

LEICHTBAUROBOTER IN DER MANUELLEN MONTAGE – EINFACH EINFACH ANFANGEN

ERSTE ERFAHRUNGEN VON ANWENDERUNTERNEHMEN



WILHELM BAUER (HRSG.) | MANFRED BENDER | MARTIN BRAUN | PETER RALLY | OLIVER SCHOLTZ

LEICHTBAUROBOTER IN DER MANUELLEN MONTAGE – EINFACH EINFACH ANFANGEN

ERSTE ERFAHRUNGEN VON ANWENDERUNTERNEHMEN

VORWORT

In den Medien ist das Thema Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) ein Dauerbrenner. Wenn wir dagegen in deutschen Montagebetrieben in die Serienmontage blicken, sehen wir fast ausschließlich Roboter hinter Zäunen, strikt von den Menschen getrennt – eine Ausnahme bilden einzelne Werke der Automobilbranche. Auch Roboterhersteller und -händler sowie die Systemintegratoren berichten uns noch nicht von umfassenden schutzzaunlosen Roboterinstallationen in der Montage.

In Montagehallen deutscher kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) waren Roboter bisher nicht allzu häufig anzutreffen, da die kleinen Lose bei großer Variantenzahl die Automatisierung verteuern und sich keine angemessenen Amortisationszeiträume ergeben. Mit den sogenannten Leichtbaurobotern (LBR) kann sich das in Zukunft ändern: Denn die neuen, für den schutzzaunlosen Betrieb geeigneten Leichtbauroboter heben diese Einschränkungen teilweise auf und können zu günstigen Preisen angeboten werden.

In der Arbeitsgestaltung eröffnet diese neue Technologie völlig neue Möglichkeiten. Sie können Arbeitsinhalte ergonomisch unterstützen; darüber hinaus kann Arbeit völlig neu organisiert werden und vielfältige neue Aufgaben stehen zur Verfügung. Viele Unternehmen – auch KMU – sehen diese Potenziale und interessieren sich für die Erfahrungen der ersten Anwender. Daher haben wir in einer Kurzstudie mit 25 Anwendungsfällen die wichtigsten Ausprägungen und Rahmenbedingungen untersucht. Ihnen als Leser wollen wir damit einen Überblick geben, was heute bereits möglich ist – damit Sie selbst einschätzen können, wo Sie vielleicht schon anfangen können.

Und hier noch ein guter Tipp:

»Einfach anfangen«



Ihr
Wilhelm Bauer



INHALT

Vorwort	3
1 Überblick	6
1.1 Kurzinfo zur Studie	6
1.2 Mensch-Roboter-Kooperation: Ein Hype mit großen Erwartungen	6
1.3 Es funktioniert!	7
1.4 Was ist kooperative / kollaborative Montage?	8
1.5 Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick	9
1.6 Erstes Fazit: Trotz Hemmnissen – Einfach einfach anfangen	10
2 Ausgangssituation	12
2.1 Neue Automatisierungspotenziale durch Leichtbauroboter	12
2.2 Bedeutung für die manuelle Montage	12
2.3 Neues beim Einsatz von Leichtbaurobotern	13
2.4 Sicherheitsanforderungen beim kollaborativen Betrieb	14
3 LBR-Gestaltungsdimensionen	16
3.1 Wirtschaftlichkeit	16
3.2 Sicherheit	19
3.3 Ergonomie	22
3.4 Arbeitsinhaltebildung und Arbeitsorganisation	25
3.5 Akzeptanz	28
4 Unterstützungsangebote des Fraunhofer IAO	30
4.1 Quick-Check LBR-Potenzial	30
4.2 Arbeitskreise	31
5 Literaturverzeichnis	32
6 Anhang	34
6.1 A1: Übersicht über alle Anwendungsfälle	34
6.2 A2: Einzel-Anwendungsfall-Charakterisierung	40

1 ÜBERBLICK

1.1 KURZINFO ZUR STUDIE

Nach dem großen Medieninteresse und den vielen Beiträgen in Zeitungen, Zeitschriften und auf Fachveranstaltungen wollten wir wissen, wie der Stand der schutzzaunlosen Roboter-Technologie in der Industrie in Deutschland ist. Ziel der Studie war in den Betrieben, die Leichtbauroboter bereits im Produktionseinsatz haben, die gemachten Erfahrungen bezüglich Einführungsprozess, Mitarbeiterakzeptanz und Wirtschaftlichkeit zu ermitteln. Nach einer Recherche bei unseren Industriepartnern und in Veröffentlichungen zu schutzzaunlosem Robotereinsatz in Deutschland wurden aus ca. 50 genannten und beschriebenen Applikationen 25 für die weitere Untersuchung ausgewählt. Kriterien für die Auswahl waren:

- Die Applikation ist im Serieneinsatz oder kurz davor.
- Roboter, die bereits in mehreren Unternehmen im Einsatz sind.

So konnten 18 der Applikationen im persönlichen Gespräch und 7 aus Veröffentlichungen heraus dokumentiert werden. Eine Übersicht der wichtigsten Ergebnisse steht in Kapitel 1.5.

1.2 MENSCH-ROBOTER-KOOPERATION: EIN HYPE MIT GROSSEN ERWARTUNGEN

Die Messen der letzten Jahre (Hannover Messe, Motek u.a.) waren – und sind – stark vom Thema Mensch-Roboter-Kooperation (oder Mensch-Roboter-Kollaboration, abgekürzt: MRK) geprägt. Der Begriff MRK wird immer dort verwendet, wenn Roboter in der direkten Zusammenarbeit mit dem Menschen ohne Schutzzaun im Produktionsumfeld betrieben werden. Zeitungen und Zeitschriften berichten, zum Teil euphorisch, vom neuen Kollegen Roboter, der nun Hand in Hand mit dem Menschen arbeiten wird. Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt an Artikeln, die zur Hannover Messe 2015 erschienen sind. Bei einer Online-Umfrage auf www.produktion.de vom September 2014 gaben 86 Prozent der Umfrage-Teilnehmer an, in Leichtbauroboter investieren zu wollen (1).

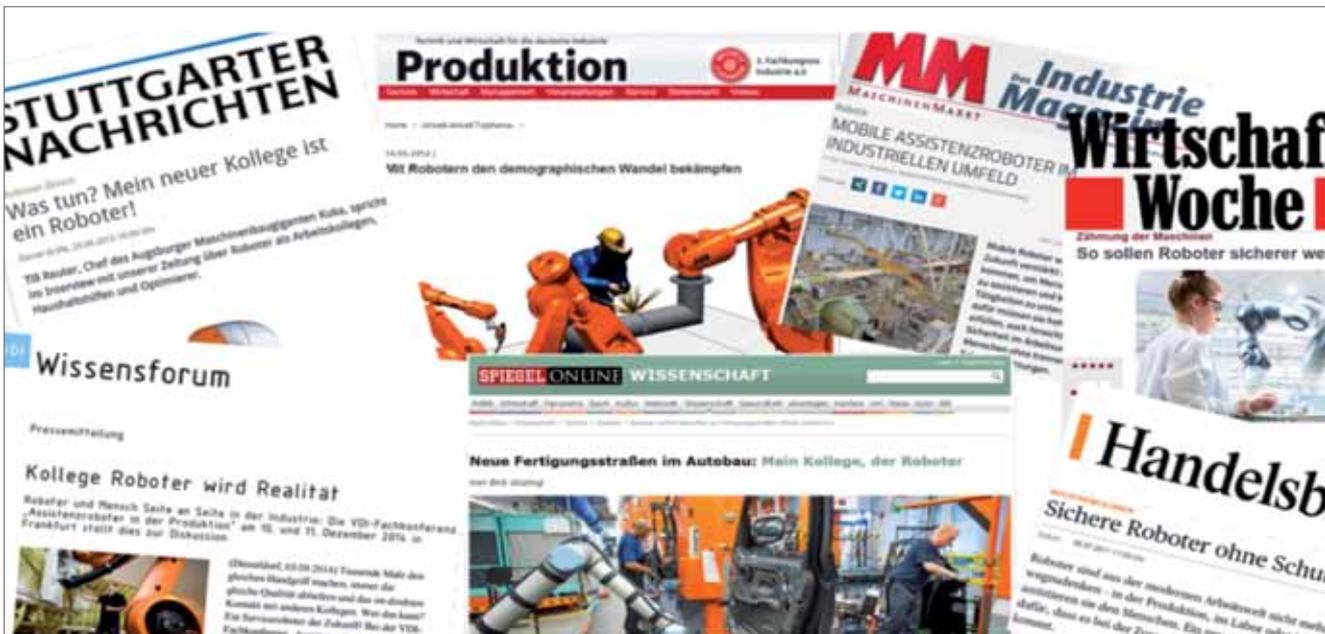


Abbildung 1:
 Presserummel zur Hannover-
 messe 2015

1.3 ES FUNKTIONIERT!

Eine wichtige Aussage, die auch in allen persönlichen Gesprächen bestätigt wurde, ist: die neue Technologie funktioniert! Es gab noch vielfältige Hinweise und Anmerkungen zu Problemen bei der Programmierung oder Unsicherheiten bei der Umsetzung von Vorschriften und Normen zur Arbeitssicherheit. Weitere Unsicherheiten bestehen im Planungsvorgehen, bei der Auswahl des Einsatzfalles und der Gestaltung der Schnittstelle zwischen Mensch und Roboter. Die neue Technologie als solche wurde aber nie in Frage gestellt. Alle Interviewpartner gingen davon aus, dass man mit Folgeprojekten weitermachen wird und sich gerade auf einer Lernkurve befindet. Die häufigsten Aussagen bei den persönlichen Gesprächen waren:

- Wir haben viel gelernt.
- Am Ende war es schwieriger als am Anfang gedacht.
- Das nächste Projekt werden wir anders angehen.

1.4 WAS IST KOOPERATIVE / KOLLABORATIVE MONTAGE?

Im Allgemeinen wird der Begriff Mensch-Roboter-Kooperation für den schutzzaunlosen Roboterbetrieb verwendet. Wir haben in der Untersuchung die Interaktionen zwischen Mensch und Roboter in eine Klassifikation der Interaktionsarten unterschieden. Die Tätigkeiten von Werker und Roboter werden auf einem Arbeitsplatz zusammengeführt und die strikte Trennung zwischen manueller Arbeit des Werkers und automatisierter Arbeit des Roboters wird aufgehoben. Die Arbeitsbereiche von Roboter und Werker überlappen sich zu einem gemeinsamen Arbeitsraum (Abbildung 2).

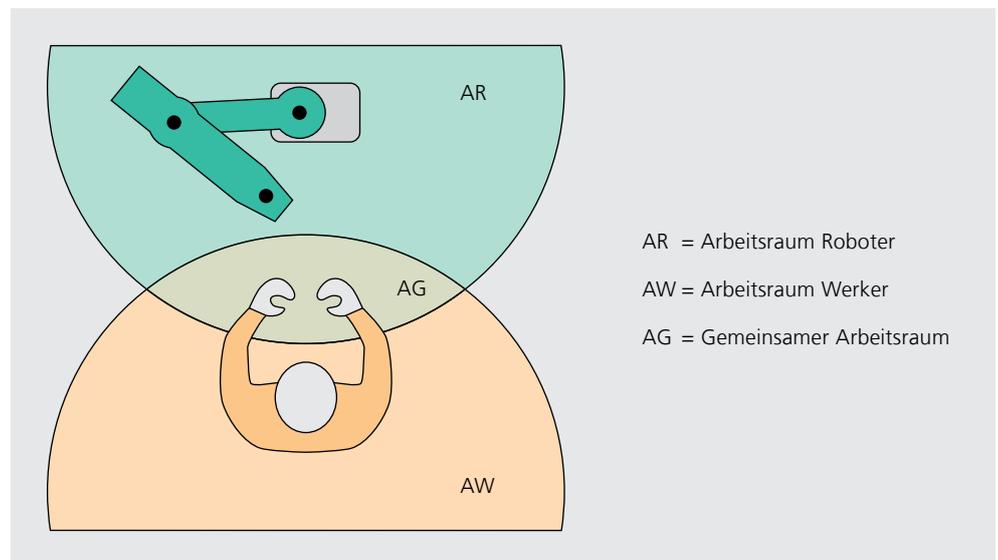


Abbildung 2:
Arbeitsräume von Werker
und Roboter (2)

Auf dieser Basis haben wir folgende, in Abbildung 3 dargestellte, Interaktionen für den Arbeitsraum festgelegt, wobei immer die vorgesehene Arbeitsaufgabe zugrunde gelegt wurde:

- Zelle. Kein echtes Kooperationsszenario, da klassischer Schutzzaunbetrieb.
- Koexistenz. Mensch und schutzzaunloser Roboter arbeiten nebeneinander, haben aber keinen gemeinsamen Arbeitsraum.
- Synchronisiert. Der Arbeitsablauf ist so gestaltet, dass Mensch und Roboter zwar einen gemeinsamen Arbeitsraum haben, aber der vorgesehene Ablauf immer nur einen Interaktionspartner im Arbeitsraum vorsieht.
- Kooperation. Beide Interaktionspartner können gleichzeitig im (gemeinsamen) Arbeitsraum Aufgaben haben, arbeiten aber nicht gleichzeitig am selben Produkt oder Bauteil.
- Kollaboration. Gemeinsame Arbeitsaufgabe gleichzeitig am selben Produkt oder Bauteil.

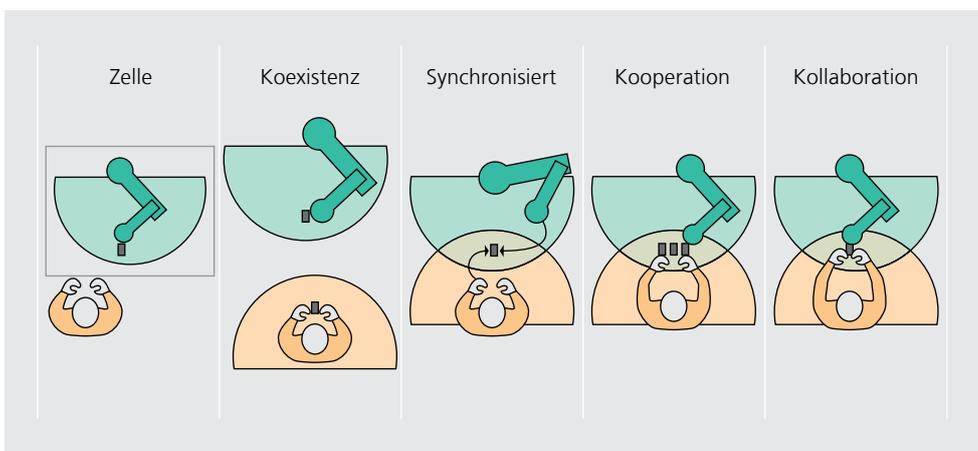


Abbildung 3:
Definition der Zusammen-
arbeitsgrade von Mensch und
Roboter

1.5 DIE WICHTIGSTEN ERGEBNISSE IM ÜBERBLICK

Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse – sofern nicht schon oben beschrieben – in kurzen Aussagen zusammengefasst:

- Im Sinne des vorherigen Kapitels gibt es bisher kaum kollaborative MRK-Anwendungsfälle in laufender Produktion.
- Überwiegend arbeiten Werker und Roboter in Koexistenz nebeneinander, dabei arbeitet die neue Technologie sehr zuverlässig.
- Wichtigstes Ziel beim Robotereinsatz ist die Wirtschaftlichkeit. Zudem werden weitere Ziele, wie ergonomische Verbesserungen oder Erprobung einer innovativen Technologie verfolgt (siehe Applikationsgründe):
 - Typische Ergonomieverbesserungen sind Vermeidung von Überkopf-Arbeit oder Reduzierung von Monotonie.
 - Bei Ergonomieverbesserungen werden durchaus längere Amortisationsdauern akzeptiert.
- Aufgrund dieser Nebenziele sind die Amortisationszeiten von MRK-Systemen länger als bei »klassischen Automatisierungen«. Höhere Kosten fallen, zumindest bei den ersten Projekten, bei der Lösung der Sicherheitsfragen und der Zertifizierung bzw. der CE-Konformitätserklärung an.
- Der Aufwand für den schutzzaunlosen Einsatz ist deutlich höher als am Anfang der Planung erwartet.
- Für den schutzzaunlosen Betrieb wurden neue Normen und Richtlinien geschaffen, mit denen noch wenig Erfahrungen vorliegen und welche die Unternehmen verunsichern.
 - Anwenderunternehmen müssen die Sicherheitsthemen bei kollaborativem Betrieb mit beherrschen, nicht nur der Systemintegrator.

- Die meisten Firmen benötigen weitere und neue Planungsunterstützung (Hilfsmittel, Tools, Beratung, ...) für den Einsatz schutzzaunloser Roboter in der Montage.
- Als Erfahrung wird ein Vorgehen als evolutionärer Prozess empfohlen: beginne einfach z. B. von koexistent zu kollaborativ.

In Richtung der im Montagesystem arbeitenden Menschen gibt es folgende Aussagen:

- Die Akzeptanz der neuen Technologie bei operativen Mitarbeitern und Anlagenbetreuern ist nur hoch, wenn diese in die Planung eingebunden werden sowie umfangreich informiert und geschult werden.
- Die Höherqualifizierung der operativen Mitarbeiter für neue Aufgaben rund um den Roboter eröffnet neue Chancen für neue Aufgabenprofile und neue Arbeitsorganisationen, die aktuell nicht genutzt werden (z. B. die Roboter-Programmierung durch Montagemitarbeiter). Höherqualifizierte Maschinenbetreuer oder Instandhalter übernehmen auch bei den Leichtbaurobotern die Roboterbetreuung.
- Eine Einbindung der Mitarbeiter in die Arbeitsplatzgestaltung, wie sie von anderen Arbeitssystemen her bekannt sind (z. B. Card-Board), findet aktuell nicht statt, wird aber zur Sicherstellung der Akzeptanz aus arbeitswissenschaftlicher Sicht empfohlen.

1.6 ERSTES FAZIT: TROTZ HEMMNISSEN – EINFACH EINFACH ANFANGEN

Die Technologie funktioniert und dennoch ist die Verbreitung nicht so, wie es der Hype in den Medien vermuten lässt. Wo liegen die Hemmnisse zur weiteren Verbreitung des schutzzaunlosen Robotereinsatzes? Hier einige Aussagen bzw. abgeleitete Thesen:

- Unsicherheit bei der Umsetzung der Normen. z.B.:
 - wo und wie müssen die Einhaltung der biomechanischen Grenzwerte gemessen werden? (ISO TS 15066).
 - was darf der Betreiber an der freigegebenen Anwendung noch ändern ohne gegen geltende Normen und Regeln zu verstoßen (Produkt, Kinematik, Umgebung)?
- Unsicherheit zur Wirtschaftlichkeit. Die angegebenen Leistungswerte gehen typischerweise von einem »Planbetrieb« aus. In der Realität kann es aber zu Annäherungen oder Kollisionen kommen, welche die Geschwindigkeit des Roboters reduzieren bzw. einen Stop auslösen, was die Produktivität senkt und im ungünstigen Fall Auswirkungen auf vor- und nachgelagerte Arbeitsplätze hat.
- Hohe Unsicherheit bei Unternehmensleitung und Betriebsrat über die Auswirkung dieser Technologie auf die Arbeitsplätze. Unterstützer des Menschen oder Jobkiller?

Bei einigen Anwendern wollten wir im Nachgang wissen, wie man denn mit dem jetzigen Wissen und den gemachten Erfahrungen ein Projekt zum schutzzaunlosen Robotereinsatz herangehen würde. Die Meinungen waren übereinstimmend in dem Szenario »wähle eine Applikation die funktionieren wird«. Realisiere also eine Applikation, die nicht zu komplex ist, die einfache Anforderungen an die Materialbereitstellung hat, keine spitzen oder scharfen Teile handeln muss und einen gesicherten (Montage-)Prozess beinhaltet.

Eventuell ist auch der Interaktionsfall »Koexistenz« der richtige Einstieg, um Mitarbeitern zu zeigen, dass man sich einem modernen, richtig implementierten Leichtbauroboter problemlos nähern und diesen sogar gefahrlos berühren kann.

Deshalb: Einfach einfach anfangen!

2 AUSGANGSSITUATION

2.1 NEUE AUTOMATISIERUNGSPOTENZIALE DURCH LEICHTBAUROBOTER

Die im internationalen Vergleich hohen Lohnkosten erzeugen auf die manuellen Montagesysteme in Deutschland einen immensen Kostendruck. Dennoch sind die meisten Montagearbeitsplätze in Deutschland noch manuell. Die Gründe hierfür sind hinlänglich bekannt, gerade bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sind dies zunehmende Varianten (bis hin zu kundenspezifischen Produkten), die meist erst in der Montage entstehen sowie kleiner werdende Losgrößen und kürzere Produktlebenszyklen. Eine Automatisierung ist bisher nicht wirtschaftlich, da die geringen Stückzahlen keine angemessenen Amortisationszeiträume ergeben bzw. die hohe Varianz in den Produkten die Automatisierung verteuert.

Sogenannte Leichtbauroboter (LBR) heben diese Einschränkungen teilweise auf. Sie wecken die Hoffnung, manuelle Montageaufgaben mit vertretbarem Aufwand technisch zu unterstützen, und damit Automatisierungspotenziale nutzbar zu machen, die bisher nicht zugänglich waren.

Diese Broschüre zeigt Ansätze und betriebliche Anwendungsfälle von Leichtbaurobotern in der Montage oder in montagenahen Bereichen auf. Dabei bezieht sich der Begriff Leichtbauroboter auf jene Roboter, die mit dem Werker schutzzaunlos zusammen arbeiten können, in den Dimensionen dem menschlichen Arm ähnlich sind und leicht bewegt werden können. Im Allgemeinen macht man den Begriff Leichtbauroboter an einem geringen Robotergewicht fest. Einige Roboter, z. B. der Bosch APAS oder der KUKA KR5 SI sind schwerere Roboter mit größerer Reichweite, die ebenfalls schutzzaunlos, d.h. kollaborativ, betrieben werden können. Daher wurden diese Roboter in die Studie mit aufgenommen.

2.2 BEDEUTUNG FÜR DIE MANUELLE MONTAGE

Der schutzzaunlose Betrieb von Robotern hat eine besondere Bedeutung für die manuelle Montage, da sich hierdurch völlig neue Möglichkeiten bei der Unterstützung des Menschen eröffnen, ohne dass gravierende Änderungen im Arbeitssystemlayout notwendig werden, wie dies bei einer Roboterzelle mit Schutzzaun der Fall wäre. Durch Einstiegspreise ab ca. 15.000

Euro (Roboterinvestition) können einfache Applikationen, die keine großen Investitionen in die Materialbereitstellung, in zusätzliche Sicherheitseinrichtungen oder in teure Endeffektoren erfordern, schnell wirtschaftlich umgesetzt werden.

Da Mensch und Roboter zusammenrücken, können neue Kooperationsszenarien zur Unterstützung des Menschen diskutiert werden, wie z.B.:

- Unterstützung des Menschen zur Verbesserung der Ergonomie, durch Übernahme einseitiger Aufgaben oder durch unterstützende Tätigkeiten.
- Unterstützung bei für den Menschen schwierigen Tätigkeiten, die eine hohe Präzision oder Wiederholgenauigkeit erfordern.
- Unterstützung bei stark überlasteten (übertakteten) Arbeitsplätzen durch Übernahme von Teiltätigkeiten.
- Unterstützung bei temporären oder dauerhaften Einschränkungen, wie nach Unfällen, Wiedereingliederung oder sonstigen Leistungseinschränkungen.

2.3 NEUES BEIM EINSATZ VON LEICHTBAUROBOTERN

Die wesentlichen Vorteile der neuen Leichtbauroboter sind die niedrigeren Einstandskosten und die geringere Massenträgheit, durch das geringe Eigengewicht. Letzteres hat schnell dazu geführt, dass man die neue Robotergeneration ortsflexibel bzw. sie auch mit einem fahrbaren Untersatz einsetzen will (3).

Möchte man eine Mensch-Roboter-Kollaboration aufbauen, greifen die bekannten Normen zur Automatisierung, vor allem die Normen EN ISO 10218 -1,-2, sowie die ISO/TS 15066 (4).

Alle Roboter der untersuchten Anwendungsfälle haben bereits Fähigkeiten, die den schutzlosen Betrieb prinzipiell zulassen. Da Roboter im Sinne der Maschinenrichtlinie eine unvollständige Maschine sind, kann ihr sicherer Einsatz erst an der endgültigen Applikation mit Werkstück, Werkzeug, Arbeitsumgebung usw. beurteilt werden. Je nach Applikation sind somit bei Bedarf zusätzliche Schutzmaßnahmen wie z. B. eine niedrigere Robotergeschwindigkeit notwendig.

Der Schwachpunkt der neuen Leichtbauroboter ist die geringere Traglast, die aber für viele Einsatzfälle ausreichend ist.

2.4 SICHERHEITSANFORDERUNGEN BEIM KOLLABORATIVEN BETRIEB

Hinsichtlich einer Sicherheitszertifizierung durch den Hersteller ist zu berücksichtigen, dass ein LBR keine CE-Kennzeichnung erhalten kann, sondern nur eine Einbauerklärung. Ohne zugehörige Applikation, Sensoren und Endeffektoren stellt ein LBR lediglich eine unvollständige Maschine dar. Erst wenn Einzelmaschinen und unvollständige Maschinen zu einer verketteten Anlage zusammengebaut werden, ist das Gesamtsystem einer Risikoanalyse (nach MaschRL 2006/42/EG) bzw. einer Gefährdungsbeurteilung (nach ArbSchG) zu unterziehen, um u. a. ein verbleibendes Kollisionsrisiko zu ermitteln.

Hierbei sind geltende sicherheitstechnische und medizinisch-biomechanische Anforderungen zu berücksichtigen, um mögliche Verletzungsrisiken auf einem niedrigen und akzeptablen Niveau zu halten. An der Kontaktfläche von Mensch und Maschine werden partielle dynamische Kollisionskräfte und -drücke übertragen. Sie bestimmen das Verletzungsrisiko. Entsprechende medizinisch-biomechanische Anforderungsgrenzwerte sind für die Verletzungskriterien »Kraft« (als Klemm-/Quetschkraft oder Stoßkraft) und »Druck/Flächenpressung« festgelegt (vgl. BGIA 2011 (12)). Unter ihrer Berücksichtigung bleiben die Beanspruchungen des Menschen durch mechanische Einwirkungen auf dem niedrigen Niveau (vgl. DIN EN ISO 10218, Teil 1 und 2).

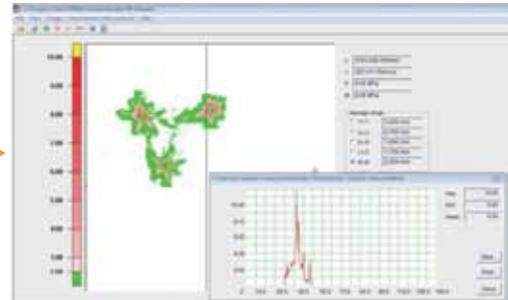
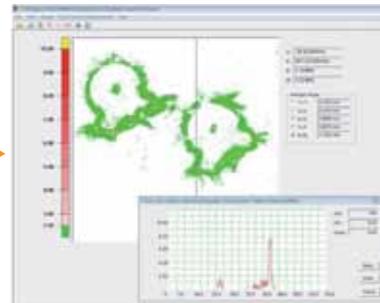
Für die Überprüfung der sicherheitstechnischen Anforderungsgrenzwerte im Rahmen einer Risikoanalyse liegen Messprinzipien und -verfahren vor. Mit ihnen lassen sich Geschwindigkeiten, Kräfte und Drücke der Applikation messen. Für Druckmessungen kommen häufig sog. drucksensitive Folien zum Einsatz. Für den Fall der Bohrmaschinenmontage in der Modellfabrik des Fraunhofer IAO zeigt Abbildung 4 beispielhaft zwei möglichen Quetscharten der menschlichen Hand zwischen Roboter und Werkstück (unten) bzw. zwischen Werkstück und Tischauflage (links oben). Im mittleren Teil des Bildes sind die Druckprofile im Kollisionsfall auf einer drucksensitiven Folie (MOS FUJI Druckmessfolie LW) dargestellt. Im rechten Bereich sind die Auswertungen mit der Auswertungssoftware (FDP-8010Win), die roten Bereiche im rechten Teil sind als kritisch anzusehen.

Kollisionsfall

Druckmessungen*

Messergebnis

Auswertungssoftware**



*MOS FUJI Druckmessfolie LW

**Software: FPD8010Win

Abbildung 4:
Druckmessungen im
Kollisionsfall bei der Bohr-
maschinenmontage

3 LBR-GESTALTUNGS-DIMENSIONEN

Wenn Mensch und Roboter kollaborativ zusammenarbeiten sollen, sind eine Reihe von Gestaltungshinweisen zu berücksichtigen, um akzeptierte und erfolgreiche Lösungen zu erhalten. Diese lassen sich in die fünf Gestaltungsdimensionen

- Wirtschaftlichkeit,
 - Sicherheit,
 - Ergonomie,
 - Arbeitsinhaltebildung und Arbeitsorganisation sowie
 - Akzeptanz
- gliedern.

3.1 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Ergebnisse der Befragung

Die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit wurde als häufigster Grund für die Applikationsauswahl genannt (siehe Abbildung 5) und es gibt bereits einige wirtschaftliche Anwendungen. Dies ist für diese frühe Phase der Technologieeinführung bzw. dieser jungen Technologie bemerkenswert.

Dennoch gelten in den meisten Anwendungsfällen »andere Regeln« für die Wirtschaftlichkeit als bei herkömmlichen Automatisierungen. Geforderte Amortisationszeiten für Investitionen in herkömmliche Automatisierung schwanken je nach Unternehmen und Branche sehr stark. Bei Automobil- und Elektronikherstellern liegen diese oft nur bei Werten von bis zu einem Jahr (5). Bei der Mensch-Roboter-Kooperation machen die meisten Unternehmen hier Ausnahmen. Die normale Amortisationszeit wird »verlängert«. Dies ist auch dann noch erforderlich, wenn man die Aufwände zum »Erforschen« bzw. Kennenlernen und Erproben der neuen Technologie, ausblendet. Nicht monetär bewertbare Gründe für den Einsatz waren bei fast jeder Anwendung vorhanden. Die wichtigsten sind:

- Verbesserung der Ergonomie – Entlastung der Mitarbeiter, sowohl bei physischen als auch bei psychischen Belastungen (Monotonie)
- Verbesserung der Qualität – Kundenanforderungen (z. B. saubere Verklebungen, empfindliche Oberflächen oder Sicherheit des Prozesses)
- Erhöhung der Stückzahlflexibilität

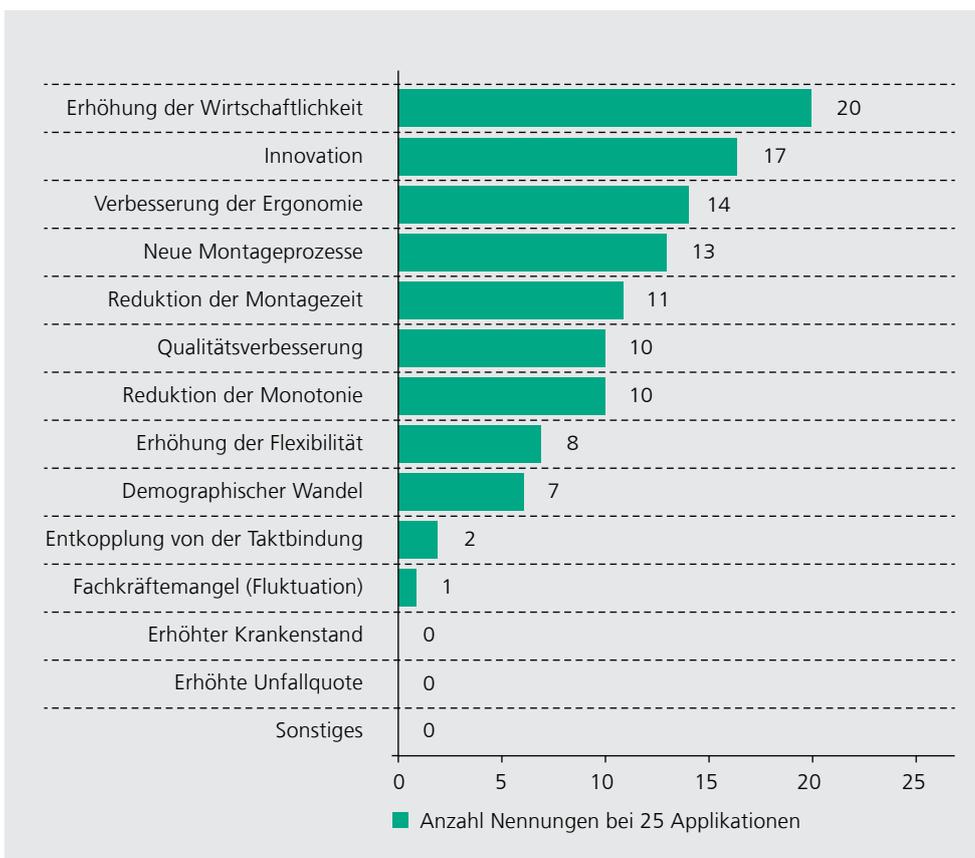


Abbildung 5:
Applikationsgrund (Mehrfachnennungen möglich)

Nicht genannt wurde bei den Gründen für die Applikationsauswahl in den untersuchten Anwendungen ein Szenario, wie es in der Literatur benannt ist (z. B. (6)): der flexible Einsatz der (mobilen) Roboter in unterschiedlichen Applikationen bzw. in unterschiedlichen Montagesystemen. Damit ließen sich die Investitionen auf mehrere Produkte verteilen. Eine seriennahe, mobile Applikation für mehrere Produkte mit Leichtbaurobotern haben wir in den besuchten Unternehmen jedoch nicht gefunden. Die Unternehmen sammeln im Augenblick in stationären Pilot-Anwendungen erste Erfahrungen. Eine höhere Wirtschaftlichkeit durch Verwendung in mehreren Systemen ist aktuell nicht erforderlich und würde einen weiteren Schwierigkeitsgrad darstellen.

Interpretation und Gestaltungshinweise

Bei herkömmlichen Automatisierungen stellen die Kosten für den Roboter nur ein Drittel der Gesamtinvestitionen dar. Alle weiteren Kosten machen zusammen Zweidrittel der Gesamtkosten aus. Diese Überschlagsformel erscheint auch bei den Leichtbaurobotern anwendbar. Kost-

entreiber für die Investition sind ganz wesentlich: Die robotergerechte Materialbereitstellung und die Gewährleistung inkl. des Nachweises der Sicherheit für den Montagemitarbeiter.

Die Materialbereitstellung stellt bei der Umstellung von rein manuellen Arbeitssystemen, mit ungeordneten Teilen in Behältern, zu einer Materialbereitstellung für einen Leichtbauroboter eine nicht zu vernachlässigbare Kostenposition dar. Große Teile können in Behältern mit Einlagen geordnet bereitgestellt werden. Je nach Teilegeometrie ist dafür noch eine exakte Teilepositionsbestimmung, z. B. kamerabasiert, erforderlich. Kleine Teile können z. B. über Wendelförderer bereitgestellt werden. Die prinzipielle Automatisierbarkeit der Teilebereitstellung und die erforderlichen Kosten sind für jedes Teil zu überprüfen bzw. zu ermitteln.

Der Systemintegrator hat den für den Montagemitarbeiter sicheren kollaborativen Betrieb zu untersuchen und in Form einer CE-Konformitätsbewertung nach der Maschinenrichtlinie nachzuweisen. Der Betreiber hat vor der Inbetriebnahme eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Diese ist bei jeder Änderung an der Applikation (Werkzeug, Teile, Roboterprogrammierung, ...) erneut zu prüfen bzw. erneut durchzuführen. Diese Aufwände können noch nicht ausreichend mit Erfahrungswerten hinterlegt werden. Ebenfalls offen ist, ob diese Überprüfungen und erneuten Freigaben sinnvollerweise vom Systemintegrator oder vom Betreiber selbst durchgeführt werden sollten, vor allem bei kleinen KMUs, die keine eigene Industrial-Engineering-Abteilung haben.

Der Roboter ist bei der Montage in vielen Fällen deutlich langsamer als der Mensch, denn durch den schutzzaunlosen Betrieb sind die maximalen Geschwindigkeiten begrenzt. Des Weiteren kann ein Roboter im Regelfall nur mit einem Werkzeug oder mit einem spezifischen Greifer, der häufig für das Greifen von nur einem Teil geeignet ist, ausgestattet werden. Damit sind die Tätigkeiten, welche der Roboter vom Menschen übernehmen kann und welche als Einsparpotenzial gegen gerechnet werden können, eher begrenzt.

Daher ist auf eine hohe Auslastung des Roboters zu achten. Die vom Menschen übernommene Montagezeit als Einsparpotenzial ist für Montagevorgänge eher gering und es bedarf anderer Begründungen für den MRK-Einsatz (z. B. Ergonomie, s.o.) oder langer Laufzeiten, z. B. im 3-Schichtbetrieb, um zu klassischen Wirtschaftlichkeitswerten zu kommen (7).

Die Wirtschaftlichkeit als Auswahlgrund wurde bei allen Anwendungen sehr hoch gewertet, allerdings hat keiner der Interviewpartner zum Zeitpunkt der Aufnahmen einen klassischen Wirtschaftlichkeitsnachweis geführt. So gesehen befindet sich die Investition in Mensch-Roboter-Kooperationen wohl gerade in einer Übergangsphase, die der Neuheit dieser Technologie zuzuschreiben ist. Wenn diese Übergangsphase vorbei ist, wird für Wirtschaftlichkeitsbetrach-

tungen bei MRK das gelten, was für andere Investitionen ebenfalls gilt: sie ist Voraussetzung für die Investition. Bis dahin kann jedoch auch angenommen werden, dass die Preise für die Roboter noch fallen werden.

3.2 SICHERHEIT

Ergebnisse der Befragung

Die Sicherheit eines Leichtbauroboters ist eine unabdingbare Grundvoraussetzung für dessen produktiven Betrieb, weshalb sich die befragten Unternehmen intensiv mit Fragen der technischen Systemsicherheit und der Zertifizierung von Robotersystemen auseinandersetzen. Dabei zeigt sich, dass die Sicherheitsstrategie von der Art und Weise des Zusammenwirkens von Mensch und Roboter abhängt: In den überwiegenden Fällen handelt es sich um Koexistenz, bei der Mensch und Roboter nur zeitweise im gemeinsamen Arbeitsraum zusammenwirken (z. B. beim Magazinwechsel).

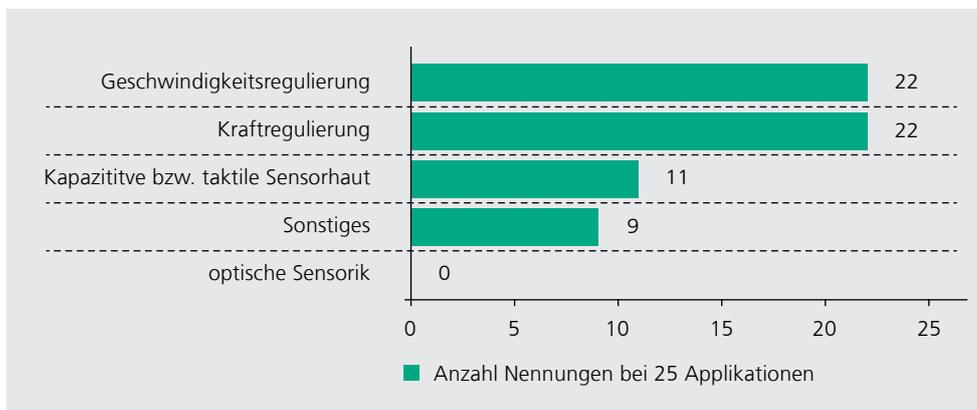


Abbildung 6:
eingesetzte Sicherheitsvorrichtungen am Roboter

Etwa drei Viertel der Anwendungsfälle weisen im Arbeitsraum keine zusätzlichen Sicherheitsvorrichtungen auf; man geht davon aus, dass der Roboter über die erforderlichen Sicherheitsmerkmale verfügt (s. Abbildung 6).

Alle eingesetzten Roboter verfügen über eine Geschwindigkeits- und Kraftregulierung. Der APAS und der KR 5 SI haben zusätzlich kapazitive bzw. taktile Sensoren, die bei Annäherung eines Menschen oder im Kontaktfall die Geschwindigkeit des Roboters reduzieren oder dessen Bewegung gar stoppen.

Ferner werden »sichere Greifer« eingesetzt, welche Roboterhersteller oder Zulieferer anbieten. Dabei sind »optisch und mechanisch überwachte Greifer« (z. B. APAS) und »mechanisch überwachte Greifer« (z. B. KR 5 SI) zu unterscheiden.

Der Nachweis der Systemsicherheit wird durch eine (Eigen-)Zertifizierung der Applikation erbracht, siehe z. B. (8). Bis auf fünf Anwendungsfälle sind alle Applikationen in den Unternehmen zertifiziert (vgl. Abbildung 7). Die Zertifizierung umfasst üblicherweise eine systembezogene Risikoanalyse des Systemintegrators (d. h. Hersteller der Applikation, bei KMUs in der Regel ein externer Partner) sowie eine anwendungsbezogene Gefährdungsbeurteilung durch das Betreiberunternehmen. Gefährdungen werden i. A. durch die Sicherheitsfachkraft beurteilt.

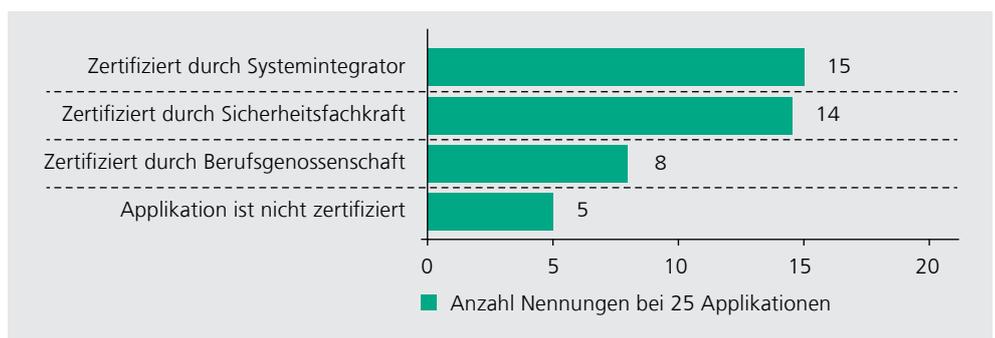


Abbildung 7:
Zertifizierung der Applikation
(Mehrfachnennungen möglich)

Diese wird zumeist durch berufsgenossenschaftliche Experten unterstützt (z. B. Kraftmessung). Erklärtes Ziel der Zusammenarbeit von Sicherheitsfachkraft und Systemintegrator ist es, Zertifizierungen zukünftig eigenständig durchzuführen (d. h. Eigenzertifizierung).

Aufgrund ihrer qualifizierten personellen Besetzung sehen Großunternehmen nur geringen Unterstützungsbedarf bei der Implementierung und Zertifizierung von Leichtbaurobotern. Sie verfügen häufig über eigene Vorentwicklungsabteilungen und einschlägig erfahrene Sicherheitsfachkräfte. Hingegen artikulieren KMUs weiteren Unterstützungsbedarf (vgl. Abbildung 12): Dieser reicht von der Auswahl des Anwendungsfalles (unter Berücksichtigung von Sicherheit, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit) über die Greiferauswahl bis hin zum Zertifizierungsprozess. Offensichtlich wird die Wirtschaftlichkeit des LBR-Einsatzes wesentlich von der Beherrschung eines angemessenen Sicherheitsniveaus bestimmt.

Interpretation und Gestaltungshinweise

In der Praxis werden aktuell Leichtbauroboter zumeist raumzeitlich vom Menschen getrennt eingesetzt (d. h. Koexistenz). Der industrielle Einsatz von Leichtbaurobotern wirft jedoch die Frage auf, wie auch kollaborative Arbeitsformen – bei denen Bedienpersonal und Leichtbauroboter gemeinsam in einem Arbeitsbereich tätig sind, sicher gestaltet werden können. Dabei kann nicht nur im eigentlichen Montagebetrieb ein unerwünschter Kontakt zwischen Mensch und Leichtbauroboter erfolgen, sondern auch beim Einrichten der Maschine, der Wartung und Reinigung etc. In all diesen Situationen gilt es die Sicherheit der Werker zu gewährleisten, aber auch eine zeitweilige Unterbrechung der Arbeitstätigkeit zu vermeiden.

Um von Leichtbaurobotern ausgehende Gefährdungsrisiken zu mindern, beschreibt die EN ISO 12100 »Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsgrundsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung« geeignete Präventionsmaßnahmen. Dabei ist zu beachten, dass es im Falle einer Kollision zwischen Mensch und kollaborierendem Roboter nicht zu weiteren, nicht-mechanischen belastenden Beanspruchungen der Person kommen darf (z. B. durch strömende Expositionen, elektrische Durchflutung). Die Kollisionsfläche ist so zu gestalten, dass Verletzungsrisiken verringert werden (z. B. Vermeidung scharfer Kanten oder kleiner Oberflächen, Kantenrundung, Polsterung).

3.3 ERGONOMIE

Ergebnisse der Befragung

Der industrielle Einsatz von Leichtbaurobotern soll ergonomische Nutzenpotenziale erschließen und bestehende Defizite minimieren. Dies betrifft vorrangig:

- Unterstützung bei ungünstiger Halte- und Haltungsarbeit, wie Zwangshaltungen, Überkopfarbeit, statischer Haltearbeit oder ungünstige Greifweiten,
- Entlastung bei schwierigen physikalisch-chemischen Arbeitsumgebungen (z. B. Lärm, Licht, Klima, Schadstoffe),
- Kraftunterstützung bei leistungsgewandelten oder -eingeschränkten Mitarbeitern, auch vor dem Hintergrund der Entwicklungen des demografischen Wandels,
- Entlastung bei hoch repetitiven Arbeiten, wie z. B. Klipse setzen oder bei Aufgaben mit hohen Präzisionsanforderungen, die die spezifischen Fähigkeiten des Menschen überfordern.

Laut Aussage der befragten Unternehmen sind derart ergonomische Verbesserungen ein wichtiges Argument für den Einsatz von Leichtbaurobotern (vgl. Abbildung 5, Ergonomie an 3. Stelle).

Diese Erwartungen hinsichtlich ergonomischer Verbesserungen werden weitgehend erfüllt, so bescheinigten die befragten Betriebe in 18 Anwendungsfällen, dass Belastungen der Mitarbeiter verringert werden (vgl. Abbildung 8).

Die Zufriedenheit mit der ergonomischen Optimierung des Mensch-Roboter-Systems drückt sich allerdings nicht vordergründig in wirtschaftlichen Kennzahlen aus. Hierzu verfügen die Unternehmen derzeit weder über angemessene Daten bzw. Berechnungsverfahren, noch lassen sich plausible Kausalzusammenhänge von Belastungssituation, individuellem Leistungsvermögen und wirtschaftlicher Produktivität darstellen. Vor allem die Automobilhersteller betrachten ergonomische Optimierungen der Montagearbeitsplätze als sozialpolitische Maßnahmen, die nicht nach strengen Wirtschaftlichkeitskriterien gerechnet werden können. Dementsprechend werden u. a. Amortisationszeiten für ergonomische Investitionen verlängert (z. B. 4 bis 6 Jahre statt 2 Jahre).

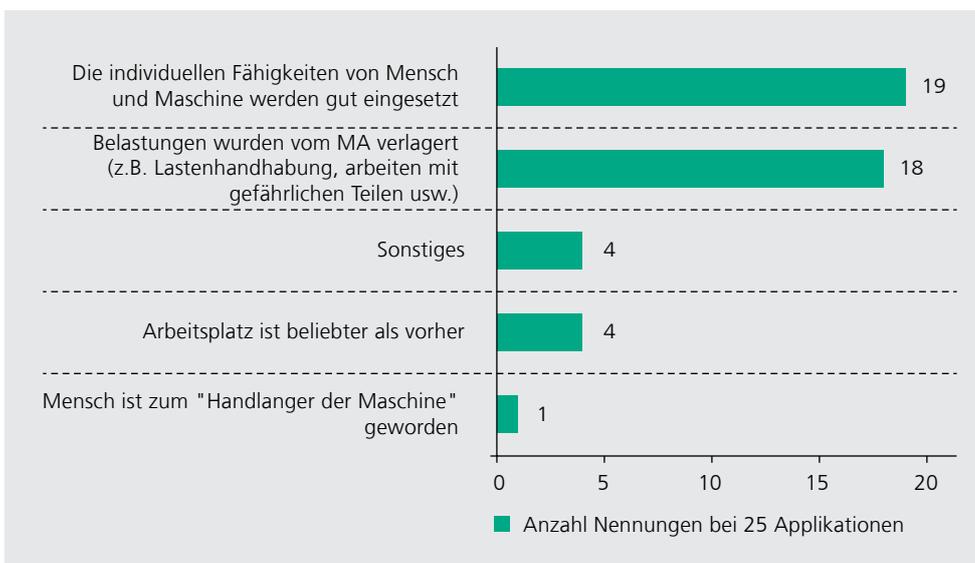


Abbildung 8:
Wirkungen auf den Menschen
bzw. den Arbeitsplatz

Interpretation und Gestaltungshinweise

Die Ergonomie geht von einem umfassenden Verständnis aus, um ausführbare und möglichst beeinträchtigungsfreie Arbeitsbedingungen zu schaffen. So werden neben physischen Faktoren auch Fragen zu sinnvollen Arbeitsinhalten, zu Handlungsspielräumen und Zeitautonomie, zur Lernförderlichkeit der Arbeitsaufgabe sowie zur Akzeptanz durch den Mitarbeiter behandelt. Einschlägige Erfahrungen zeigen, dass diese »weichen« Faktoren die Produktivität des Mensch-Roboter-Systems wesentlich beeinflussen (9). Einschlägige Gestaltungsprinzipien dokumentiert die DIN EN ISO 26800 »Ergonomie – Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte«, die DIN EN ISO 6385 »Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen« und die DIN EN ISO 10075 »Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung«.

Eine ganzheitliche und systematische Analyse und Gestaltung des Mensch-Roboter-Systems bezieht menschliche Leistungsvoraussetzungen und tätigkeitsbedingte Anforderungen ein und nutzt die Adaptivität moderner Robotertechnik, um diese Aspekte in Einklang zu bringen. So können Mensch und Roboter ihre jeweiligen Stärken in der Montageaufgabe entfalten (vgl. Abbildung 9).

	Mensch	Roboter
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ■ Schnelles Verständnis für (neue) Aufgabe und Urteilsbildung ■ Freie Beweglichkeit, Toleranzausgleich ■ Fähigkeit des Fühlens, Lokalisierens ■ Flexible Verfügbarkeit ■ Umgang mit komplexen Bauteile ■ Innovationsfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gleichbleibende Qualität durch integrierte Prozesskontrolle ■ Ausdauer ■ Übernahme unzumutbarer und monotoner Aufgaben ■ Handhaben schwerer und gefährlicher Bauteile
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eingeschränkte Qualitäts- und Prozesskontrolle ■ Physiologische und psychische Leistungsgrenzen, Ermüdung ■ Hohe Ausbildungskosten ■ Genaues Positionieren nur mit Vorrichtung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eingeschränkte Bewegung ■ Definierte Bereitstellung notwendig ■ Hoher Aufwand bei Einführung, Programmierung und Zertifizierung ■ Funktions- statt Zielorientierung ■ Fixkosten bei schwankender Auslastung

Abbildung 9:
Vor- und Nachteile von Mensch
und Roboter beim Einsatz eines
LBR

Eine qualifizierte ergonomische Analyse und Gestaltung ist Voraussetzung für ein optimales Wechselspiel von Mensch und Maschine im Montageprozess mit seinen vielfältigen Facetten von Koexistenz bis Kollaboration. Damit trägt sie zur nachhaltigen Wirtschaftlichkeit von MRK-Systemen bei.

3.4 ARBEITSINHALTEBILDUNG UND ARBEITSORGANISATION

Ergebnisse der Befragung

Durch die Arbeitsinhaltebildung wird die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Roboter festgelegt. Sie soll so gestaltet werden, dass sich die Arbeitssituation für den Montagemitarbeiter nicht verschlechtert, sondern im Idealfall verbessert. Alle betrachteten Anwendungsfälle sind MRK-Applikationen, die in bestehende Montagen integriert wurden oder werden. Es gibt also ein bestehendes Montagesystem aus dem man eine geeignete Applikation für den MRK-Betrieb ausgewählt hat.

Die Arbeitsorganisation berücksichtigt die gesamte Arbeitsteilung aller Aufgaben in einem Arbeitssystem, die sich aus der Zusammenarbeit mit anderen Gruppen, Personen, Arbeitsgegenständen sowie Informations- und Betriebsmitteln ergeben inklusive übergeordneter Gestaltungs- und Entwicklungsaufgaben sowie deren örtliche, zeitliche und personelle Verteilung. Bei der Befragung haben wir uns auf die direkten Montageaufgaben und die Neuen, durch die MRK-Applikation hinzugekommenen Aufgaben beschränkt. Diese neuen Aufgaben sind (6):

- Direkte Montageaufgaben (in gestuften MRK-Szenarien, Abbildung 3),
- Roboter einrichten, rüsten und (einfache) Störungen beseitigen,
- Schulen und Anlernen am Roboter,
- den MRK-Einsatz dispositiv planen und organisieren,
- Roboter programmieren und instandhalten,
- neue MRK-Applikationen planen und bewerten,
- MRK-Applikationen einführen.

Bei den Betrieben wird in den Montagesystemen vorrangig nach Montageaufgaben und Roboterbetreuungsaufgaben unterschieden, was sich in den Qualifikationsanforderungen zu diesen Aufgabenblöcken widerspiegelt (Abbildung 10).

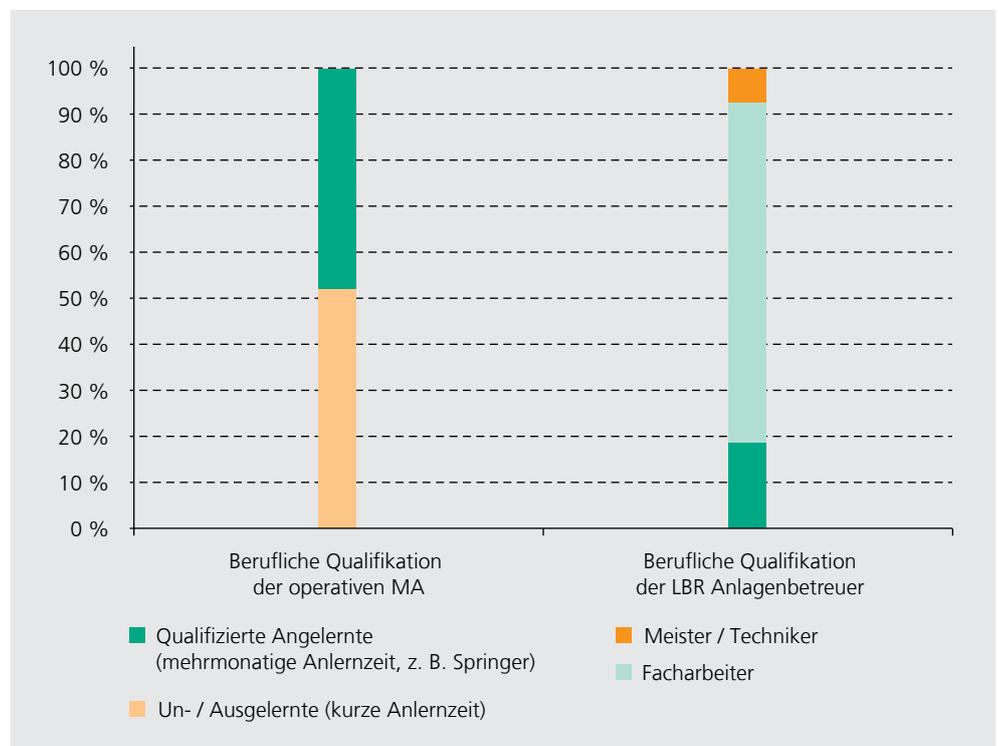


Abbildung 10:
Berufliche Qualifikation

Bei den Roboterbetreuungsaufgaben wird zwischen kleinen Störungen beseitigen, wie z. B. Neustart nach einem Notstop oder richten von verklemmten Bauteilen o.ä. und umfangreichen Änderungen an der Applikation, wie z. B. Programmänderungen unterschieden. Diese Aufgaben sind aktuell in den Betrieben entsprechend Abbildung 11 verteilt, Änderungen sind nicht vorgesehen.

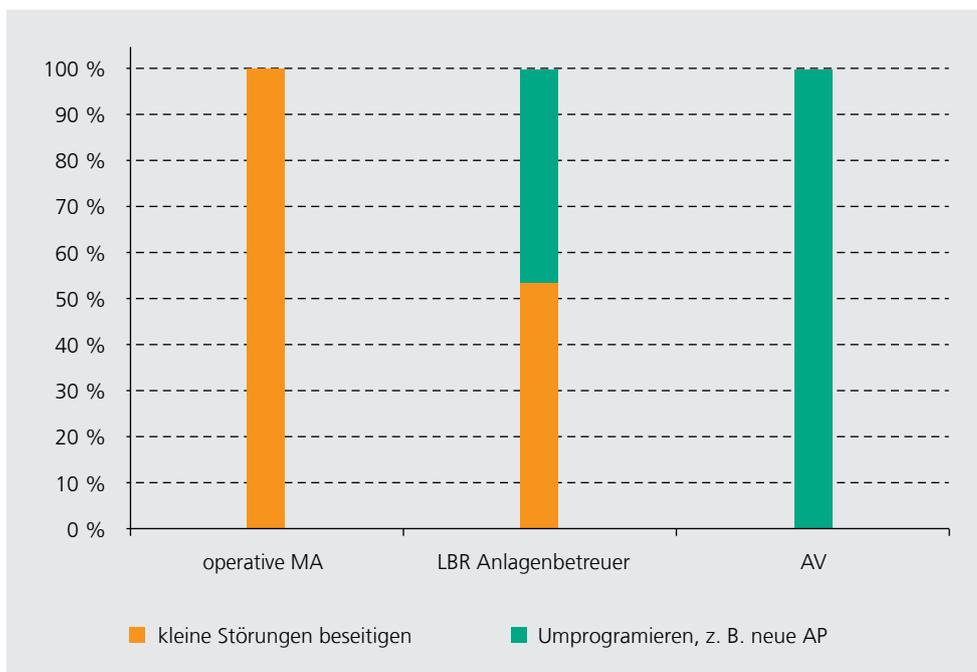


Abbildung 11:
Aufgabenverteilung im Montagesystem

Interpretation und Gestaltungshinweise

Die Schnittstelle Mensch-Roboter muss sich an den Fähigkeiten von Mensch und Roboter orientieren, aber für den Menschen sollen keine monotonen Resttätigkeiten verbleiben, sondern beanspruchungsgerechte Arbeitsinhalte. Ein Instrumentarium, das die Gestaltung dieser Schnittstelle effizient, unterstützt, fehlt derzeit. Völlig neue Ideen zur Arbeitsteilung, wie z. B. variable Arbeitsinhalte des Roboters um unterschiedlich leistungsfähige Mitarbeiter zu unterstützen sind derzeit noch Gedanken von Forschern (6) und von einem Serieneinsatz entfernt.

Im Bereich der Arbeitsorganisation bieten Mensch-Roboter-Kollaborationen ein großes Gestaltungspotenzial (siehe Aufgabenspektrum bei Arbeitsinhalten); dieses gilt es auszuschöpfen. Das neue Spektrum an Tätigkeiten und Anforderungen bietet Gestaltungsspielraum für die Arbeitsorganisation und für beanspruchungsgerechte, qualifikations- und persönlichkeitsförderliche Arbeit. Die Möglichkeiten einer angepassten Gestaltung von Arbeitsinhalten und Arbeitsorganisation sind insbesondere (10):

- Gewährleistung der Anforderungsvielfalt in den Tätigkeiten,
- Vollständigkeit der Tätigkeit,
- Rotation über anforderungsverschiedene Tätigkeiten,
- Qualifikation und Qualifizierung als Voraussetzung für Rotation,
- Beteiligen der Mitarbeiter bei der Ausgestaltung ihrer persönlichen Arbeitsbedingungen (siehe Akzeptanz).

Es gibt die Chance zu einer neuen Arbeitsgestaltung für bisher manuelle Montagen, die zum Teil einen Trend zu Monotonie und körperlicher Einseitigkeit haben. Durch die Menge an neuen Aufgaben können sehr gut gestufte Aufgabenprofile und somit Entwicklungsmöglichkeiten für die Mitarbeiter angeboten werden. Derzeit wird dieses Potenzial in den Betrieben noch nicht genutzt.

3.5 AKZEPTANZ

Ergebnisse der Befragung

Akzeptanz ist eine wichtige Voraussetzung für den produktiven Betrieb einer MRK-Applikation (9). In einem Interview sagte der Ansprechpartner »Wenn die Roboter (Kose-)Namen bekommen, ist die Technologie bei den Mitarbeitern angekommen«. Akzeptanz wird in den vorliegenden Anwendungsfällen durch umfassende Informationen zum Projekt an alle Beteiligten erreicht. Die Aufklärung zum Thema Arbeitsplatzergonomie ist sowohl für die Mitarbeiter als auch für den Betriebsrat wichtig.

In manuellen Montagesystemen ist es inzwischen üblich die Mitarbeiter, z. B. mit Workshops oder Card-Board-Engineering, in bestimmten Planungsphasen in die Arbeitsgestaltung einzubinden z. B. (11) und so die Akzeptanz für das neue System zu erhöhen. Bei der Mensch-Roboter-Kollaboration fehlen entsprechende standardisierte Ansätze, in denen der Mitarbeiter z. B. die Abstände und Aufgaben mitgestalten kann. Entsprechend sind partizipative Ansätze in diese Richtung bei den untersuchten Anwendungsfällen nicht vorhanden.

Interpretation und Gestaltungshinweise

Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, die Akzeptanz der Mitarbeiter für eine Mensch-Roboter-Kollaboration zu erhöhen. Eine wesentliche ist sicher Aufklärung. Aufklärung beginnt bei der Sorge um den eigenen Arbeitsplatz, die bedingt durch den demografischen Wandel keine so hohe Bedeutung hat, wie man annehmen könnte (7).

Werden die in Kapitel 3 beschriebenen Gestaltungsdimensionen adäquat berücksichtigt, sind die Voraussetzungen für einen guten mitarbeiterorientierten MRK-Arbeitsplatz geschaffen. Um bei den Mitarbeitern noch die notwendige Akzeptanz, besser noch das Vertrauen, für die neue Technologie zu gewährleisten, bietet es sich an den Planungs- und Umsetzungsprozess kooperativ zu gestalten. Kooperative Gestaltung bedeutet die Einbindung aller betroffenen Mitarbeiter und beinhaltet die Elemente:

■ **Partizipation**

Die Feinplanung der Implementierung der MRK-Lösung erfolgt dezentral mit den betroffenen Mitarbeitern. Die Verantwortung wird aufgabenorientiert bis auf die Shopfloor-Ebene delegiert. Wo vorhanden: Frühzeitige Information und Einbindung des Betriebsrates.

■ **Intensive Information**

Mit der Information schon frühzeitig beginnen und über den ganzen Prozess ständig aktuelle Informationen bereitstellen. Transparenz zu den Zielen der MRK schaffen und eine klare Verknüpfung mit den Unternehmenszielen herstellen.

■ **Personalentwicklung**

Basis-Qualifizierung für alle Mitarbeiter und rechtzeitig mit spezifischen Qualifizierungen beginnen (siehe Abbildung 11). Auch die Führungskräfte müssen qualifiziert und auf eventuelle Konfliktmöglichkeiten vorbereitet werden.

■ **Schaffung einer Vertrauenskultur**

Offen und ehrlich miteinander umgehen. Vertrauen der Mitarbeiter gewinnen.

4 UNTERSTÜTZUNGSANGEBOTE DES FRAUNHOFER IAO

4.1 QUICK-CHECK LBR-POTENZIAL

Insbesondere KMUs sehen einen Unterstützungsbedarf. Beginnend bei der Auswahl des Anwendungsfalles (unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Machbarkeit, Kollaboration) über die Auswahl des Prozesswerkzeugs, wie z. B. Greifer, bis hin zum gesamten Planungs- und Zertifizierungsprozess.

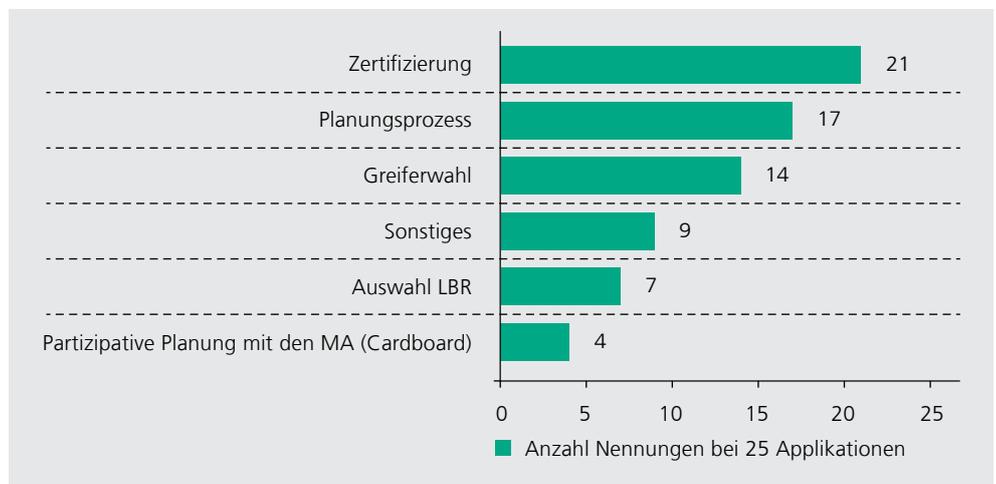


Abbildung 12:
Betrieblicher Unterstützungsbedarf (Mehrfachnennungen möglich)

Hierbei kommt der Auswahl des Anwendungsfalles bzw. der Tätigkeit, die vom Leichtbauroboter übernommen werden soll, eine besondere Bedeutung zu. Die Aufgabenstellungen, die hierbei auftreten und bei denen wir Sie z. B. in Form eines Quick-Checks unterstützen können, sind:

- Identifikation von potenzialreichen Tätigkeiten (LBR-Potenzial),
- Erste Einschätzung von Tätigkeiten, ob diese sicherheitstechnisch einfach bzw. überhaupt zu automatisieren sind,
- Abschätzung der Wirtschaftlichkeit für zu automatisierende Tätigkeiten,
- Erste Empfehlung des für den spezifischen Anwendungsfall geeigneten Roboters.

4.2 ARBEITSKREISE

Das Fraunhofer IAO unterstützt mit maßgeschneiderten Arbeitskreisen sowohl Einsteiger als auch erfahrene Anwender bei der Einführung und Gestaltung wirtschaftlicher und akzeptierter LBR-Applikationen.

Arbeitskreis für LBR-Einsteiger

Die Teilnehmer treffen sich in regelmäßigen Abständen, etwa alle zwei bis drei Monate zu einem eintägigen Workshop. Fünf Workshops werden innerhalb eines Jahres durchgeführt. Es sind 15 bis 20 Teilnehmer vorgesehen. Das Fraunhofer IAO plant, organisiert und moderiert die eintägigen Workshops. Wichtige Player und Akteure zu Fragen der Mensch-Roboter-Kollaboration geben Impulse zur Gestaltung und Einführung.

Arbeitskreis für LBR-Anwender

Der zweite Arbeitskreis bietet acht teilnehmenden Unternehmen die Gelegenheit, die Gestaltungsdimensionen einer kollaborativen Montage mit Leichtbaurobotern sowie Vorgehensweisen zur LBR-Einführung kennenzulernen. Das jeweils gastgebende Unternehmen zeigt den Stand seines LBR-Einsatzes. Anschließend diskutieren die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mögliche Verbesserungen. Angeleitet durch Experten des Fraunhofer IAO erarbeiten die Teilnehmer gemeinsam Anregungen und Methoden, die zu ihrem jeweiligen Betrieb passen.

5 LITERATURVERZEICHNIS

1. **N.N.** auf www.produktion.de: »Haben Sie vor, in Leichtbauroboter zu investieren?«. 39, 2014, Bd. Produktion.
2. **Thiemermann, S.** Direkte Mensch-Roboter-Kooperation in der Kleinteilemontage mit einem SCARA-Roboter. Heimsheim : Jost-Jetter Verlag, 2005.
3. **Botthof, A. und Hartmann, E.** Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin : Springer Vieweg, 2015.
4. **Umbreit, M.**, Auf dem Weg zur sicheren Mensch-Roboter-Kollaboration. Saarbrücken: ZEMA Montagetagung, 2015.
5. **Verl, A., Schraft, R.-D. und Kaun, R..** Automatisierung der Produktion: Erfolgsfaktoren und Vorgehen in der Praxis. Berlin : Springer, 2013.
6. **Bauer, W. Prof., Bender, M. und Rally, P.** Mitarbeiterorientierte Mensch-Roboter-Kollaboration. wt Werkstattstechnik online. 3-2016, 2016.
7. **Doll, N.**, Aufmarsch der Roboter. 2015, Welt am Sonntag, S. 1-3.
8. **N.N.** BGHM-Checkliste für kollaborierende Robotersysteme. [Online] [Zitat vom: 16. 04 2016.] http://www.bghm.de/uploads/tx_news/KoBaRoboter_Checkliste.pdf.
9. **Bortot, D.F.** Ergonomic Human Robot Coexistence in the Branch of Production. Dissertation. München : Technische Universität, 2013.
10. **Braun, M., et al., et al.** M3 - Mart- und mitarbeitergerechte Montage. wt Werkstattstechnik online. Jahrgang 99 2009, S. 626-631.
11. **Sombrutzki, G. und Scholtz, O.** Wandlungsfähige Montage und Materialbereitstellung bei zunehmender Variantenvielfalt. [Buchverf.] D. Spath, R. Müller und G. Reinhart. Zukunftsfähige Montagesysteme. Stuttgart : Fraunhofer Verlag, 2013, S. 159-168.
12. **BGIA.** Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach Maschinenrichtlinien. Gestaltung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern. St. Augustin: DGUV, 2011.

6 ANHANG

In Anhang A1 werden in der Tabelle die wichtigsten Informationen zum Anwendungsfall übersichtlich dargestellt um für den Leser eine schnelle Auswahl des für ihn interessantesten Falles zu ermöglichen. In Anhang A2 werden die einzelnen Anwendungen detailliert beschrieben.

Abbildung 13:
Übersicht über alle
Anwendungsfälle

6.1 A1: ÜBERSICHT ÜBER ALLE ANWENDUNGSFÄLLE

Fallnummer	1	4	5	6	7	7_1	7_3	8	9	12	13	20	21	22	25	26	27	28	42	43	44
1 Branche																					
Maschinen- und Anlagenbau		●								●											
Automobil					●	●	●	●							●	●	●	●	●	●	●
Elektrotechnik	●										●	●	●				●	●	●		●
Konsumgüter			●	●																	
andere									●					●							
2 Teilegeometrie																					
klein (100 x 100 mm)				●			●		●		●	●	●		●	●	●	●		●	●
groß (> 100 x 100mm)	●	●	●		●	●		●		●				●					●		
3 Teilgewicht																					
< 200 g				●			●				●	●	●		●		●	●		●	●
200 - 4000 g	●		●					●	●	●				●		●			●	●	●
4000 - 9000 g																					
> 9000 g		●			●																
4 Taktzeit																					
< 15 sec											●		●		●	●	●	●	●	●	●
15 - 60 sec	●		●	●	●					●		●		●							
> 60 sec						●	●	●													
5 Applikationsreife																					
Demonstrator	●														●		●		●		●
Test in realer Produktion						●	●														
in laufender Produktion		●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
6 Applikation befindet sich in:																					
Montage	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					●	●
Logistik																	●				
Teilefertigung			●													●		●	●		

Fallnummer	1	4	5	6	7	7_1	7_3	8	9	12	13	20	21	22	25	26	27	28	42	43	44	
7 Auswahlgrund																						
Reduktion der Montagezeit	●	●						●	●	●	●	●	●									●
Reduktion der Monotonie											●				●	●	●	●	●	●	●	
Erhöhung der Stückzahlflexibilität			●							●					●	●	●	●	●	●	●	●
Verbesserung der Ergonomie	●	●	●	●	●	●	●	●		●						●	●	●	●	●	●	●
Qualitätsverbesserung		●					●	●		●	●							●	●	●	●	●
Erhöhung der Wirtschaftlichkeit	●				●	●	●	●	●	●	●			●		●	●	●	●	●	●	●
Innovation		●			●		●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	
Neue Montageprozesse		●			●		●	●	●	●			●	●		●	●	●	●			
8 Klassifikation der Applikation																						
Montieren und Fügen	●		●	●	●		●		●		●			●								
Qualitätskontrolle		●	●		●		●	●												●		●
Werkzeugeinsatz		●		●		●				●				●								●
Maschinenbestückung			●						●		●	●		●						●	●	
Kleben bzw. Schweißen										●												
Pick & Place	●		●									●			●	●	●	●	●	●	●	●
Verpacken und Palettieren			●	●								●			●	●	●	●	●	●	●	
Ein Teil greifen							●	●	●						●	●	●	●	●		●	
Mehrer Teile greifen	●				●						●		●	●								●
Teil andienen					●		●															●
9 eingesetzter Roboter																						
KUKA iiwa		●	●	●	●	●	●															
APAS															●	●	●	●	●	●	●	●
KR 5 SI								●	●													
YuMi											●											
UR5 bzw. -10	●									●		●	●	●								
10 Auswahlgrund																						
einfache Zertifizierung								●	●		●				●	●	●	●	●	●	●	●
geringer Invest	●									●		●	●	●								
Sensitivität		●	●	●	●	●	●															
11 Zertifizierung																						
Applikation ist nicht zertifiziert	●													●			●		●			
durch Berufsgenossenschaft		●			●	●	●	●	●												●	
durch Systemintegrator		●	●	●	●		●	●	●	●	●				●	●		●		●	●	●
durch Sicherheitskraft					●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●		●
weitere																						
12 Grad der Kollaboration																						
Zelle																						
Koexistenz			●	●			●		●		●		●		●	●	●	●	●	●	●	●
Synchronisation		●								●		●		●								
Kooperation	●				●																	●
Kollaboration					●		●															

Nachfolgend werden über alle 25 Anwendungen zusammenfassende Auswertungen wie z. B. Verteilung der Robotertypen, des Kollaborationsgrades und der Applikationsreifegrade usw. vorgestellt.

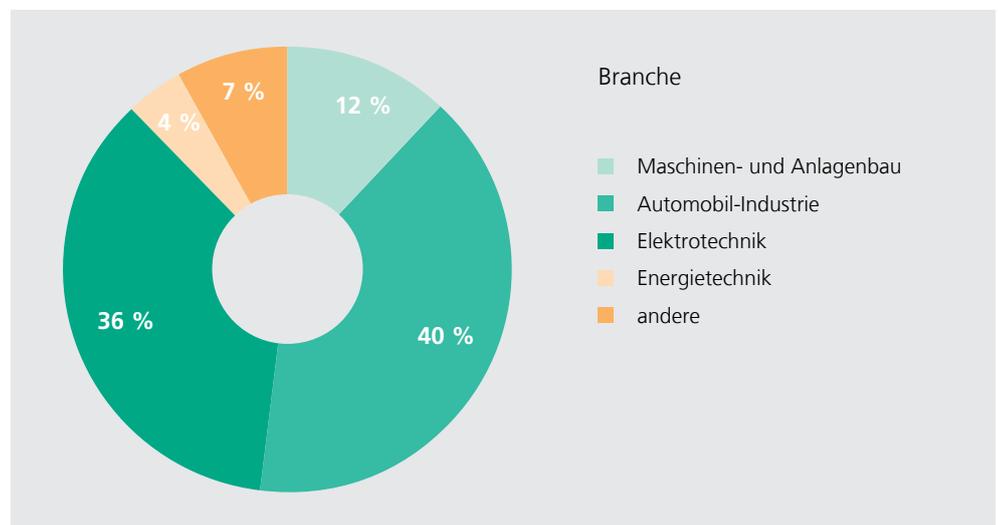


Abbildung 14:
Branchenverteilung der Anwendungsfälle

Auffallend ist, dass dreiviertel der Anwendungen nur in den beiden Branchen Automobilindustrie und Elektrotechnik anzufinden sind.

Im Maschinen- und Anlagenbau sind mit 12 Prozent nur wenige Roboter im Einsatz.

Über 80 Prozent der Anwendungsfälle befinden sich bereits in der laufenden Produktion. Die Demonstratoren sowie die Roboter, die sich noch im Teststatus in der realen Produktion befinden, sind alle kurz vor dem Einsatz in der Serienproduktion. Alle Anwendungen laufen zufriedenstellend.

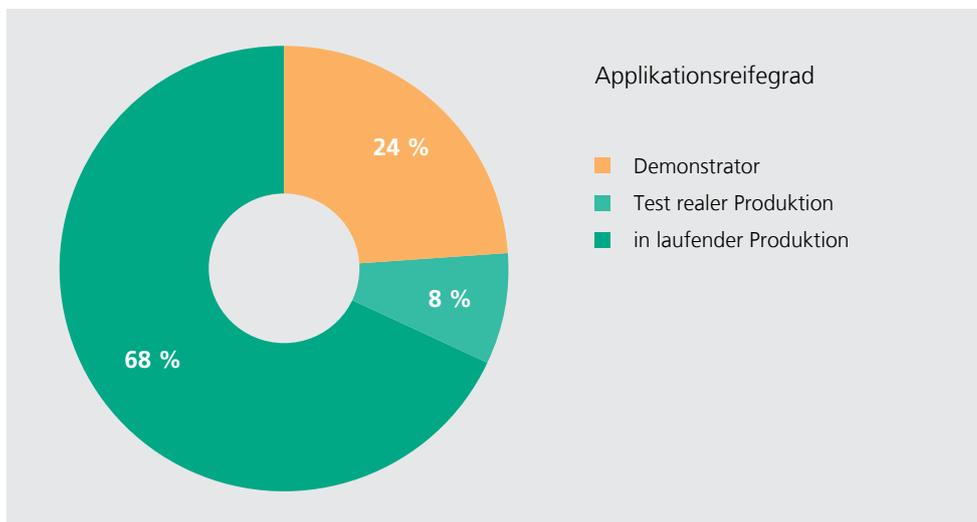


Abbildung 15:
Applikationsreifegrad der
Anwendungsfälle

Über 70 Prozent der Anwendungsfälle befinden sich in der Montage.

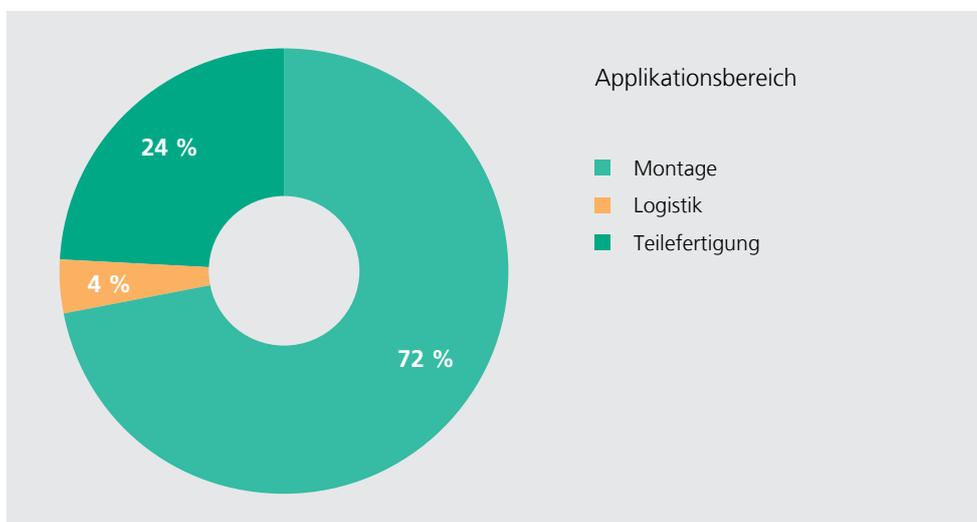


Abbildung 16:
Applikationsbereich der
Anwendungsfälle

Das Diagramm in Abbildung 17 zeigt die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Leichtbau-roboter.

Die Anwendungsmöglichkeiten lassen sich in drei große Felder einteilen. Im ersten Feld sind »ein oder mehrere Teile greifen« und diese »Fügen«. Im zweiten Feld sind »Pick&place« Anwendungen, »Maschinenbestückung« sowie »Packen & Palettieren«, dies sind einfache Teile- oder Produktumsetzvorgänge. Das letzte Feld enthält Vorgänge, bei denen der Leichtbau-roboter mit einem Werkzeug ausgestattet wird. Dies sind z. B. »Schrauben«, »Kleben« oder »Schweißen«. Die Qualitätskontrolle ist in allen Feldern ein Add-on.

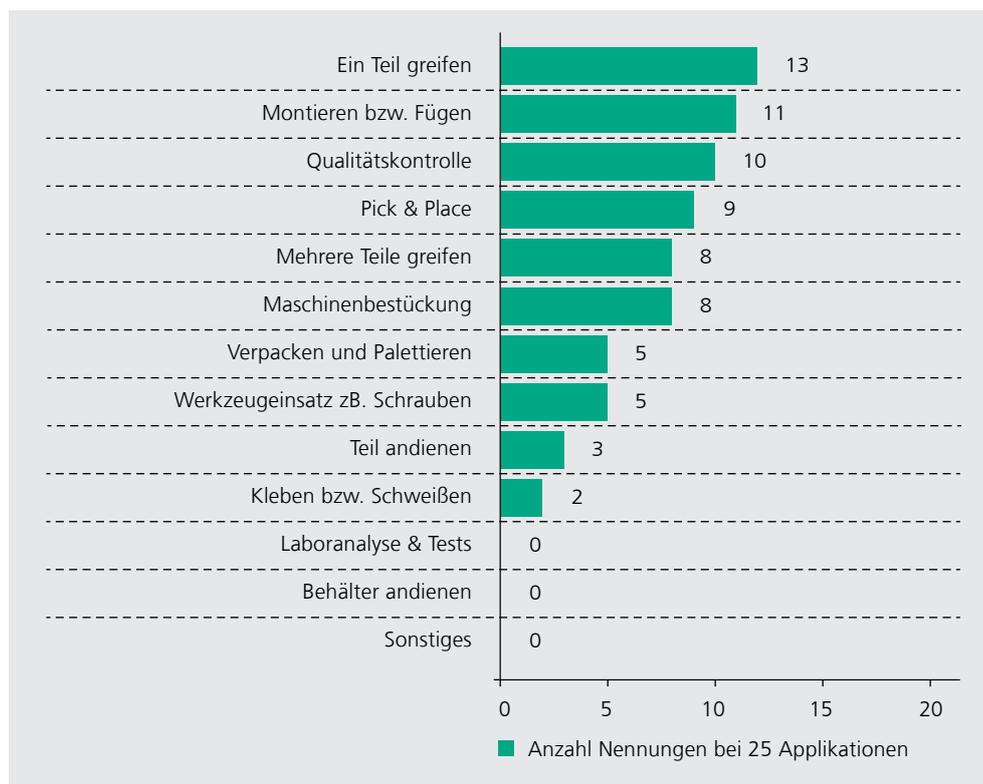


Abbildung 17:
Klassifikation der Applikation
(Mehrfachnennungen möglich)

Das Diagramm in Abbildung 18 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Roboter in der Studie. Zum einen haben wir bei der Auswahl der Anwendungsfälle auf eine ungefähre Gleichverteilung geachtet. Zum anderen haben diese Roboter einige grundlegende Unterschiede.

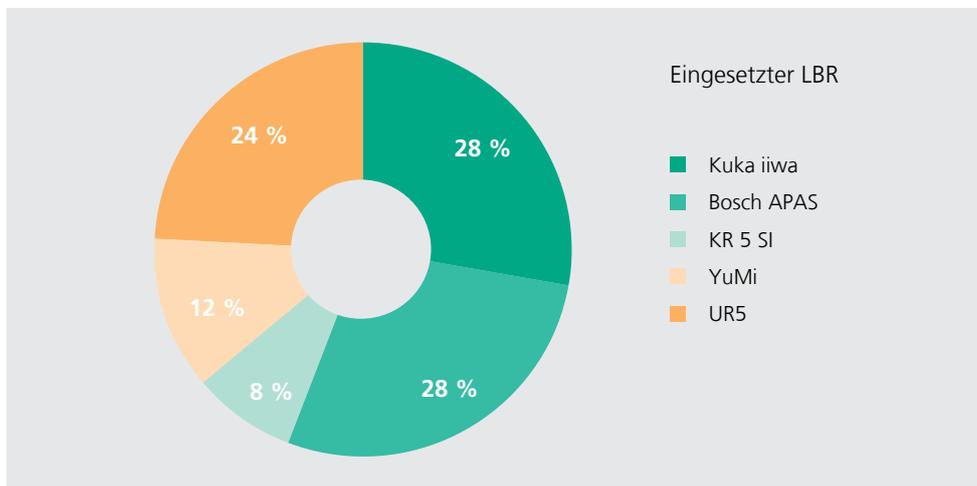


Abbildung 18:
Eingesetzte Roboter der Anwendungsfälle

Nur in zwei Anwendungsfällen befindet sich der Mitarbeiter wirklich in einem kollaborativen Einsatz mit dem Roboter. In den meisten Fällen – bei der Koexistenz – arbeiten Mitarbeiter und Roboter nur zeitweise im gemeinsamen Arbeitsraum (z. B. beim Magazinwechsel).

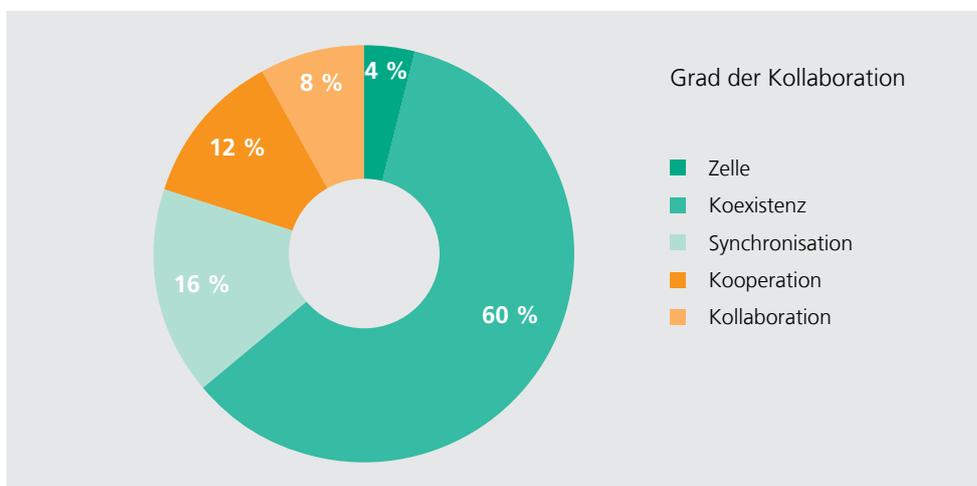


Abbildung 19:
Applikationsbereich der Anwendungsfälle

6.2 A2: EINZEL-ANWENDUNGSFALL-CHARAKTERISIERUNG

Nachfolgend werden alle 25 Anwendungsfälle anonymisiert auf einer Seite detailliert beschrieben. Sofern eine Einwilligung des Unternehmens vorlag, wird der Anwendungsfall in einem Foto dargestellt, wenn nicht, wird nur der eingesetzte Leichtbauarm abgebildet.



1

Anwendungsfall Bohrmaschinenmontage

Wesentliche Informationen	LBR: UR5	Applikationsreife: Demonstrator
	Kollaborationsgrad: Kooperation	Applikationsort: Montage
		Branche: Elektrotechnik

- Applikationsbeschreibung**
- Ausgangszustand: manuelle Montage an Sitz-/Steh-AP mit Flansch auf vormontiertes Motorgehäuse fügen, vormontierten Anker einpressen und Baugruppe in Magazin ab stapeln
 - Neuzustand: alle Montage-/Fügetätigkeiten übernimmt Roboter, Mitarbeiter macht Motor-gehäuse- sowie Ankervormontage und übernimmt die komplette Teilebereitstellung

Produktbeschreibung	■ Produkt:	■ Größe:	■ Gewicht:
	Schlagbohrmaschine	350 x 200 x 120 mm	3,5 kg

Zahlen, Daten, Fakten	■ Vorgabezeit:	■ Taktzeit:	■ Anzahl Schichten:
	ca. 6 min	ca. 30 sec	1

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: verbaute Einzelteile scheinen applikationsgerecht (keine scharfen Kanten oder Spitzen), Taktzeit wird an dieser Station im Ausgangszustand überschritten (Engpass), manuelles Eindrücken des Ankers ist sehr belastend

Klassifikation der Applikation:	■ Montieren bzw. Fügen	■ Mehrere Teile greifen	■ Pick & Place (Produkt umsetzen)
---------------------------------	------------------------	-------------------------	-----------------------------------

Sicherheitsvorrichtungen:	■ Arbeitsraum:	■ Roboter:	■ Greifer:
	- keine Sicherheitsvorrichtungen	- Kraftregulierung - Geschwindigkeitsregulierung	- keine Sicherheitsvorrichtungen

Zertifizierung: ■ Applikation ist nicht zertifiziert

- Auswirkungen auf die Mitarbeiter**
- Arbeitsplatz ist beliebter als vorher
 - Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährlichen Teilen usw.)

4

Anwendungsfall Getriebegehäuse- Verschraubung



Wesentliche Informationen

LBR: iiwa
Kollaborationsgrad:
Synchronisation

Applikationsreife: in laufender Produktion
Applikationsort: Montage
Branche: Maschinen- und Anlagenbau

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manuelles Verschrauben von 30-36 Schrauben mit 104 Nm an ergonomisch ungünstigem Handarbeitsplatz
- Neuzustand: aut. Einmessen, iiwa startet bei Berührung, dann automatisierter Schraubprozess, nach Verschraubung geht iiwa in Ruheposition, Mitarbeiter bestückt parallel 2. Ablagetisch und steckt Schrauben vor

Produktbeschreibung

- Produkt: Getriebegehäuse in 4 Varianten
- Größe: ca. 1500 x 450 x 350 mm (komplettes Getriebe)
- Gewicht: ca. 150 kg (komplettes Getriebe)

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: 9 bis 10 min
- Taktzeit: ca. 20 sec
- Anzahl Schichten: 1 bis 2

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Steigerung der Produktivität an ergonomisch ungünstigem Arbeitsplatz (hohes Anzugsdrehmoment), Montage von 30-36 identischen Schrauben

Klassifikation der Applikation:

- Werkzeugeinsatz z. B. Schrauben
- Qualitätskontrolle

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
- Greifer:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Berufsgenossenschaft (DGUV)
- zertifiziert durch Systemintegrator

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)
- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.



5

Anwendungsfall

Autarke Drehzelle

Wesentliche Informationen

LBR:iiwa

Kollaborationsgrad:

Koexistenz

Applikationsreife: in laufender Produktion

Applikationsort: Teilefertigung

Branche: Elektrotechnik

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manuelles Handling (Greifen, Spänebeseitigung, Ablage & Greifen in/aus Messvorrichtung, Ablage in IO- und NIO-KLT) zum Beladen eines Umlaufbandes einer CNC-Drehmaschine
- Neuzustand: automatisiertes Handling & Bauteileidentifikation aller 29 Gehäusevarianten, Handling KLT auf Rollenband und aut. Einmessen durch Roboter, Roboter = flexibler Springer, Werker kann aber jederzeit eingreifen

Produktbeschreibung

■ Produkt:
Stator

■ Größe:
120 mm Länge,
100 mm Durchmesser

■ Gewicht:
ca. 500 g

Zahlen, Daten, Fakten

■ Vorgabezeit:
nicht bekannt

■ Taktzeit:
< 60 sec

■ Anzahl Schichten:
2

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Entlastung der Mitarbeiter, höhere Flexibilität, Springerkonzept damit jederzeit Werker eingreifen und den Roboter je nach Situation ablösen können.

Klassifikation der Applikation:

- Montieren bzw. Fügen
- Maschinenbestückung
- Qualitätskontrolle
- Pick & Place (Produkt umsetzen)
- Werkzeugeinsatz
z. B. Schrauben

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
- keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
- Kraftregulierung
- Geschwindigkeitsregulierung
- Greifer:
- keine Sicherheitsvorrichtungen

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Systemintegrator

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)
- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.

6

Anwendungsfall Autarke Drehzelle



Wesentliche Informationen

LBR: iiwa
Kollaborationsgrad:
Koexistenz

Applikationsreife: in laufender Produktion
Applikationsort: Teilefertigung
Branche: Weiße Ware

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manuelles Einbringen und 4x Verschrauben in Fließlinie in ungünstiger Körperhaltung
- Neuzustand: Bereitstellen der Schrauben durch externe Zuschießeinheit, Ausgleichen von Positionstoleranzen (1-2 mm), automatisches Verschrauben und Drehmomentüberwachung mit angedocktem iiwa im Fließband (= ortsflexibles hybrides Montagesystem)

Produktbeschreibung

- Produkt: Schraube für Pumpentopf
- Größe: ca. 30 mm, ca. 6 mm Durchmesser
- Gewicht: < 25 g

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: nicht bekannt
- Taktzeit: ca. 20 sec
- Anzahl Schichten: 2

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Automatisierung eines ergonomisch ungünstigen Arbeitsplatzes

Klassifikation der Applikation:

- Montieren bzw. Fügen
- Werkzeugeinsatz z. B. Schrauben
- Ein Teil greifen

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - Fußmatte
 - vorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
- Greifer:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Systemintegrator

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)



7

Anwendungsfall

Montage Doppel-Kupplungsgetriebe

Wesentliche Informationen

LBR: iiwa

Kollaborationsgrad:

Kooperation

Applikationsreife: in laufender Produktion

Applikationsort: Montage

Branche: Automobilindustrie

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manuelles Handhaben (12 kg), Fügen und Reparieren des Getriebes
- Neuzustand: mobiler LBR, der den MA unterstützt (kann dann mehrere Stationen betreuen) -> Produktionskonzept »Robot Farming«

Produktbeschreibung

- | | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Produkt:
Doppel-Kupplungsgetriebe | <ul style="list-style-type: none"> ■ Größe:
250 mm Durchmesser
ca. 6 mm Durchmesser | <ul style="list-style-type: none"> ■ Gewicht:
12 kg |
|---|--|--|

Zahlen, Daten, Fakten

- | | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Vorgabezeit:
keine Angabe | <ul style="list-style-type: none"> ■ Taktzeit:
ca. 45 sec | <ul style="list-style-type: none"> ■ Anzahl Schichten:
3 |
|---|--|---|

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Ergonomie; Wirtschaftlichkeit; bei neuen Teilen, falls noch kein Roboterprogramm vorhanden ist, kann Mitarbeiter Montage übernehmen; definierte Teile-Lage war bereits vorhanden

Klassifikation der Applikation:

- | | | |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Montieren bzw. Fügen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Mehrere Teile greifen
(Lager und Kupplung) | <ul style="list-style-type: none"> ■ Qualitätskontrolle
(korrekter Sitz des
Dichtrings) |
|--|--|--|

Sicherheitsvorrichtungen:

- | | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Arbeitsraum:
- keine Sicherheits-
vorrichtungen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Roboter:
- Kraftregulierung
- Geschwindigkeits-
regulierung | <ul style="list-style-type: none"> ■ Greifer:
- keine Sicherheits-
vorrichtungen |
|---|---|---|

Zertifizierung:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ zertifiziert durch
Berufsgenossenschaft | <ul style="list-style-type: none"> ■ zertifiziert durch
Systemintegrator (KUKA) |
|---|--|

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)
- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.

7_1

Anwendungsfall Motoraufrüstung mit Getriebe



Wesentliche Informationen

LBR: iiwa
Kollaborationsgrad:
Kollaboration

Applikationsreife: Test in realer Produktion
Applikationsort: Montage
Branche: Automobilindustrie

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manuell durch 2 Mitarbeiter mit Manipulator im Fließbetrieb, Getriebe wird mit hängendem Motor verschraubt (1. MA bringt Getriebe mit Manipulator, 2. MA hält Motor dagegen und dreht zum Einfädeln an Motorwelle)
- Neuzustand: LBR im MRK-Betrieb, 2. MA wird durch Roboter ersetzt (hält Motor dagegen und dreht zum Einfädeln an Welle)

Produktbeschreibung

- Produkt: Motor mit Getriebe
- Größe: PKW-Getriebe
- Gewicht: ca. 150 kg

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: keine Angabe
- Taktzeit: ca. 80 sec
- Anzahl Schichten: 3

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: schlechte Auslastung von 2 Mitarbeitern, schlechte Ergonomie, Wirtschaftlichkeit (Einsparung von einem Mitarbeiter)

Klassifikation der Applikation:

- Montieren bzw. Fügen
- Teil andienen (Motor gegenhalten)

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
- Greifer:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Berufsgenossenschaft
- zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)
- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.



7_3

Anwendungsfall

Stopfen-Montage

Wesentliche Informationen

LBR: iiwa

Kollaborationsgrad:

Koexistenz

Applikationsreife: Test in realer Produktion

Applikationsort: Montage

Branche: Automobilindustrie

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manuell, Über-Kopf-Arbeit, Produkt und Roboter stehen, Fahrzeug wird im Takt weitertransportiert (Taktbetrieb)
- Neuzustand: LBR im MRK-Betrieb, Taktbetrieb wie im Ausgangszustand

Produktbeschreibung

■ Produkt:
Gummi-Stopfen

■ Größe:
28 mm Durchmesser

■ Gewicht:
10 g

Zahlen, Daten, Fakten

■ Vorgabezeit:
keine Angabe

■ Taktzeit:
ca. 1,5 min

■ Anzahl Schichten:
2 bis 3

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Qualität (fehlende Stopfen)

Klassifikation der Applikation:

- Montieren bzw. Fügen
- Ein Teil greifen
- Qualitätskontrolle

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
- Greifer:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Berufsgenossenschaft
- zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)

8

Anwendungsfall Anreichen Kühlmittelausgleichsbehälter



Wesentliche Informationen

LBR: KR 5 SI
Kollaborationsgrad:
Kollaboration

Applikationsreife: in laufender Produktion
Applikationsort: Montage
Branche: Automobilindustrie

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: ungeordnete Bereitstellung der Behälter in Großladungsträger (GLT), MA holt Behälter aus GLT komplettiert und verbaut ihn in der Endmontagelinie
- Neuzustand: Roboter übernimmt Griff in den GLT und dient MA den richtigen Behälter, zur richtigen Zeit. ergonomisch korrekt an

Produktbeschreibung

- Produkt: Kühlmittelausgleichsbehälter
- Größe: ca. 300 x 200 x 100 mm
- Gewicht: < 1 kg

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: keine Angabe
- Taktzeit: ca. 80 sec
- Anzahl Schichten: 3

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Ergonomie verbesserungswürdig, Verwechslungsgefahr durch Behältervarianten

Klassifikation der Applikation:

- Ein Teil greifen
- Teil andienen
- Qualitätskontrolle (richtige Variante)

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
 - kapazitive bzw. taktile Sensorhaut
- Greifer:
 - mechanische Überwachung
 - taktile Überwachung

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Berufsgenossenschaft
- zertifiziert durch Systemintegrator

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Arbeitsplatz ist beliebter als vorher.
- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)
- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.



9

Anwendungsfall

Ventilvormontage

Wesentliche Informationen

LBR: KR 5 SI

Kollaborationsgrad:

Koexistenz

Applikationsreife: in laufender Produktion

Applikationsort: Montage

Branche: Pneumat. & elektromech. Antr.technik

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manuelle Montage an 2 hybriden Montagearbeitsplätzen, MA 1 führt eine Montage- & Verpreßtätigkeit am Ventilgrundkörper durch & legt Produkt in Puffer ab, MA 2 macht restl. Montage und Verpackung
- Neuzustand: Tätigkeit von MA 1 übernimmt Roboter und legt Produkt in Puffer ab (ist etwas schneller wie MA2), MA 2 siehe Ausgangszustand

Produktbeschreibung

■ Produkt:
Ventil

■ Größe:
ca. 120 x 50 x 30 mm

■ Gewicht:
< 250 g

Zahlen, Daten, Fakten

■ Vorgabezeit:
ca. 1 min

■ Taktzeit:
ca. 30 sec

■ Anzahl Schichten:
1 bis 2

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Beispiel zum Know-How-Aufbau, Lernen und Erfahrungen sammeln

Klassifikation der Applikation:

- Montieren bzw. Fügen
- Ein Teil greifen
- Maschinenbestückung (Ventil in Preßvorrichtung)

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
 - kapazitive bzw. taktile Sensorhaut
- Greifer:
 - mechanische Überwachung
 - taktile Überwachung

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Berufsgenossenschaft
- zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Mensch ist zum »Handlanger der Maschine« geworden (Roboter treibt Mensch an)

12

Anwendungsfall Montage Saugrohr



Wesentliche Informationen

LBR: UR5
Kollaborationsgrad:
Synchronisation

Applikationsreife: in laufender Produktion
Applikationsort: Montage
Branche: Maschinen- und Anlagenbau

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manueller Sitz-/Steh-AP, manuelles Verclipsen von 3-7 »Kunststoff-Verschleißteilen«
- Neuzustand: teilautomatisierter Steh-AP mit Verkleben der »Keramik-Verschleißteile«, Roboter übernimmt Kleber dosieren und Kleber spenden (2 Klebepunkte pro Verschleißteil)

Produktbeschreibung

- Produkt: Saugrohr
- Größe: Länge: 200-700 mm, Durchm.: 30-40 mm
- Gewicht: < 250 g

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: ca. 60 sec
- Taktzeit: ca. 20 sec
- Anzahl Schichten: 2

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Höhere Flexibilität und niedrigere Kosten als ein Linearsystem statt LBR, Wirtschaftlichkeit, Arbeiterleichterung für MA (kein manuelles Dosieren, weniger Kleberdämpfe)

Klassifikation der Applikation:

- Werkzeugeinsatz z. B. Schrauben (Dosiersystem)
- Kleben bzw. Schweißen

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - Umhausung
 - dyn. Arbeitsraumüberwachung
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
- Greifer:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Systemintegrator

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Arbeitsplatz ist beliebter als vorher.
- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)
- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.



13

Anwendungsfall Umhausungsfreie Kleinteilmontage

Wesentliche Informationen

LBR: YuMi
Kollaborationsgrad:
Koexistenz

Applikationsreife: in laufender Produktion
Applikationsort: Montage
Branche: Elektrotechnik

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manueller, höhenverstellbarer Sitz-/Steh-AP mit Kniehebelpressen
- Neuzustand: vollautomatische Montage mit YuMi

Produktbeschreibung

- Produkt: Schaltereinsatz
- Größe: ca. 40 x 40 x 20 mm
- Gewicht: < 30 g

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: 6 sec
- Taktzeit: 6 sec
- Anzahl Schichten: 2

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Wirtschaftlichkeit, einfacher Anwendungsfall um neue Technologie kennenzulernen und Akzeptanz der MA zu erreichen

Klassifikation der Applikation:

- Montieren bzw. Fügen
- Mehrere Teile greifen
- Maschinenbestückung

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - inhärente Sicherheit
 - Motorstrommessung
- Greifer:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Systemintegrator (BM-Bau)
- zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (Monotonie)

20

Anwendungsfall UR-Einsatz in der Endmontage



Wesentliche Informationen

LBR: UR5
Kollaborationsgrad:
Synchronisation

Applikationsreife: in laufender Produktion
Applikationsort: Montage
Branche: Elektrotechnik

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: komplett manuell an Geh-/Steh-AP mit 2 MA, manuelles Beschicken Laserstation (manuelles Einlegen, Drehen und Entnehmen von Produkt in Laserstation) (2 Produkte im Laser, lasern auf 2 Seiten, zwischendrin Produkt drehen) (incl. Auf- & Zuklappen)
- Neuzustand: manuelle Tätigkeiten 1 (bis Ablage Produkt in Vorrichtung 1 & Auslösung Start für Robbi), automatisierte Laserbeschickung (Produkt aus Ablage 1 holen und nach Bearbeitung wieder in Ablage 2 ablegen; manuelle Tätigkeiten 2 (Produkt aus Ablage 2 holen & Verpacken) mit 1 MA an Steh-/Geh-AP

Produktbeschreibung

- Produkt: Elektronikkomponente
- Größe: ca. 80 x 80 x 50 mm
- Gewicht: ca. 150 g

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: 120 sec für Mitarbeiter
- Taktzeit: 30 sec Robbi (incl. Wartezeiten)
- Anzahl Schichten: 2

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Beherrschbarer Anwendungsfall für Forschungsprojekt sowie sinnvoller Einsatz gesucht, Pilotprojekt (gestartet in 2012)

Klassifikation der Applikation:

- Ein Teil greifen
- Maschinenbestückung
- Pick & Place (Produkt umsetzen)

Sicherheitsvorrichtungen:

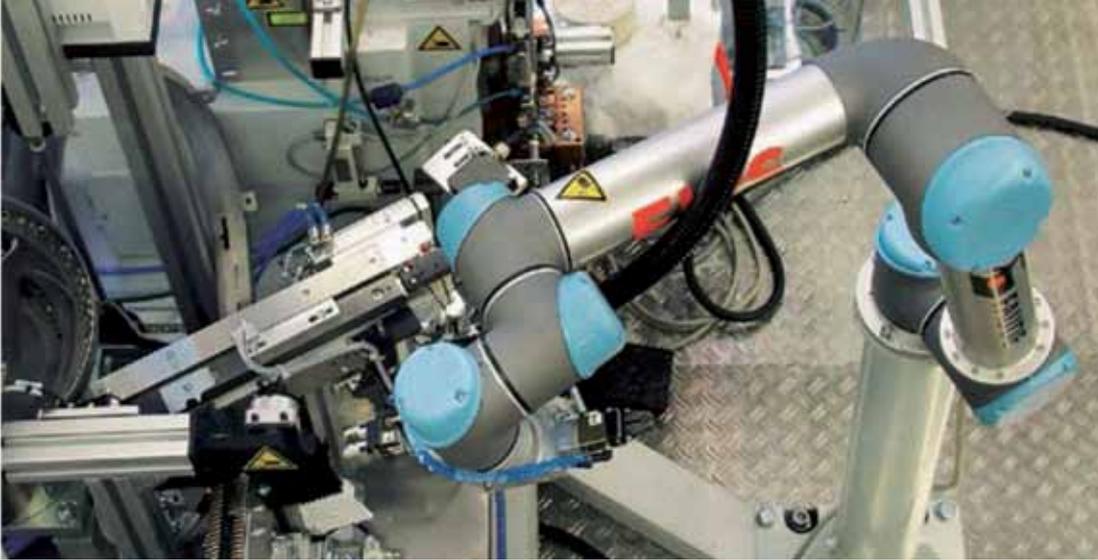
- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
- Greifer:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.



21

Anwendungsfall

UR-Einsatz: Kommissionieren

Wesentliche Informationen

LBR: UR5
Kollaborationsgrad:
Koexistenz

Applikationsreife: in laufender Produktion
Applikationsort: Montage
Branche: Elektrotechnik

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: Handarbeitsplatz an Verpackungsmaschine durch 1 MA (1 MA vorne und 1 MA hinten an Maschine)
- Neuzustand: vollautomatische Verpackung: UR greift Bedienungsanleitung & Kunststoffteil, Abwurf in Schacht in Beutel, Verpackungsmaschine erstellt Beutel und verschweißt ihn abschließend

Produktbeschreibung

- | | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Produkt:
Bedienungsanleitung
& Kunststoffteil | <ul style="list-style-type: none"> ■ Größe:
ca. 80 x 80 x 25 mm | <ul style="list-style-type: none"> ■ Gewicht:
ca. 50 g |
|---|--|---|

Zahlen, Daten, Fakten

- | | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Vorgabezeit:
keine Angabe | <ul style="list-style-type: none"> ■ Taktzeit:
10 sec | <ul style="list-style-type: none"> ■ Anzahl Schichten:
2 |
|---|--|---|

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Rationalisierungsmaßnahme (Einsparung von 1-2 MA)

Klassifikation der Applikation:

- Mehrere Teile greifen bzw. ansaugen

Sicherheitsvorrichtungen:

- | | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Arbeitsraum:
- keine Sicherheitsvorrichtungen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Roboter:
- Kraftregulierung
- Geschwindigkeitsregulierung | <ul style="list-style-type: none"> ■ Greifer:
- keine Sicherheitsvorrichtungen |
|---|---|---|

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Mitarbeiterkapazitäten können anderweitig eingesetzt werden (keine Entlassungen, ev. keine Einstellung von befristetem Personal)

22

Anwendungsfall Sicherheitsventil- montage



Wesentliche Informationen

LBR: UR10
Kollaborationsgrad:
Synchronisation

Applikationsreife: Demonstrator
Applikationsort: Montage
Branche: Energietechnik

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manuelle Montage von 3 Baugruppen und manueller Zusammenbau (Prüfung automatisiert) sowie Verpackung
- Neuzustand: automatisierter Zusammenbau des Grundkörpers und der 3 Baugruppen

Produktbeschreibung

- Produkt: Sicherheitsventil
- Größe: ca. 150 x 150 mm
- Gewicht: ca. 1 kg

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: ca. 3 min
- Taktzeit: ca. 90 sec
- Anzahl Schichten: 1

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Ausscheidende Mitarbeiter, höherer Automatisierung bei einfachen Tätigkeiten angestrebt (Arbeitsplatzsicherung im Hochlohnland D)

Klassifikation der Applikation:

- Montieren bzw. Fügen
- Werkzeugeinsatz z. B. Schrauben
- Mehrere Teile greifen
- Maschinenbestückung

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
- Greifer:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.



25

Anwendungsfall
**Piezo-Elemente
 abstapeln**

Wesentliche Informationen	LBR: APAS assistant Kollaborationsgrad: Koexistenz	Applikationsreife: in laufender Produktion Applikationsort: Teilefertigung Branche: Automobilindustrie	
Applikationsbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ausgangszustand: manuelle Beidhandarbeit im Stehen mit monotonem Arbeitsablauf, Behälter- bzw. Blisterwechsel alle 20-30 min durch Mitarbeiter ■ Neuzustand: Roboter arbeitet autark, Materialversorgung über Blister auf Röllchenbahnen und Entsorgung über Kisten-/Magazin-Hubgerät, alle 20-30 min Blister-/Magazinwechsel durch Mitarbeiter (Zeitbedarf ca. 5 min) 		
Produktbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Produkt: Piezo-Element 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Größe: ca. 15 x 5 x 4 mm 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gewicht: < 10 g
Zahlen, Daten, Fakten	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vorgabezeit: keine Angabe 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Taktzeit: 6 sec 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Anzahl Schichten: 3
Fragen zur Applikation	Auswahlgrund: Monotone Arbeit mit empfindlichen und bleihaltigem Produkt, Mitarbeiter kann im Neuzustand Mehrmaschinenbedienung durchführen		
Klassifikation der Applikation:	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ein Teil greifen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pick & Place (Produkt umsetzen) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verpacken & Palettieren
Sicherheitsvorrichtungen:	<ul style="list-style-type: none"> ■ Arbeitsraum: <ul style="list-style-type: none"> - keine Sicherheitsvorrichtungen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Roboter: <ul style="list-style-type: none"> - Kraftregulierung - Geschwindigkeitsregulierung - kapazitive bzw. taktile Sensorhaut 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Greifer: <ul style="list-style-type: none"> - mechanische Überwachung - optische Überwachung
Zertifizierung:	<ul style="list-style-type: none"> ■ zertifiziert durch Systemintegrator (ATMO) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft 	
Auswirkungen auf die Mitarbeiter	<ul style="list-style-type: none"> ■ Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.) ■ Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt. 		

26

Anwendungsfall Umstapeln Benzinpumpen



Wesentliche Informationen

LBR: APAS assistant
Kollaborationsgrad:
Koexistenz

Applikationsreife: in laufender Produktion
Applikationsort: Teilefertigung
Branche: Automobilindustrie

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manuelle Arbeit (ev. beidhändig) an Sitz-Arbeitsplatz mit schlechter Ergonomie (Körperdrehung alle 15 sec), Behälter- bzw. Magazinwechsel alle 20-30 min durch Mitarbeiter
- Neuzustand: Roboter arbeitet autark, Materialversorgung über Magazine auf Röllchenbahnen und Entsorgung über Kisten-/Magazin-Hubgerät, alle 20-30 min Kisten-/Magazinwechsel durch Mitarbeiter (Zeitbedarf ca. 5 min)

Produktbeschreibung

- Produkt: Benzinpumpen
- Größe: ca. 70 mm lang, 40 mm Durchmesser
- Gewicht: ca. 500 g

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: keine Angabe
- Taktzeit: < 15 sec
- Anzahl Schichten: 3

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Monotone Arbeit mit Benzin-/Öl-Geruchsbelästigung und schlechter Ergonomie, Mitarbeiter kann im Neuzustand Mehrplatzbedienung durchführen

Klassifikation der Applikation:

- Ein Teil greifen
- Pick & Place (Produkt umsetzen)
- Verpacken & Palettieren

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
 - kapazitive bzw. taktile Sensorhaut
- Greifer:
 - mechanische Überwachung
 - optische Überwachung

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)
- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.



27

Anwendungsfall Steckerleisten umstapeln

Wesentliche Informationen	LBR: APAS assistant Kollaborationsgrad: Koexistenz	Applikationsreife: in laufender Produktion Applikationsort: Teilefertigung Branche: Automobilindustrie	
Applikationsbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ausgangszustand: manuelle Arbeit (ev. beidhändig) an Sitz-Arbeitsplatz mit schlechter Ergonomie (Körperrückdrehung alle 15 sec), Behälter- bzw. Magazinwechsel alle 20-30 min durch Mitarbeiter ■ Neuzustand: Roboter arbeitet autark, Materialversorgung über Magazine auf Röllchenbahnen und Entsorgung über Kisten-/Magazin-Hubgerät, alle 20-30 min Kisten-/Magazinwechsel durch Mitarbeiter (Zeitbedarf ca. 5 min) 		
Produktbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Produkt: Steckerleisten 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Größe: ca. 100 x 25 x 10 mm 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gewicht: ca. 100 g
Zahlen, Daten, Fakten	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vorgabezeit: keine Angabe 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Taktzeit: < 15 sec 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Anzahl Schichten: 3
Fragen zur Applikation	Auswahlgrund: Monotone Arbeit und schlechte Ergonomie, Mitarbeiter kann im Neuzustand Mehrplatzbedienung durchführen		
Klassifikation der Applikation:	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ein Teil greifen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pick & Place (Produkt umsetzen) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verpacken & Palettieren
Sicherheitsvorrichtungen:	<ul style="list-style-type: none"> ■ Arbeitsraum: - keine Sicherheitsvorrichtungen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Roboter: - Kraftregulierung - Geschwindigkeitsregulierung - kapazitive bzw. taktile Sensorhaut 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Greifer: - mechanische Überwachung - optische Überwachung
Zertifizierung:	<ul style="list-style-type: none"> ■ zertifiziert durch Systemintegrator (ATMO) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft 	
Auswirkungen auf die Mitarbeiter	<ul style="list-style-type: none"> ■ Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.) ■ Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt. 		

28

Anwendungsfall Palettierung von Ventilhaltekörpern



Wesentliche Informationen	LBR: APAS assistant Kollaborationsgrad: Koexistenz	Applikationsreife: in laufender Produktion Applikationsort: Teilefertigung Branche: Elektrotechnik	
Applikationsbeschreibung	<ul style="list-style-type: none">■ Ausgangszustand: manuelle Arbeit (ev. beidhändig) an Sitz-Arbeitsplatz mit schlechter Ergonomie (Körperdrehung alle 15 sec), Behälter- bzw. Magazinwechsel alle 20-30 min durch Mitarbeiter■ Neuzustand: Roboter arbeitet autark, Materialversorgung über Magazine auf Röllchenbahnen und Entsorgung über Kisten-/Magazin-Hubgerät, alle 20-30 min Kisten-/Magazinwechsel durch Mitarbeiter (Zeitbedarf ca. 5 min)		
Produktbeschreibung	<ul style="list-style-type: none">■ Produkt: Ventilhaltekörper	<ul style="list-style-type: none">■ Größe: ca. 80 mm lang, 5 mm Durchmesser	<ul style="list-style-type: none">■ Gewicht: ca. 100 g
Zahlen, Daten, Fakten	<ul style="list-style-type: none">■ Vorgabezeit: keine Angabe	<ul style="list-style-type: none">■ Taktzeit: < 15 sec	<ul style="list-style-type: none">■ Anzahl Schichten: 3
Fragen zur Applikation	Auswahlgrund: Monotone Arbeit mit Benzin-/Öl-Geruchsbelästigung und schlechter Ergonomie, Mitarbeiter kann im Neuzustand Mehrplatzbedienung durchführen		
Klassifikation der Applikation:	<ul style="list-style-type: none">■ Ein Teil greifen	<ul style="list-style-type: none">■ Pick & Place (Produkt umsetzen)	<ul style="list-style-type: none">■ Verpacken & Palettieren
Sicherheitsvorrichtungen:	<ul style="list-style-type: none">■ Arbeitsraum: - keine Sicherheits- vorrichtungen	<ul style="list-style-type: none">■ Roboter: - Kraftregulierung - Geschwindigkeits- regulierung - kapazitive bzw. taktile Sensorhaut	<ul style="list-style-type: none">■ Greifer: - mechanische Überwachung - optische Überwachung
Zertifizierung:	<ul style="list-style-type: none">■ zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft		
Auswirkungen auf die Mitarbeiter	<ul style="list-style-type: none">■ Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)■ Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.		



42

Anwendungsfall
**Handling bei
 Statorprüfung und
 Ab stapeln**

Wesentliche Informationen

LBR: APAS assistant
 Kollaborationsgrad:
 Koexistenz

Applikationsreife: Demonstrator
 Applikationsort: Teilefertigung
 Branche: Automobilindustrie

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manuelle Arbeit (ev. beidhändig) an Sitz-Arbeitsplatz mit schlechter Ergonomie (Körperdrehung alle 15 sec), Behälter- bzw. Magazinwechsel alle 20-30 min durch Mitarbeiter
- Neuzustand: Roboter arbeitet autark, Materialversorgung über Magazine auf Röllchenbahnen und Entsorgung über Kisten-/Magazin-Hubgerät, alle 20-30 min Kisten-/Magazinwechsel durch Mitarbeiter (Zeitbedarf ca. 5 min)

Produktbeschreibung

- Produkt: Stator
- Größe: ca. 120 mm Länge, 100 mm Durchmesser
- Gewicht: ca. 500 g

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: keine Angabe
- Taktzeit: < 15 sec
- Anzahl Schichten: 3

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Monotone Arbeit mit schlechter Ergonomie, Mitarbeiter kann im Neuzustand Mehrplatzbedienung durchführen

Klassifikation der Applikation:

- Ein Teil greifen
- Pick & Place (Produkt umsetzen)
- Qualitätskontrolle
- Maschinenbestückung

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
 - kapazitive bzw. taktile Sensorhaut
- Greifer:
 - mechanische Überwachung
 - optische Überwachung

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)
- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.

43

Anwendungsfall Prüfung elektro- nisches Steuergerät



Wesentliche Informationen

LBR: APAS assistant
Kollaborationsgrad:
Koexistenz

Applikationsreife: in laufender Produktion
Applikationsort: Montage
Branche: Automobilindustrie

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: manuelle U-Linie mit 6 Prüfstationen, besetzt mit 2 MA
- Neuzustand: hybride U-Linie mit 6 Prüfstationen, besetzt mit 2 APAS und 1 MA oder vollautomatische U-Linie mit 6 Prüfstationen, besetzt mit 4 APAS (APAS übernehmen die Handlingprozesse für das Be- und Entladen der Prüfstationen)

Produktbeschreibung

- Produkt: elektronisches Steuergerät
- Größe: ca. 100 x 100 x 80 mm
- Gewicht: ca. 500 g

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: ca. 80 sec
- Taktzeit: ca. 20 sec
- Anzahl Schichten: 3

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Schaffung einer Standard U-Linie, die von manuellem bis vollautomatischem Betrieb skalierbar ist und somit den unterschiedlichen Gegebenheiten in Hoch- bzw. Niedriglohnländern ohne Änderung von Grundlayout und Prüftechnik angepasst werden kann (APAS übernimmt keine Montage- sondern nur Handlingtätigkeiten, Steuergerät ist z.T. 115 Grad Celsius heiß)

Klassifikation der Applikation:

- Ein Teil greifen
- Maschinenbestückung
- Pick & Place (Produkt umsetzen)

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
 - kapazitive bzw. taktile Sensorhaut
- Greifer:
 - optische Überwachung bzw. Referenzieren

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Sicherheitsfachkraft

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Belastungen wurden vom Mitarbeiter verlagert (z. B. Lastenhandhabung, arbeiten mit gefährl. Teilen usw.)
- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.



44

Anwendungsfall
Ventilmontage

Wesentliche Informationen

LBR: APAS assistant
Kollaborationsgrad:
Kooperation

Applikationsreife: Demonstrator
Applikationsort: Montage
Branche: Automobilindustrie

Applikationsbeschreibung

- Ausgangszustand: Montage an manuellem Sitzarbeitsplatz in Fließlinie (Engpassarbeitsplatz): Zusammenstecken Ober- und Zwischenteil, Fügen Oberteil und manuelles Verschrauben, Teilebereitstellung in Magazinen auf Rollenbahnen, Behälter- bzw. Magazinwechsel alle 20-30 min durch Mitarbeiter
- Neuzustand: Roboter fügt Zwischenteil auf Unterteil in WST, legt Baugruppe in Vorrichtung ab und fügt Oberteil. Mitarbeiter holt Baugruppe in seine (2.) Vorrichtung und verschraubt die 3 Teile, führt alle Magazinwechsel wie im IST durch

Produktbeschreibung

- Produkt: Ventilmodul in vielen Varianten
- Größe: ca. 50 mm Durchmesser, 100 mm lang
- Gewicht: < 250

Zahlen, Daten, Fakten

- Vorgabezeit: ca. 60 sec
- Taktzeit: ca. 30 sec
- Anzahl Schichten: 2 bis 3

Fragen zur Applikation

Auswahlgrund: Arbeitsplatz mit einem Mitarbeiter ist Engpass für die gesamte Linie (2. Mitarbeiter nicht ausgelastet), Qualitätserhöhung durch Reduzierung Teilverwechslung (Teileüberprüfung durch Kamera), Vollautomatisierung zu teuer und aut. Schraubvorgang sehr störanfällig

Klassifikation der Applikation:

- Montieren bzw. Fügen
- Mehrere Teile greifen
- Teil andienen
- Qualitätskontrolle

Sicherheitsvorrichtungen:

- Arbeitsraum:
 - keine Sicherheitsvorrichtungen
- Roboter:
 - Kraftregulierung
 - Geschwindigkeitsregulierung
 - kapazitive bzw. taktile Sensorhaut
- Greifer:
 - mechanische Überwachung
 - optische Überwachung

Zertifizierung:

- zertifiziert durch Systemintegrator

Auswirkungen auf die Mitarbeiter

- Die individuellen Fähigkeiten von Mensch und Maschine werden gut eingesetzt.
- Geringerer Taktdruck für den Mitarbeiter

Impressum

Kontaktadresse:

*Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und
Organisation IAO, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
www.iao.fraunhofer.de*

Manfred Bender

*Telefon +49 711 970-2056
manfred.bender@iao.fraunhofer.de*

Titelbild: © Ludmilla Parsyak / Fraunhofer IAO

Layout: SpiegelGrafik Kommunikationsdesign

Druck und Weiterverarbeitung:

*IRB Mediendienstleistungen
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB, Stuttgart*

© Fraunhofer IAO, 2016

