

---

Stephan Severidt  
Brandrat  
Landeshauptstadt Magdeburg

# Der Roboter als gleichwertiger Kollege

Facharbeit gemäß § 21 VAP2.2-Feu NRW

Münster, den 14.12.2020

# Aufgabenstellung

## Der Roboter als gleichwertiger Kollege

In zahlreichen Projekten, die sich mit autonomen oder halbautonomen Systemen zu Lande, zu Wasser oder in der Luft auseinandersetzen, steht das technisch Machbare im Vordergrund und der Versuch, die technischen Fähigkeiten auszudehnen bzw. zu optimieren. Die technische Leistungsfähigkeit ist sicherlich ein wesentliches Entscheidungskriterium, ob und inwieweit es sinnvoll ist, robotische Systeme zu verwenden. Welche Kriterien sind darüber hinaus relevant und müssten in den Projekten oder bei den Entscheidungen zur Beschaffung derartiger Systeme berücksichtigt werden? Begründen Sie die Bedeutung dieser Kriterien und zeigen Sie auf, in welcher Weise und in welchem Umfang sie zu berücksichtigen wären.

Hinweis: In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

# Inhalt

|  |     |
|--|-----|
| Abkürzungsverzeichnis.....                                       | IV  |
| Abbildungsverzeichnis.....                                       | VI  |
| Tabellenverzeichnis.....   | VII |
| 1 Einleitung .....   | 1   |
| 2 Grundlagen .....   | 2   |
| 2.1 Roboter .....  | 2   |
| 2.2 Autonome Robotik .....                                       | 3   |
| 2.3 Kollaborative Robotik .....                                  | 3   |
| 2.4 Ferngesteuerte Roboter.....                                  | 4   |
| 2.5 Aktueller Stand im deutschen Feuerwehrwesen.....             | 4   |
| 3 Weitere Entscheidungskriterien .....                           | 6   |
| 3.1 Akzeptanz .....  | 6   |
| 3.1.1 Angst vor Jobverlust .....                                 | 6   |
| 3.1.2 Vertrauen .....  | 7   |
| 3.1.3 Mitarbeitereinbindung .....                                | 8   |
| 3.2 Zeitpunkt und Dauer der Einführung robotischer Systeme ..... | 9   |
| 3.3 Einführungsprozess .....                                     | 9   |
| 3.4 Zuverlässigkeit .....  | 10  |
| 3.4.1 Ausfallsicherheit.....                                     | 10  |
| 3.4.2 Kommunikationsfähigkeit.....                               | 11  |
| 3.5 Ergonomie.....   | 11  |
| 3.6 Ausbildung .....   | 12  |
| 3.7 Safety, Security, Privacy .....                              | 14  |
| 3.7.1 Safety – funktionale Sicherheit .....                      | 14  |
| 3.7.2 Security - Datensicherheit.....                            | 14  |
| 3.7.3 Privacy – Datenschutz .....                                | 14  |
| 3.8 Rechtliche Stellung von Robotern.....                        | 15  |
| 3.8.1 Zivilrecht.....  | 16  |
| 3.8.2 Strafrecht .....   | 16  |
| 3.8.3 Öffentliches Recht.....                                    | 16  |
| 3.8.4 Datenschutzrecht.....                                      | 17  |
| 3.9 Wirtschaftlichkeit .....                                     | 17  |
| 4 Bedeutung und Gewichtung der Kriterien .....                   | 18  |
| 5 Zusammenfassung und Ausblick .....                             | 21  |

|   |    |
|---|----|
| Literaturverzeichnis .....  | 22 |
| Anhang .....  | 27 |
| A  Schwarm-Organisation vs. polarisierende Organisation .....                   | 28 |
| B  DRZ Ausbildungskonzept Robotik in Feuerwehren .....                          | 29 |
| C  Gefährdungsbeurteilung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern..... | 30 |
| D  Bewertungstabellen zur Nutzwertanalyse .....                                 | 31 |
| Eidesstattliche Erklärung .....   | 33 |

# Abkürzungsverzeichnis

|       |   |
|-------|---|
| AAO   | Alarm- und Ausrückeordnung  |
| AFKzV | Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten,<br>Katastrophenschutz und zivile Verteidigung |
| AG    | Aktiengesellschaft  |
| AGBF  | Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren                                  |
| AUW   | All UP Weight   |
| BIBB  | Bundesinstitut für Berufsbildung  |
| BMBF  | Bundesministerium für Bildung und Forschung   |
| BMVI  | Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur                              |
| BSI   | Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik                                   |
| CE    | Communaute Europeenne   |
| CSA   | Chemikalienschutzanzug  |
| DIN   | Deutsches Institut für Normung  |
| DRZ   | Deutsches Robotikzentrum  |
| EN    | Europäische Norm  |
| ESP   | Electronic Stability Program  |
| EU    | Europäische Union   |
| Fa    | Fachausschuss   |
| FF    | Freiwillige Feuerwehr   |
| IBK   | Institut für Brand- und Katastrophenschutz  |
| IFR   | Institut für Feuerwehr- und Rettungstechnologie                                       |
| IRiS  | Intelligente Rettung im Smart Home  |
| ISO   | International Organization of Standardization   |
| KI    | Künstliche Intelligenz  |
| LHO   | Landeshaushaltsordnung  |

|        |   |
|--------|---|
| LuD    | Leitstelle und Digitalisierung                |
| MRK    | Mensch-Roboter-Kollaboration                  |
| MTO    | Mensch-Technik-Organisation                   |
| PSA    | Persönliche Schutzausrüstung                  |
| RobLW  | Robotikleitwagen                              |
| SER    | Standarteinsatzregel                          |
| SIRENE | Secure and Intelligent Road Emergency NETwork |
| TOM    | Technik-Organisation-Mensch                   |
| UAV    | Unmanned Aerial Vehicle                       |
| WEF    | Weltwirtschaftsforum                          |
| WFV    | Werkfeuerwehrverband                          |

# Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Roboter-Blockschema .....                                      | 2  |
| Abbildung 2: Kollaborierende und traditionelle Industrieroboter .....       | 3  |
| Abbildung 3: Einführungsprozess in Phasen .....                             | 10 |
| Abbildung 4: Bewertungsprozess zur Einführung des robotischen Systems ..... | 18 |

# Tabellenverzeichnis

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Tabelle 1: Erfüllungsgrad.....   | 19 |
| Tabelle 2: Nutzwertanalyse ..... | 20 |

# 1 Einleitung

Roboter und künstliche Intelligenz (KI) sind häufige Themen in Science-Fiction. Die hierbei dargestellten Roboter oder Computersysteme weisen oftmals Intelligenzstufen auf, die denen aktueller Systeme weit überlegen und denen von Menschen mindestens ebenbürtig sind. Für die meisten Menschen sind die durch Science-Fiction bereitgestellten Informationen die bisher einzige Erfahrung mit Robotern. Daher ist die Enttäuschung bei der Auseinandersetzung mit realen Robotern oder KI-Systemen nicht verwunderlich. [1]

Parallel zur Faszination für Roboter in der Kunst hat sich die Technik weiterentwickelt und so finden Roboter heute vor allem in der Industrie ihre Anwendung. [2] Hier steht derzeit "Industrie 4.0" als Synonym für die technische Entwicklung im Produktionsbereich. Dabei soll die Zahl "4" die Einreihung in die bisherigen Stufen von der ersten industriellen Revolution im 18. Jahrhundert bis zur heutigen vierten Stufe der industriellen Revolution, welche durch den Einsatz von cyber physical systems geprägt ist, darstellen. [3]

In anderen Bereichen, wie bspw. der Medizin, werden ebenfalls Roboter eingesetzt. Hier ist der Operationsroboter "da Vinci" eine sehr erfolgreiche Anwendung. Der Chirurg sitzt hierbei an einem Terminal, sieht Kamerabilder aus dem Körperinneren, und seine Handbewegungen werden auf minimalinvasive Roboterinstrumente im inneren des Patienten übertragen. [4]

Auch im Bereich der Feuerwehren ist das Potential robotischer Systeme erkannt worden. Derzeitige Anwendungen ferngesteuerter Drohnen oder Manipulations- und Löschrobotern für die Feuerwehr sind größtenteils Gegenstand von Forschungsprojekten oder befinden sich in der Erprobung. [5] Im Hinblick auf die rasante Entwicklung autonomer Systeme erscheint deren Einführung in den Feuerwehralltag jedoch nur noch eine Frage der Zeit zu sein.

Im Rahmen dieser Facharbeit erfolgte in Form von Experteninterviews eine Erhebung des aktuellen Standes im deutschen Feuerwehrwesen zur Forschung und Anwendung robotischer Systeme. Anhand einer Literaturrecherche erfolgte die Ermittlung von Kriterien, die bei einer Entscheidungsfindung, ob ein robotisches System beschafft werden soll, zu berücksichtigen sind. Anhand von Beispielen werden die Kriterien näher analysiert, gewichtet und ihre Bedeutung dargestellt.

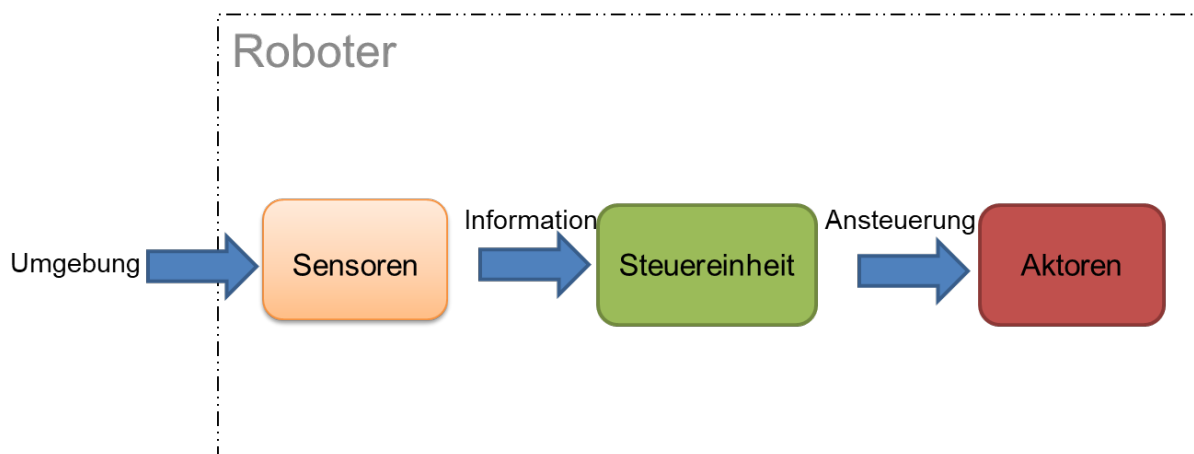
## 2 Grundlagen

In den folgenden Abschnitten erfolgt die Betrachtung der notwendigen Grundlagen sowie die Beschreibung von notwendigen Begriffen.

### 2.1 Roboter

Der Ursprung des Wortes Roboter verweist bereits auf die Dienstleisterrolle, die diese Maschinen seit gut einem halben Jahrhundert ausüben. Abgeleitet ist der Begriff vom slawischen Wort "robota", welches Arbeit bedeutet. [6] In den modernen Sprachgebrauch gelangte das Wort Roboter über das Theaterstück "R.U.R. – Rossum's Universal Robot" (Karl Capeks 1920). [7]

Die technische Norm DIN EN ISO 8373 beschreibt einen Roboter als universell einsetzbaren Handhabungsautomaten mit mindestens drei Bewegungsachsen, deren Ablauffolge ohne mechanischen Eingriff veränderbar (d.h. frei programmierbar) ist. Wie in Abbildung 1 dargestellt ist er in der Lage, seine Umwelt mittels Sensoren wahrzunehmen, diese Wahrnehmung in einer Steuereinheit auszuwerten und über einen Aktor eine Handlung vorzunehmen. Dieser Prozess wird mit dem Begriff "Sense-Plan-Act" beschrieben. [1]



**Abbildung 1: Roboter-Blockschema**  
 Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Oubbati [58]

Für eine allgemeingültige Definition des Begriffs Roboter besteht innerhalb der Fachwelt keine Einigkeit. Eine pragmatische wenn auch unpräzise Definition liefert Nathalie Nevejans [8], im Folgenden in eigener Übersetzung aus dem Englischen:

"Aktuelle Forschungen gehen davon aus, dass ein Roboter, im weitesten Sinne, mehrere Bedingungen erfüllen muss. Er muss aus einer physischen Maschine bestehen, die sich seiner Umgebung bewusst ist und auf diese reagieren und Entscheidungen treffen kann."

Es ist anzumerken, dass einfache Kombinationen von Sensoren, Steuereinheiten und Aktoren, wie bspw. der automatische Türöffner, nicht zu den Robotern gehören. [7]

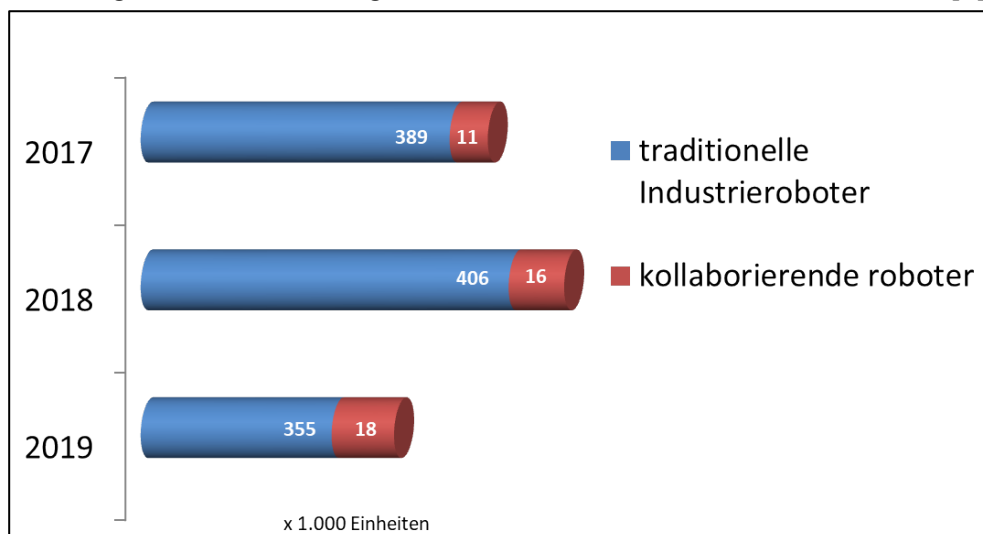
## 2.2 Autonome Robotik

Von selbstfahrenden Autos über autonome Drohnen, vollautomatischen Staubsaugern, Rasenmäher und Pflegerobotern, das Stichwort "autonom" begleitet einen breiten Bereich der Robotik. Neben einem einheitlichen Begriff des Roboters fehlt jedoch auch eine einheitliche Definition des autonomen Roboters. Im Grundsatz werden unter autonomen Robotern Maschinen verstanden, die selbstständig Aufgaben ausführen können, ohne dass ein Nutzer unmittelbar kontrollierend oder überwachend eingreift. [7]

Autonome Roboter werden oftmals durch den Grad ihrer Unabhängigkeit, zum Beispiel nach programmierbaren, adaptiven und intelligenten Robotern, unterschieden. Programmierbare Roboter arbeiten nach einem fest vorgegebenen Muster ihre Aufgabe ab. Adaptive Roboter sind in der Lage sich verändernden Gegebenheiten anzupassen. Hierfür verfügen sie über Sensoren und Kontrollsysteme. Intelligente Roboter können Situationen analysieren und ihre Aufgaben entsprechend flexibel ausführen. [6]

## 2.3 Kollaborative Robotik

Ein traditioneller Industrieroboter ist in der Regel steif, stark und verfügt nur über begrenzte, für den Arbeitsprozess notwendige, Sensorik. Sein Arbeitsfeld ist klar abgegrenzt und aus Sicherheitsgründen dürfen sich Menschen nicht in seinem Wirkradius aufhalten. [9] Anders ist es bei kollaborierenden Robotern, sogenannten Cobots. Kollaborationsroboter sind speziell für die direkte Zusammenarbeit mit dem Menschen konzipiert. Abbildung 2 verdeutlicht, dass der Anteil kollaborierender Roboter im Vergleich zum traditionellen Industrieroboter noch gering ist aber stetig zunimmt. [10] Typische Vertreter sind in der Industrie und Logistik aber auch im Bereich der Pflege oder beim Militär zu finden. Cobots vermögen ihr Umfeld wahrzunehmen und auf Körper, Muster, Farben und Veränderungen zu reagieren. Sie haben in der Regel einen Arm oder aber auch zwei Arme. Sie können über einen Körper verfügen und einen möglicherweise mobilen Unterbau besitzen. [9]



**Abbildung 2: Kollaborierende und traditionelle Industrieroboter**  
 Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an [10]

## 2.4 Ferngesteuerte Roboter

Ferngesteuerte Roboter finden heute bereits in vielen Bereichen Anwendung. Diese reichen von einfachen Spielzeugen im häuslichen Kinderzimmer bis zum Einsatz von Erkundungsrobotern auf anderen Himmelskörpern. Die zur Planetenerkundung eingesetzten Roboter verfügen über eine gewisse autonome Navigationsfähigkeit, empfangen aber auch Befehle von ihrem menschlichen Operator auf der Erde. [11] Das Militär nutzt Drohnen zu Aufklärungszwecken bis hin zu target-killing-Einsätzen. Hierbei steuert der Operator aus großer Entfernung und sicherem Bereich heraus die Drohne. [12]

Der menschliche Bediener muss in diesen Fernsteuerungsszenarien mit einem gewissen Maß an Autonomie im Roboter arbeiten. Ein Roboter kann bspw. autonom navigieren, benötigt jedoch für eine effiziente Wegführung die Eingabe von Wegpunkten durch den Bediener. Ebenso kann die Fähigkeit des Roboters Hindernissen auszuweichen um Kollisionen zu vermeiden fehlerhaft sein. In diesen Fällen muss der Bediener rechtzeitig eingreifen, um Beschädigungen an oder durch den Roboter zu vermeiden. [11]

## 2.5 Aktueller Stand im deutschen Feuerwehrwesen

Nach der im Rahmen dieser Facharbeit durchgeführten Recherche gibt es derzeit keine rein autonomen robotischen Systeme im deutschen Feuerwehrwesen. Im Bereich der Werkfeuerwehren werden bereits ferngesteuerte Roboter und Manipulatoren eingesetzt, völlig autark arbeitende Roboter im Sinne von gleichwertigen Kollegen jedoch nicht, berichtet Raimund Bücher, Vorsitzender des Werkfeuerwehrverbandes (WFV). In der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF) beschäftigt sich im Fachausschuss (Fa) Leitstellen und Digitalisierung (LuD) mit künstlicher Intelligenz (KI). Hier wird, im Rahmen der Entwicklung eines standardisierten Abfragesystems, auch die Möglichkeit einer autonomen Abfrage-KI betrachtet, die mit automatisierten Algorithmen den Anrufer befragt und einen Einsatzmittelvorschlag erarbeitet, um den Disponenten zu entlasten. Derzeit wird noch über die technische Umsetzbarkeit diskutiert. Ein Einführungsprozess wird jedoch noch nicht betrachtet, berichtet Guido Strohmeyer, Mitglied des Fa LuD. [13]

Vereinzelt werden auch in kommunalen Feuerwehren ferngesteuerte Drohnen und Roboter eingesetzt. Das Leistungsspektrum umfasst hier sowohl Mess- und Erkundungssysteme als auch manipulierende Systeme. Das deutsche Robotikzentrum (DRZ) arbeitet zusammen mit dem Institut für Feuerwehr- und Rettungstechnologie (IFR) an mehreren Projekten, in denen Roboter, Drohnen oder KI getestet werden. [14]

Neben Projekten, die die Stabilität der Anwendungen im Fokus haben, werden auch bereits andere Kriterien wie notwendige Aus- und Weiterbildung betrachtet (Stefan Grobelny Projektkoordinator IFR). [15]

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), wird im Projekt IRiS (Intelligente Rettung im Smart Home) untersucht, wie die Daten eines Smart Homes für die Einsatzkräfte nutzbar gemacht werden können. [16]

Das vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) unterstützte Projekt SIRENE (Secure and Intelligent Road Emergency NEtwork) befasst sich mit der gezielten Beschleunigung von Einsatzfahrzeugen innerhalb von Städten. Durch Kombination von intelligentem Routing und Beeinflussung von Lichtsignalanlagen sollen Eintreffzeiten verkürzt und Routen optimiert werden. [17]

Der Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (AFKzV) unterstützt derzeit keine Forschungsprogramme zum Thema Robotik. [18]

Am DRZ wurde, durch das BMBF gefördert, ein neuartiger Robotikleitwagen (RobLW) entwickelt. Über ihn können durch die Besatzung die mitgeführten Bodenroboter und Drohnen gesteuert werden. [19]

Roboter wie der Taurob Tracker der Feuerwehr Wien übernehmen Mess- und Erkundungsaufträge bei Einsätzen mit Gefahrstoffen oder in explosionsgefährdeter Umgebung. [20]

Die Firma Magirus stellt 2020 mit den AirCore-TAF-Systemen ferngesteuerte Löschroboter für die Brandbekämpfung in Industrie, Wald, Vegetation und Tiefgaragen vor. [21]

Der RTE Robot (Rosenbauer Technical Equipment) von Rosenbauer ist ein elektrisch angetriebenes funkferngesteuertes Raupenfahrzeug, das bis zu 600 kg Last auch über kleinere Hindernisse manövrieren kann. [22]

Eines der ambitioniertesten Projekte ist der Löschroboter Oktavia. Nach Abschluss des auf 10 Jahre ausgelegten Projektes, soll der zur Schiffsbrandbekämpfung entworfene humanoide Roboter nicht nur Befehle verstehen, sondern auch eigenständig Feuer detektieren und bekämpfen. [23]

### 3 Weitere Entscheidungskriterien

Wie in der Einleitung bereits dargestellt, findet die Robotik hauptsächlich in der Industrie ihre Anwendung. Vor allem die Automobilindustrie, als größter Anwender robotischer Systeme, trägt zur Entwicklung der Robotik bei. Hintergrund der Anwendung und Entwicklung sind rein wirtschaftliche Aspekte.

Nach dem Extremumprinzip wird hier das ideale Verhältnis zwischen möglichem Nutzen und dem Mitteleinsatz angestrebt. [24] Durch den Einsatz von Robotern werden die Arbeiter bspw. von monotoner oder körperlich sehr anstrengender Arbeit entlastet. Gleichzeitig wird die Produktivität gesteigert, da Pausen für Roboter nicht erforderlich sind. Zudem führt der Einsatz von Robotern zu konstant gleichbleibend hoher Qualität des bearbeiteten Produktes. Die Corona-Pandemie hat der Welt vor Augen geführt, dass Automatisierung zur Arbeit gehören wird. Waren die treibenden Kräfte bisher Effizienz und Produktivität, so kommt jetzt Sicherheit und Gesundheit hinzu. [25]

Der klassische Industrieroboter kommt bei komplexen Arbeiten, bei denen bspw. Kreativität benötigt wird, an seine Grenzen. Hier ist ihm der Mensch weitaus überlegen. Die jüngste Entwicklung im Bereich der Robotik setzt daher auf die Kombination der Fähigkeiten von Mensch und Maschine. So entstehen, unter dem Begriff der Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK), Arbeitsplätze, an denen Mensch und Roboter direkt zusammenarbeiten, ohne durch Schutzzäune räumlich voneinander getrennt zu sein. Diese Zusammenarbeit erfordert eine völlig andere Konstruktion und Arbeitsweise der Roboter. Arbeitssicherheit und Ergonomie rücken zunehmend in den Fokus. [9] Auch die immer weiter voranschreitende Autonomie robotischer Systeme erfordert eine genaue Betrachtung der Folgen ihrer Verwendung.

Im Weiteren werden Kriterien aufgezeigt, die aus Sicht des Autors, neben der reinen technischen Leistungsfähigkeit robotischer Systeme, also der Parameter zur Erreichung eines vordefinierten Ziels, berücksichtigt werden müssen. Zur technischen Leistungsfähigkeit werden Parameter gezählt, wie sie in den Datenblättern der Hersteller aufgeführt sind.

#### 3.1 Akzeptanz

Technik, die vom Anwender als nicht sinnvoll oder praktikabel erachtet wird, wird durch ihn auch nicht genutzt bzw. vernachlässigt. Besonders bei robotischen Systemen, die eine gewisse Komplexität und Veränderung in gewohnte Abläufe mit sich bringen, spielt die Akzeptanz dieser Systeme eine wichtige Rolle.

##### 3.1.1 Angst vor Jobverlust

In jeder Epoche der industriellen Revolution ist der Fortschritt von der Angst der Arbeiter vor dem Jobverlust begleitet. Auch heute spielt diese Angst eine wesentliche Rolle und kann die Akzeptanz von robotischen Systemen erheblich stören.

In Los Angeles, demonstrierten hunderte Hafenarbeiter gegen die Einführung von Verlade Robotern. Führungskräfte des Baukonzerns Mortenson in Colorado berichten

von einem verheerenden Mangel an Facharbeitern in ihrer Branche. Sie setzen daher auf den Einsatz von fahrerlosen Baggerrobotern. Die Baggerfahrer bezeichnen diese gerne als Jobkiller. [25] Diese beiden Beispiele, verdeutlichen die Angst der Menschen ihren Job auf Grund neuer Technik zu verlieren.

Von der fortschreitenden Automatisierung besonders gefährdet sind Berufe mit einem hohen Anteil an wiederkehrenden Standardprozessen und -aufgaben, die von Robotern leicht erlernt und umgesetzt werden können. [26] In Berufen mit geringem Substituierbarkeitspotential sind hingegen Kreativität und Flexibilität gefragt. Die Jobentwicklung der kommenden Jahre ist somit in vier Bereiche aufteilbar:

- Jobs, die gänzlich automatisiert werden können (z.B. in Produktion, Logistik, Buchhaltung),
- Jobs, deren Inhalte sich digital wandeln (z.B. Einzelhandelskaufmann hin zu E-Commerce-Fachkraft),
- Jobs, die neu entstehen (z.B. Datenanalysten, Software- und Anwendungsentwickler, Drohnenführer),
- Jobs, die engen Kontakt mit Menschen haben und daher nur geringes Substituierbarkeitspotential besitzen (z.B. soziale Berufe, Gesundheitsberufe, Lehrer). [26]

Mit Blick auf den deutschen Markt geht Jeremy Bowles davon aus, dass 51% aller Berufe durch Automatisierung und Digitalisierung gefährdet sind. [27] Gesamtwirtschaftlich gesehen wird allerdings davon ausgegangen, dass durch die neuen Technologien neue Märkte und neue Beschäftigungsmöglichkeiten eröffnet werden, welche die Jobverluste kompensieren. [4] Schlussfolgernd daraus wandelt der Roboter den Arbeitsmarkt und vernichtet ihn nicht.

### **3.1.2 Vertrauen**

An vielen Alltagshandlungen sind autonome technische Systeme bereits beteiligt. So agiert beim Lesen unserer E-Mail im Hintergrund ein Spam-Filter, der einen Großteil der an uns adressierten Spam-Mails ohne unser Zutun herausfiltert. Wenn wir Autofahren, unterstützen uns Fahrassistenzsysteme wie etwa das Electronic Stability Program (ESP), das im Notfall eingreift und ein Ausbrechen des Fahrzeugs verhindert. Autonome Systeme wirken also zunehmend an unserer Entscheidung mit bzw. übernehmen diese sogar vollständig. Diese im Alltag vorhandene Akzeptanz in autonome Systeme beruht auf dem Vertrauen in deren Sicherheit und Zuverlässigkeit. Um also Akzeptanz für Roboter im Arbeitsprozess zu erzeugen, ist es notwendig, beim Anwender auch Vertrauen in das System Roboter zu schaffen. [4]

Zur Gesunderhaltung ihrer Mitarbeiter, werden in immer mehr Betrieben Exoskelette getestet. Vor allem in der Produktion, in der Logistik aber auch im Handwerk. In den nordamerikanischen Werken des Automobilherstellers Toyota zählen neben Schutzbrillen, Gehörschutz und geschlossenen Schuhen nun auch Exoskelette zur persönlichen Schutzausrüstung (PSA) der Mitarbeiter. In Deutschland kommen Exoskelette in Rahmen von Ergonomieprojekten zum Einsatz. Tests mit dem Paexo-Shoulder-System der Firma Ottobock [28], führten bei den Mitarbeitern des

Industriemontage-Unternehmens Thor zu wahrer Begeisterung. Andere Tests bspw. bei Audi mit dem Unterstützungssystem Laevo ergaben auch negative Rückmeldungen. Hier haben sich Nutzer über Schwitzen, Reibung und Druckempfinden in Bereichen der Körperkontaktstellen sowie über das Eigengewicht des Systems beklagt. Auch die Daimler Aktiengesellschaft (AG) hat Tests mit verschiedenen Exoskeletten durchgeführt. Im Ergebnis steht man der Einführung skeptisch gegenüber. Besonders bei der Fließbandarbeit sind diejenigen Arbeitsanteile, bei denen das System für Entlastung sorgt geringer, als diejenigen bei denen es als störend empfunden wird. [29]

Am Flughafen Düsseldorf parkt seit 2014 der Roboter Ray Autos ein. Das Fahrzeug wird durch Ray gescannt und anschließend wie mit einem Gabelstapler angehoben, um es dann in eine bestimmte Parkposition zu bringen. Wenngleich der Roboter bereits über einen festen Kundenkreis verfügt, stößt er weiterhin bei vielen Parkhausnutzern auf Akzeptanzprobleme. [2]

Mitarbeiter des kalifornischen Unternehmens Taylor Farms sind von ihrem neuen Kollegen, einem Ernteroboter, begeistert. Seit 2016 nimmt er ihnen die beschwerliche Arbeit der Romana- und Eisbergsalaternte ab. Die Aufgaben der Arbeiter haben sich dadurch verändert. Jetzt überwachen sie den Ernteroboter und führen Qualitätskontrollen durch. [25]

Ein weiteres Beispiel für Akzeptanz von robotischen Systemen durch Vertrauen findet sich in der Luftfahrt. Eine Reihe von technischen Hilfsmitteln in Infrastruktur und Flugzeugen machen die Navigation exakter und das Fliegen dadurch sicherer. 1980 startete Airbus das Digital-Fly-by-Wire-Konzept und ermöglichte so den Einsatz von Flight Computern. Auf diese Weise konnten auch verschiedene Airbusmodelle anhand desselben Flight Modes geflogen werden. Piloten moderner Verkehrsflugzeuge vertrauen ihren, in der Regel zuverlässigen, Assistenzsystemen. [9]

### **3.1.3 Mitarbeitereinbindung**

Mitarbeiter, die bei der Einführung neuer Systeme unbeteiligt vor vollendete Tatsachen gestellt werden, zeigen in der Regel wenig Akzeptanz für die Neuerung. Das System wird mit Argwohn betrachtet und nur verhalten in den Arbeitsprozess eingebunden. Im besten Fall wird das System verzögert eingeführt, im schlimmsten Fall bleibt es ungenutzt.

Werden Mitarbeiter bei der Entwicklung von Anwendungen und der Problemlösung miteinbezogen, so können sie ihre eigenen Anliegen und Bedürfnisse für ein gutes Funktionieren der Arbeitsprozesse wahrnehmen und einbringen. Der Mitarbeiter fühlt sich wertgeschätzt und motiviert, was wiederum die Integration robotischer Systeme in den Arbeitsprozess erleichtert. Dies setzt eine Art des Umgangs zwischen Mitarbeitern und Führungskräften voraus, die auf Eigenverantwortung, Vertrauen und Wachstum durch Lernen setzt. [9]

### **3.2 Zeitpunkt und Dauer der Einführung robotischer Systeme**

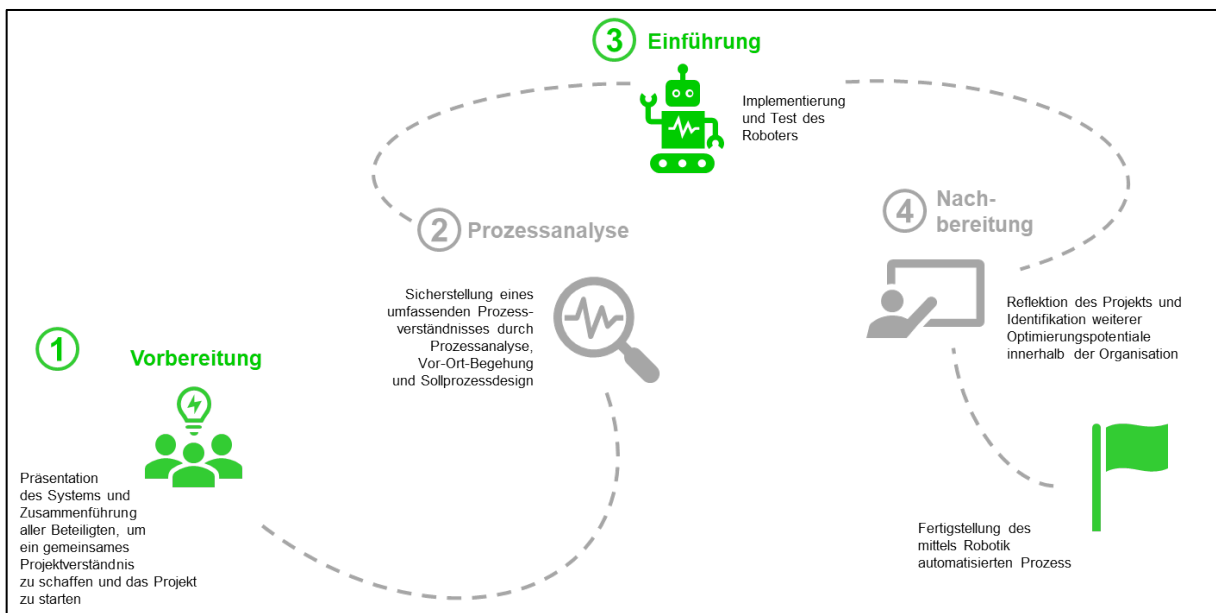
Bevor robotische Systeme eingeführt werden, ist einzuschätzen, welchen Zeitraum der Einführungsprozess in Anspruch nimmt. Dies ist besonders im Hinblick auf das im Prozess gebundene Personal und die vorhandenen personellen Ressourcen zu betrachten. Steht für die Projektdauer nicht genügend Personal zur Verfügung, muss ein anderer Zeitraum gewählt werden.

Auch der richtige Zeitpunkt für die Einführung robotischer System ist zu beachten. Erfordert bspw. der Umgang mit dem System eine besondere Ausbildung ist der für die Anwendung des Systems vorgesehene Personenkreis zu definieren und entsprechend zu qualifizieren.

Zur Finanzierung des Systems sind im Haushaltsplan die notwendigen Mittel bereitzustellen. Gemäß § 7 Absatz 1 Landeshaushaltsordnung (LHO) Nordrhein-Westfalen [30] sind bspw. bei der Aufstellung und Ausführung des Haushaltsplanes die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit zu beachten. Dabei ist zu eruieren, ob möglicherweise durch Bund und Länder bereitgestellte Fördermittel beantragt werden können. Stehen diese erst zu einem späteren als den geplanten Einführungszeitpunkt zur Verfügung, ist eine Verschiebung des Einführungstermins in Betracht zu ziehen.

### **3.3 Einführungsprozess**

Bei der Einführung robotischer Systeme sind vorhandene Prozesse neu zu bewerten und müssen überdacht werden. In der Feuerwehr kann dies bspw. die Anpassung von Alarm- und Ausrückeordnung (AAO), Standarteinsatzregeln (SER) oder Prozesse im Bereich von Logistikaufgaben betreffen. Wie wichtig es ist, hierbei die Mitarbeiter zu beteiligen, wurde bereits unter Punkt 3.1.3 dargestellt. Für die zielgerichtete Koordinierung und aktive Steuerung von Veränderungsprozessen, ist das Change Management, welches in Abbildung 3 dargestellt wird, entscheidend. [31] Dabei durchläuft der Einführungsprozess vier Phasen. Bevor ein robotisches System nachhaltig im Unternehmen etabliert werden kann ist Klarheit zu schaffen, was mit dem System erreicht werden soll. Hierzu sind in der ersten Phase alle am zukünftigen Prozess Beteiligten zusammenzubringen und mit dem Projekt vertraut zu machen. Die zweite Phase beinhaltet die Untersuchung des zu verändernden Prozesses, die Erläuterung der Veränderungen und die Neugestaltung des Prozesses. Steht dieser fest, wird in Phase drei der neue Prozess getestet. In der Nachbereitung der Phase vier werden die Ergebnisse der Testphase überprüft und mögliche Optimierungen umgesetzt. [32]



**Abbildung 3: Einführungsprozess in Phasen**  
**Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an [32]**

### 3.4 Zuverlässigkeit

Wie bei jedem angewandten System muss sich der Mensch auch bei der Anwendung eines Roboters auf dessen Funktionalität verlassen können. Hierbei ist zu betrachten, wie die technische Leistungsfähigkeit des Roboters im Anwendungsprozess umgesetzt werden kann.

Im chinesischen Chongqing testete die örtliche Feuerwehr erfolgreich das Löschen einer brennenden Hochhausfassade mit von der Firma Guofei Aviation entwickelten Löschdrohnen. Für den Test wurde die Fassade eines Hochhauses mit zehn Geschossen in Brand gesetzt. Der Brand mit einer Fläche von ca. 500 m<sup>2</sup> konnte in nur 15 min gelöscht werden. Guofei Aviation gibt für ihre Feuerlösch- UAV's (Unmanned Aerial Vehicle) mit einem maximalen AUW (All Up Weight) von 80 kg bis zu 20 min Flugzeit an. [33]

#### 3.4.1 Ausfallsicherheit

Der Einsatz von robotischen Systemen und die Automatisierung von Prozessen soll den Menschen bei der Erfüllung seiner Aufgaben unterstützen und im besten Fall z.B. riskante oder gefährlichen Aufgaben übernehmen. Das Hauptmotiv der Automatisierung bezieht sich hierbei auf die Erhöhung der Zuverlässigkeit und der Sicherheit. Die Automatisierung birgt jedoch auch Risiken, z.B. indem der Roboter nicht wie erwartet arbeitet, Fehler erzeugt oder ausfällt. In diesen Fällen übernimmt häufig wieder der Mensch die Aufgaben der Roboter. [34] Es müssen daher Redundanzen geschaffen werden, die ohne größeren Zeitverzug anwendbar sind. Dies bezieht auch Prozesse mit ein, die sich nicht auf den Einsatz robotischer Systeme stützen.

Ein weiteres Problem stellt die Energieversorgung robotischer System dar. Die Einsatzdauer von Drohnen ist größtenteils durch die Ladekapazität der verwendeten Akkus begrenzt. Verschiedenste Faktoren wie das Alter des Akkus, Wind oder geringe Temperaturen können massiven Einfluss auf die Einsatzdauer dieser Systeme haben. [34]

Im japanischen Fukushima wurde nach dem starken Erdbeben 2011 ein Roboter für Messungen und Probenentnahmen innerhalb des zerstörten Kernkraftwerkes eingesetzt. [35] Der Roboter ging verloren, da die Steuerungselektronik der Strahlung nicht standhielt. [5] Ein Roboter, der speziell in verstrahlten Gebieten einwandfrei arbeitet, müsse jedoch erst noch entwickelt werden, berichtet Johannes Kilian vom Institut für Robotik in Linz. [35]

Werden Prozesse zu weit oder falsch automatisiert, ist es möglich, dass die Menschen, die im Notfall einschreiten müssen, nicht mehr über die notwendigen Fähigkeiten verfügen, die sie in diesem Fall dringend brauchen. [3]

### **3.4.2 Kommunikationsfähigkeit**

Derzeitige Anwendungen robotischer Systeme im Bereich der Gefahrenabwehr betreffen zumeist ferngesteuerte Roboter. Hierbei ist die Aufrechterhaltung der Kommunikationsfähigkeit zwischen Operator und Roboter essentiell.

Beim Brand der Kathedrale Notre-Dame in Paris sorgte der Einsatz des Löschroboters TC800 im eingestürzten Kirchenschiff dafür, dass große Teile des Gebäudes gerettet werden konnten. [36] Ein Kontaktverlust hätte auch zum Verlust des Roboters führen und den Einsatzerfolg zumindest in Frage stellen können.

Die Firma Magirus hat mit dem AirCore TAF 35 einen Löschroboter für die Tunnelbrandbekämpfung entwickelt, der aufgrund seiner kompakten Bauweise auch in Tiefgaragen eingesetzt werden kann. Der Operator kommuniziert mit dem Roboter im Normalfall mit Sichtkontakt über eine Funkfernbedienung. Bei Einsätzen im Tunnel oder Tiefgarage kann der Funkkontakt eingeschränkt sein. Für diesen Fall ist eine Kabelfernbedienung vorgesehen. [37]

## **3.5 Ergonomie**

*„Die sozio-technische Systemgestaltung, wie sie von Emery und Trist im Jahr 1960 als notwendige Balance zwischen technischen Möglichkeiten, organisatorischer Umsetzung und menschlichen Kapazitäten und Bedürfnissen erkannt haben, wird bis heute nur begrenzt umgesetzt. Statt mit MTO-Gestaltung Mensch, Technik und Organisation in Einklang zu bringen, wird mangels interdisziplinärer Zusammenarbeit vielmehr TOM praktiziert: Die Technik bestimmt die Organisation und der Mensch hat sich darin einzupassen.“* [9, p. 47] Der Mensch übernimmt hierbei nur Resttätigkeiten, überwacht die Maschine und arbeitet nach vorgegebenen Abläufen, was seine Arbeit abwechslungs- und inhaltsarm macht [9]

Im kollaborierenden Betrieb, in dem sich die Arbeitsräume von Menschen und Roboter überschneiden und ein Kontakt zwischen ihnen nicht ausgeschlossen ist, sind

Gefährdungen für den Menschen zu vermeiden bzw. auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Die dafür notwendigen Sicherheitsanforderungen müssen in einer speziellen Risikoanalyse ermittelt werden. [34] Studien von Koppenborg und Dehais belegen, dass Roboter, die unvorhersehbare Aufgaben ausführen, beim Menschen Angst und Stress auslösen. Zugleich fühlen sich Menschen sicherer, wenn die Bewegung des Roboters per Signal angekündigt wird. [34]

Im Feuerwehrwesen angewandte robotische System werden ferngesteuert vom Operator geführt. Löschroboter wie der amerikanische Thermite RS3 werden vom Operator mittels Funkfernbedienung und unter Sichtkontakt bedient. Dieser ist somit auch allen örtlichen Umwelteinflüssen ausgesetzt. [38] Gleiches gilt auch für die meisten heute angewendeten UAV.

Das DRZ zusammen mit dem IFR der Feuerwehr Dortmund verfolgen hier einen anderen, ganzheitlicheren Ansatz. Der im September 2020 vorgestellte RobLW bietet sowohl Transportkapazitäten für das benötigte Fachpersonal als auch für Roboter samt Zubehör. An zwei Arbeitsplätzen können vom Inneren des RobLW heraus die Roboter bedient werden – ganz gleich, ob am Boden oder in der Luft, berichtet der Projektkoordinator Stefan Grobelny vom IFR. [19] Einen ähnlichen Ansatz verfolgt die Firma Alpha Robotics mit ihrem Löschroboter Alpha Wolf 1. In Zusammenarbeit mit der Freiwilligen Feuerwehr (FF) Lohne testet die ortsansässige Firma ihren voll funktionsfähigen Prototypen. Gesteuert wird der Löschroboter im Einsatz aus dem Kontrollraum des Systemträgerfahrzeuges per Joystick oder im Freien über ein Tablet. [39]

### **3.6 Ausbildung**

In seiner Studie "Die Zukunft der Arbeitsplätze 2018" kommt das Weltwirtschaftsforum (WEF) zu dem Schluss, dass die industrielle Revolution bis zum Jahr 2022 ca. 75 Millionen Menschen den Arbeitsplatz kosten könnte. Gleichzeitig schätzt das WEF, dass im gleichen Zeitraum 133 Millionen Arbeitsplätze entstehen. Insbesondere im Hinblick auf den Fachkräftemangel rechnet das WEF mit erheblichem Aus- und Weiterbildungsbedarf. [26]

Die Veränderung im Arbeitsmarkt trifft vor allem das Rückgrat der deutschen Volkswirtschaft, den Facharbeiter mit einer beruflichen Ausbildung. Langfristig betrachtet, wäre das nicht einmal problematisch, da der demografische Wandel es sogar erforderlich mache, dass Maschinen einen Teil der Arbeit übernehmen. Die Herausforderung ist die Weiterbildung jener Menschen, deren Job wegfällt oder die ganz neue Fähigkeiten haben müssen. [40]

Falk Senger, Geschäftsführer Technologiemesse der Messe München und Studienleiter "Automatica Trend-Index", räumt der Aus- und Weiterbildung eine Schlüsselrolle ein, damit Beschäftigte mit der Arbeitswelt 4.0 Schritt halten können. [41]

Eigeninitiative und das sogenannte Prozessverständnis zählen zukünftig zu den wichtigsten Kompetenzen. Dies bestätigt auch eine groß angelegte Studie des

Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB), in der geprüft wurde, wie sich Berufe durch die Digitalisierung verändern werden. Diese sich verändernden Arbeitsplätze bedürfen einer ständigen Weiterbildung der dort tätigen Mitarbeiter. [40] Mit dem Gesetz zur Stärkung der Chancen für Qualifizierung und für mehr Schutz in der Arbeitslosenversicherung (Qualifizierungschancengesetz) wird das Ziel verfolgt, dass mehr Arbeitsnehmer an Weiterbildungen teilnehmen. Demnach sollen Weiterbildungen die dazu dienen, dass sich Beschäftigte an die sich wandelnde Arbeitswelt besser anpassen, durch Kostenübernahme bzw. Kostenbeteiligung der Bundesagentur für Arbeit gefördert werden. Werden bestimmte Kriterien erfüllt kann der Staat die Weiterbildung bezuschussen, wodurch das beschäftigende Unternehmen finanziell entlastet wird. Der Beschäftigte bekommt während der Weiterbildung sein volles Gehalt weitergezahlt und darf die Arbeit ruhen lassen, um sich voll und ganz auf seine Qualifizierung konzentrieren zu können. [42]

Für die Arbeitsanforderungen, die sich aus der Mensch-Maschinen-Interaktion ergeben, sind auch die Formen der Arbeitsteilung, der Kooperation und der Kontrolle entscheidend. [3] Für die "Industrie 4.0" schlägt Hirsch-Kreinsen, wie in Anhang A dargestellt, vor, zwischen einer "Schwarm-Organisation" und einer "polarisierenden-Organisation" zu unterscheiden. [43]

Die Schwarm-Organisation ist hierbei durch eine Vernetzung von qualifizierten und gleichberechtigten Beschäftigten gekennzeichnet. Das gesamte Kollektiv handelt flexibel, selbstorganisiert und situationsabhängig im Rahmen der betrieblichen Vorgaben. Im entgegengesetzten Szenario steht die Polarisierung der Qualifikation im Vordergrund. Die Arbeitsorganisation ist geprägt von hochqualifizierten Spezialisten zur Kontrolle und Steuerung sowie niedrigqualifizierten Arbeitern für einfache manuelle und standardisierte Überwachungstätigkeiten. Dies führt zur Ausdünnung der mittleren Facharbeiterebene. [43] Im Diskurs Industrie 4.0 wird die qualifikationsorientierte Schwarm-Organisation als die sich durchsetzende Perspektive angesehen. [3]

Moderne und leistungsfähige Feuerwehren sind ohne fortschreitende Digitalisierung nicht mehr denkbar. Eine gute und moderne Ausbildung basiert auf starken, gut vernetzten Ausbildungseinrichtungen. *"Dafür muss sich jedoch das deutsche Feuerwehrwesen einigen."*, sagt Frank Mehr, Direktor des Instituts für Brand- und Katastrophenschutz (IBK) in Heyrothsberge. [44]

Am DRZ beschäftigt man sich im Rahmen des Projektes "Anwendbare Einsatzkonzepte für Rettungsrobotersysteme und Konzeptentwicklung für die angewandte akademische Ausbildung und die Integration von taktischen-operativen Aspekten" mit der Integration von Themen der Rettungsrobotik in die Aus- und Weiterbildung der Feuerwehren sowohl im Haupt- als auch im Ehrenamt. [15] Hierbei wird der Ansatz vertreten, dass durch die Komplexität der neuen Technik das Prinzip des "Generalisten in der Feuerwehr" nicht mehr anwendbar ist. Vielmehr werden sich einzelne Spezialgruppen herausbilden, die über den Standardeinsatz hinaus zur Anwendung kommen. Diesem Ansatz folgend, soll sich die Ausbildung modular aufbauen. Basierend auf einer einheitlichen Grundausbildung, in der die Robotik in ihren Grundlagen behandelt wird, werden zur Spezialisierung verschiedene, die

Thematik vertiefende, Qualifizierungsmodule wie in Anhang B aufgeführt, angeboten. [14]

### **3.7 Safety, Security, Privacy**

Sicherheitsrelevante Aspekte werden zukünftig einen deutlich höheren Stellenwert als heute haben. Dies gilt sowohl bezüglich der Robustheit gegenüber Missbrauch als auch hinsichtlich der Betriebssicherheit. Es ist zu erwarten, dass Roboter und Mensch zukünftig, bezogen auf die räumliche und arbeitsteilige Kooperation, immer enger zusammenarbeiten. Für eine bessere Kollaboration und um gefährliche Situationen für den Menschen zu vermeiden, soll der Roboter das menschliche Verhalten inklusive seiner Intension erkennen. Im Gegenzug muss für den Menschen das Verhalten des Roboters jederzeit vorhersehbar und nachvollziehbar sein. [45]

#### **3.7.1 Safety – funktionale Sicherheit**

Bei der funktionalen Sicherheit ist sicherzustellen, dass von den Funktionen eines robotischen Systems keine Gefahr für Mensch oder Umwelt ausgeht. [3] In der Anwendung von Industrierobotern galt früher das Schutzprinzip, dass Mitarbeiter und Roboter sich nicht zu nahe kommen dürfen. Deshalb waren die Roboter hinter Schutzzäunen aufgestellt und vom menschlichen Arbeitsplatz getrennt. Mit Einführung der MRK entfallen diese Schutzzäune und Mensch und Roboter arbeiten im direkten Kontakt. Dabei ist ein Restrisiko für Kollisionen nie ganz auszuschließen. Für den Hersteller eines Roboters gelten die EU-Richtlinien, wie Maschinenbaurichtlinie oder Niederspannungsrichtlinie. Somit muss ein Robotersystem ein Bewertungsverfahren durchlaufen. Dieses wird in einer Risikobeurteilung überprüft, dokumentiert und mit dem CE-Kennzeichen vom Hersteller ausgewiesen. Zur Risikobeurteilung des Roboterherstellers muss seitens des Roboterbetreibers eine Gefährdungsbeurteilung, wie beispielhaft in Anhang C dargestellt, erstellt werden, in der die Gefährdungen des MRK-Arbeitsplatzes zu betrachten sind. [46]

#### **3.7.2 Security - Datensicherheit**

Bei der Datensicherheit muss die Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Integrität und Vertraulichkeit der erfassten Daten sichergestellt sein. Dies gilt insbesondere, wenn Daten in externer Umgebung (Cloud) gespeichert oder prozessrelevante Daten zwischen Beteiligten ausgetauscht werden. [3] Ein anschauliches Beispiel für mögliche Gefährdungssituationen führt das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) im Bericht "Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2014" an. Hierin wird ein Angriff auf ein Stahlwerk dargestellt. Über Phishing-Mails erlangte der Angreifer Zugriff auf das Büronetzwerk des Stahlwerkes und drang von dort aus bis in die Produktionsnetze vor. In der Folge häuften sich Ausfälle einzelner Steuerungskomponenten oder ganzer Anlagen, was wiederum zu massiven Beschädigungen der Gesamtanlage führte. [47]

#### **3.7.3 Privacy – Datenschutz**

Personenbezogen sind Daten dann, wenn der Bezug zu einer Person bestimmt ist, oder der Bezug durch Verknüpfung von Daten (z.B. Maschinendaten und Zuordnung

des Beschäftigten zur Maschine durch Schichtplan) bestimmbar ist. [3] In der MRK soll die Maschine den Menschen unterstützen, um z.B. altersbedingte Defizite auszugleichen oder Beschäftigte länger und gesünder im Arbeitsprozess zu halten. Passt sich ein Assistenzroboter dem Mitarbeiter an, so kann diese Anpassung als eine Form von personenbezogenen Daten interpretiert werden. Wird bspw. innerhalb einer MRK ein Teil von Roboter und Mensch gleichzeitig bewegt, so wird der Roboter, schon aus Sicherheitsgründen, die Kraft seines Gegenübers messen und sich darauf einstellen. Auf diese Weise erfasst der Roboter aber auch, ob und wann der Mensch zittert, ob er mit der Zeit schwächer oder langsamer wird oder bestimmte schlechte Wochentage hat. Solche Daten sagen viel über einen Mitarbeiter aus. Zusammen mit einem Kamerabild, Arbeitsabläufen, etc. ergibt sich ein umfassendes Bild von Gesundheit und Wohlbefinden des Mitarbeiters. Diese hochsensiblen Daten gilt es zu schützen. [4]

Eine hundertprozentige Sicherheit wird es jedoch nie geben. Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich Entwicklungen auch ohne perfekten Sicherheitsstandard etablieren (Bsp. Onlinebanking). In letzter Konsequenz wird der Mensch nach wie vor eine "letzte Instanz" einnehmen um den "roten Knopf" drücken zu können. [45]

*„Je weiter ein System sich dem Ideal der absoluten Sicherheit annähert, desto stärker wird auch der Mensch in seiner Handlungsfreiheit eingeschränkt. Wer nichts mehr machen kann, kann auch nichts falsch machen.“* [9, p. 60]

### **3.8 Rechtliche Stellung von Robotern**

Roboter haben sich von bloßen Maschinen zu immer komplexeren Systemen mit zunehmenden Grad der Autonomie entwickelt. Dabei tauchten schon im frühen Stadium der Forschung und Entwicklung rechtliche Probleme und Fragestellungen auf. Dies betrifft nahezu alle Rechtsgebiete in den klassischen Teilgebieten Zivilrecht, Strafrecht und Öffentliches Recht. So stellen Roboter bspw. für das zivilrechtliche Haftungs- und Versicherungsrecht sowie für das öffentlich-rechtliche Gefahrenabwehrrecht neue Herausforderungen dar. Darüber hinaus stellen sich, im Zusammenhang mit dem Einsatz von Robotern, insbesondere auf Fahrlässigkeit beruhende strafrechtliche Fragen. Besondere Relevanz erreichen hier datenschutzrechtliche Aspekte, da Roboter auf Grund ihrer Sensorik Informationen über ihre Umwelt ermitteln. [48] Ein eigenes Roboterrecht, in dem der Umgang mit Robotern explizit geregelt ist, existiert zurzeit sowohl im nationalen als auch im internationalen Recht nicht. [49] Das europäische Parlament formulierte bereits 2017 Empfehlungen zu zivilrechtlichen Regelungen im Bereich Robotik und übergab diese der zuständigen Kommission. Die Empfehlungen beziehen sich insbesondere auf Aspekte des zivilrechtlichen Haftungsrecht, ethischer Grundsätze und Normen für die Robotik. [50]

Hinsichtlich bereits im Einsatz befindlicher Systeme wird versucht, geltendes Recht auch auf Roboter anzuwenden, was in vielen Fällen auch möglich und ausreichend ist. [48]

### 3.8.1 Zivilrecht

Moderne Roboter sind keine reinen Befehlsempfänger mehr, sondern verfügen bei der Ausführung ihrer Aufgaben über Freiheitsgrade, die es ihnen erlauben, auf Umweltereignisse zu reagieren. [51] Sie nehmen ihre Umwelt mittels diverser Sensoren wahr und lernen durch Beobachtungen und Erprobung verschiedener Handlungsalternativen dazu. Rückblickend wird somit schwierig zu ermitteln sein, ob sich ein schadenverursachendes Fehlverhalten des Roboters auf die ursprüngliche Programmierung oder das spätere Training durch den Benutzer zurückführen lässt. [52] Wünschenswert wäre eine eindeutige Haftungsregelung für derartige teilautonome Maschinen. Vorhandene Normen könnten durch spezifische Auslegung an die neue Situation angepasst werden. Durch den Gesetzgeber könnten neue Regularien zu Kauf und Nutzung von Robotern geschaffen werden. [49]

### 3.8.2 Strafrecht

Strafrechtlich relevant könnten Roboter werden, wenn sie als Gegenstand oder als Mittel zur Begehung von Straftaten verwendet werden. [52] Haftungsrechtliche Fragen stellen sich bspw. dann, wenn ein Besucher durch einen Haushaltsroboter verletzt oder getötet wird. In Frage kommt dann etwa eine Haftung des Herstellers und/oder des Verwenders wegen fahrlässiger Körperverletzung oder Tötung (§§ 222, 229 StGB). [49] In diesem Kontext ist genau zu prüfen, welche Sorgfaltspflichten auf diese Personen zukommen und ob diese beweisbar auf den Einzelfall bezogen verletzt wurden. [52] Genau diese Kausalität und objektive Zurechnung ist in Fällen von Robotereinsätzen schwer nachvollziehbar. Im Strafrecht muss eine Tat jedoch zweifelsfrei feststehen. Somit ist davon auszugehen, dass in Fällen einer Schädigung durch einen Roboter nur sehr selten eine strafrechtliche Verantwortlichkeit nachzuweisen ist. [49]

### 3.8.3 Öffentliches Recht

Bereits heute sind Roboter Gefahrenquellen im Straßenverkehr, am Arbeitsplatz, für öffentliche und private Gebäude oder für die Datensicherheit. Roboter, die teilweise autonome Entscheidungen treffen können sind dem Grunde nach gefährlicher als andere Maschinen. Sollte sich zeigen, dass das aktuelle öffentliche Recht den Gefahren beim Einsatz von Robotern nicht gerecht wird, müssen neue spezifische Normen geschaffen werden. So ist abzusehen, dass die Erforschung, Herstellung und der Einsatz dieser Maschinen etwa im Gefahrenabwehrrecht, das Umweltrecht, das Recht über Beförderung, Sicherheit am Arbeitsplatz, Regelungen zu medizinischen Geräten etc. betreffen und Änderungen oder Neuregelungen nötig werden lassen. Roboter sind aber nicht nur Gefahrenquellen, sondern werden auch in der Gefahrenabwehr eine immer wichtigere Rolle spielen. Die aktuellen Regelungen gehen von einer umfassenden Beherrschbarkeit der Roboter, im Sinne von Werkzeugen, durch ihre Anwender aus. Die Besonderheiten der Roboter werden dabei aber nicht erfasst. Im Bewusstsein einer nur unzureichenden rechtlichen Regelung, sollten Roboter mit der erforderlichen Zurückhaltung in Rettungs- und Überwachungsteams integriert werden. [49]

### **3.8.4 Datenschutzrecht**

Im Zusammenhang mit der Robotertechnologie sind datenschutzrechtliche Fragen von zentraler Bedeutung. Aufzeichnungen durch autonome Systeme stellen, u. a. mit Blick auf die Verhältnismäßigkeit, ein bedeutendes Datenschutzrisiko dar. Das System sammelt wahllos Bilddaten sämtlicher Personen, die sich im Aufnahmebereich aufhalten. Bei selbstfahrenden Fahrzeugen besteht, zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit, ein gewichtiges Interesse an der Kamerapräsenz. Hier könnte eine kurzzeitige Speicherung, im Sinne der Verhältnismäßigkeit, gerechtfertigt sein. [52]

### **3.9 Wirtschaftlichkeit**

Allgemein lässt sich durch den Einsatz von MRK eine Steigerung der Produktivität und das Nutzen versteckter Potentiale erwarten. [53] Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden, beginnend mit einer Prozessbetrachtung, mögliche Automatisierungspotentiale herausgearbeitet und die dafür notwendigen robotischen Systeme definiert. Anschließend werden entstehende Prozesskosten im neuen robotisch-unterstützten Prozess mit den Kosten des bisherigen analogen Prozesses verglichen. [54] Hierbei sind indirekte Kosten, Folgekosten sowie Abhängigkeiten innerhalb des Gesamtsystems zu berücksichtigen. Mögliche Kostenfaktoren sind typischerweise:

- Technische Nachrüstung und Alterungsmanagement,
- Wartung und Instandhaltung,
- Folgekosten aus Unfällen aufgrund technischer Fehler und/oder Fehlbedienung,
- Aus-/Weiterbildung für Systemkenntnisse, zur Bedienung und zum Erhalt von Fähigkeiten,
- Nicht-Verfügbarkeit bei technischen Problemen und Ausfällen,
- Abhängigkeit von Servicedienstleistern,
- Vulnerabilität (z.B. Informationssicherheit),
- Einfluss auf Mitarbeiterkompetenz und -motivation. [9]

Dem gegenüber stehen Einsparungen an Zeit und Personalkosten, da der Roboter Tätigkeiten, die bisher vom Mitarbeiter ausgeführt wurden, übernimmt. [55]

## 4 Bedeutung und Gewichtung der Kriterien

Wie in der Aufgabenstellung zu dieser Facharbeit beschrieben, ist die technische Leistungsfähigkeit ein Entscheidungskriterium zur Beschaffung robotischer Systeme. Im vorstehenden Kapitel wurden durch den Autor darüber hinaus zu berücksichtigende Kriterien herausgearbeitet. Dabei zeichnet sich ab, dass die verschiedenen Kriterien mit unterschiedlicher Gewichtung in die Entscheidung, ob ein robotisches System beschafft werden soll, eingehen. Im Folgenden werden die einzelnen Kriterien in ihrer Bedeutung bewertet und gewichtet. Bei näherer Betrachtung der dargestellten Kriterien lässt sich feststellen, dass es zwei wesentliche Arten von Kriterien gibt. Zum einen solche Kriterien, die durch eine detaillierte Bewertung den Vergleich zwischen bisherigen analogen Prozessen und den neuen robotisch unterstützten Prozessen ermöglichen (Bewertungskriterien). Dazu zählen aus Sicht des Verfassers die Kriterien Akzeptanz, Zuverlässigkeit, Ergonomie, Ausbildung sowie die Wirtschaftlichkeit und Sicherheit des Systems in seiner Anwendung. Zum anderen gibt es Ausschlusskriterien, die zwingend zum Zeitpunkt der Einführung des robotischen Systems erfüllt sein müssen. Dies ist die Rechtssicherheit, sowie der richtige Zeitpunkt zur Umsetzung des Projektes und dessen finanzielle Absicherung. Somit ist im Einführungsprozess als erstes zu klären ob die Ausschlusskriterien erfüllt werden. Werden diese Kriterien nicht erfüllt, kann das robotische System nicht eingeführt werden und es muss zu gegebenem Zeitpunkt eine Neubetrachtung des Prozesses erfolgen. Werden die Ausschlusskriterien erfüllt, erfolgt im nächsten Schritt eine Nutzwertanalyse anhand der gewichteten Kriterien. Ein möglicher Prozessablauf ist in folgender Abbildung dargestellt.

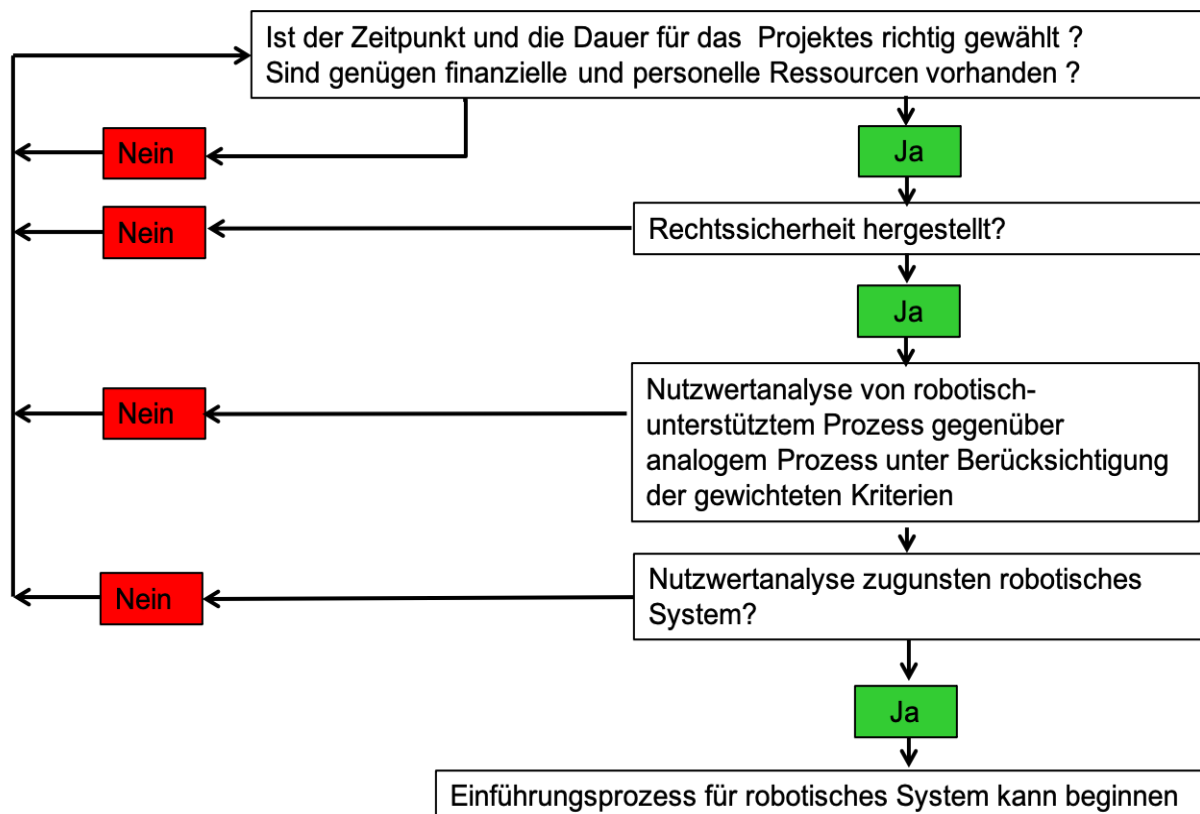


Abbildung 4: Bewertungsprozess zur Einführung des robotischen Systems  
Quelle: eigene Darstellung

In der Nutzwertanalyse werden zuerst die Bewertungskriterien gewichtet. Die Gewichtung dieser Kriterien erfolgt subjektiv und hat einen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis. Daher ist es wichtig, im Entscheidungsgremium nicht nur „Gleichgesinnte“ sondern auch „anders Denkende“ mit einzubeziehen. Denn je breiter die Basis der Entscheidung ist, desto besser und realistischer wird das Ergebnis. [54] Im zweiten Schritt wird ein Bewertungsmaßstab, wie der in Tabelle 1 dargestellte Erfüllungsgrad, für die einzelnen Kriterien festgelegt. Vergleichbar der im Vergabewesen angewandten Richtwertmethode [57] ist es notwendig, dass durch das Entscheidungsgremium Unterkriterien festgelegt werden, die den Erfüllungsgrad genau definieren. In einer Bewertungstabelle wird die Entscheidung für den jeweiligen Erfüllungsgrad nachvollziehbar belegt. Hierbei ist sowohl die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass ein Kriterium nicht erfüllt wird, sowie dass die Anzahl der Erfüllungsgrade zwischen den Bewertungskriterien variieren kann. In Abhängigkeit der Rahmenbedingungen des Projektes, können Bereiche definiert werden, die bei nicht erfüllen eines oder mehrerer Bewertungskriterien ebenfalls zum Ausschluss führen. Eine pauschale Vorgabe für die Gewichtung der Bewertungskriterien, der Anzahl der Erfüllungsgrade und der Unterkriterien, um die Erfüllungsgrade zu beschreiben, kann nicht gegeben werden. Vielmehr ist diese Auswahl von den individuell gesetzten Prioritäten der jeweiligen Organisation bzw. des Entscheidungsgremiums abhängig und kann somit von Organisation zu Organisation sehr unterschiedlich sein. Des Weiteren hängt die Auswahl der Bewertungskriterien vom Robotiksystem und dessen Anwendungsbereich ab. So macht es einen Unterschied, ob eine Drohne für die Erkundung angeschafft wird oder ein Löschroboter, der bspw. 50% des Personals einspart.

**Tabelle 1: Erfüllungsgrad**  
**Quelle: eigene Darstellung**

| Erfüllungsgrad |   |
|----------------|---|
| sehr hoch      | 5 |
| hoch           | 4 |
| mittel         | 3 |
| gering         | 2 |
| sehr gering    | 1 |
| nicht erfüllt  | 0 |

Der Nutzwert des einzelnen Bewertungskriteriums ergibt sich, indem die Gewichtung mit dem Erfüllungsgrad multipliziert wird. In der Summe der zu ermittelnden Nutzwerte ergibt sich eine vergleichbare Bewertung der zu betrachtenden Prozesse.

Nachfolgend wird anhand einer geplanten Beschaffung eines Roboters zur Erkundung im Gefahrguteinsatz beispielhaft eine Bewertung durchgeführt. Ziel ist es, die Einsatzzahlen von Einsätzen unter Chemikalienschutzanzug (CSA) zu minimieren und somit die Belastung für die Einsatzkräfte zu senken. Gleichzeitig wird eine Verringerung des Ausbildungsaufwandes erwartet. Das für den Vergleich ausgewählte Produkt, der Erkundungsroboter, ist nach Herstellerangaben in der Lage die im Vorfeld festgelegten Anforderungen zu erfüllen. Somit ist ein wesentliches Kriterium, das der

technischen Leistungsfähigkeit, erfüllt. Kann die anschließende Prüfung auf finanzielle und personelle Ressourcen positiv beantwortet werden, ist zu prüfen, ob eine rechtliche Absicherung für Schäden die durch den Einsatz des robotischen Systems entstehen können, besteht. Im Fall des Erkundungsroboters greift bei ordnungsgemäßer Anwendung die Herstellerhaftung. Somit ist auch dieses Ausschlusskriterium erfüllt. Im nächsten Schritt erfolgt die Nutzwertanalyse. In diesem Beispiel legt das Entscheidungsgremium besonderen Wert auf die Erfüllung der Kriterien Akzeptanz, Aufwand der Ausbildung und Sicherheit des Systems. Dem gegenüber soll die Wirtschaftlichkeit des Systems nur eine untergeordnete Rolle spielen. Im Anschluss werden die Kriterien hinsichtlich ihres Erfüllungsgrades bewertet. Hierfür legt das Entscheidungsgremium klar definierte Unterkriterien für die jeweiligen Faktoren fest. Am Beispiel der Ausbildung ist ein geringer Aufwand mit hohem und ein hoher Aufwand mit einem geringen Faktor zu bewerten.

**Tabelle 2: Nutzwertanalyse**  
**Quelle: eigenen Darstellung**

| Kriterien          | Gewichtung | durch robotisches System unterstützter Prozess |            | analoger Prozess |             |
|--------------------|------------|--|------------|------------------|-------------|
|                    |            | Erfüllungsgrad                                 | Nutzwert   | Erfüllungsgrad   | Nutzwert    |
| Akzeptanz          | 25%        | 4  | 1          | 5                | 1,25        |
| Zuverlässigkeit    | 10%        | 5  | 0,5        | 3                | 0,3         |
| Ergonomie          | 10%        | 5  | 0,5        | 3                | 0,3         |
| Ausbildung         | 30%        | 5  | 1,5        | 3                | 0,9         |
| Wirtschaftlichkeit | 5%         | 4  | 0,2        | 2                | 0,1         |
| Sicherheit         | 20%        | 5  | 1          | 3                | 0,6         |
| <b>Summe</b>       | 100%       | <b>28</b>                                      | <b>4,7</b> | <b>19</b>        | <b>3,45</b> |

In Auswertung der in Anhang D aufgeführten Bewertungstabellen ergibt sich, wie in Tabelle 2 dargestellt, ein Nutzwertvorsprung für das robotische System. Somit erscheint die Einführung des Roboters zur Erfüllung der im Vorfeld festgelegten Kriterien als sinnvoll.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Facharbeit stellt nicht den Anspruch einer abschließenden Betrachtung dar. Vielmehr soll dem Leser ein Überblick verschafft werden, welche entscheidenden Kriterien bei der Einführung robotischer Systeme beachtet werden müssen. Es zeigt sich, dass die technische Leistungsfähigkeit als ein entscheidendes Kriterium nicht allein betrachtet werden darf. Ob ein robotisches System erfolgreich in den Arbeitsprozess integriert werden kann, hängt im Wesentlichen auch von der Akzeptanz durch die zukünftigen Anwender ab. So stellen robotische Systeme, gegenüber etablierten analogen Systemen eine völlig neue Technik dar, die zudem eine Veränderung gewohnter Handlungsabläufe bedingt und bei der sich das notwendige Vertrauen in das neue System erst einstellen muss. Um möglichen Ängsten und Widerständen zu begegnen, sind die Mitarbeiter und späteren Anwender in einem frühen Stadium des Projektes mit einzubinden. Eine fundierte und angemessene Aus- bzw. Weiterbildung verschafft den Mitarbeitern die notwendige Sicherheit im Umgang mit der neuen Technik. Die für die Beschaffung notwendige finanzielle Absicherung und die zur Projektbetreuung erforderliche personelle Sicherstellung haben bedeutenden Einfluss auf die Dauer und den Zeitpunkt des Einführungsprozesses. Aber auch die Zuverlässigkeit des Systems sowie deren Ergonomie und Sicherheit sind Kriterien, die in die Betrachtung mit einfließen müssen.

Einige der aufgezeigten Kriterien bedürfen einer tieferen und eingehenderen Betrachtung als es im Rahmen dieser Facharbeit möglich ist. So sind derzeit verwendete Systeme eher als Werkzeuge zur Erweiterung von Fähigkeiten zu verstehen und folglich mit heute gültigem rechtlichem Regelwerk abgedeckt. Im Schadenfall können Hersteller oder Nutzer haftbar gemacht werden. Die zunehmende Autonomie von Robotern und die aus deren eigenmächtigen Handlungen möglicherweise entstehenden Schäden oder Verletzungen stellen jedoch eine rechtliche Grauzone dar, die auch im Zusammenhang mit dem Einsatz in der Gefahrenabwehr zu bewerten ist. Nach heutigem Stand spielt Robotik in der Ausbildung im Feuerwehrwesen eine untergeordnete Rolle. Um hier der Entwicklung nicht weiter hinterher zu laufen, ist eine ganzheitliche Betrachtung beginnend von Bildungsvoraussetzung über die Grundausbildung bis hin zur Weiterbildung notwendig.

Die Nutzung der Entwicklungen und Erkenntnisse aus Wissenschaft und Wirtschaft, kann einen entscheidenden Beitrag zur Erleichterung und Beschleunigung der Integration von robotischen Systemen in das Feuerwehrwesen darstellen.

# Literaturverzeichnis

- [1] C. Bartneck und et. al., Ethik in KI und Robotik, München: Carl Hansen Verlag, 2019.
- [2] J. Koolwaay, Die soziale Welt der Roboter, Bielefeld: transcript Verlag, 2018.
- [3] U. Holtgrewe, T. Riesenecker-Caba und J. Flecker, „Industrie 4.0“ - eine arbeitssoziologische Einschätzung,“ Wien, 2015.
- [4] C. Woopen und M. Jannes, Roboter in der Gesellschaft Technische Möglichkeiten und menschliche Verantwortung, Bd. 2, Köln: Springer-Verlag GmbH, 2019.
- [5] O. Rasche und J. Fangmann, Interviewees, *Leistungsfähigkeit und Grenzen des Löschroboters Wolf 1 Alpha Robotics*. [Interview]. 26 11 2020.
- [6] K. Maizner, Leben als Maschine? Von der Systembiologie zur Robotik und künstlichen Intelligenz, Paderborn: mentis Verlag GmbH, 2010.
- [7] J. Cas , G. Rose und L. Schüttler, „Robotik in Österreich Kurzstudie - Entwicklungsperspektiven und politische Herausforderungen,“ Österreichische Akademie der Wissenschaften, Projektbericht Nr. 2017-03, Wien, 2017.
- [8] N. Nevejans, „europarl.europa.eu“ EUROPEAN CIVIL LAW RULES IN ROBOTICS, 10 2016. [Online]. Available: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/571379/IPOL\\_S TU\(2016\)571379\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/571379/IPOL_S TU(2016)571379_EN.pdf). [Zugriff am 04 12 2020].
- [9] H.-J. Buxbaum, Mensch-Roboter-Kollaboration, Krefeld: Springer Gabler, 2020.
- [10] „ifr.org“ World Robotik Report 2020, 24 09 2020. [Online]. Available: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record-2.7-million-robots-work-in-factories-around-the-globe>. [Zugriff am 04 12 2020].
- [11] C. Bartneck und et. al., Mensch-Roboter-Interaktion, München: Carl Hansen Verlag, 2020.
- [12] S. Löffler, Militärische und zivile Flugroboter, Bd. 16, E. Hilgendorf und S. Beck, Hrsg., Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft, 2018.

- [13] G. Strohmeier, Interviewee, *AGBF Fachausschuss Leitstelle und Digitalisierung*. [Interview]. 13 11 2020.
- [14] S. Grobelny, Interviewee, *Befragung zur aktuellen Projekten des DRZ*. [Interview]. 14 10 2020.
- [15] S. Grobelny, „Anwendbare Einsatzkonzepte für Rettungsrobotersysteme und Konzeptentwicklung für die angewandte akademische Ausbildung und die Integration von taktisch-operativen. Aspekten“.
- [16] „sifo.de“ Intelligente Rettung im Smart Home, 2017. [Online]. Available: [https://www.sifo.de/files/Projektumriss\\_IRiS.pdf](https://www.sifo.de/files/Projektumriss_IRiS.pdf). [Zugriff am 04 12 2020].
- [17] „bmvi.de“ [Online]. Available: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/beschleunigung-von-sicherheits-einsaetzen-sirene.html>. [Zugriff am 05 12 2020].
- [18] L.-G. Berkling und K. Vagel, Interviewees, *Referat 24 im Ministerium für Inneres und Sport Sachsen-Anhalt*. [Interview]. 17 11 2020.
- [19] „Erster Robotikleitwagen (RobLW) vorgestellt“ *BrandSchutz*, p. 788, 10 2020.
- [20] J. Riegler, „bmi.gv.at“ Feuerwehr-Roboter, 07-08 2012. [Online]. Available: [https://www.bmi.gv.at/magazinfiles/2012/07\\_08/files/feuerwehrroboter\\_1.pdf](https://www.bmi.gv.at/magazinfiles/2012/07_08/files/feuerwehrroboter_1.pdf). [Zugriff am 04 12 2020].
- [21] J. Thorns, „Magirus: Waldbrand-Lösung mit AirCore und Roboter,“ *BrandSchutz*, pp. 936-940, 11 2020.
- [22] J. Thorns, „Der RTE Roboter von Rosenbauer“ *BrandSchutz*, pp. 949-950, 11 2020.
- [23] F. Lill, „zeit.de“ Octavia, bitte rette mich!, 26 01 2014. [Online]. Available: [https://www.zeit.de/wissen/2014-01/roboter-rettungswesen-brandschutz-octavia?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com](https://www.zeit.de/wissen/2014-01/roboter-rettungswesen-brandschutz-octavia?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com). [Zugriff am 04 12 2020].
- [24] „bwl-wissen.net“ Das Maximalprinzip kommt im realen Wirtschaftsleben selten zur Anwendung, [Online]. Available: <https://bwl-wissen.net/definition/maximalprinzip>. [Zugriff am 04 12 2020].
- [25] D. Berreby, „HALLO\_ICH\_BIN\_DA“ *National Geographic*, pp. 44-77, 09 2020.

- [26] A. Hengsberger, „lead-innovation.com“ Wie Robotik die Arbeitswelt der Zukunft verändert, 05 09 2019. [Online]. Available: <https://www.lead-innovation.com/blog/robotik-arbeitswelt-der-zukunft>. [Zugriff am 04 12 2020].
- [27] J. Lichter, „research.handelsblatt.com“ Technologie: Kein Ende der Arbeit, [Online]. Available: <https://research.handelsblatt.com/wp-content/uploads/2014/08/Arbeit.pdf>. [Zugriff am 04 12 2020].
- [28] „paexo.com“ Exoskelett - Ergonomie am Arbeitsplatz, [Online]. Available: [https://paexo.com/?gclid=EAlaIqObChMI08mn7pex7AIVIPhRCh3wBAfpEAAYASAAEgJEtfD\\_BwE](https://paexo.com/?gclid=EAlaIqObChMI08mn7pex7AIVIPhRCh3wBAfpEAAYASAAEgJEtfD_BwE). [Zugriff am 04 12 2020].
- [29] „sifa-sibe.de“ Einsatz von Exoskeletten, 24 04 2020. [Online]. Available: <https://www.sifa-sibe.de/ergonomie/einsatz-von-exoskeletten/>. [Zugriff am 04 12 2020].
- [30] *Landeshaushaltsordnung Nordrhein-Westfalen (LHO), in der Fassung vom 26. April 1999; zuletzt geändert durch Gesetz vom 19. Dezember 2019 (GV. NRW. S. 1030).*
- [31] T. Seitter, *Controlling im Bereich einer Landesfeuerweherschule*, Münster, 2019.
- [32] „www2.deloitte.com“ Der Roboter kommt, 3 2017. [Online]. Available: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/operations/Deloitte\\_Operations\\_Robotics\\_Die-Roboter-kommen\\_03-2017.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/operations/Deloitte_Operations_Robotics_Die-Roboter-kommen_03-2017.pdf). [Zugriff am 04 12 2020].
- [33] „drone-zone.de“ Drohnen löschen Hochhausbrand in nur 15 Minuten, 05 04 2020. [Online]. Available: <https://www.drone-zone.de/extrem-drohnen-loeschen-hochhausbrand-in-nur-15-minuten/>. [Zugriff am 04 12 2020].
- [34] J. Dachwitz, „opendata.uni-halle.de“ Zukunftsorientierte Arbeitsplatzgestaltung unter Anwendung der MRK, 10 04 2019. [Online]. Available: [https://opendata.uni-halle.de/bitstream/1981185920/14082/1/Dachwitz\\_Jenny\\_Dissertation\\_2019.pdf](https://opendata.uni-halle.de/bitstream/1981185920/14082/1/Dachwitz_Jenny_Dissertation_2019.pdf). [Zugriff am 04 12 2020].
- [35] „gefahren-gut.de“ Resistent gegen Radioaktivität, 11 10 2012. [Online]. Available: <https://www.gefahren-gut.de/themen/unfaelle-feuerwehr-brandschutz/resistent-gegen-radioaktivitaet>. [Zugriff am 04 12 2020].
- [36] F. Müller-Degenhardt, „qjio.de“ 17 04 2019. [Online]. Available: <https://www.qjio.de/diese-futuristischen-feuerschutztechnologien-haetten-den-brand-der-notre-dame-verhindern-koennen/>. [Zugriff am 04 12 2020].

- [37] A. Wenzel und J. Kress, Interviewees, *Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen der AirCore Systeme Magirus*. [Interview]. 26 11 2020.
- [38] „techrush.de“ 16 10 2020. [Online]. Available: <https://techrush.de/16-tonnen-schwer-das-ist-der-neue-feuerwehr-roboter-aus-den-usa/?cookie-state-change=1603112478078>. [Zugriff am 05 12 2020].
- [39] N. Sander, „Kamerad 2.0“ *Feuerwehr Magazin*, Nr. 5, pp. 24-28, 2020.
- [40] K. Scherer, „deutschlandfunk.de“ Die Digitalisierung der Ausbildung für die Arbeit 4.0, 12 03 2019. [Online]. Available: [https://www.deutschlandfunk.de/mensch-und-maschine-die-digitalisierung-der-ausbildung-fuer.724.de.html?dram:article\\_id=443393](https://www.deutschlandfunk.de/mensch-und-maschine-die-digitalisierung-der-ausbildung-fuer.724.de.html?dram:article_id=443393). [Zugriff am 05 12 2020].
- [41] A. Steinbuch, „dw.com“ Roboter, 05 01 2019. [Online]. Available: <https://www.dw.com/de/der-roboter-und-mein-arbeitsplatz/a-46818332>. [Zugriff am 05 12 2020].
- [42] M. Beilhammer, „arbeitsmarkt-news.de“ Qualifikationsschancengesetz 2020, 29 06 2020. [Online]. Available: <http://www.arbeitsmarkt-news.de/qualifizierungschancengesetz/>. [Zugriff am 05 12 2020].
- [43] H. Hirsch-Kreinsen, P. Ittermann und J. Niehaus, Digitalisierung industrieller Arbeit Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft, 2018.
- [44] „vfdb.de“ 28 05 2019. [Online]. Available: <https://www.vfdb.de/vfdb-ev/presse/presse-via-newslist/article/die-zukunft-gehoert-der-vernetzten-feuerwehr/>. [Zugriff am 05 12 2020].
- [45] Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDe, „bmwi.de“ 01 2013. [Online]. Available: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/autonomik-band-4.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/autonomik-band-4.pdf?__blob=publicationFile&v=3). [Zugriff am 05 12 2020].
- [46] F. Kring, „safetyxperts.de“ Kollaborierende Roboter: So steht es um die Arbeitssicherheit, 13 12 2018. [Online]. Available: <https://www.safetyxperts.de/arbeitschutz/gefaehrungsbeurteilung/gefahren-und-gefaehrungen/kollaborierende-roboter/>. [Zugriff am 05 12 2020].
- [47] „bsi.bund.de“ BSI, 2014. [Online]. Available: [https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Lageberichte/Lagebericht2014.pdf;jsessionid=09730AD88C89D2733DCD0816815AA1E1.1\\_cid500?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Lageberichte/Lagebericht2014.pdf;jsessionid=09730AD88C89D2733DCD0816815AA1E1.1_cid500?__blob=publicationFile&v=2). [Zugriff am 05 12 2020].

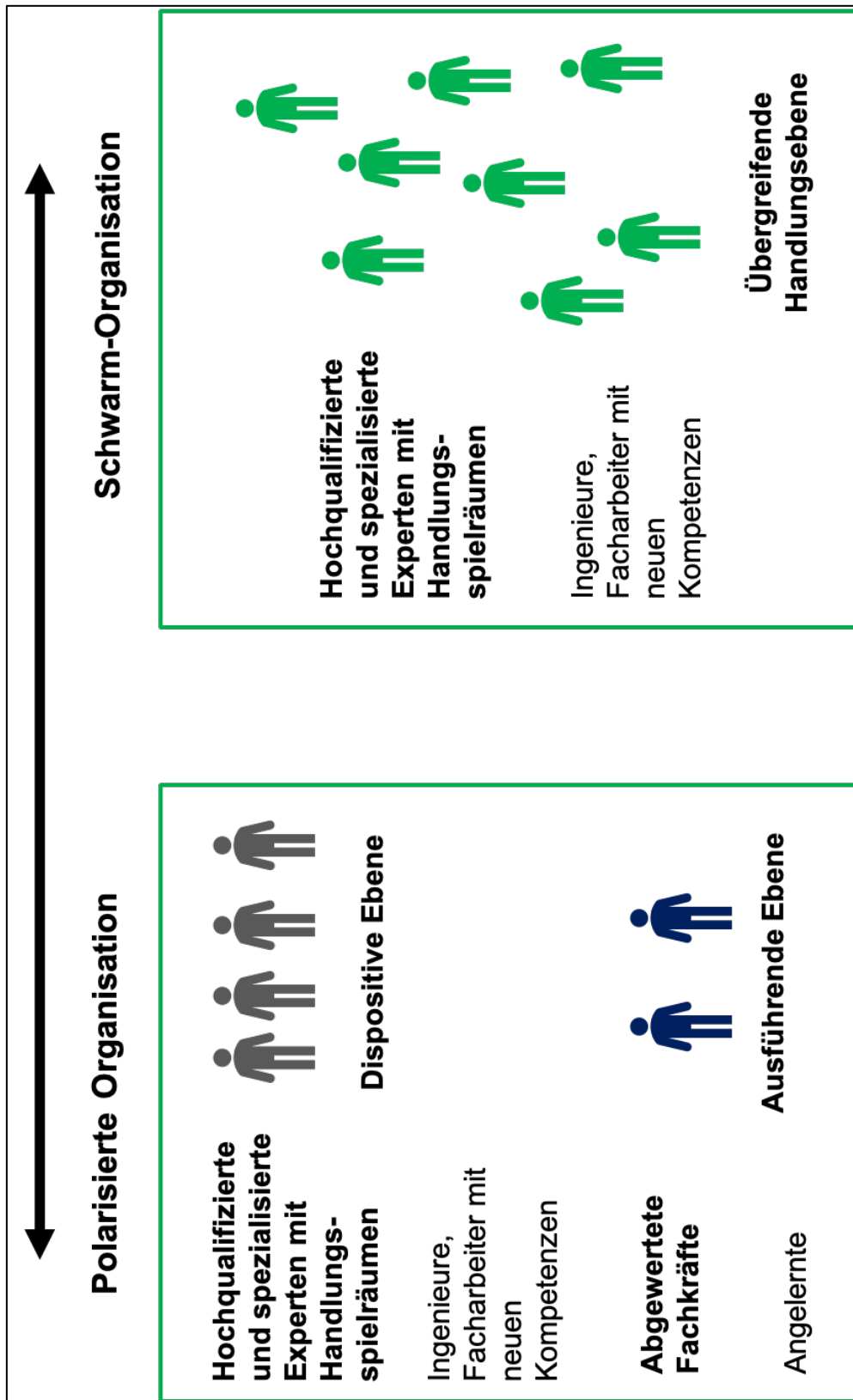
- [48] S. Löffler, „jura.uni-wuerzburg.de“ MaschinenMarkt, 2012. [Online]. Available: [https://www.jura.uni-wuerzburg.de/fileadmin/02000015/uploads/S020\\_MM-043.2012\\_pdf.pdf](https://www.jura.uni-wuerzburg.de/fileadmin/02000015/uploads/S020_MM-043.2012_pdf.pdf). [Zugriff am 05 12 2020].
- [49] S. Beck, „jdzb.de“ 08 12 2010. [Online]. Available: <https://www.jdzb.de/fileadmin/Redaktion/PDF/veroeffentlichungen/tagungsbaende/D62/11%20p1338%20beck.pdf>. [Zugriff am 05 12 2020].
- [50] „europarl.europa.eu“ 16 02 2017. [Online]. Available: [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051\\_DE.pdf](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051_DE.pdf). [Zugriff am 05 12 2020].
- [51] T. Christaller und J. Wehner, Autonome Maschinen, VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2013.
- [52] M. F. Müller, „robotics.tu-berlin.de“ 05 2014. [Online]. Available: [http://www.robotics.tu-berlin.de/fileadmin/fg170/Publikationen\\_pdf/01\\_Aufsatz\\_MelindaMueller.pdf](http://www.robotics.tu-berlin.de/fileadmin/fg170/Publikationen_pdf/01_Aufsatz_MelindaMueller.pdf). [Zugriff am 05 12 2020].
- [53] A. Lämmle, „roboshield-rw.de“ [Online]. Available: <https://roboshield-bw.de/fuer-unternehmen/wirtschaftlichkeitsanalyse-von-sicherheitskonzepten.html>. [Zugriff am 05 12 2020].
- [54] M. Hägele, N. Blümlein und O. Kleine, „ipa.fraunhofer.de“ 30 11 2010. [Online]. Available: [https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Kompetenzen/Roboter--und-Assistenzsysteme/Studie\\_EFFIROB.pdf](https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Kompetenzen/Roboter--und-Assistenzsysteme/Studie_EFFIROB.pdf). [Zugriff am 05 12 2020].
- [55] P. Rally und O. Scholtz, „researchgate.net“ 11 05 2020. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Oliver\\_Scholtz2/publication/340235070\\_Abschätzung\\_der\\_Wirtschaftlichkeit\\_für\\_MRK-Anwendungen\\_Kosten\\_und\\_deren\\_Abschätzung\\_für\\_Mensch-Roboter-Anwendungen\\_in\\_der\\_Montage/links/5ea68637a6fdccd79457fa12/Abschätzung-der-Wi.](https://www.researchgate.net/profile/Oliver_Scholtz2/publication/340235070_Abschätzung_der_Wirtschaftlichkeit_für_MRK-Anwendungen_Kosten_und_deren_Abschätzung_für_Mensch-Roboter-Anwendungen_in_der_Montage/links/5ea68637a6fdccd79457fa12/Abschätzung-der-Wi.) [Zugriff am 05 12 2020].
- [56] „erfolgreich-projekte.leiten.de“ [Online]. Available: <https://erfolgreich-projekte-leiten.de/nutzwertanalyse/>. [Zugriff am 05 12 2020].
- [57] „cio.bund.de“ 2018. [Online]. Available: [https://www.cio.bund.de/Web/DE/IT-Beschaffung/UfAB/ufab\\_node.html](https://www.cio.bund.de/Web/DE/IT-Beschaffung/UfAB/ufab_node.html). [Zugriff am 05 12 2020].
- [58] M. Oubbati, *Robotik*, Ulm: Universität Ulm Institut für Neuroinformatik, 2007.

## Anhang

# A Schwarm-Organisation Organisation

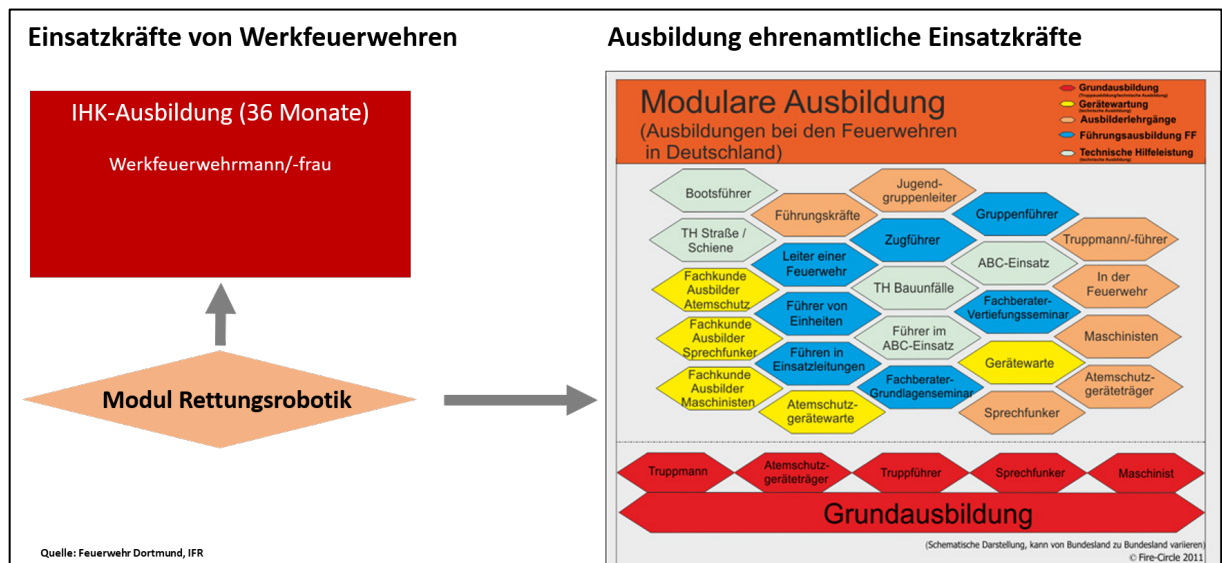
vs.

# polarisierende Organisation

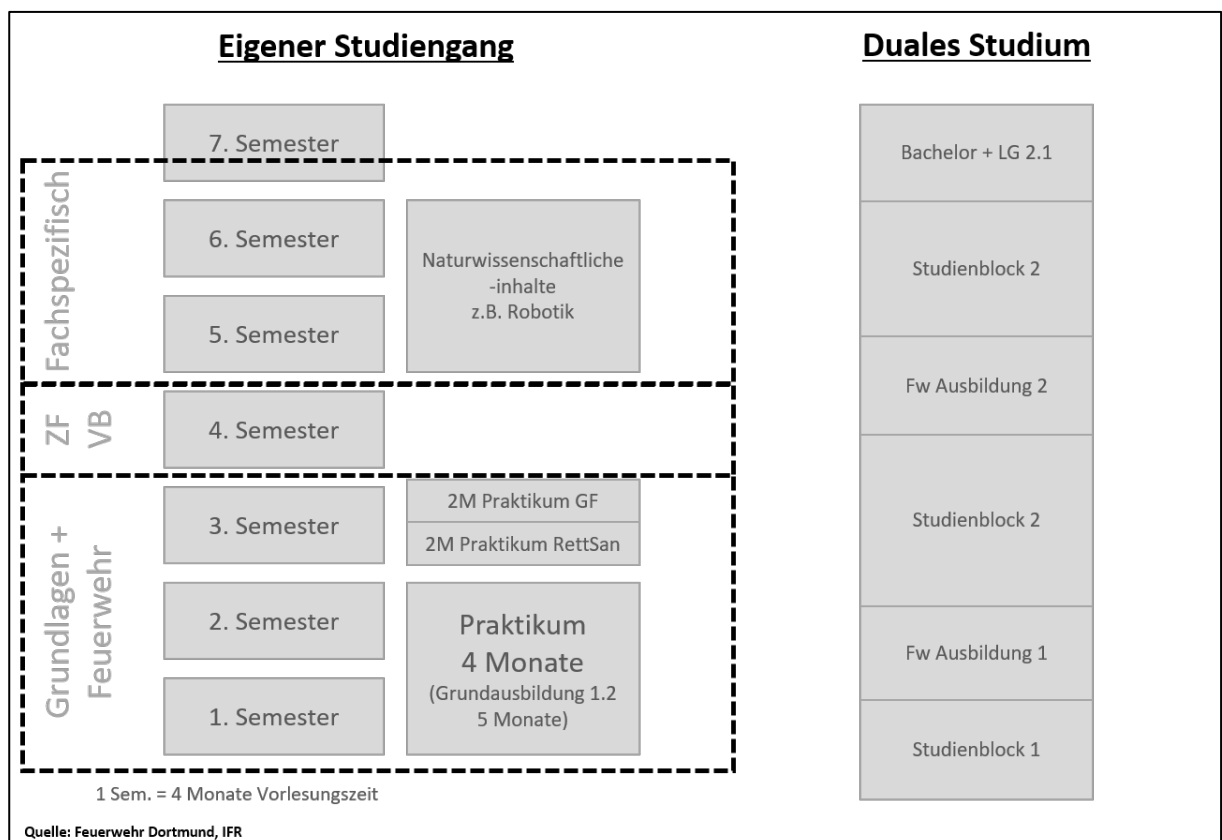


Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Hirsch-Kreinsen, et al. [43]

# B DRZ Ausbildungskonzept Robotik in Feuerwehren



Quelle: Feuerwehr Dortmund, IFR [15]



Quelle: Feuerwehr Dortmund, IFR [15]

## C Gefährdungsbeurteilung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern

Grundlage sind die vom IFA-Institut herausgegebenen Kriterien, die bei der Risikoanalyse eines Arbeitsplatzes mit kollaborierenden Robotern zu beachten sind. Demnach sollte die Gefährdungsbeurteilung folgende Punkte umfassen:

- 1) Prüfunterlagen Maschinenrichtlinie, Norm DIN EN 10218 sowie die BG-/BGIA-Empfehlungen zur Gestaltung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern
- 2) allgemeine Daten zur Risikoanalyse wie Unternehmen, Prüfer, Kurzbeschreibung des Roboters
- 3) Beschreibung und Spezifikationsdaten
  - a) des kollaborierenden Roboters: technische Daten, Zeichnungen, Beschreibung der Schutzeinrichtungen,
  - b) der Arbeitsplatzapplikation: räumliche Umgebung, Zugänge, Verkehrswege, Geräte, Ausrüstungen, Werkzeuge,
  - c) der Arbeitsaufgabe und der Tätigkeiten des Menschen im Kollaborationsraum: geometrische Daten, Distanzmaße Festlegung der Körperbereiche mit Kollisionsrisiko im Kollaborationsraum
- 4) Zusammenfassung aller relevanten Angaben zu den mit Kollisionsrisiko besetzten Arbeitstätigkeiten (mit den hierfür gültigen Grenzwerten der Verletzungskriterien und orientierenden Verformungskonstanten)
- 5) Überprüfung der zulässigen Verletzungsschwere: Liste mit Kollisionsvorgängen und den Grenzwerten der festgelegten Verletzungskriterien
- 6) zusammenfassende Prüfprotokolle zu den technologischen, medizinisch-biomechanischen, ergonomischen und arbeitsorganisatorischen Anforderungen
- 7) Einzelbeurteilung zu allen Rahmenbedingungen, Spezifikationsdaten und Prüfung (Messungen, Berechnungen)
- 8) Gesamtbeurteilung zu den Ergebnissen aller sicherheitstechnischen Teilprüfungen

In der Handlungshilfe "BG-/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach Maschinenrichtlinie- Gestaltung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern" finden sie außerdem:

Ein Formblatt zur Festlegung der Grenzwerte für relevante Verletzungskriterien im Einzelfall

Orientierende Werte zur Gestaltung von Kollisionsflächen kollaborierender Roboter

**Quelle: Gefährdungsbeurteilung Kollaborierende Roboter [46]**

# D Bewertungstabellen zur Nutzwertanalyse

## Bewertungstabelle analoges System Quelle: eigene Darstellung

| Bewertungskriterium   | GP   | BP | LP   | Erfüllungsgrad    |                      |         |                      |         |                    |
|---|------|----|------|-------------------|----------------------|---------|----------------------|---------|--------------------|
|   |      |    |      | 0 BP              | 1 BP                 | 2 BP    | 3 BP                 | 4 BP    | 5 BP               |
| <b>Akzeptanz</b><br>Ergebnis einer Mitarbeiterbefragung zur Akzeptanz des Prozesses im Kontext zur Einfachheit in der Durchführung      |      |    |      | <10%              | 10%<20%              | 20%<40% | 40%<60%              | 60%<80% | 80%<=100%          |
|   | 25%  | 5  | 1,25 |                   |                      |         |                      |         | X                  |
| <b>Zuverlässigkeit</b><br>Für die Bewertung maßgeblich ist die Messgenauigkeit des Systems auf Basis Hersteller-angeben Fehlerquote     |      |    |      | über 30%          | zwischen 30% und 20% |         | zwischen 20% und 10% |         | unter 10%          |
|   | 10%  | 3  | 0,3  |                   |                      |         | X                    |         |                    |
| <b>Ergonomie</b><br>Ergebnis einer Mitarbeiterbefragung des anwendenden Einsatz-personals hinsichtlich der Einfachheit der Bedienung    |      |    |      | nicht zu bedienen | schwer zu bedienen   |         | normal zu bedienen   |         | leicht zu bedienen |
|   | 10%  | 3  | 0,3  |                   |                      |         | X                    |         |                    |
| <b>Ausbildung</b><br>Für die Bewertung maßgeblich ist der notwendige Aufwand für Aus- und Weiterbildung pro Einsatzkraft und Jahr       |      |    |      | nicht leistbar    | hoch                 |         | mittel               |         | gering             |
|   | 30%  | 3  | 0,9  |                   |                      |         | X                    |         |                    |
| <b>Wirtschaftlichkeit</b><br>Für die Bewertung maßgeblich sind die Kosten die auf Grund von Neubeschaffung nach einem Einsatz entstehen |      |    |      |                   |                      | hoch    |                      | gering  |                    |
|   | 5%   | 2  | 0,1  |                   |                      | X       |                      |         |                    |
| <b>Sicherheit</b><br>Für die Bewertung maßgeblich ist die Sicherheit für die Im Prozess beteiligten Einsatzkräfte                       |      |    |      | nicht vertretbar  | sehr gering          | gering  | mittel               | hoch    | sehr hoch          |
|   | 20%  | 3  | 0,6  |                   |                      |         | X                    |         |                    |
| <b>Summe</b>  | 100% | 19 | 3,45 |                   |                      |         |                      |         |                    |

GP Gewichtungspunkte

BP Bewertungspunkte

NW Nutzwert

Gewichtungspunkt \* Bewertungspunkt = Nutzwert

**Bewertungstabelle robotisch unterstütztes System**  
**Quelle: eigene Darstellung**

| Bewertungskriterium   | GP   | BP | LP  | Erfüllungsgrad    |                      |         |                      |         |                    |
|---|------|----|-----|-------------------|----------------------|---------|----------------------|---------|--------------------|
|   |      |    |     | 0 BP              | 1 BP                 | 2 BP    | 3 BP                 | 4 BP    | 5 BP               |
| <b>Akzeptanz</b><br>Ergebnis einer Mitarbeiterbefragung zur Akzeptanz des Prozesses im Kontext zur Einfachheit in der Durchführung      |      |    |     | <10%              | 10%<20%              | 20%<40% | 40%<60%              | 60%<80% | 80%<=100%          |
|   | 25%  | 4  | 1   |                   |                      |         |                      | X       |                    |
| <b>Zuverlässigkeit</b><br>Für die Bewertung maßgeblich ist die Messgenauigkeit des Systems auf Basis Hersteller-angeben Fehlerquote     |      |    |     | über 30%          | zwischen 30% und 20% |         | zwischen 20% und 10% |         | unter 10%          |
|   | 10%  | 5  | 0,5 |                   |                      |         |                      |         | X                  |
| <b>Ergonomie</b><br>Ergebnis einer Mitarbeiterbefragung des anwendenden Einsatz-personals hinsichtlich der Einfachheit der Bedienung    |      |    |     | nicht zu bedienen | schwer zu bedienen   |         | normal zu bedienen   |         | leicht zu bedienen |
|   | 10%  | 5  | 0,5 |                   |                      |         |                      |         | X                  |
| <b>Ausbildung</b><br>Für die Bewertung maßgeblich ist der notwendige Aufwand für Aus- und Weiterbildung pro Einsatzkraft und Jahr       |      |    |     | nicht leistbar    | hoch                 |         | mittel               |         | gering             |
|   | 30%  | 5  | 1,5 |                   |                      |         |                      |         | X                  |
| <b>Wirtschaftlichkeit</b><br>Für die Bewertung maßgeblich sind die Kosten die auf Grund von Neubeschaffung nach einem Einsatz entstehen |      |    |     |                   |                      | hoch    |                      | gering  |                    |
|   | 5%   | 4  | 0,2 |                   |                      |         |                      | X       |                    |
| <b>Sicherheit</b><br>Für die Bewertung maßgeblich ist die Sicherheit für die Im Prozess beteiligten Einsatzkräfte                       |      |    |     | nicht vertretbar  | sehr gering          | gering  | mittel               | hoch    | sehr hoch          |
|   | 20%  | 5  | 1   |                   |                      |         |                      |         | X                  |
| <b>Summe</b>  | 100% | 28 | 4,7 |                   |                      |         |                      |         |                    |

GP      Gewichtungspunkte

BP      Bewertungspunkte

NW      Nutzwert

Gewichtungspunkt \* Bewertungspunkt = Nutzwert

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Stephan Severidt die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der von mir angegebenen Quellen angefertigt zu haben. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde noch keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Barleben, 14.12.2020

.....

Stephan Severidt