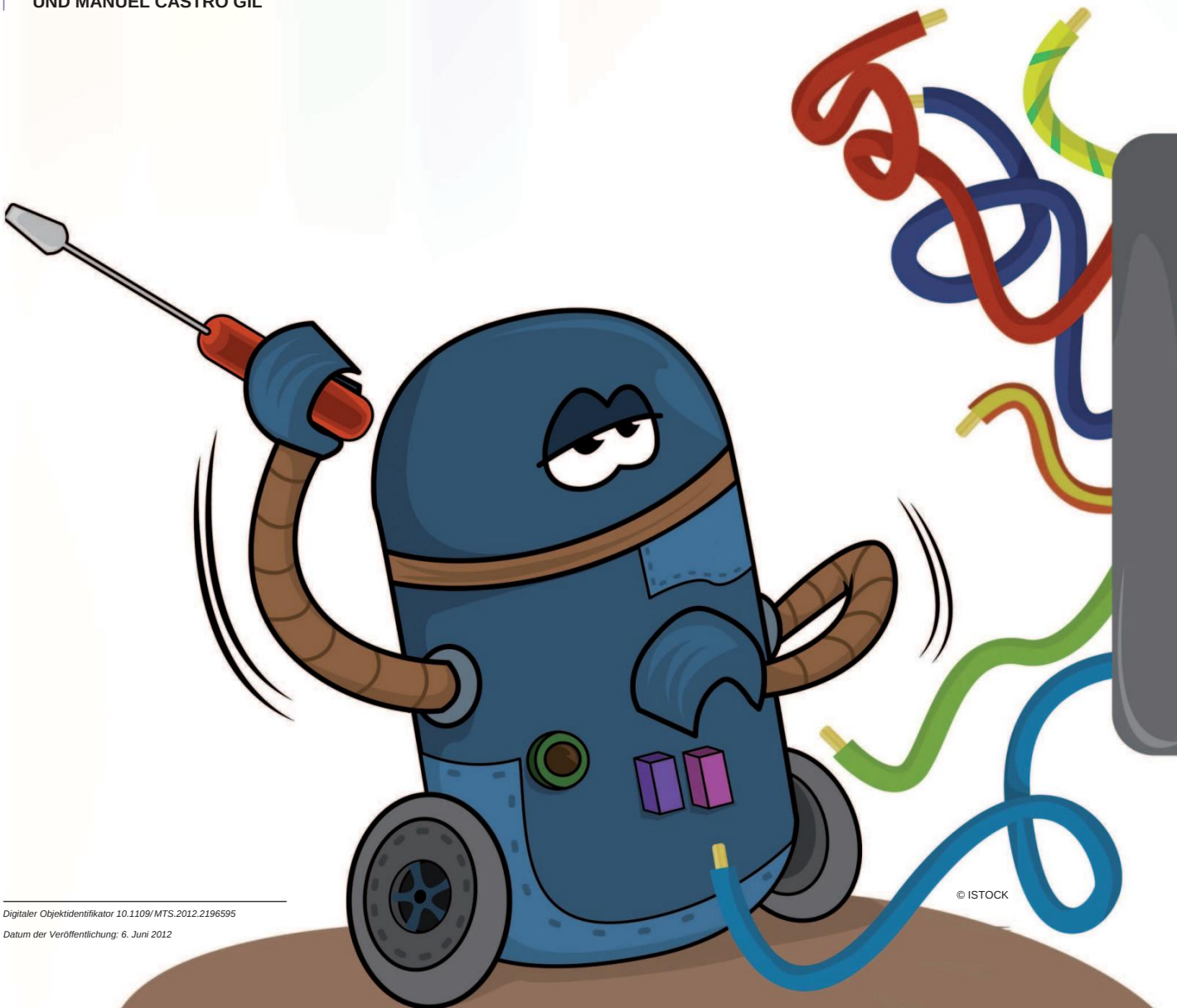


# Robotics, the New Industrial Revolution

DER DEUTSCHE CARRO FERNANDEZ, SERGIO MARTIN GUTIERREZ,  
ELIO SANCRISTOBAL RUIZ, FRANCISCO MUR PEREZ,  
UND MANUEL CASTRO GIL



© ISTOCK

Digitaler Objektkennzeichner 10.1109/MTS.2012.2196595  
Datum der Veröffentlichung: 6. Juni 2012

**R**obots werden ein wichtiger Teil davon die „neue soziale Technologie“. „Nologie“ definiert durch Hirai [1], wo es immer

häufiger vorkommt, einen Roboter in jeder Umgebung zu finden. Während wir es gewohnt sind, Roboter in verschiedenen Umgebungen wie Supermärkten,

Kindergärten (z. B. Roboter-Haustiere), Krankenhäusern (z. B. für Operationen) oder zu Hause (z. B. Staubsaugroboter) zu finden, ist dies die Umgebung, in der es

immer noch die meisten Roboter gibt Industrie (z. B. Automobilindustrie). Aus diesem Grund sind viele Studien erforderlich, um die geeigneten Mechanismen zur Integration von Robotern auf allen Ebenen unserer Gesellschaft zu finden. Wir müssen Themen aus vielen Perspektiven betrachten, etwa aus Geschichte, Literatur, Wirtschaft, Kultur, technologischen Entwicklungen, Elektronik, Computer oder Industrie. Die gewonnenen Erkenntnisse werden uns dabei helfen, die positivste und vorteilhafteste Integration von Robotern in den

Die Science-Fiction-Literatur hat zwei grundlegende Aspekte der Beziehung zwischen Robotern und Menschen gestärkt: den destruktiven, der von Karel Capek (eigentlich von seinem Bruder Josef) im ersten historischen Auftreten des Wortes „Roboter“ vorgeschlagen wurde [2], [3], und die konstruktive, gestärkte Wirkung der Romane von Isaac Asimov [4]. Beide beginnen sich heute in der Industrie durchzusetzen.

Aspekte wie Sicherheit und Risikominderung sowie erhöhte Produktivität, Effizienz und verbesserte Arbeitsbedingungen am Arbeitsplatz haben Unternehmen dazu veranlasst, die Automatisierung und die Einführung von Robotern am Arbeitsplatz schrittweise zu steigern. Dieser Prozess wird von den Arbeitnehmern nicht immer begrüßt. Angst vor einer Entlassung, Bedenken hinsichtlich veränderter Arbeitsbedingungen, Angst vor Veränderungen im Allgemeinen oder Unwissenheit darüber, was die Arbeit mit Robotern mit sich bringen kann, sind einige Probleme, die die Modernisierung eines

Automatisierung [5] ist ein viel umfassenderes Konzept als die Einführung von Robotern am Arbeitsplatz. Tatsächlich Roboter

sind ein Teil – in vielen Fällen der sichtbarste Teil – des Automatisierungsprozesses. In diesem Artikel beziehen wir uns hauptsächlich auf Roboter, wenn es um Automatisierung geht. Der Widerstand der Mitarbeiter richtet sich in der Regel gegen die Einführung von Robotergeräten am Arbeitsplatz. Diese Bedrohung wird nicht so offen diskutiert, wenn wir stattdessen einfach von der Einführung neuer Ventile, Sensoren, Zeitgeber, Maschinen, Computer, Wasserversorgung,

Bewässerung, Stromversorgung oder Telekommunikationsinfrastruktur sprechen. Der Konflikt entsteht nur bei Robotergeräten, die die zuvor von einem menschenähnlichen Roboter übernommen werden. Solche Konflikte sollten vermieden werden, wenn wir die Installation von Robotern am Arbeitsplatz und ihre Akzeptanz durch die Arbeitnehmer erleichtern wollen.

Derzeit bewerten Unternehmen die Risiken der Einführung von Robotik in ihre Fertigungsaktivitäten [6], da dies mit der Zerstörung von Arbeitsplätzen und einer Beeinträchtigung des Verhaltens von Arbeitnehmern und Gewerkschaften verbunden sein könnte [7].

Unser Ziel ist es zu zeigen, dass Automatisierung allein nicht in allen Fällen eine Steigerung der Unternehmensgewinne garantiert. Gleichzeitig ist sein Verbot keine Garantie für den Erhalt von Arbeitsplätzen. Wir werden einen Spaziergang durch die Geschichte machen, uns mit der Sicherheit und Produktivität von Arbeitnehmern befassen, die Automatisierungstechnologien nutzen, neue Merkmale der heutigen Industrie erkunden und zwei Schlüsselemente vorstellen: Flexibilität und Anpassungsfähigkeit.

## Industrielle Revolution und Roboter

Die Einführung von Maschinen war eines der wichtigsten Ereignisse der industriellen Revolution. Neben anderen positiven und negativen Auswirkungen führte die Einführung von Maschinen zu einer erheblichen Produktivitätssteigerung, sodass die Industrie in den frühen Tagen des Kapitalismus den wachsenden Anforderungen der Gesellschaft gerecht werden konnte. Dieser Prozess ermöglichte einen breiten Konsum, senkte die Produktionskosten und kurbelte die Weltwirtschaft an.

Der Automatisierungsprozess erfolgte weltweit schnell und kontinuierlich, da der Wettbewerb auf dem boomenden internationalen Markt dies erforderte. Tatsächlich konnten nur die Unternehmen überleben, die vor ihren Konkurrenten zuerst modernisierten. Der Modernisierungs- und Automatisierungsprozess führte zur Gründung von Gewerkschaften [8]. Es

entstand die Notwendigkeit, Arbeitsplätze zu schützen, und das Streben nach einem günstigeren Arbeitsplatz und besserer Bezahlung (oder nach überhaupt einer Bezahlung, da die Arbeitnehmer manchmal nur für die täglichen Mahlzeiten arbeiteten) nahm zu. Auf der Grundlage eines solchen Denkens wurde es üblich, dass Industrien, ihre Produktivität zu bewerten und zu konkurrieren.

Auch die Situation der Arbeitnehmer begann sich durch die Automatisierung zu verbessern. Produktivität und Gehälter der Arbeitnehmer stiegen. Damals zweifelte niemand daran, dass es sich bei der Änderung um eine allgemeine Verbesserung handelte.

Heute, fast zwei Jahrhunderte später, da der Kapitalismus durch die globale Wirtschaftskrise in Frage gestellt wird, erzeugt die bloße Erwähnung der Einführung neuer Roboter in der

Automobilindustrie [9] oder im Baugewerbe Misstrauen unter den Arbeitnehmern und provoziert bei vielen Gewerkschaftsprotesten Sie sehen Roboter als Bedrohung für ihren Arbeitsplatz.

Für eine bessere Mensch-Maschine-Integration [10] ist es jedoch erforderlich, die tägliche Arbeitsleistung zu erleichtern und Arbeitsunfälle und Verletzungen durch übermäßige körperliche Anstrengung oder Stress zu reduzieren. Dieser Prozess ist ein Ziel, das erreicht werden muss.

Die Automatisierung ist ein weiteres Werkzeug betrachtet werden, wie ein Schraubenzieher, ein Stift, ein Computer oder Dieser Ansatz strebt keine Kostensenkungen durch Entlassungen oder Vertretungen an. Tatsächlich zielt es darauf ab, die Produktivität zu steigern, die Qualifikationen der Arbeitskräfte zu verbessern und letztendlich den Mehrwert der Branche, in der sie tätig sind, zu steigern.

## Sicherheit, Effizienz und Produktivität

Wenn Unternehmen Roboter in einen Produktionsprozess oder eine industrielle Tätigkeit einführen, ist die Sicherheit in den meisten Fällen von entscheidender Bedeutung.

hervorgehobene Funktion. Der Einsatz von Robotern bei Aktivitäten mit hohem Risiko für Menschen (z. B. Bergbau, Suche und Rettung [11], Umgang mit bestimmten chemischen oder nuklearen Produkten oder sogar alltägliche Aktivitäten wie Parken [12]) macht diese

Maschinen zu menschlichen Beschützern. Doch selbst in diesen Situationen wird der Roboter in den meisten Fällen ferngesteuert von einem Menschen gesteuert, sodass dieser anstelle eines menschlichen Arbeiters die Aufgaben ausführt.

Sind „Effizienz“ und „Produktivität“ ähnliche Fälle? Werden sie durch den Einsatz von Robotern verstärkt? Die Antwort auf diese Variablen ist nicht so klar.

Ein Teil des Misstrauens gegenüber Robotern in der Gesellschaft ist auf eine Reihe falscher Annahmen zurückzuführen. Lassen Sie uns hier einige dieser Missverständnisse ansprechen.

☞ Die Einführung von Robotern senkt die Produktionskosten [10]: Diese Aussage mag mittel- bis langfristig zutreffen, kurzfristig trifft sie jedoch nicht zu. Tatsächlich ist die Einführung eines Roboters in den Fertigungsprozess mit ungewöhnlich hohen Implementierungskosten verbunden. Zu diesen Implementierungskosten gehören Kosten im Zusammenhang mit der Einrichtung, der Umweltverträglichkeit, der Mitarbeiterschulung, ersten Tests und Startkosten. Zu den Anlaufkosten gehören auch Wartungs- und Bedienschulungen – damit die Mitarbeiter Aufsichts- und Überwachungstätigkeiten beherrschen und die Geräte in einwandfreiem Betriebszustand halten können.

☞ Der Einsatz von Robotik steigert die Produktion und den Nutzen [10]: Wenn ein Unternehmen einen Roboter einführt und ein Produktionssystem automatisiert, zielt es darauf ab, die Produktion zu steigern. Aufgrund der hohen Implementierungskosten für die kurzfristige Installation und den Betrieb der neuen Ausrüstung bedeutet die Einführung von Robotergeräten jedoch nicht zwangsläufig einen Produktivitätsvorteil.

## Der Mensch ist ein wesentlicher Bestandteil der Industrie und die Automatisierung sollte mit seiner Akzeptanz erfolgen.

Gründe, die im ersten Aufzählungspunkt dargelegt wurden – und auch, weil höhere Produktion und Effizienz nicht bedeuten, dass die Nachfrage in gleicher Weise wächst. In einem Kontext einer schrumpfenden Wirtschaft, in der die Nachfrage sinkt, bedeutet eine Steigerung der Produktion nur, dass die Geschäfte überfüllt sind und neue Waren auf Lager bleiben, was zu direkten Verlusten für ein Unternehmen führt.

☞ Ein Roboter reduziert die Zahl der Arbeiter [10]: Diese Aussage trifft nicht immer zu. Was es wirklich bedeutet, ist, dass der Einsatz von Robotern die Ausbildung der Arbeitnehmer verbessert. In einem Montageprozess kann es mehrere Mitarbeiter geben, deren Arbeit nur den Einsatz einer einzigen Maschine zur Montage erfordert. Die Einführung eines Roboters zur Durchführung kontinuierlicher Montagen erfordert eine Schulung in seiner Verwendung und eine Überwachung durch die Arbeiter. Obwohl dies in einigen Fällen

Starkpassungen, ist es nicht typisch. Was tatsächlich geschieht, ist eine Veränderung der Arbeit im industriellen Prozess von manueller und sich wiederholender Arbeit hin zu einer Überwachungstätigkeit mit geringerer körperlicher Arbeitsbelastung. Dieser Übergang erfolgt ohne Gehaltskürzung und führt in vielen Fällen aufgrund der erhöhten Verantwortungsbelastung am neuen Arbeitsplatz sogar zu einer Gehaltserhöhung.

☞ Ein Roboter braucht keine Menschen: Diese Aussage [13] ist derzeit nicht wahr. Ein Roboter ist jederzeit abhängig. Einstellungen, Software, Hardware, Mechanik, Wartung und Qualitätskontrolle sind nur einige der notwendigen Dienste, die ein Roboter benötigt, um

Grundlegendes zu funktionieren und seine Aufgaben auszuführen.

Arbeit. Tatsächlich ist nur die menschliche Erfahrung in der Lage, den industriellen Prozess zu erfassen [14] und ihn in Software zur Verbesserung des Roboterhaltens umzuwandeln. Damit alles funktioniert, braucht der Roboter den Menschen.

☞ Die Kosten für einen Roboter sind niedriger als für einen Mitarbeiter: Dies mag mittel- und langfristig zutreffen, aber tatsächlich ist das Recycling und die Schulung eines Menschen aufgrund der hohen Installations- und Umweltsanierungskosten viel kostengünstiger als die Modifizierung oder der Austausch eines Industrieroboters [15].

☞ Robotik steigert die Effizienz: Die Suche nach einem Gleichgewicht zwischen Produktion und Kosten definiert Effizienz. Die Einführung von Robotik in der Industrie kann zur Effizienzsteigerung beitragen, erfordert aber eine gute Integration von Robotern in den Produktionsprozess, die nur durch

Einbestimmung der Arbeitsaufteilung auf einen Arbeitnehmer vor werden kann, um einen erfolgreichen Roboterbetrieb sicherzustellen.

Wenn das Unternehmen über qualifiziertes Personal verfügt, das die Grenzen und Möglichkeiten des Roboters kennt, mit dem es arbeitet, erleichtert es dessen Einsatz und die Effizienz steigt. Wenn die Mitarbeiter ihr neues Arbeitsgerät hingegen

nicht kennen oder es ablehnen, sinkt die Effizienz, was die Sicherheit gefährdet und die Produktivität am Arbeitsplatz verringert.

☞ Eine bedingungslose Ausbildung der Arbeitnehmer muss mit einem Integrationsprozess der einzusetzenden Roboter einhergehen. Schulung und Integration werden dazu beitragen, die Vorteile der Einführung der Robotik in der Industrie zu maximieren.

Konkrete Aussagen über die positiven

Effekte der Automatisierung von machen

## Die Entscheidung, einen Roboter in einen Geschäftsprozess einzuführen, zielt keineswegs darauf ab, menschliche Aktivitäten im Prozess zu unterdrücken.

Die Einführung von Robotik in einem

Unternehmen ist schwierig. Die Entscheidung für den Kauf und die Installation einer neuen Maschine ist nicht einfach, sondern ein Prozess, der Integration erfordert. Tatsächlich ist „Integration“ das Schlüsselwort: Integration in den Arbeitsplatz, Integration von Arbeitskräften und Robotern, die ergänzen oder helfen, und Integration durch bessere Schulung der vorhandenen Arbeitskräfte. Kurz gesagt erfordert die Einführung eines Roboters eine detaillierte Untersuchung der aktuellen Bedingungen des Unternehmens und der Konsequenzen, die sich aufgrund der eintretenden Änderungen ergeben werden. Die Einführung sollte ein durchdachter Prozess sein und die Bewertung verschiedener Faktoren umfassen: technische, wirtschaftliche, psychologische und soziale. Werden alle Faktoren richtig bewertet, erhöhen sich die Chancen auf eine erfolgreiche Integration und damit auf eine höhere Produktionseffizienz.

Die Entscheidung, einen Roboter in einen Geschäftsprozess einzuführen, erfordert ein Gleichgewicht zwischen Sicherheit, Effizienz, Produktivität und Kosten und zielt in keiner Weise darauf ab, menschliche Aktivitäten im Prozess zu unterdrücken, sondern ihn an einen neuen Produktionsprozess anzupassen und so die Sicherheit und Arbeitseffizienz zu erhöhen.

### Die neue industrielle Revolution

Wir stehen vor einem neuen Paradigma, das von Telematik, Robotik und der nachhaltigen und effizienten Nutzung industrieller

Ressourcen angeführt wird [16]. Aber wo ist der Mensch? Können Roboter den Industriearbeiter ersetzen?

Können Arbeitnehmer in der Industrie in den Hintergrund gedrängt werden? Zuvor haben wir die Gründe hervorgehoben, warum ein Unternehmen die Einführung eines Roboters in den Produktionsprozess vorschlagen könnte. Als Nächstes werden wir die Gründe untersuchen, warum sich eine Gewerkschaft oder Gewerkschaft dieser Einführung widersetzen könnte.

Wir stehen erneut vor der „destruktiven“ oder „konstruktiven“ Haltung, die am Anfang dieses Artikels diskutiert wurde. In diesem Abschnitt wird näher darauf eingegangen und die Gründe unterschieden, die jeweils zu der einen oder anderen Ansicht führen.

☞ **Kulturelle Unterschiede:** Das Bild, das östliche Länder (z. B. Japan oder Korea) von Robotern haben, ist tendenziell „konstruktiver“ [17], freundlicher und serviceorientierter als das Bild in westlichen Ländern, z. B. den Vereinigten Staaten und anderen Ländern Europa. In Ostasien werden Kinder mit Manga-Comics konfrontiert [18], in denen Roboter (Mechas) aus anthropomorpher Sicht immer eine definierte Rolle spielen und Arbeiten gezeigt werden, die manchmal an das Heroische grenzen. Der Kontakt von Kindern mit dieser Sichtweise ist sehr hilfreich, um im Erwachsenenalter zu dieser konstruktiven Perspektive zu gelangen. Im Gegensatz dazu stellt die westliche Vision von Robotern, die sich teilweise in der westlichen Literatur (z. B. HG Wells [19]), traditionellen Comics (z. B. der Matrix-Serie) oder Filmen (z. B. Terminator) [20] widerspiegelt, Roboter als ... dar. Eine destruktive Maschinerie mit negativem Ziel, die nicht zu einem Bild der Integration führt, sondern zum genauen Gegenteil.

☞ **Wirtschaftliche Unterschiede:** Anzahl - Versuche mit einem hohen Pro-Kopf-Einkommen streben tendenziell nach Verbesserungen in der Produktion, geringeren Umweltkosten, Verbesserungen der Arbeitsbedingungen und verbesserten Industrieprozessen [21]. Um diese Ziele zu erreichen, nutzen solche Länder Robotik. Im Gegensatz dazu sind es in der Regel Entwicklungsländer, die über ein niedriges Einkommen verfügen und Wachstum und Überleben auf möglichst kostengünstige Weise anstreben.

Verwenden Sie die billigsten Arbeitskräfte, die es auf dem Markt gibt: Männer, Frauen und manchmal auch Kinder. In diesen Ländern wird der Einsatz von Robotern überhaupt nicht in Betracht gezogen.

☞ **Design- oder Bildunterschiede:** Die Akzeptanz eines Roboters ist immer größer, wenn sein äußeres Erscheinungsbild freundlicher erscheint [22]-[24]. Die Verwendung von Formen, die Menschen, unserer Kultur nahestehende Tiere (z. B. Hunde, Pferde und Katzen), Spielzeug oder sogar abgerundete Formen ohne scharfe Winkel und sichtbare Oberflächen ohne Falten nachahmen, wird tendenziell besser akzeptiert als andere Formen. Themen, die bei Service- und Freizeitrobotern längst akzeptiert sind, müssen auch in der Industrierobotik flächendeckend umgesetzt werden.

Obwohl die Tendenz besteht, Industrieroboter als weiteres Arbeitsgerät zu betrachten, müssen wir bedenken, dass die Roboter in einem Produktionsteam arbeiten, in dem der Mensch ein wesentlicher Bestandteil dafür ist, dass die Dinge ordnungsgemäß funktionieren. Wir müssen uns auch darüber im Klaren

sein, dass beim Konzept des „Images“ die Art und Weise, wie den Arbeitern der Einsatz und die Aufgabe von Robotern nähergebracht werden, für ihre schnelle Akzeptanz von entscheidender Bedeutung sein wird. Dabei spielt auch das Merchandising eine zentrale Rolle. Tatsächlich gibt es wichtige Studien zu Argumenten für und gegen menschenähnliche Roboter. In Branchen wie Tourismus, Dienstleistungen und Unterhaltung gibt es viele Helpdesk-Roboter mit Menschenbild. In diesen Fällen nahmen die Befürchtungen zu, dass Roboter den Menschen bei der Arbeit ersetzen könnten. Im Gegensatz zu einem Menschen könnte ein Roboter jedoch unterbrochen werden oder von einer Fehlfunktion betroffen sein [25].

Wenn wir über die Reaktionen der Gewerkschaften auf die Industrierobotik sprechen, sehen wir uns im Allgemeinen mit kulturellen und Imagetrends konfrontiert. Wir gehen davon aus, dass andere wirtschaftliche Themen bereits in den jeweiligen Gremien in entsprechenden Geschäftssitzungen verhandelt und vereinbart wurden. In diesem Sinne haben v

muss sich mit den notwendigen Merkmalen eines Vorschlags zur Einführung eines Roboters am Arbeitsplatz befassen. Wir müssen entscheiden, welche Arbeit dem Mitarbeiter und welche dem Roboter zugewiesen werden soll.

### Wo ist der Mensch?

Ein Roboter erledigt Arbeiten, die sich wiederholen, unangenehm oder gefährlich sind oder mehr körperliche Anstrengung erfordern. Menschen sollten die Aufsicht übernehmen oder Arbeiten ausführen, die weniger körperliche Anstrengung erfordern.

Die Einführung eines Roboters in einer Branche ist oft kostspielig. Der Einsatz eines Roboters ist gerechtfertigt, da er die Sicherheit bestimmter Tätigkeiten erhöhen soll, was zu einem besseren Arbeitsplatz für die Arbeitnehmer führt. Ein Roboter kann länger arbeiten und unterliegt nicht den Einschränkungen eines Menschen. Dadurch werden neue Mehrschichten entstehen, was einen Bedarf an neuem Personal für die Übernahme dieser Mehrschichten mit sich bringt, was mittelfristig die Schaffung neuer Arbeitsplätze erleichtern wird [26].

Wenn Mitarbeiter die neue Situation verstehen, lernen sie, den Roboter als neues Werkzeug zu sehen. Der Wechsel von

einem hydraulischen Hammer zu einem Joystick oder von bestimmten Arbeiten als Teil einer Montagelinie zur Verwendung einer Konsole zur Überwachung des Roboters sollte von den Mitarbeitern des Unternehmens begrüßt werden und den Prozess der automatisierten Geräteintegration erleichtern.

### Können Roboter den Industriearbeiter eliminieren?

Ein Problem entsteht, wenn der Arbeiter glaubt, dass der Roboter ihn dauerhaft ersetzen wird, also die Angst hat, entbehrlich zu werden. Ein von den Gewerkschaften angeführtes Argument [10], um die Einführung von Robotern in einem Unternehmen zu verhindern oder zu erschweren, besteht genau darin, dass der Einsatz von Robotern zur Entlassung vieler Arbeitnehmer führen würde. Dieser Glaube ist aufgrund der Geschichte der Auswirkungen der alten industriellen Revolution tief verwurzelt. Aber das gleiche Prinzip gilt heute nicht mehr, wenn wir wirklich ein Gleichgewicht zwischen Automatisierung, Effizienz und Produktivität anstreben.

Dies ist das Paradigma der neuen industriellen Revolution. Ziel der Einführung von Robotern in der Industrie ist es, die Fähigkeiten der Arbeitnehmer zu verbessern und ihre Arbeitsplätze zu sichern. Ein Unternehmen wird nicht weiterentwickelt, um die Produktivität zu steigern (der Einsatz von Robotern gewährleistet dies nicht [10]), sondern um die Effizienz zu steigern. Dieser Anstieg kann nicht erreicht werden, wenn es keine Arbeitsplatzsicherheit gibt; Die Mitarbeiter müssen über die nötige Erfahrung verfügen, um die Möglichkeiten, Merkmale, Einschränkungen, möglichen Ausfälle und Wartungsbedürfnisse des neuen Roboters, mit dem sie arbeiten, zu verstehen.

Der Erwerb höherer Qualifikationen erfordert eine Ausbildung und Zeit zum Üben im neuen Job. und Zeit, damit alles optimiert wird, was erfordert, dass die Arbeitnehmer über einen längeren Zeitraum an ihrem Arbeitsplatz bleiben. Eine solche Qualifizierung wäre bei ständigem Personalaustausch nicht möglich.

## Manchmal bremst die Angst vor dem Unbekannten die Modernisierung und Verbesserung eines Prozesses.

Ebenso lässt sich argumentieren, dass es auch möglich ist, vorübergehende Wartungsleistungen zu beauftragen. Es ist möglich, dass die meisten Wartungen oder regelmäßigen Überarbeitungen neuer Geräte diesem System folgen. Über grundlegende Merkmale des Roboters oder seiner Überwachung oder gar über eventuellen dringenden Reparaturbedarf können wir jedoch nicht das Gleiche sagen. In einer Industrie oder Fabrik führt jede Störung im Produktionsprozess zu finanziellen Verlusten in Millionenhöhe. Unternehmen können nicht darauf warten, dass ein

Wartungsunternehmen eine Störung behebt. Mittel- und langfristig ist es viel profitabler, Mitarbeiter zu haben, die geschult sind, das Team während des gesamten Betriebs zu überwachen. Die Mitarbeiter sollten Erfahrungen und Fähigkeiten sammeln, um Probleme so schnell wie möglich zu lösen. Dazu gehört auch Personal, dessen Aufgabe lediglich darin besteht, den Betrieb des Roboters zu beobachten, um mögliche Fehler zu erkennen

unbemerkt, wenn die Funktionsweise nur gelegentlich überprüft würde.

Diese Notwendigkeit wird dazu beitragen, die Stabilität der Verträge zu gewährleisten, die Umschulung von Arbeitnehmern zu erleichtern und die Angst vor einer Ersetzung durch die Einführung von Robotern im Produktionsprozess zu beseitigen.

Manchmal bremst die Angst vor dem Unbekannten die Modernisierung und Verbesserung eines Prozesses. Dies geschieht [17] häufig bei der Integration der Robotik. Die Lösung dieses Problems besteht darin, den Arbeitnehmern klar zu erklären, was sich ändern wird, welche Phase des Prozesses wie davon betroffen sein wird und insbesondere, wie sich die Änderung sowohl auf den Arbeitnehmer als auch auf das Unternehmen auswirken wird.

Verärgerte oder ängstliche Arbeitnehmer, die zusehen müssen, wie Kollegen auf Kosten der Automatisierung entlassen

werden, können zu einem schlechten Arbeitsumfeld führen

und die Effizienz verringern. Um Konflikte zu vermeiden, müssen die Mitarbeiter über klare Informationen verfügen und verstehen, dass Roboter Werkzeuge zur Effizienzsteigerung sind. Arbeiter betrachten einen

Schraubenzieher oder ein Amperemeter nicht als Bedrohung für ihren Arbeitsplatz. Um Probleme bei der Integration zu vermeiden, sollte das gleiche Konzept auf die Automatisierung angewendet werden.

Die neue industrielle Revolution sollte auf Integration statt Ersatz, auf Kooperation statt Konfrontation und auf Transparenz statt Geheimhaltung basieren.

Eine größere Loyalität der Arbeitnehmer resultiert aus verbesserter Effizienz und Integration, und die Bereitstellung klarer und wahrheitsgetreuer Informationen wird den Arbeitnehmern helfen, Roboter als ein zu nutzendes Werkzeug zu betrachten. Dadurch werden die Arbeiter das volle Potenzial von Robotern erkennen und erkennen, dass sie wie jedes andere Werkzeug im Produktionsprozess geschätzt und gewartet werden müssen. Diese Denkweise trägt zur Sicherung von Arbeitsplätzen bei, da sie die Wettbewerbsfähigkeit

in seiner Branche, was die Wahrscheinlichkeit erhöht, davon zu profitieren und das Unternehmen auf dem Markt zu halten.

### Können Arbeitnehmer in der

### Industrie in den Hintergrund gedrängt werden?

Arbeitnehmer befürchten zudem, im Produktionsprozess in den Hintergrund gedrängt zu werden [10]. Das Hauptanliegen ist in diesem Fall nicht der Verlust von Arbeitsplätzen, sondern die Tatsache, dass mit der Zentralisierung des Prozesses auf den Roboter die Arbeiter zu bloßen Dienern werden, deren Aufgabe es ist, die Roboter zu warten und zu reparieren, um sicherzustellen, dass sie immer in gutem Zustand sind. Diese Annahme ist jedoch nicht korrekt. Aufsichtsarbeiten erfordern mehr als nur einfache Fähigkeiten oder technische Kenntnisse. Das Konzept der Supervision sollte folgende Konzepte umfassen:

• **Analyse der Fähigkeiten des Roboters:** Wir müssen überprüfen, ob die Roboter ausrüstung den ursprünglichen Spezifikationen entspricht, und bestimmen, wie lange es dauert, bis die optimale Produktionskapazität erreicht ist. Wir müssen die vom Hersteller auferlegten Einschränkungen und die Bearbeitungszeit für jede der von der Roboter ausrüstung ausgeführten Aktivitäten kennen.

• **Zusätzliche geeignete Werkzeuge für ihre Arbeit:** Bestimmte Produktionsschritte erfordern die Hinzufügung ergänzender Werkzeuge. Bei diesen Werkzeugen ist es wichtig sicherzustellen, dass die Kosten gleich bleiben, die erforderliche Zeit zum Hinzufügen der Werkzeuge zu überprüfen und eine technische Analyse der Effizienz der Werkzeuge durchzuführen, alles mit dem Ziel, die Roboter ausrüstung zu verbessern.

• **Überprüfung des Arbeitsplatzes des Teams:** Die Arbeiter müssen sicherstellen, dass der Arbeitsplatz angemessene Sicherheitsbedingungen für die Roboter ausrüstung und für die Interaktion mit dem menschlichen Vorgesetzten erfüllt. Zu diesen Bedingungen können Sauberkeit, Minimierung statischer Aufladung usw. gehören und werden vom Gerätehersteller festgelegt. Solche Untersuchungen der Zustände können zuweilen durchgeführt werden.

rationierung der Roboter ausrüstung, eine Entscheidung, die vom Vorgesetzten getroffen werden muss.

• **Technische Situationen, in denen der Computer zusammen mit dem Roboter verwendet wird:** Der Arbeiter sollte die Entwicklung des Teams überwachen und rechtzeitige Wartungsanpassungen durch tägliche Anpassungen ergänzen, um den Verschleiß der Ausrüstung zu verringern und eine längere Nutzungsdauer zu ermöglichen.

• **Möglichkeit des Austauschs oder der Reparatur:** Bei Bedarf sollte der Arbeitnehmer die Reparaturkosten abschätzen und prüfen, ob die Reparatur durch den Vorgesetzten oder andere interne Fachkräfte im Unternehmen durchgeführt werden kann – oder ob eine externe Überweisung erforderlich ist. Im letzteren Fall müssen die Arbeitnehmer feststellen, ob ein Austausch der Ausrüstung erforderlich ist, und die Gründe dafür begründen.

• **Analyse der Einhaltung der Erwartungen an die Roboter ausrüstung:** Während dieses Prozesses ist der Vorgesetzte dafür verantwortlich, zu überprüfen, ob die Roboter ausrüstung die Arbeit, für die sie entwickelt wurde, mit der erwarteten Effizienz erledigt.

• **Festlegung von Grenzen der Leistungsfähigkeit von Robotern:** Ein Roboterteam hat eine maximale Grenze, die aus Sicherheitsgründen nicht überschritten werden darf. Vorgesetzte müssen dieses Maximum kennen und sollten es vermeiden. Wenn eine Kapazitätserweiterung erforderlich ist, muss der Vorgesetzte alternative Lösungen vorschlagen oder qualifizierte Techniker über das Risiko informieren, um festzulegen, welche Maßnahmen zu ergreifen sind.

• **Anpassungen erforderlich, um die Lebensdauer der Roboter ausrüstung zu gewährleisten:** Vorgesetzte sollten geschult werden, um ineffiziente Zustände zu korrigieren, Systeme so anzupassen, dass sie ordnungsgemäß funktionieren, und riskante Situationen zu vermeiden. Sie sollten lernen, alle Vorfälle zu melden, auch die bereits behobenen, oder bei Bedarf qualifiziertere technische Unterstützung in Anspruch zu nehmen, dass die Operation gestoppt wird.

Die Einführung der Robotik wird nicht dazu führen, dass Arbeitnehmer in den Hintergrund gedrängt werden; Umgekehrt werden die Arbeiter zu den Hauptüberwachern der Roboter ausrüstung. Aufgrund ihrer bisherigen Erfahrung in diesem Job werden sie qualifiziert, die Ausrüstung und Robotertechnik nach Bedarf zu verstehen, anzupassen und zu warten.

Dies beruft sich wiederum auf das Konzept eines „Werkzeugs“. Der Roboter ist Teil eines Arbeitsplatzes und fungiert darin als Werkzeug. Der Roboter ist oft leistungsfähiger als vorhandene Werkzeuge und erfordert mehr Aufmerksamkeit, um einen ordnungsgemäßen Betrieb sicherzustellen, wird jedoch immer von Menschen gesteuert und überwacht. Eine Aufsichtsfunktion bringt eine höhere Qualifikation mit sich, die eine größere Verantwortung Mehr Verantwortung kann eine bessere Arbeitsposition und ein entsprechendes Gehalt bedeuten.

Die Automatisierung dürfte sich sowohl für die Branche als auch für ihre Mitarbeiter positiv auswirken, sofern sie bereit sind, sich an die neue Situation anzupassen und das Unternehmen bei der Gestaltung der Integration von Roboter ausrüstung in den Produktionsprozess an der Spitze zu halten.

### Anpassungsfähigkeit und Flexibilität: Die neuen Industriearbeiter

#### – Schulung versus Wiederholung

Warum reden wir über Industriearbeiter?

Die Industrie verfügt sowohl in Europa als auch in den Vereinigten Staaten über sehr starke Gewerkschaften. Darüber hinaus ist die Gefahr der Substitution in diesem Sektor höher als in anderen.

Eine mögliche Konsequenz der aktuellen internationalen Finanz- und Wirtschaftskrise ist jedoch die Suche nach einer neuen industriellen Wirtschaftsstruktur, die auf rationaler Automatisierung basiert. Wenn es also keine Arbeitskräfte gibt, gibt es keinen Konsum, und wenn es keinen Konsum gibt, besteht keine Notwendigkeit, die Produktion zu steigern, weil es keine Nachfrage geben wird.

Die Lösung besteht darin, Roboter einzusetzen, um die Arbeitsbedingungen zu verbessern [27] und die Arbeitnehmer zu „motivieren“, ihre Qualifikationen, Weiterbildung [28]–[30] und Verantwortung zu verbessern.

### Warum Training versus Wiederholung?

Früher war die Arbeit am Fließband repetitiv, langweilig und riskant [31]. Mit neuen Automatisierungsprozessen verbessern Arbeiter nun ihre technische Ausbildung, um die Roboter zu verwalten, ihre Betriebsmodi zu verbessern und zu ändern sowie Probleme zu erkennen und zu lösen [32]. Die Ausbildung versetzt den Industriearbeiter in eine neue Produktionsstufe.

Diese Integration ermöglicht es dem Arbeiter, die Kontrolle über den Roboter [33] oder das Roboterteam [34] zu übernehmen, Aufgaben auszuführen, die früher ein Risiko für den Arbeiter darstellten, und die Arbeit schneller, einfacher und mit weniger Aufwand zu erledigen körperliche Anstrengung. Die Akzeptanz dieser neuen Rolle des „Managers“ oder „Supervisors“ verhindert, dass der Arbeiter den Roboter als Bedrohung wahrnimmt, und fördert das Bild des Roboters als nützliches neues Arbeitswerkzeug.

Diese Situation wird die Verantwortung der Arbeitnehmer erhöhen, ihr Selbstwertgefühl stärken, ihnen das Verständnis des Geschäftsumfelds erleichtern und verhindern, dass ihr Arbeitsleben auf eine bloße Abfolge sich wiederholender Handlungen beschränkt wird, die an die Geburt der industriellen Revolution erinnern.

Darüber hinaus übernehmen Roboter die repetitive Rolle und Arbeiter werden zu ihren Vorgesetzten, was die Integration durch zwei Mechanismen erleichtert:

- ☞ Der Arbeiter wird durch die Einführung des Roboters nicht mehr bedroht, weil er sich über ihm befindet. Der Arbeitnehmer ist der Vorgesetzte, und diese Tatsache wird sich in wirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Verbesserungen widerspiegeln. Je besser der Arbeiter den Roboter kennt, desto besser kann er eine gute Bedienung gewährleisten, was die Integration erleichtert.
- ☞ Es entsteht die Aufgabe des Trainers. Zunächst gehört der Ausbilder dem Unternehmen an, das die automatisierte Ausrüstung liefert, später können die Arbeiter selbst jedoch von einer Aufsichtsfunktion zu einer wechseln

Eine Ausbildungsstelle im Unternehmen, die eine neue Aufstiegsmöglichkeit für einen Arbeitnehmer darstellt, der zuvor einfache, sich wiederholende Arbeiten ohne große Aufstiegschancen verrichtete.

Arbeitnehmer müssen eine flexible Denkweise haben. Einerseits müssen sie offen für Veränderungen sein. In einigen Fällen übernimmt ein Montagetechniker-Supervisor die Rolle eines neuen Werkzeug-Supervisors, um ihm die Arbeit zu erleichtern.

Um sicherzustellen, dass der Mitarbeiter seine neue Rolle versteht, sollte er die neuen Arbeitsbedingungen, seine Aufstiegschancen und seine neuen Verantwortlichkeiten verstehen.

Arbeitnehmer müssen flexibel sein, um sich an Veränderungen anzupassen, die in manchen Fällen nach Jahren sich wiederholender Arbeit auftreten können. Der Schulungseffekt ist hier wichtig, und hier sollte sich das Unternehmen bemühen, die konservativen oder unbeweglichen Positionen der Arbeitnehmer zu verstehen und sie in neue Möglichkeiten und Vorteile umzuwandeln.

Aber nachdem wir diese Arbeit, die manchmal nicht einfach ist, erledigt haben, brauchen wir Anpassungsfähigkeit. Ein Mitarbeiter kann einen Rollenwechsel akzeptieren und eine entsprechende Schulung erhalten, muss aber auch in seinen neuen Job die Beteiligung der Mitarbeiter. Das bedeutet Anpassungsfähigkeit. Diese Anpassung ist normalerweise nicht einfach. Arbeitnehmer können sich innerhalb weniger Tage an eine neue Situation gewöhnen, oder es kann Monate dauern, bis sich die Mitarbeiter wohl fühlen.

Während dieser Zeit ist es wichtig, dass das Unternehmen den Arbeitnehmer kontinuierlich überwacht. Sich jederzeit unterstützt zu fühlen, wird den Arbeitnehmern helfen, sich an ihre neuen Aufgaben anzupassen. Die Arbeitnehmer müssen das Gefühl haben, nicht allein mit der Roboterausrüstung umzugehen [35], und dass sie eine neue Tätigkeit erlernen, die jedoch eng mit ihren bisherigen Erfahrungen verknüpft ist.

Dieser neue Ansatz kann angeboten werden, um der Kritik einer Gewerkschaft am Verlust von Arbeitsplätzen und massiven Arbeitskräftesubstitutionen entgegenzuwirken.

Das Industrieunternehmen bietet nun Arbeitsplatzsicherheit, Ausbildung und Aufstiegschancen. Im Gegenzug wird die

Der Arbeitnehmer muss neue Verantwortungen übernehmen und dafür ein angemessenes Gehalt erhalten. Wenn Unternehmen diesen Ansatz von Anfang an nutzen, erhöhen sich die Möglichkeiten, Roboter und Menschen in eine Teamumgebung zu integrieren, ohne dass es zu unüberwindlichen Widerständen kommt.

### Unwissenheit kann zu Angst führen

Der Mensch ist ein wesentlicher Bestandteil der Industrie und die Automatisierung sollte mit seiner Akzeptanz erfolgen. Mangelnde Information und Unwissenheit können zu Angst führen, aber diese Angst kann durch eine ehrliche, auf Respekt und Vertrauen basierende Kommunikation überwunden werden.

Aus Sicht des Arbeitnehmers bestehen zwei klare Befürchtungen:

- ☞ Der Verlust von Arbeitsplätzen ist das Hauptargument der Gewerkschaften für die Ablehnung von Robotergeräten.
- ☞ Arbeitnehmer befürchten auch, in der Industrie in den Hintergrund gedrängt zu werden.
- ☞ Der aktuelle Artikel versucht, diese Befürchtungen zu zerstreuen, indem er einen neuen Ansatz bietet, der auf zwei gleichermaßen überzeugenden Punkten basiert:
- ☞ Die Einführung des Roboters im Unternehmen muss transparent erfolgen und die Beteiligung der Mitarbeiter muss angestrebt werden.
- ☞ Arbeitnehmer müssen entsprechend ihrer neuen Aufgaben geschult und gefördert werden.

Nach diesen Kriterien ist es möglich, produktive Verhandlungen mit erheblichen Erfolgsaussichten zu beginnen.

Der Erfolg wird durch die Integration von Robotergeräten und menschlichen Teams am Arbeitsplatz erzielt. Wenn diese Integration zustande kommt, wird das Unternehmen von den Vorteilen beider Parteien profitieren und die Produktionseffizienz steigern. Der Weg wird nicht einfach sein, aber wenn man ihn richtig angeht und alle Arbeitnehmer einbezieht, wird er ein solider Weg zu einem erfolgreichen Ergebnis sein.

Transparenz, Kommunikation, Beteiligung, Schulung und Integration sind Schlüsselbegriffe für

industrielle Produktion, um die Vorteile der vorhandenen Robotertechnologie und der Erfahrung der Arbeiter zu nutzen. Unter Berücksichtigung dieser Schlüsselkonzepte ist es möglich, Menschen und Roboter zu koordinieren und sie so anzuleiten, dass sie dasselbe Ziel verfolgen.

Kulturelle, soziale, historische und wirtschaftliche Aspekte werden bei der Beurteilung des Ausgangspunkts der vorgeschlagenen Automatisierung von wesentlicher Bedeutung sein. Darüber hinaus wird das Bild des Roboters und seiner mehr oder weniger anthropomorphen Tendenzen wichtig sein. Allerdings wird der Integrationsprozess nur durch Transparenz erleichtert. Ohne Transparenz wird es schwieriger, eine gute Beziehung zwischen Mensch und Roboter sicherzustellen, und Verbesserungen im Produktionsprozess werden gefährdet.

Wenn der Mitarbeiter jedoch die Möglichkeiten und Grenzen der Roboter-ausrüstung kennt, die er durch Schulungen erlernt, wird er den Roboter nicht mehr als Bedrohung, sondern als Werkzeug betrachten. Wenn dieser Wandel eintritt, werden die Menschen die Moral verstehen: Ein Roboter wird immer einen Ausschalter haben, der jederzeit von einem Menschen manipuliert werden kann.

## Informationen zum Autor

Die Autoren sind Mitarbeiter der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Spanischen Universität für Fernpädagogik (UNED), Madrid, Spanien. E-Mail: [germancf@ieec.org](mailto:germancf@ieec.org), [smartin@ieec.uned.es](mailto:smartin@ieec.uned.es), [elio@ieec.uned.es](mailto:elio@ieec.uned.es), [fmur@ieec.uned.es](mailto:fmur@ieec.uned.es), [mcastro@ieec.uned.es](mailto:mcastro@ieec.uned.es).

## Wissen

Die Autoren danken der IEEE – Spanish Section, der Engineering Science School, der Computer Science School, dem UNED-Rektorat und der IEEE Student Branch der UNED für die Unterstützung.

Die Autoren danken besonders der Abteilung für Elektrotechnik und Computertechnik (DIEEC) der UNED für ihre Unterstützung und Beratung bei der Erstellung dieses Papiers.

## Verweise

- [1] S. Hirai, „Robotik als soziale Technologie“, in *Proc. Int. Conf. on Mechatronics and Automation* (Changchun, China), 9.–12. August 2009, S. xl–xli.
- [2] „Wer hat eigentlich das Wort „Roboter“ erfunden und was bedeutet es?“, [Online]. Verfügbar: <http://capek.misto.cz/english/robot.html>. Abgerufen am 15. Juli 2010.
- [3] „Karel Capek“, *Wikipedia* [Online]. Verfügbar: [http://en.wikipedia.org/wiki/Karel\\_Capek](http://en.wikipedia.org/wiki/Karel_Capek). Zugriff am 15. Juli 2010.
- [4] „Ich, Roboter. Isaac Asimov“, *Wikipedia* [Online]. Verfügbar: [http://en.wikipedia.org/wiki/I,\\_Robot](http://en.wikipedia.org/wiki/I,_Robot). Zugriff am August 2010.
- [5] SY Nof, „Automatisierung: Was es für uns auf der ganzen Welt bedeutet“, in *Springer Handbook of Automation*, SYNof Ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 13–52, 2009.
- [6] JB Pollack, „Sieben Fragen für das Zeitalter der Roboter“, vorgestellt im Yale Bioethics Seminar, Januar 2004.
- [7] R. Bischoff und T. Guhl, „Die strategische Forschungsagenda für Robotik in Europa“, *IEEE Robotics & Automation Mag.*, vol. 17, Nr. 1, S. 15–16, März 2010.
- [8] MG Rood, „Human-centered manufacturing for the Developing World“, *IEEE Technology & Society Mag.*, vol. 13, Nr. 1, S. 25–32, März 1994.
- [9] G. Schweitzer, „Roboter – Chancen und Herausforderungen einer Schlüsselwissenschaft“, in *Prod. Congress Mechanical Engineering – COBEM 2003* (São Paulo, Brasilien), 10.–14. November 2003 [Online]. Verfügbar: <http://www.mcgs.ch/web content/Robotics.pdf>, abgerufen im August 2010.
- [10] O. Marin Elli, „Vom Menschen zum Roboter: Die Folgen des Arbeitsaustauschs in der Automobilindustrie“, *Human Change Paper*, GEOG331 0101, 20. Okt. 2008.
- [11] RR Murphy, J. Kravitz, SL Stover und R. Shoureshi, „Mobile Robots in Mine Rescue and Recovery“, *IEEE Robotics & Automation Mag.*, vol. 16, Nr. 2, S. 91–103, Juni 2009.
- [12] T.-HS Li, Y.-C. Ja, J.-D. Wu, M.-Y. Hsiao und C.-Y. Chen, „Multifunktionale intelligente autonome Parksteuerungen für autoähnliche mobile Roboter“, *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 57, Nr. 5, S. 1687–1700, Mai 2010.
- [13] MG Rood, „Informationstechnologie und Beschäftigung: Auf dem Weg zu einer neuen Gesellschaft“, *IEEE Technology & Society Mag.*, vol. 8, nein. 11.–13. September 1989.
- [14] WMP van der Aalst, „Process Discovery: Capturing the Invisible“, *IEEE Computational Intelligence Mag.*, vol. 5, nein. 1, S. 28–41, Februar 2010.
- [15] C. Smith und HI Christensen, „Robot manipulators. „Konstruktion eines Hochleistungsroboters aus kommerziell erhältlichen Teilen“, *IEEE Robotics & Automation Mag.*, Bd. 16, Nr. 4, S. 75–83, Dez. 2009.
- [16] F.-T. Cheng, W.-H-Tsai, T.-L. Wang, J. C. Yung-Cheng und Y.-C. Su, „Fortgeschrittenes E-Manufacturing-Modell, Die Bedeutung großer, verteilter und objektorientierter Systeme“, *IEEE Robotics & Automation Mag.*, vol. 17, Nr. 1, S. 71–84, März 2010.
- [17] R. Capurro, „Ethik und Robotik. Eine interkulturelle Perspektive“, Steinbeis-Transfer-Institut – Informationsethik, Deutschland, 13. Juli 2009; <http://sti-ie.de>.
- [18] S. Krebs, „Zur Antizipation ethischer Konflikte zwischen Menschen und Robotern in Japa

nese Mangas“, *Int. Rev. of Information Ethics*, vol. 6, Dez. 2006.

- [19] „Der Krieg der Welten, HG Wells“, *Wiki media* [Online]. Verfügbar: [http://en.wikipedia.org/wiki/The\\_War\\_of\\_the\\_Worlds](http://en.wikipedia.org/wiki/The_War_of_the_Worlds). Zugriff am 15. Juli 2010.
- [20] KM Miller, „Obwohl wir nicht aufgepasst haben“, *IEEE Technology & Society Mag.*, Bd. 28, nein. 1, S. 4, März 2009.
- [21] M. Ford, *The Lights in the Tunnel Automation, Accelerating Technology and the Economy of the Future*. Acculant, 2009.
- [22] J. Dietsch, „Menschen treffen Roboter am Arbeitsplatz“, *IEEE Robotics & Automation Mag.*, vol. 17, Nr. 2, S. 17–16, Juni 2010.
- [23] J. Forlizzi, „Wie aus Roboterprodukten soziale Produkte werden: Eine ethnografische Studie über Roboterprodukte im Haushalt“, [Online]. Verfügbar: <http://goodgestreet.com/docs/forlizziRoomba.pdf>. Zugriff am 15. Juli 2010.
- [24] R. Mitchell, K. Warwick, WN Browne, MN Gasson und J. Wyatt, „Engaging Robots: Innovative Outreach zur Gewinnung von Kybernetik-Studenten“, *IEEE Trans. on Education*, vol. 53, Nr. 1, S. 105–113, Februar 2010.
- [25] F. Grodzinsky, K. Miller und M. Wolf. „Warum Turing nicht raten sollte“, präsentiert auf der Asia-Pacific Computing and Philosophy Conf. (Tokio, Japan), 1.–2. Oktober 2009.
- [26] MS Blumenthal, „Programmierbare Automatisierung und der Arbeitsplatz“, *IEEE Technology & Society Mag.*, vol. 4, nein. 1, S. 10–15, März 1985.
- [27] HL Jones, S. Rock, D. Burns und S. Morris, „Autonome Roboter in SWAT-Anwendungen: Herausforderungen in Forschung, Design und Betrieb“, [Online]. Verfügbar: <http://www.spyplanes.com/pdf/SWATapps.pdf>. Zugriff am 15. Juli 2010.
- [28] S. Das, SA Yost und M. Krishnan, „Eine 10-jährige Initiative zur Lehrplanentwicklung für Mechatronik: Relevanz, Inhalt und Ergebnisse – Teil I“, *IEEE Trans. on Education*, vol. 53, Nr. 2, S. 194–201, Mai 2010.
- [29] M. Krishnan, S. Das und SA Yost, „Eine 10-jährige Initiative zur Lehrplanentwicklung für Mechatronik: Relevanz, Inhalt und Ergebnisse – Teil II“, *IEEE Trans. on Education*, vol. 53, Nr. 2, S. 202–208, Mai 2010.
- [30] TD Cherkasky, „Obscuring the human cost of expert systems“, *IEEE Technology & Society Mag.*, vol. 14, Nr. 1, S. 10–20, März 1995.
- [31] S. Bylinsky und A. Hills Moore, „Invasion der Serviceroboter: Wie menschliche Arbeiter dringen Roboter in den Dienstleistungssektor vor – insbesondere in Jobs, die Menschen als gefährlich oder langweilig ansehen“, *Fortune*, 14. September 1987.
- [32] MJ Cetron, „Zeitleiste für die Zukunft: Mögliche Entwicklungen und wahrscheinliche Auswirkungen“, *World Future Society Mag.*, 2009.
- [33] K. Suwanratchatamane, M. Matsumoto und S. Hashimoto, „Robotik taktile Sensorsysteme und Anwendungen“, *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 57, Nr. 3, S. 1074–1087, März 2010.
- [34] G. Reinhart und S. Zaidan, „Ein generisches Framework für die werkstückbasierte Programmierung kooperierender Industrieroboter“, in *Proc. 2009 Int. Conf. zum Thema Mechatronik und Automatisierung* (Changchun, China), August 2009, S. 37–42.
- [35] RR Murphy, T. Nomura, A. Billard und JL Burke, „Mensch-Roboter-Interaktion“, *IEEE Robotics & Automation Mag.*, vol. 17, Nr. 2, S. 85–89, Juni 2010.