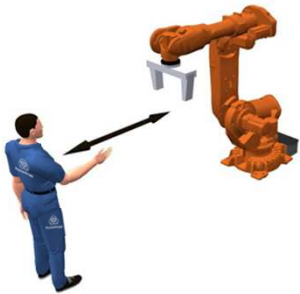
Sicherheitsgerichteter, überwachter Stillstand



Handführung



Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung



Leistungs- und Kraftbegrenzung



	Mensch	Roboter
Vorteile 	Geschicklichkeit	Tragfähigkeit
	Entscheidungsfähigkeit	Wiederholgenauigkeit
	Flexibilität	Geringe Ausfallrate
	Großer Bewegungsraum	Dauerbetrieb
Nachteile 	Begrenzte Kraft	Keine Sinne
	Bewegungsfähigkeit	Programmgeführt
	Ermüdung	Gefahr
	Subjektivität	Keine Fehlertoleranz

Das Ziel der MRK ist die Verknüpfung der Vorteile von Mensch und Roboter bei der Umsetzung von neuen Montageoperationen.

Source: EN ISO 10218-1/2:2011 / ISO/TS 15066



Kundenforderungen



Unsere Kunden wünschen:

- Kostenreduzierung
- Flexibilität in Volumen und Varianten
- Verkürzung der Zykluszeit
- Verbesserte Qualität
- Verbesserte Ergonomie
- Innovative Prozesse mit Robotern
- Einsparung eines Werkers



Fehlgerichtete Erwartungen an die MRK



Die Erwartungen an die MRK sind teilweise zu hoch

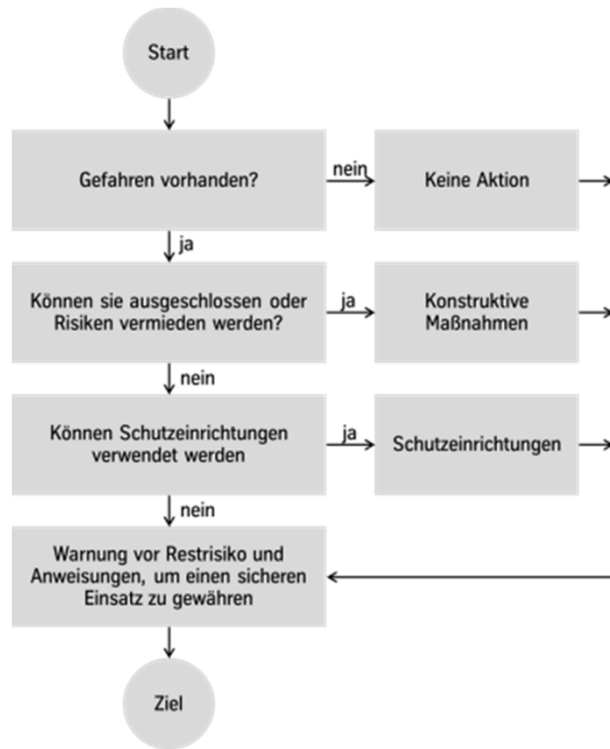
- MRK spart immer Kosten
- Die MRK-Station ist immer kleiner und passt überall rein
- Der Roboter ist sicher, also ist auch die Station sicher
- Nur Leichtbauroboter können für die MRK genutzt werden



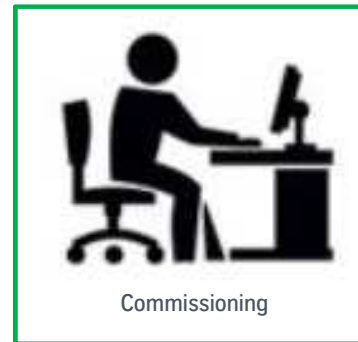
Erfahrungen bei Anwendung der Kraft-/Leistungsbegrenzung



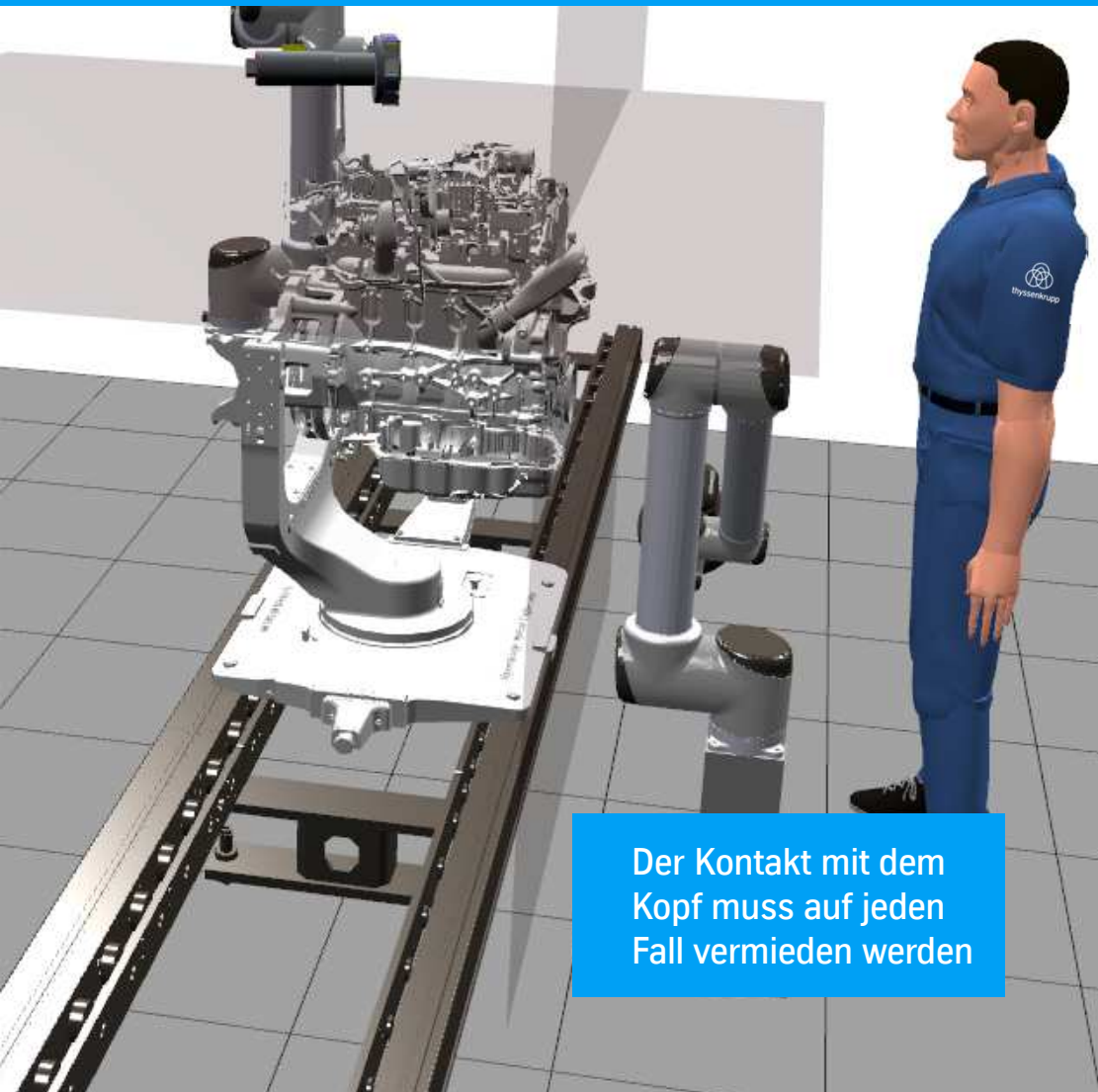
Am Anfang steht die Risikobewertung



Die Risikobewertung muss für jede Anwendung differenziert durchgeführt werden.



Sinnvolle Begrenzung der Roboterbewegung



- Begrenzung der Geschwindigkeit
- Begrenzung der Kraft
- Achsbegrenzungen
- Definition von Arbeits- und Sicherheitsräumen/Ebenen
- Sinnvolle Positionierung des Roboters

Körperregion	Dämpfungsmaterial K1 [Shore A]	Feder K2 [N/mm]
Schädel und Stirn	70	150
Gesicht		75
Hand und Finger		75
Nacken		50
Unterarm und Handgelenk		40
Brust	30	25
Becken		25
Unterschenkel		60
Oberschenkel und Knie		50
Rücken und Schultern		35
Oberarm und Ellenbogen	10	30
Bauch		10

Tabelle 1: Dämpfungsmaterial und Federkonstanten für Messanordnung nach Bild 7

Quelle: DGUV-Information FB HM-080, Fachbereich Holz und Metall



Durchführung von Messung der Kontaktkräfte und Drücke

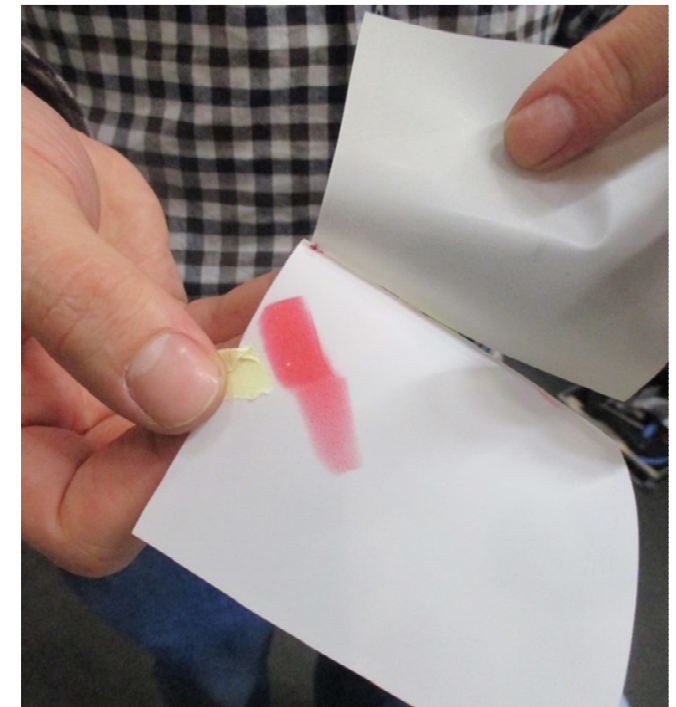
Halterung des Kraftmessgerätes



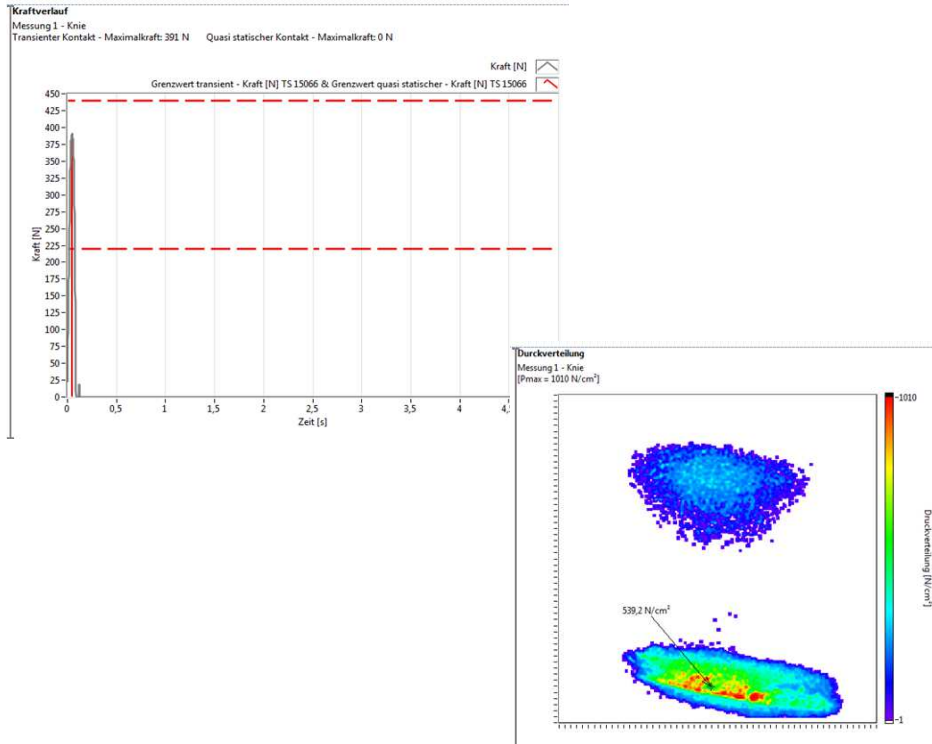
Messung der Temperatur und Feuchte



Folie mit Druckverlauf



Auswertung und Dokumentation der Kontaktkräfte und Drücke



thyssenkrupp System Engineering

Kraft- und Druckmessungen bei MRK-Stationen nach ISO TS 15066 (WP9.35)
Force and pressure measurement at stations with HRC acc. to ISO TS 15066 (WP9.35)

Kunde: Ford Dagenham **Kostenträger:** K.05637.380
Customer: *Cost unit:*

Stationsbezeichnung
Station description: A EOL Vision Check (AE.2030.1)

Kraftmessgerät: KDMG 500 **Typ:** Fa. GTE; KDMG 500-75; S.N. 5440825;
Force meter: *Type:*

Druckmessfolien: LLW **Typ:** Fa. Fujifilm prescale; LLW-super low
Pressure film: *Type:*

Flachbettscanner: Epson **Typ:** Epson Perfection V370 Photo; S.N. RZCW103331
Scanner: *Type:*

Film des Bewegungsablaufs / Dauer
Film while moving around / duration: Video Bewegungsablauf MP4 / 48s

Messpunkt	Zeitpunkt im Film	Körperregion	Ergebnis 1	Ergebnis 2
Measuring point	Time in the film	Exposed body area	Quasi static contact	Transient contact
1	30s	27 / Knie Scheibe 27 / kneecap	n/a	OK
2	34s	27 / Knie Scheibe 27 / kneecap	n/a	OK
3	39s	10 / Brustbein 10 / sternum	n/a	OK

Name: F. Seegers **Datum:** 01.10.2016 **Unterschrift:** *Fabian Seeger*
Date: *Signature:*

Qualitätsprotokoll Dokumentationsprotokoll nach dem Scanner Aufbewahrungsdauer: 10 Jahre
Quality protocol *Documentation after scanning* *Documentation to be kept for: 10 years*

F:\Boxx / Issue: 01.09.2016 / Page 1

thyssenkrupp System Engineering

Kraft- und Druckmessungen bei MRK-Stationen nach ISO TS 15066 (WP9.35)
Force and pressure measurement at stations with HRC acc. to ISO TS 15066 (WP9.35)

Kunde: Ford Dagenham **Kostenträger:** K.05637.380
Customer: *Cost unit:*

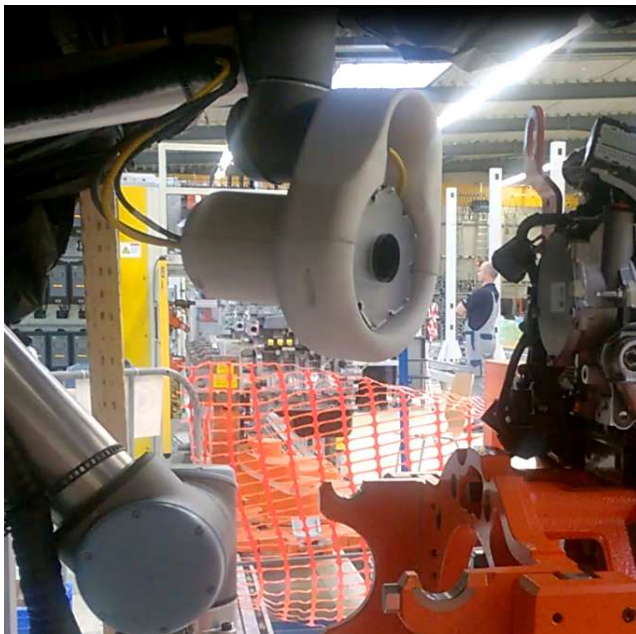
Messpunkt	Körperregion	Messwert	Grenzwert	Messwert	Grenzwert
Measuring point	Exposed body area	Pressure (N/cm²)	Limit (Pressure (N/cm²))	Force (N)	Limit Force (N)
1a	27 / Knie Scheibe 27 / kneecap	378,7		391	
1b		361,6		402	
1c		385,1	440	401	440
1	Mittelwert average	276,5		398	
2a	27 / Knie Scheibe 27 / kneecap	339,1		210	
2b		302,9		212	

Die Auswertung erfordert Erfahrung. Die Dokumentation erfolgt in einem speziellen Protokoll.

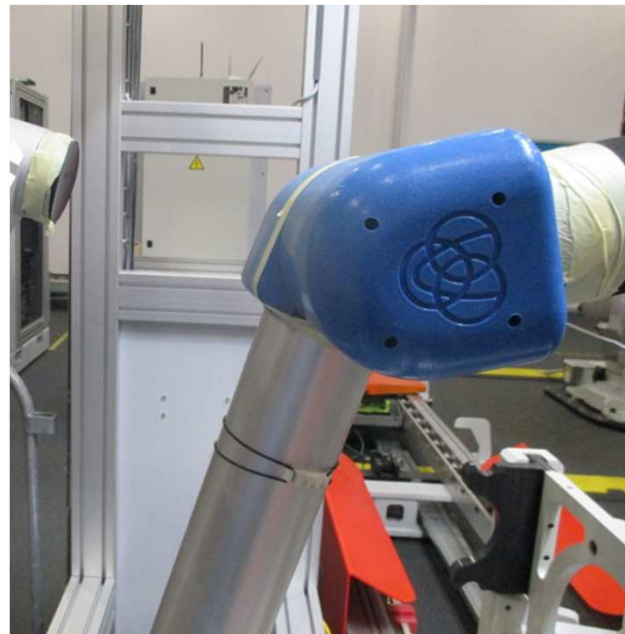


Schutzhaut am Roboter/Werkzeug

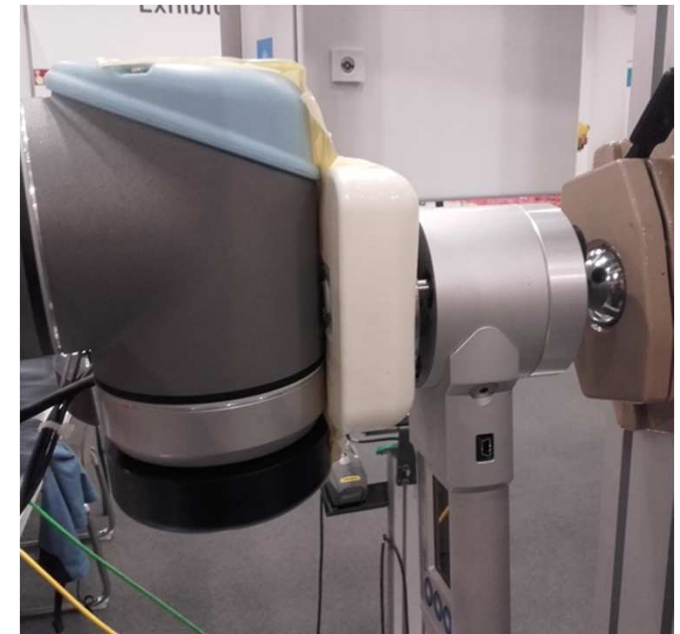
Kamera mit Schutzhaube



Robotergelenk mit Schutzhaube



Testaufbau mit aktiver Schutzhülle



Die passive Schutzhaube reduziert die maximalen Druckwerte. Die Reaktionszeit lässt sich mit einer aktiven Schutzhülle verkürzen.



Vorhersehbare Situationen



- Manuelles Eingreifen in den Arbeitsbereich, bewusst und unbewusst, z.B. reflexartig
- Beobachtung des Arbeitsprozesse, z.B. durch Hinneinbeugen oder Herüberbeugen
- Auffinden und Eingreifen bei Störungen
- Aufheben herabfallender Teile
- Anstoßen der Roboterarme an den Körper
- Anstoßen des Werkzeugs und des Werkstücks an den Körper

„Aufheben herabfallender Teile“ erschwert die Konzeption der Anwendung erheblich und sollte nicht in der Norm berücksichtigt werden



Warnung oder Hinweis?

- Es wird vor einem Restrisiko gewarnt
- Anweisungen sollen einen sicheren Einsatz gewähren



Warnung oder Hinweis?

- Es wird vor einem Restrisiko gewarnt
- Anweisungen sollen einen sicheren Einsatz gewähren



Anwendungsbeispiele mit Leichtbauroboter in der MRK



Anwendungsbeispiele mit Leichtbaurobotern

Entfernen von überschüssigem Dichtmittel



Übersetzen von Nockenwellen

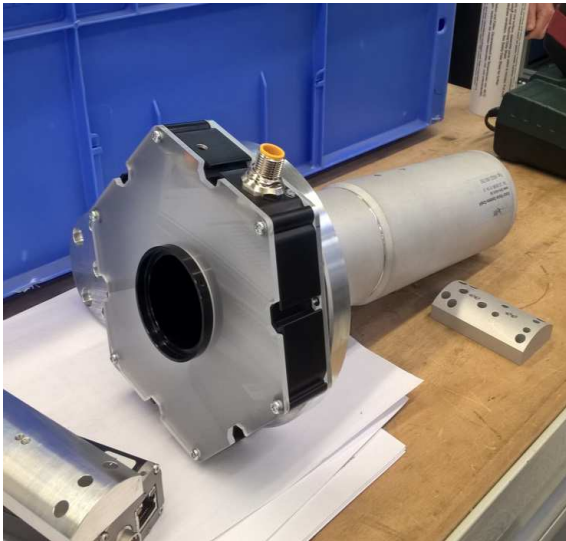


Positionierung von Turboladern

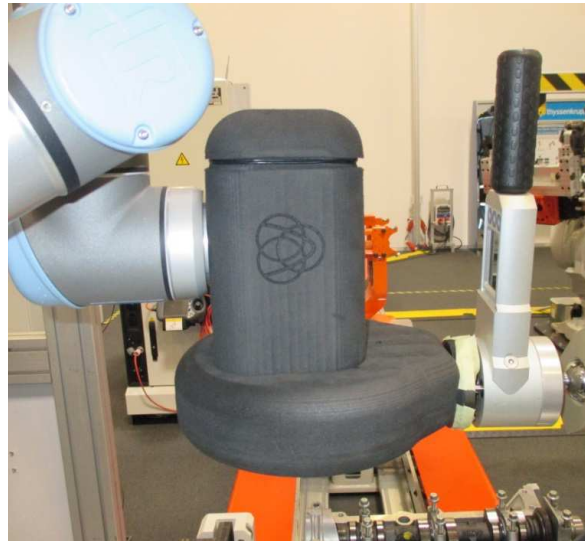


Absicherung Kamera mit Schutzhaube

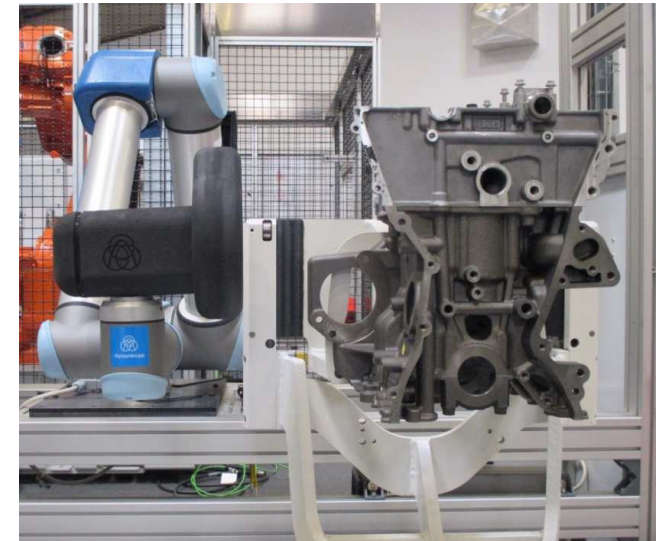
Kamera mit Beleuchtung



Messung Druckverläufe bei Kontakt

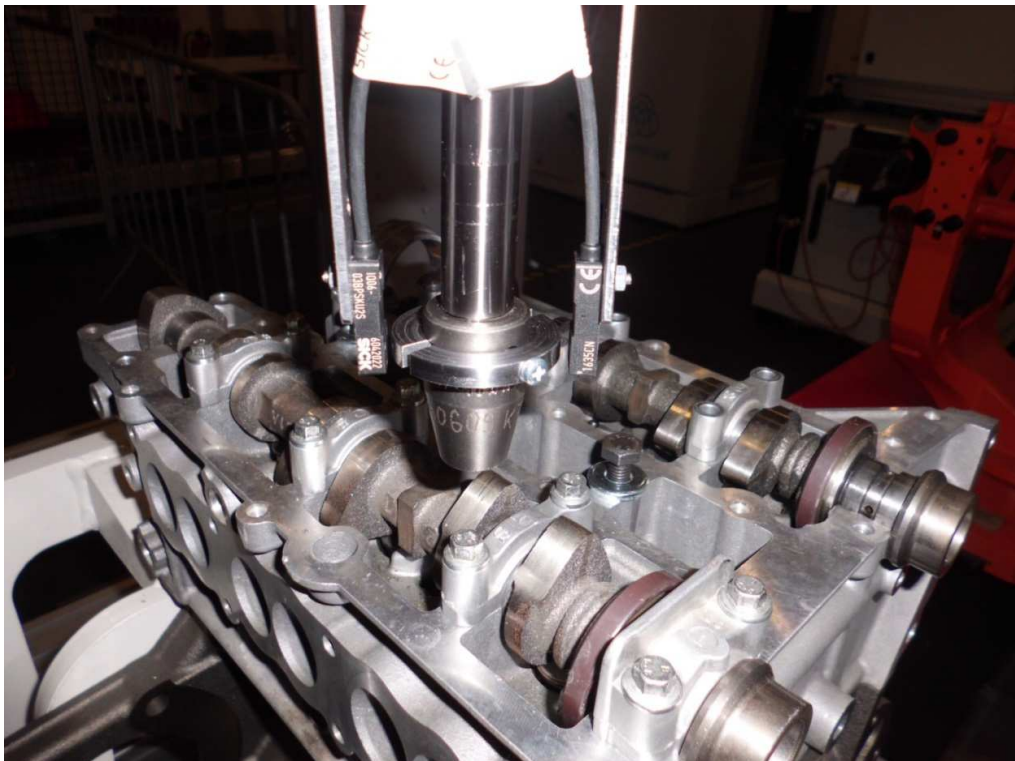


Überprüfung von Anbaukomponenten

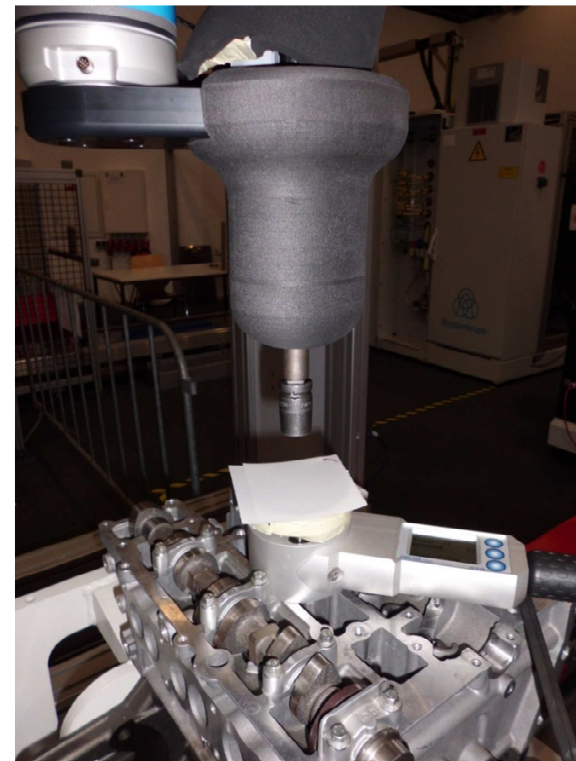


Absicherung Schrauber mit Schutzhaube und Lichttaster

Sensor zur Abfrage des Federweges des Steckschlüssels

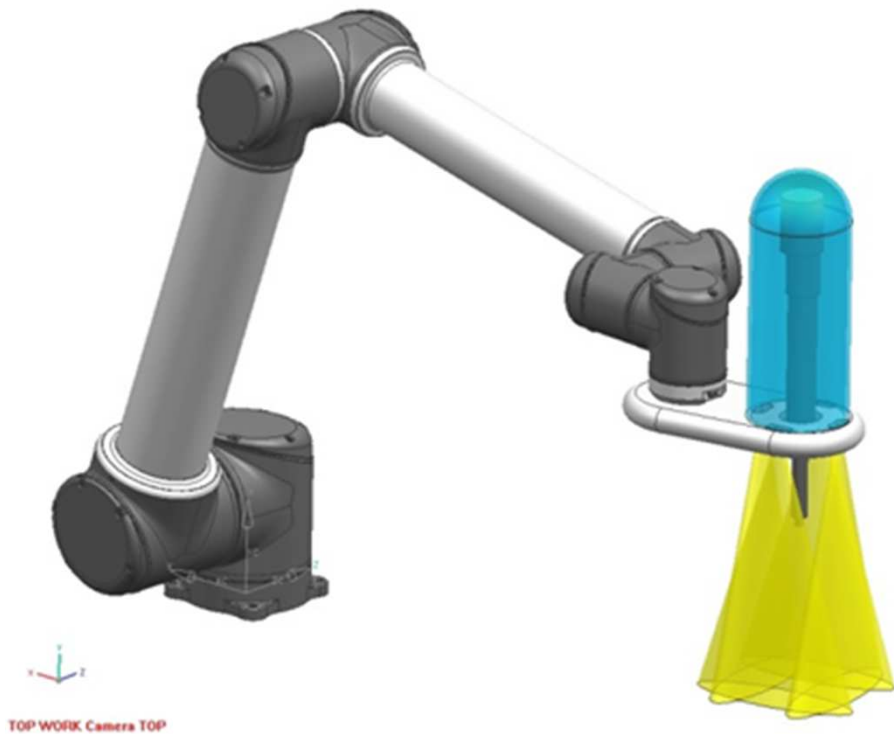


Messung der Druckverläufe bei Kontakt

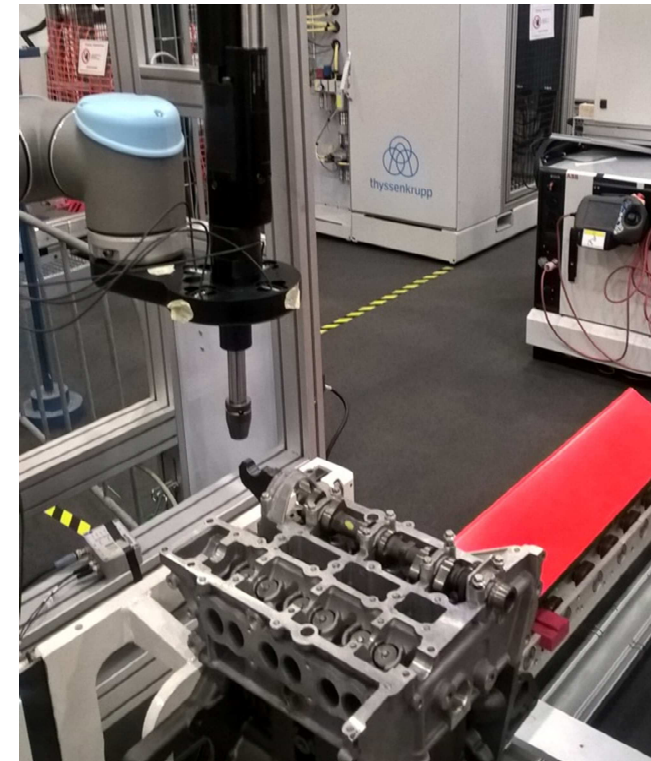


Absicherung Schrauber mit Ultraschallsensoren

Schematisches Bild mit Schallkeule

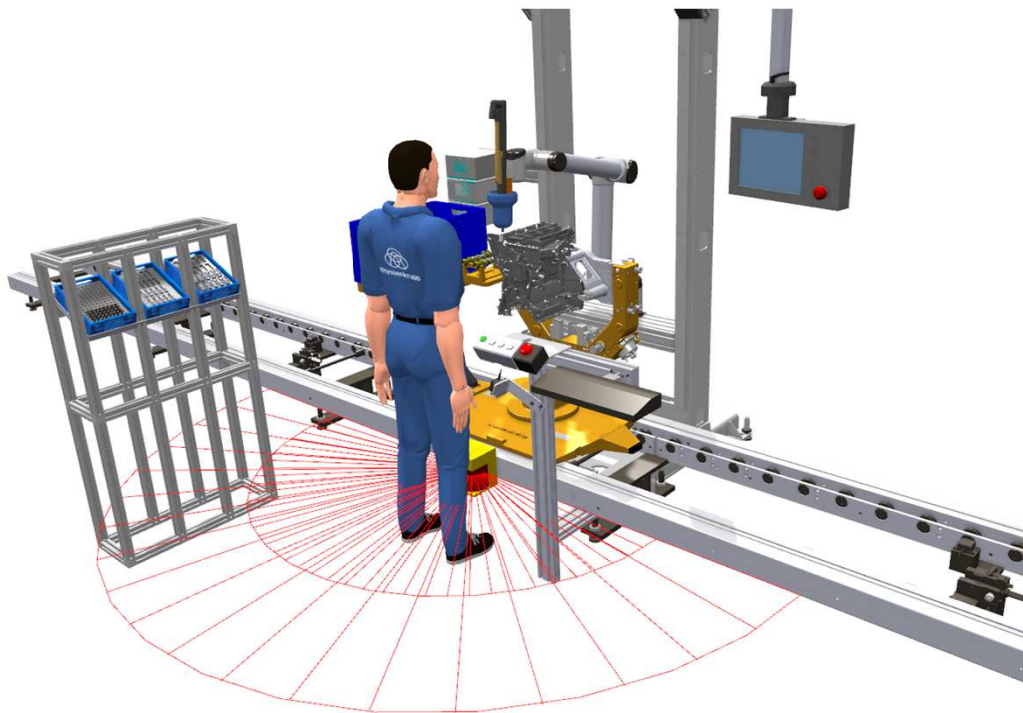


Ultraschallsensor an der Schrauberkonsole



Absicherung mit Laserscannern

Absicherung des Arbeitsbereiches mit Laserscannern



Scanner regelt Geschwindigkeit des Roboters



Anwendungsbeispiele mit Industrierobotern in der MRK





Kraft für Fügeprozesse wird dynamisch gesteuert

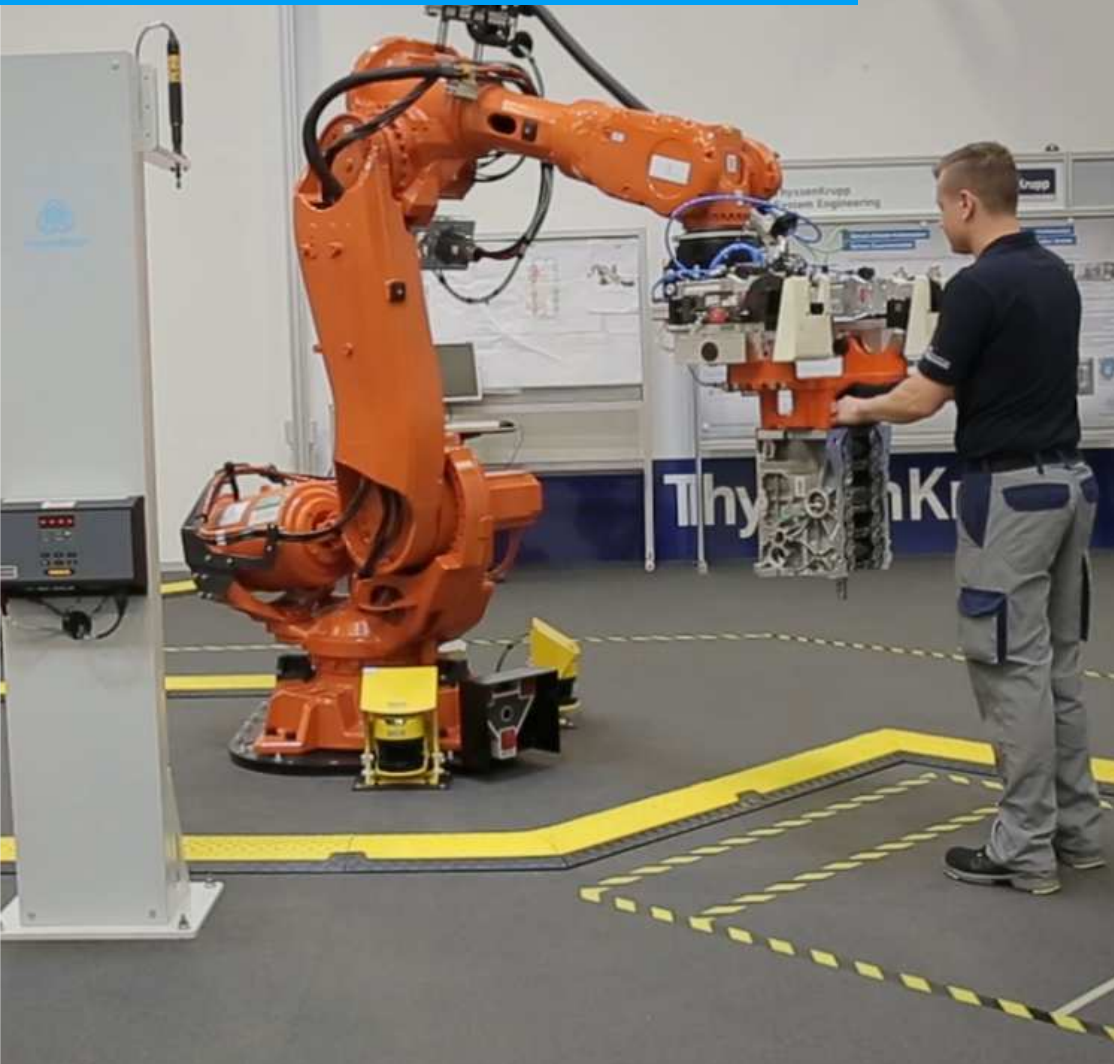
- Fanuc CR35iA mit passiver Schutzhülle
- MRK-Greifer für Faltenbalg



Faltenbalgmontage mit Fanuc CR35iA



Montage ROSR mit ABB IRB6700



Roboter präsentiert Motorblock in ergonomisch günstiger Position.

- Teure Sensorik wird vermieden
- Absicherung durch Laserscanner und Ultraschallsensoren
- Dynamische Schutzfeldumschaltung





Hinterachsmontage mit Fanuc M700iA

Dynamische Schutzfeldumschaltung und sicher-überwachter Betriebs halt

- Laserscanner überwachen den Arbeitsraum
- Zwischen Warn- und Schutzfeld findet eine dynamische Umschaltung statt

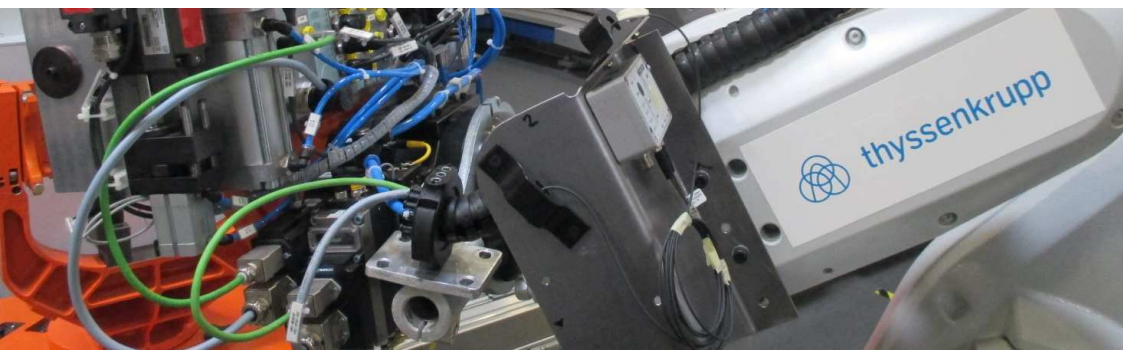




Dynamisches Schutzfeld durch mitfahrende Sensoren

- Mitfahrende Laserscanner erlauben einen maximalen Arbeitsraum für manuelle Tätigkeiten
- Die Absicherung ist auf den tatsächlichen Gefahrenbereich beschränkt
- Tätigkeiten können parallel ausgeführt werden





Forschung und Entwicklung

Reduzierung des Sicherheitsabstandes auf ca. 850 mm durch eine Kombination aus Laserscanner (Ferufeld) und Ultraschallsensoren (Nahfeld)

- Laserscanner
- Ultrasonic-Tracking
- Sensor-Trittmatte
- 3D Stereokamera
- Motion Capture Suit



Fazit



Fazit

MRK mit Kraft-/Leistungsbegrenzung

- Begrenzt durch geringe Nutzlast
- Begrenzt durch kleinen Arbeitsraum
- Begrenzt durch geringe Geschwindigkeit
- Probleme mit scharfen Kanten am Werkzeug bzw. Bauteil
- Nachzuweisen, dass maximal zulässigen Kraft/Druck eingehalten sind, ist sehr aufwändig
- Die Kollision von Roboter und Mensch kann nicht vermieden werden
- Es ist keine zusätzliche Sensorik zur Absicherung erforderlich

MRK mit Geschwindigkeits-/Abstandsüberwachung

- Keine Begrenzung durch Nutzlast
- Große Arbeitsräume möglich
- Geschwindigkeit in Abhängigkeit vom Abstand des Werkers
- Bodenscanner erfordern großen Mindestabstand
- Dynamische Schutzfeldumschaltung erforderlich aber aufwändig
- Kamera ist empfindlich gegenüber Fremdlicht und Reflektion. Sie unterscheidet nicht zwischen Werker und Roboter
- In jedem Fall ist eine sichere Sensorik erforderlich



Status Umsetzung MRK



- 78 Einsatzfälle für MRK
- 38 Kunden mit (konkreten) Anfragen
- 37 offene Angebote mit MRK
- 4 MRK Stationen ausgeliefert
- 3 MRK Stationen im Aufbau
- 6 MRK Aufträge in Konstruktion



Fragen

