



Christopher Sturm, BSc

Konzeptentwicklung von vollautomatischen Batterieladesystemen

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Master-Studiengang: Maschinenbau und Wirtschaft

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Dipl.-Ing. Dr.techn. Jürgen Fabian

Institut für Fahrzeugtechnik

Member of Frank Stronach Institute

Graz, Juni 2016

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit/Diplomarbeit identisch.

Datum

Unterschrift

AFFIDAVIT

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or by content from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis dissertation.

Date

Signature

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jene danken, die mich im Rahmen meiner Masterarbeit unterstützt, begleitet sowie auch motiviert haben.

Ganz besonders gilt dieser Dank meinen Eltern Silvia und Helmut, die mich jahrelang finanziell sowie auch moralisch unterstützt haben und mich teilweise auch in schwierigen Zeiten immer wieder motivieren konnten. Zudem zeigten sie ständig ein großes Interesse an meiner Arbeit. Nun stehe ich am Abschluss dieses ganzen Unternehmens, welches ohne meinen Eltern niemals möglich gewesen wäre.

Darüber hinaus möchte ich mich vor allem beim Herrn Dipl.-Ing. Dr. Jürgen Fabian bedanken, der meine Arbeit und somit auch mich durch seine persönliche und fachliche Unterstützung betreut hat. Auch auf privater Ebene stand er stets für Fragen offen.

Auch allen Personen, die am Institut für Fahrzeugtechnik arbeiten, möchte ich einen Dank aussprechen. Egal welche Herausforderungen auch immer im Raum standen, sie hatten stets ein offenes Ohr und konnten mir so wertvolle Tipps für meine Recherche geben sowie zahlreiche Fragen beantworten.

Folgend möchte ich auch meiner Freundin Michaela sowie ihren Eltern danken. Durch die zahlreichen Gespräche mit ihnen konnten neue Ideen geschnürt werden welche oft zur Lösung etwaiger Aufgaben halfen.

Zum Abschluss möchte ich mich auch bei all meinen Freunden bedanken, die mir durch allhand Gespräche wertvolle Anreize für neue Ideen gegeben haben.

Kurzfassung

Bis heute gibt es keine zufriedenstellenden Lösungen, um den Ladevorgang von Elektrofahrzeugen vollständig zu automatisieren. Gegenwärtig ist es immer noch Stand der Technik, aufwendig mit oft verhedderten und schmutzigen Kabeln, die am Boden herumliegen, Stolperfallen sein können, tagtäglich eine Verbindung mit der oft sehr schwergängigen Steckverbindung am Elektroauto, herzustellen. Dies ist zeitaufwendig sowie durchwegs unkomfortabel. Auch vergessen Nutzer des Öfftens das Fahrzeug anzustecken, wobei dies ungeladene Akkus der Autos zu Folge hat. Daher forschen einige namhafte Hersteller an hochkomplexen Laderobotern, welche diesen Ansteckvorgang automatisieren könnten. Diese Arbeit beschäftigt sich mit den erwähnten Herausforderungen und präsentiert Konzepte, welche einen vollständig automatisierten Ladevorgang ermöglichen. Die bereits der Öffentlichkeit präsentierten Ladesysteme dienen als grundlegende Vorlage. Deren Schwachstellen wurden offen gelegt und versucht, diese in den weiterentwickelten Konzepten zu beseitigen. Durch vorher definierte Anforderungen wurden einzelne, bereits auf den Markt bestehende und angebotene Teilsysteme gesucht. Diese Teilsysteme wurden dann weiters hinsichtlich vorher definierter technischer Ansprüche und Bedienbarkeit verglichen (technologischer Benchmark), um das am besten geeignetste Konzept weiter zu verwenden. Auf etwaige Nachteile in der Standardisierung diverser Komponenten eines Elektrofahrzeugs wurde ebenfalls eingegangen. Letztendlich wurden zwei Konzepte im Detail aufgezeigt, welche eine vollautomatische Batterieaufladung ermöglichen.

Da sich in jedem Elektrofahrzeug dutzende von Hochvoltleitungen befinden, wurde zusätzlich zu dieser Arbeit eine Analyse der Verlegung dieser Kabel an spezifisch ausgewählten Fahrzeugen unternommen und dokumentiert.

Abstract

Up to the present day, there are no satisfactory solutions to make the charging of electric vehicle entirely automate. Currently an every-day connection with a tight connector on the electric car is still the state of the art and very elaborate, according to tangled and dirty cables which are lying around on the ground and being stumbling blocks. This is time consuming and consistently uncomfortable. Additionally, users frequently forget to connect their vehicle which causes unloaded batteries of the car. Therefore, some renowned manufacturers research on highly complex loading robots which could automate this clip-on process. This work deals with the mentioned challenges and presents concepts which enable a fully automated process. The charging systems which are already presented to the public serve as the basic template. These weaknesses have been exposed and tried to eliminate in the advanced concepts. Through pre-defined requirements, already existing as well as offered subsystems were searched on the market. Furthermore, these subsystems were compared in terms of previously defined technical requirements and usability (technological benchmark), in order to apply the most qualified concept. Several disadvantages in the standardisation of various components of an electric car were also amplified. Ultimately, two concepts were presented in detail, which enabled a full automatical battery charging.

Additionally to this work, as there are numerous high-volt cables in each electric vehicle, an analysis of the laying of these cables has been made on specifically selected vehicles and has been documented.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Roboterunterstützte Ladesysteme in der Prototypenphase	1
1.1.1	Volkswagen e-smartConnect.....	1
1.1.2	Tesla Laderoboter	2
1.1.3	Ladesystem der TU Dortmund	3
1.1.4	TU Chemnitz Ladesystem	3
1.2	Ladearten.....	5
1.2.1	AC-Ladung.....	5
1.2.2	DC-Ladung.....	5
1.2.3	Induktives Laden	6
1.2.4	Batteriewechsel.....	7
1.2.5	Ladebetriebsarten leitend	8
1.3	Ladesteckersysteme	11
1.3.1	Wechselstrom (AC) Steckersysteme	12
1.3.2	Gleichstrom (DC) Steckersysteme	15
1.4	Ladedeckelsysteme.....	17
1.4.1	Ladedeckelposition	17
1.5	Industrieroboter	20
1.5.1	Anforderungen	20
1.5.2	Hersteller.....	25
1.5.3	Gegenüberstellung.....	36
1.5.4	Benchmark der unterschiedlichen Robotermodelle	38
1.6	Greifsystem / Adapterplatte	38
1.6.1	Anforderungen	38
1.6.2	Greifer.....	39
1.6.3	Adapterplatte.....	42
1.7	Aufladearten.....	43
1.7.1	Variante für Überkopfauladung.....	43

1.7.2	Varianten für automatisierte Aufladung am Boden	45
1.8	Kommunikation Fahrzeug-Laderoboter	49
1.8.1	Anforderungen	50
1.8.2	Arten der Kommunikation	50
1.9	Fahrzeugetfassung	55
1.9.1	Anforderungen	55
1.9.2	Arten der Fahrzeugetfassung	56
1.9.3	Vergleich	61
2	Modifikation der Fahrzeuge	63
3	Konzeptfindung und Erstellung	67
3.1	Konzept Überkopfauladung	67
3.2	Konzept Bodenauladung	77
3.2.1	Verlegung der Hochvoltleitungen unterschiedlicher Fahrzeugtypen	78
4	Zusammenfassung und Ausblick	90
5	Verzeichnisse	92
5.1	Literaturverzeichnis	92
5.2	Tabellen	97
5.3	Abbildungen	98
6	Anhang	101
6.1	Spezifikation ABB IRB 1200	102
6.2	Technische Daten Mitsubishi Melfa RV-F-Serie	103
6.3	Technische Daten Kuka LBR iiwa	104
6.4	Technische Spezifikationen Fanuc LR Mate 200iD	105
6.5	Technische Daten Schunk LWA 4P	106
6.6	Technische Daten Schunk LWA 4D	107
6.7	Technische Spezifikationen Universal Robots UR10	108
6.8	Technische Daten Schunk SDH	109
6.9	Technische Daten Schunk PGN-plus	110

Abkürzungsverzeichnis

AC	Wechselstrom
CCS	Combined Charging System
CEE	Commission on the Rules for the Approval of the Electrical Equipment
EVSE	Electrical Vehicle Supply Equipment
DC	Gleichstrom
FI	Fehlerstrom-Schutzschalter
GPS	Global Positioning System
ICCB	In-Cable-Control-Box
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IP-Code	International Protection Code
ISM-Band	Industrial Scientific and Medical Band
Kfz	Kraftfahrzeug
NiMH	Nickel-Metallhydrid
VBM	Verbindungsmodul
SAE	Society of Automotive Engineers
SPE-PRCD	Switched Protective Earth – Portable Residual Current Device
ToF	Time-of-Flight
PWM	Pulsweitenmodulation

1 Einleitung

1.1 Roboterunterstützte Ladesysteme in der Prototypenphase

Um die Batterien der Elektrofahrzeuge der kommenden Generationen schnell aufladen zu können, werden hohe Ladeleistungen vorausgesetzt. Dies stellt jedoch hohe Ansprüche an die Bedienbarkeit solcher Systeme dar. Durch die hohen Ladeleistungen werden die Querschnitte der jeweiligen Kabel immer größer, sodass diese immer schwerer sowie auch unhandlicher werden. Aus diesem Grund forschen einige Automobilhersteller an einem automatischen Ladesystem, welches den Fahrzeughenker erlaubt sein Auto aufzuladen, ohne aktiv an der „Betankung“ tätig zu sein.

1.1.1 Volkswagen e-smartConnect

Der Automobilhersteller *Volkswagen* stellte kürzlich ein solches System [1] vor, welches sich noch in der Testphase befindet. Das besagte System basiert auf Gleichstrom, also einem Schnellladesystem und nennt sich *e-smartConnect*.

Volkswagen setzte hierbei auf einen *KuKa LBR iiwa* Roboter der neuesten Generation. Der Schnellladevorgang beginnt mit der Kommunikation zwischen Fahrzeug und Elektrotankstelle. Das Fahrzeug übermittelt seine Profildaten der Ladestation, die im Gegenzug die Zielposition für das automatische Parken überträgt. Die DC-Ladedose des Fahrzeugs muss in einem Zielbereich von 20 mal 20 Zentimeter positioniert sein. Anschließend ermittelt eine Kamera am Greifwerkzeug die exakte Position der Ladedose, welche auf einen Millimeter genau bestimmt wird. Darauffolgend entnimmt das Greifwerkzeug am Roboter den DC-Stecker und verbindet sich mit der Ladedose. Nachdem der Anschluss erfolgte, wird das Fahrzeug automatisch an einem freien Parkplatz abgestellt. Ist die Batterie des Fahrzeugs vollständig geladen, erfolgt wiederum automatisch das Abziehen des DC-Steckers [1].



Abbildung 1-1: Volkswagen e-smartConnect [44]



Abbildung 1-2: Volkswagen e-smartConnect [44]

1.1.2 Tesla Laderoboter

Tesla Motors arbeitet ebenfalls an einem Laderoboter, welcher mittels Gleichstrom die haus-eigenen Fahrzeuge vollkommen autonom aufladen kann. Die Klappe der Ladebuchse öffnet sich automatisch sobald das Fahrzeug aufgeladen werden soll. Wird neben dem Roboter ein Fahrzeug zum Laden abgestellt, wird dies erkannt und der schlangenartige Prototyp sucht selbstständig den Weg zur Ladedose, damit im Anschluss der Ladevorgang beginnen kann. Hintergedanke von *Tesla Motors* ist, dass das Aussteigen des Fahrers zum Laden des Fahrzeugs vollkommen unnötig wird. Wie der Roboter sein Ziel findet beziehungsweise genauere technische Details zum gesamten Laderoboter sind derzeit nicht öffentlich bekannt. Allgemein befindet sich der Roboter im Prototypen-Status und wird von *Tesla Motors* noch weiter getestet [2].



Abbildung 1-3: Tesla Laderoboter [2]

1.1.3 Ladesystem der TU Dortmund

An der TU in Dortmund hat ein Team ein Projekt mit dem Titel ALanE gestartet, welches ein automatisches Ladesystem für Elektrofahrzeuge entwickelt. Das Akronym ALanE steht für Automatisches Ladesystem für nachhaltige Elektromobilität. Ziel des Projektes ist es, dass Elektrofahrzeuge beim Parken automatisch geladen werden, ohne dass die Fahrerin oder der Fahrer das Ladekabel anstecken muss. Ein manueller Eingriff des Fahrers, wie es bei den derzeitigen Systemen erforderlich ist, ist nicht nötig. Einerseits wird durch ein solches System nicht nur der Komfort im Vergleich zu etablierten Ladesystemen verbessert, sondern auch ein Alleinstellungsmerkmal gegenüber konventionell angetriebenen Fahrzeugen realisiert. Das Hantieren mit schmutzigen und nassen Kabeln gehört somit der Vergangenheit an. Weiters wird die Attraktivität von Elektrofahrzeugen gesteigert. Das Ladesystem der TU Dortmund besteht aus einer konventionellen Stromversorgung, der Wallbox¹, die um ein kostengünstiges und kompaktes Verbindungsmodul (VBM) erweitert wird. Über eine App auf dem Smartphone soll der Kopplungs- sowie auch der Trennungsvorgang gestartet werden können [3].



Abbildung 1-4: Laderoboter „ALanE“ der TU Dortmund [3]

1.1.4 TU Chemnitz Ladesystem

Die Technische Universität Chemnitz präsentierte ebenfalls ein vollautomatisches Batterieladesystem. An dem dreijährigen Forschungsprojekt namens „GINKO“ (Generische Infrastruktur zur nahtlosen energetischen Kopplung von Elektrofahrzeugen) waren neben der TU Chemnitz fünf regionale Technologieunternehmen beteiligt. Hierbei wurde ein neuartiges System zum Aufladen von Elektrofahrzeugen in Tiefgaragen entwickelt. Vielerorts, vor allem an Standorten welche sich unter der Erde befinden, ist die Verfügbarkeit von GPS häufig nicht gegeben. Die Techniker der TU Chemnitz entwickelten aus diesem Grund ein spezielles Navigationssystem,

¹ Wallbox: Ist eine Ladevorrichtung speziell für E-Autos. Sie dient als Schnittstelle zur Netzinstallation und der Kommunikation mit dem Auto. Mit Hilfe einer Wallbox werden Elektrofahrzeuge über die gängigen Ladestecker aufgeladen. Zudem wird eine Überlastung des Stromnetzes verhindert, wenn mehrere Fahrzeuge simultan aufgeladen werden.

welches das Elektromobil auch in solchen Orten zu einem freien Stellplatz mit einer Ladestation geleitet. Wird das Fahrzeug abgestellt, verbindet sich vollautomatisch ein Roboterarm mit der Ladebuchse. Die Basis dieses Roboterarms liefert die Firma *KUKA*. Es handelt sich hierbei um den *KUKA LBR iiwa*. Auf dem erwähnten Roboterarm ist eine Kamera montiert, welche bevor der Ladevorgang gestartet wird, die Position der Ladeschnittstelle im Raum untersucht. Ist die Position ermittelt, kann weiters mit dem gegriffenen Ladekabel der Kopplungsvorgang sowie in weiterer Folge der Ladevorgang gestartet werden.

Bei der Entwicklung des Projektes mussten verschiedenste Herausforderungen technologisch gelöst werden. Eine intelligente Steuerung sorgt beispielsweise für einen flexiblen Aufladevorgang und eine Überladung der Batterie. Hintergedanke dieser Steuerung ist es, dass Kunden ihren Stromverbrauch individuell festlegen können. Weiters standen vor allem einige Sicherheitsaspekte im Vordergrund. Auch die unterschiedlichen Einparkkünste von Nutzern wurden berücksichtigt. Durch die Reichweite des Roboterarms von plus minus 50 Zentimeter lässt dieser einen gewissen Spielraum beim Einparken zu und das Fahrzeug muss in Folge dessen nicht genau geparkt werden. Der nächste Schritt für die Beteiligten ist der Übergang zur Serienreife [4].



Abbildung 1-5: TU Chemnitz Ladesystem „GINKO“ [4]

1.2 Ladearten

1.2.1 AC-Ladung

Die elektrische Energieversorgung besteht Großteils aus sinusförmigen Wechselstrom. Diese Art des Stroms wechselt in regelmäßiger Wiederholung seine Richtung (Polung). Ein wesentlicher Vorteil der AC-Ladung ist die flächendeckende Verfügbarkeit. Unterschieden wird zwischen Einphasenwechselstrom welcher bei jeder Haushaltssteckdose zur Verfügung steht, und dem Dreiphasenwechselstrom. Grund dieser Popularität sind die relativ einfache Erzeugung sowie Transformation der Wechselspannung. Wechselstromladestationen können dadurch mit geringen Investitionen realisiert werden. Das Fahrzeug kann ohne jegliche zusätzliche Infrastruktur mit einem speziellen Ladekabel, welches seitens Fahrzeughersteller beigelegt wird, aufgeladen werden. Jedoch können mit dieser Art der Ladung nur geringe Ladeleistungen übertragen werden. Dies schlägt sich in der Ladedauer nieder. Die Dauer zum vollständigen Aufladen eines Elektrofahrzeugs kann mehrere Stunden betragen, je nach Größe der Fahrzeugbatterie und mit welcher Leistung aufgeladen wird. Wird das private Fahrzeug in eigenen Garagen über Nacht aufgeladen spielt die Dauer eine nicht so wesentliche Rolle. Bei Langstreckennutzung ist diese Art der Lademöglichkeit problematisch. Bei Wechselstromladungen wird zwischen drei unterschiedlichen Modi unterschieden, auf welche im Kapitel 1.2.5 eingegangen wird [5].

1.2.2 DC-Ladung

Mittels Gleichstrom lassen sich im Vergleich zu Wechselstrom deutlich höhere Ladeleistungen realisieren, wodurch die benötigte Ladezeit um eine Fahrzeugbatterie vollständig aufzuladen, signifikant reduziert wird. Um solche Ströme (>63 Ampere) realisieren zu können müssen die Leitungsquerschnitte dementsprechend dimensioniert werden. Dies hat zu Folge, dass die Ladekabeln deutlich dicker ausgeführt werden müssen und somit unhandlicher werden. Bei der Gleichstromladung wird zwischen zwei Ladevarianten unterschieden:

1. DC-Low-Ladung: wird mittels Typ 2-Steckervorrichtung (fahrzeugseitig) und maximal 38 kW Ladeleistung realisiert.
2. DC-High-Ladung: Ladeleistungen von bis zu maximal 200 kW. Hierbei gibt es drei Steckersysteme auf welche im Kapitel 1.3 eingegangen wird.

Die Verfügbarkeit von Gleichstrom ist jedoch nicht überall gegeben, weswegen spezielle Stationen errichtet werden müssen [5].

1.2.3 Induktives Laden

Beim konduktiven Laden muss der Fahrer bei jedem Ladevorgang die Kabelverbindung mit dem Fahrzeug ein- sowie auch ausstecken. Beim induktiven Laden entfällt dieser Vorgang und ist dadurch um einiges komfortabler. Die Energieübertragung erfolgt induktiv und berührungslos. Man benötigt zwei Spulen, eine im Fahrzeug und die andere am Ladepunkt, beispielsweise in der Garage oder in eine Parkfläche eingelassen. Beide Spulen müssen zum Ladevorgang möglichst genau übereinander positioniert werden. In der Primärspule, der Ladespule außerhalb des Fahrzeugs, wird dann ein hochfrequentes magnetisches Wechselfeld aufgebaut. Dies induziert einen Wechselstrom in der Fahrzeugspule mit dem das Ladegerät für den Akku gespeist wird. Die Fahrzeugbatterie wird auf diese Weise aufgeladen.

BMW und *Daimler* entwickeln eine einheitliche Technik zum induktiven Laden für Ladeleistungen von zunächst 3,6 kW. Dabei werden Ladewirkungsgrade von mehr als 90 Prozent erreicht. Es wird auch an höheren Ladeleistungen gearbeitet, welches das Forschungsprojekt „BIPoLplus – berührungsloses, induktives und positionstolerantes Laden“, im Spitzencluster Elektromobilität Süd-West, zeigt.

Heutzutage ist der technische Aufwand und dadurch auch die Kosten sowohl für die Ladestation als auch für das Fahrzeug beträchtlich, weswegen solche Systeme noch nicht Marktreife erreicht haben [5, 6].

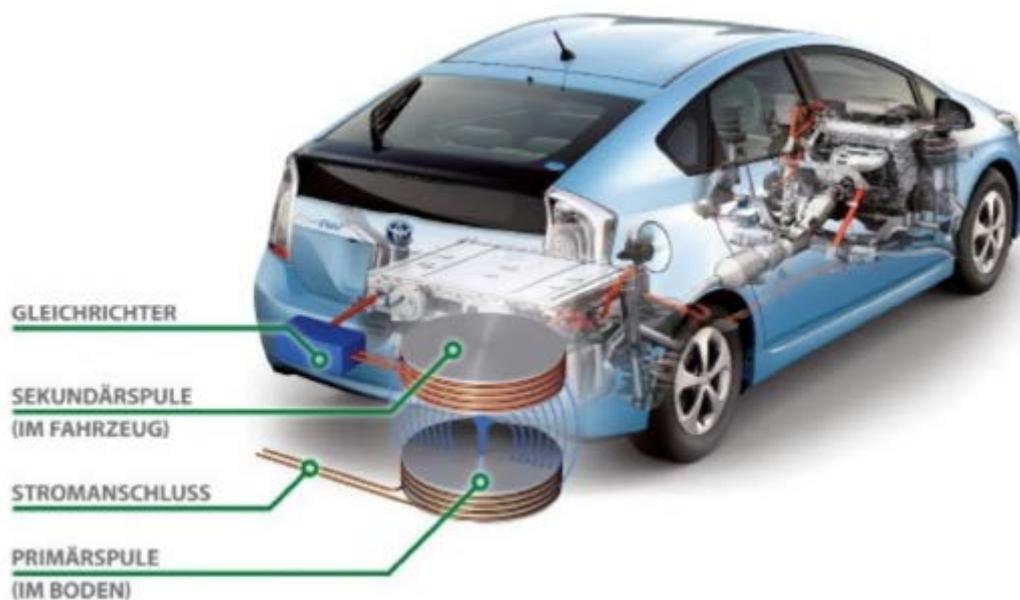


Abbildung 1-6: induktives Laden [6]

1.2.4 Batteriewechsel

Im Vergleich zum herkömmlichen Tanken weisen die kabelgebundenen sowie induktiven Ladearten einen wesentlichen Nachteil auf, die langen Ladezeiten. Um diesen Nachteil zu umgehen wird auch über ein Konzept nachgedacht, bei dem das Laden des Akkus im Fahrzeug entfällt. Der vollgeladene Akku wird bei Bedarf mit dem leergefahrenen getauscht. Ein solcher Akkuwechsel lässt sich theoretisch in ähnlich kurzer Zeit durchführen wie das Tanken eines Benzinfahrzeugs. Flächendeckend kann ein solches System nicht ausgeführt werden, denn dazu müssten in den Fahrzeugen die Akkus sowie deren Befestigungen standardisiert werden. Eine solche Standardisierung findet seitens der Fahrzeughersteller jedoch nicht statt. Aus heutiger Sicht kann ein solches System nur dort Anwendung finden, wo viele gleichartige Fahrzeuge im Umlauf sind, beispielsweise bei Fahrzeugflotten.

Der Elektro-Lkw E-Force One beweist die Machbarkeit eines solchen Systems. Fährt der Lastwagen im Dauereinsatz, können seine Batterien dank eines Schnellwechselsystems innerhalb von fünf Minuten getauscht werden. Die beiden Batterien mit einer Gesamtkapazität von 240 kWh befinden sich dort, wo üblicherweise die Tanks platziert sind. Bedingt durch das Schienen-Befestigungssystem mit entsprechenden Vorrichtungen kann der Akku damit schnell ausgetauscht werden [5].

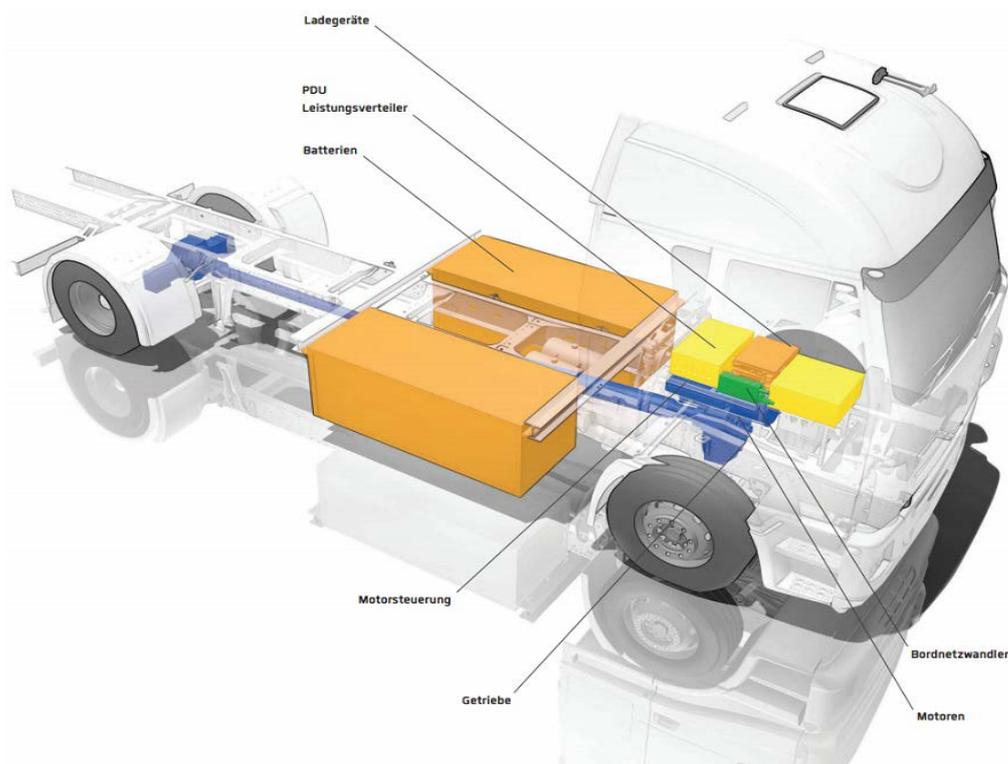


Abbildung 1-7: Elektro-Lkw E-Force One [47]

1.2.5 Ladebetriebsarten konduktiv

Für Elektrofahrzeuge gibt es vier unterschiedliche Arten von Ladebetriebsarten. Diese unterscheiden sich im verwendeten Strom (Wechsel- oder Gleichstrom) sowie in der verfügbaren Stromstärke. Folgende Unterpunkte erläutern das konduktive, leitungsgebundene Laden, welche sich in einzelne Modi unterscheiden lässt und in der Norm IEC 62196 einschließlich der notwendigen Steckerverbindung festgelegt ist. Hierbei erfolgt das Laden mit Hilfe einer Kabel- und Steckerverbindung zum Stromnetz.

1.2.5.1 Mode 1

Ladebetriebsart 1 betrifft das Laden mit ein- oder mehrphasigen Wechselstrom (AC) aus einer Haushaltssteckdose an einer genormten Schutzkontakt- oder einer CEE-Steckdose. Dieser Modus erlaubt eine Stromstärke von maximal 16 Ampere und muss über eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (FI) abgesichert sein. Hierbei erfolgt keine Kommunikation zwischen Energieabgabestelle (Steckdose) und Fahrzeug. Bei dieser Ladebetriebsart muss sichergestellt sein, dass die verwendete Steckdose die verwendeten Ströme nicht nur kurzzeitig, sondern auf Dauer zulässt. Da dies aber grundsätzlich nicht gewährleistet werden kann, wird der Mode 1 in der Praxis nur als Not-Lademöglichkeit bei in der Regel reduzierten Ladeleistungen genutzt [5].

1.2.5.2 Mode 2

Identisch wie im Mode 1 wird das Fahrzeug an ein- oder mehrphasige Wechselstromnetze angeschlossen, jedoch beinhaltet das Ladekabel eine In-Cable-Control-Box (ICCB). Die ICCB vereint zwei Komponenten: Eine Einrichtung zur Schutzpegelerhöhung (SPE-PRCD) sowie eine Kommunikationseinrichtung (PWM-Modul) mit dem Fahrzeug. Letztendlich verbindet die ICCB das Elektrofahrzeug mit einer Schutzkontakt- oder CEE-Steckdose. Einphasig kann aus einer Standard-Haushaltssteckdose bis maximal 16 Ampere geladen werden, und dreiphasig mit maximal 32 Ampere. Wahlweise kann auch mit einer Wallbox geladen werden. Auch hier wird eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung und zusätzlich eine Überstromschutzeinrichtung benötigt [5, 6].



Abbildung 1-8: Ladebetriebsart Mode 2 [6]

1.2.5.3 Mode 3

In diesem Modus wird das Elektrofahrzeug an einer speziellen Ladeeinrichtung gemäß IEC 61851, der sogenannten „EV Supply Equipment“, also der Ladeinfrastruktur aufgeladen. Das Ladegerät ist in diesem Modus ein fixer Bestandteil der Ladestation. Zusätzlich sind in der Ladestation PWM-Kommunikation, FI-Schalter, Überstromschutz, Abschaltung sowie eine spezifische Ladesteckdose enthalten als auch vorgeschrieben. Maximal kann hier ein Fahrzeug mit bis zu 63 Ampere geladen werden. Dadurch ist eine Ladeleistung von bis zu 43,6 kW möglich. Mit Mode-3-Laden ist eine Ladezeit von unter einer Stunde möglich [5, 6].

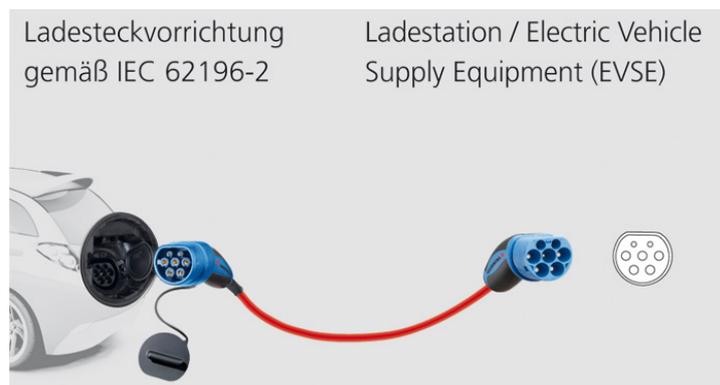


Abbildung 1-9: Ladebetriebsart Mode 3 [6]

1.2.5.4 Mode 4

Im Mode 4 wird das Fahrzeug an Gleichstrom-Ladestationen mit einer definierten Ladeeinrichtung gemäß IEC 61851 aufgeladen. Diese Ladeinfrastruktur nennt man „Electrical Vehicle Supply Equipment“ (EVSE), welche eine fest verbaute Steuer- und Schutzfunktion beinhaltet. Auch hier ist das Ladegerät fixer Bestandteil der Ladestation. Hinzu kommt, dass das Fahrzeug mit zwei Steckvorrichtungssystemen geladen werden kann. Beide diese Systeme basieren auf der Steckergeometrie von Typ 2. Zum einen kann das „Combined Charging System“ mit zwei zusätzlichen DC-Kontakten bis 200 Ampere und bis zu 170 kW Ladeleistung verwendet werden, zum anderen eine Steckervorrichtung mit geringerer Leistung für eine Ladung bis 80 Ampere und bis zu 38 kW Ladeleistung [6, 7].

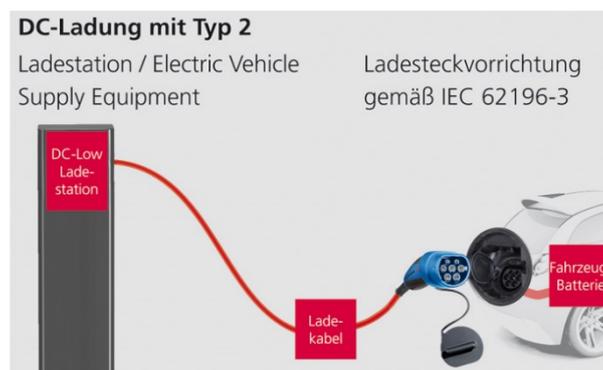


Abbildung 1-10: Ladebetriebsart Mode 4 Typ 2 [6]

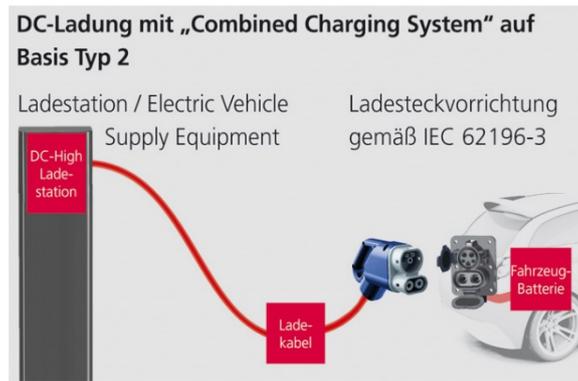


Abbildung 1-11: Ladebetriebsart Mode 4 CCS [6]

Folgende Tabelle 1-1 liefert eine Gegenüberstellung der einzelnen Ladebetriebsarten und Abbildung 1-12 gibt einen Überblick der unterschiedlichen Ladeszenarien.

Tabelle 1-1: Gegenüberstellung Ladebetriebsarten [6, 8]

Lademodus	Kommunikation	Verriegelung	Leistung	
			einphasig	zweiphasig
Mode 1 (AC)	keine	Im Fahrzeug	Max. 16 A 3,7 kW	Max. 16 A 11,0 kW
Mode 2 (AC)	PWM-Modul im Ladekabel	Im Fahrzeug	Max. 32 A 7,4 kW	Max. 32 A 22,0 kW
Mode 3 (AC)	PWM-Modul im Ladekabel	Im Fahrzeug und in der Ladesteckdose	Max. 63 A 14,5 kW	Max. 63 A 43,5 kW
Mode 4 (DC)	PWM-Modul im Ladekabel	Im Fahrzeug	DC-Low max. 38 kW DC-High max. 180 kW	

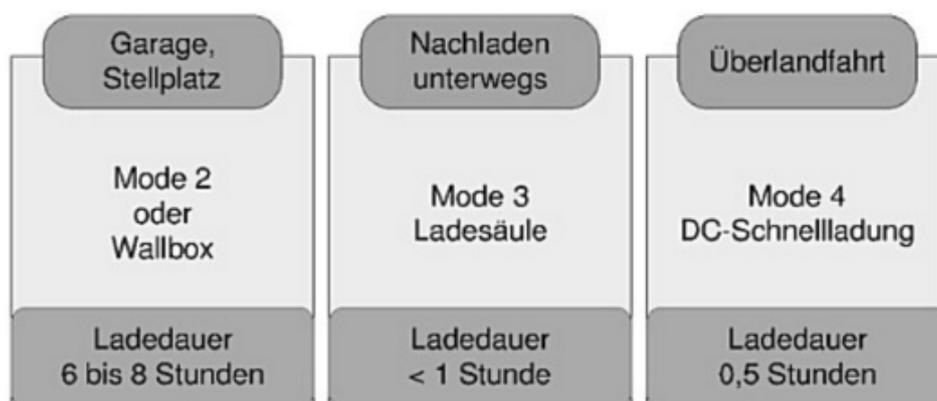


Abbildung 1-12: Übersicht Ladeszenarien [5]

Abbildung 1-13 veranschaulicht wieviel Kilometer pro Stunde Ladeleistung in Abhängigkeit der verwendeten Anschlussleistung zurückgelegt werden können. Dabei wird von einem Stromverbrauch von 16 kWh pro 100 km ausgegangen.

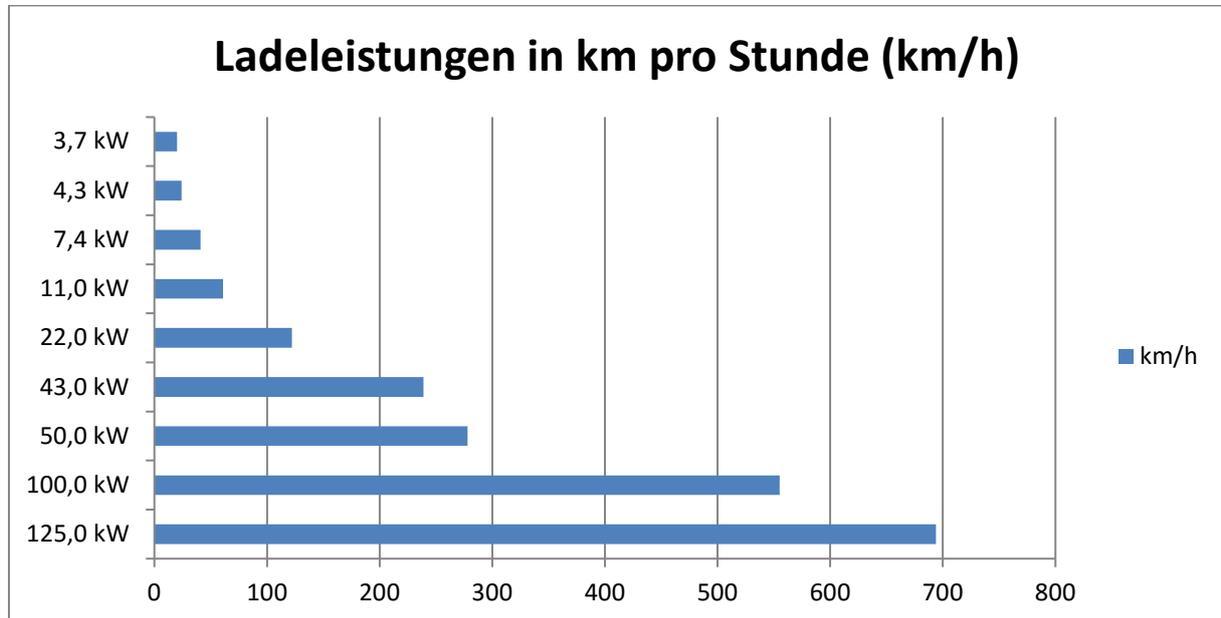


Abbildung 1-13: Ladeleistungen [9]

1.3 Ladesteckersysteme

Die Batterien der Elektrofahrzeuge werden grundsätzlich mit Ladekabeln aufgeladen. Im grundlegenden gibt es Wechselstrom (AC) und Gleichstrom (DC). Diese Steckersysteme sind an die internationale Norm ICE 62196 gebunden.

Für Elektrofahrzeuge sind die in die Liste des Normenteil IEC 62196-2 aufgenommenen Ladestecker Typ 1-3. In Europa hat sich der Typ 2-Stecker („Mennekes-Stecker“) durchgesetzt, sprich dieser Typ wird als Standardstecker der kommenden Jahre dienen. Einige asiatische sowie amerikanische Autohersteller wie Toyota oder Chevrolet verwenden noch den in Amerika gebräuchlichen Stecker Typ 1. Die Stecker der ICE 62196-2 sind grundsätzlich nur für Wechselstrom (AC) Ladungen vorgesehen, die Stecker der ICE 62196-3 wiederum für Gleichstrom-Schnellladungen [9]. Im Folgenden werden die einzelnen Steckertypen näher erläutert.

1.3.1 Wechselstrom (AC) Steckersysteme

1.3.1.1 Schuko

Die sogenannte Schutzkontakt-Steckdose bezeichnet ein System von Steckern und Steckdosen, welche in Europa sehr verbreitet ist. International wird dieses System als Stecker-Typ F oder CEE 7/4 bezeichnet und ist teilweise kompatibel mit dem französischen System namens Stecker-Typ E. Wenn das Elektrofahrzeug an solch einer Schuko-Steckdose geladen werden soll, ist sicherzustellen, dass diese auch dafür geeignet ist. Hierfür ist eine Sicherheitsüberprüfung notwendig [9, 10].



Abbildung 1-14: Schuko [9]

1.3.1.2 CEE Blau / Rot

Als CEE-Drehstromsteckverbinder oder CEE-Steckvorrichtungen werden die gebräuchlichen Steckverbinder nach der Norm IEC 60309 bezeichnet. CEE steht für Commission on the Rules for the Approval of the Electrical Equipment oder auf Deutsch Internationale Kommission für die Regelung der Zulassung elektrischer Ausrüstungen. Das blaue System ist dreipolig, wird mit 230 V / 16 A betrieben und ist vielen umgangssprachlich bekannt als „Camping-Stecker“. Das rote System ist hingegen fünfpolig, wird mit 400 V / 32 A betrieben, ermöglicht schnelles Laden und unterstützt Ladeleistungen bis zu 22 kW [9, 10].



Abbildung 1-15: CCE Blau [9]



Abbildung 1-16: CEE Rot [10]

1.3.1.3 Typ 1

Dieser Ladestecker ist für das in Nordamerika verfügbare 120/240-Volt-Einphasen-Dreileiternetz ausgelegt. Die eigentliche Kennzeichnung des Steckertyps lautet SAE J1772. Der Stecker ist rund mit 43 Millimeter Durchmesser und besteht aus fünf Adern: Der stromführende Außen- und der Nullleiter, einem Schutzleiter und zwei Leiter zur internen Kommunikation zwischen Elektroauto und Ladestation. Die maximale Ladeleistung beträgt 7,4 kW bei 230 V Wechselstrom. Zusätzlich besitzt der Stecker eine mechanische Verriegelung auf der Oberseite, der gleichzeitig als Ladeschalter dient. Sobald der Stecker entriegelt wird, wird der Ladestation signalisiert, sofort den Ladevorgang zu beenden [9, 10].



Abbildung 1-17: Typ 1 SAE J1772-2009 [9]

1.3.1.4 Typ 2

Der Stecker des Typs 2 ist jener Stecker, der in Europa für die Ladungen von Elektrofahrzeugen an fast allen Ladestationen verwendbar ist. Der Stecker wird in der Norm IEC 62196-2 beschrieben. Entwickelt ist der Stecker vom Stecksystemhersteller *Mennekes* worden. Umgangssprachlich wird er deswegen auch als „Mennekes-Stecker“ bezeichnet. Auch dieser Stecker ist weitgehend rund, hat jedoch an der Oberseite eine Abflachung. Diese dient dazu, dass der Stecker immer nur in einem Winkel eingesteckt werden kann, um somit eine Verpolung zu

verhindern. Der Typ 2-Stecker ist anders als herkömmliche Haushaltsstecker. Er ist für dauerhaft hohe Ströme (meist 32 A bzw. 22 kW) ausgelegt. Einige E-Fahrzeuge haben nur einen Gleichrichter verbaut und können somit mit Wechselstrom nur langsam einphasig geladen werden. Deswegen verfügt nicht jedes Ladekabel mit Typ 2-Stecker über Adern für alle drei Phasen. Im inneren des Kabels befinden sich 7 Leitungen. Drei werden für den Außenleiter, einer für den Nullleiter, einer für den Schutzleiter und zwei für die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation benötigt. Die Kommunikation wird mittels Widerstandskodierung und PWM-Signal bzw. später mittels Powerline-Communication der ISO 15115 realisiert. Mit Hilfe der Widerstandskodierung im Kabel wird signalisiert, welche maximale Leistung bzw. Stromstärke (16 A / 32 A) das Ladekabel überstutzt. Ladeleistungen von 3,7 kW bis 43,5 kW werden damit realisiert [9, 10].



Abbildung 1-18: Typ 2 Mennekes Stecker [9]

1.3.1.5 Typ 3A/C

Dieser Steckertyp ist in Italien von der 2010 gegründeten EV Plug Alliance entwickelt worden und sollte günstiger sowie auch sicherer sein als der Typ 2-Stecker. Ähnlich einer Kindersicherung an Haushaltssteckdosen beinhaltet dieser Stecker eine „Shutter-Funktion“. Aufgrund der fehlenden Sicherung des Typ 2-Steckers war dieser Typ lange Zeit der favorisierte Norm-Entwurf in Frankreich und Italien. 2013 entwickelte Mennekes seinen Stecker weiter und fügte eine „Shutter-Funktion“ hinzu und schließlich wurde der Typ 2-Stecker von der EU zum europäischen Standard für E-Fahrzeuge. Vor allem in Frankreich sind die meisten Ladestationen noch immer mit diesem Typ 3A-Steckern ausgestattet. Da dieser Steckertyp lediglich die einphasige Ladung unterstützt, wird er zusätzlich noch zur Ladung von Motorrollern mit weniger als 3 kW eingesetzt. Damit höhere Ladeleistungen realisiert werden können, wurde eine Erweiterung als Typ 3C für Dreiphasen-Drehstrom für max. 22 kW entwickelt [9].



Abbildung 1-19: Typ 3A SCAME-Stecker [9]

1.3.2 Gleichstrom (DC) Steckersysteme

1.3.2.1 Combined Charging System (CCS)

Dieses Steckersystem, welches 2011 vorgestellt wurde, vereint das Wechselstrom- (AC) sowie auch Gleichstrom-Laden (DC) in einem Stecker. Es richtet sich nach der Norm IEC 62196 und wurde von *Phoenix Contact* (USA) in Zusammenarbeit mit deutschen Automobilherstellern entwickelt. Grundsätzlich besteht der Stecker aus einer fahrzeugseitigen Buchse (Inlet), sowie aus den beiden Steckern AC- und DC-Laden. Der AC-Teil ermöglicht eine Nennspannung von bis zu 480 V und einen Nennstrom von bis zu 32 A. Der DC-Teil wiederum eine Nennspannung von bis zu 850 V und einen Nennstrom bis zu 200 A. Fahrzeuge sollen damit in 15 bis 20 Minuten aufgeladen werden können. Diese Kombination ermöglicht einen ersten Schritt hin zur Standardisierung bei privaten und öffentlichen Ladestationen [9, 10, 11].



Abbildung 1-20: Combined Charging System [9]

1.3.2.2 CHAdeMO

Folgendes System wurde in Japan entwickelt und basiert ebenfalls auf Gleichspannung. CHAdeMO ist der Handelsname einer marktübergreifenden elektrischen Schnittstelle eines

Batteriemanagementsystems für Elektroautos. Der Akkumulator eines Elektrofahrzeugs kann bei einer Spannung von 300 bis 600 V mit bis zu 62,5 kW geladen werden. Somit kann ein leer gefahrenes Elektroauto innerhalb von 30 Minuten auf bis zu 80% der Batterie-Kapazität aufgeladen werden. Diese Leistungen werden heutzutage auch schon an Ladestationen angeboten. Theoretisch können auch höhere Leistungen erreicht werden, da die Leiter-Geometrie des Steckers für eine Stromstärke von bis zu 200 A ausgelegt ist. Der Ladestecker kommuniziert mittels CAN-Bus mit dem Fahrzeug. Dieser CAN-Bus ist weiters für die vollständige Onboard-Kommunikation im Fahrzeug zuständig [9, 10].



Abbildung 1-21: CHAdeMO Stecker [9]

1.3.2.3 Tesla Stecker

Tesla Motors hat für ihre Modelle ein eigenes firmenspezifisches Steckerersystem entwickelt, welches vorläufig nur in ihren Fahrzeugen zum Einsatz kommt. Dabei gibt es drei unterschiedliche Ladearten. Zum Ersten mit den High Power Wall Connector, zum Zweiten mit den Universal Mobile Connector und zum Dritten mit einen zusätzlichen Mobile Connector. Abhängig vom Maximalstrom lassen sich so unterschiedliche Ladeleistungen realisieren [9].



Abbildung 1-22: Tesla Roadster Stecker [9]

1.4 Ladedeckelsysteme

Die unterschiedlichen Variationen der Ladedeckel der Automobilhersteller sind zahlreich. Jeder Hersteller hat sein eigenes System, welche sich in Tankdeckelposition, Öffnung/Schließung, sowie Sicherung unterscheiden.

1.4.1 Ladedeckelposition

Da es weltweit keine Norm oder Vorschrift für die Position des Tankdeckels gibt, variiert diese je nach Fahrzeughersteller. Einige Hersteller wie *Renault* haben ihre Ladedose vorne an der Autofront, zwischen Motorhaube und Kühlergrill untergebracht. Andere Fahrzeughersteller wiederum hinten auf der Fahrer oder Beifahrerseite. Weiters werden unterschiedliche Steckersysteme von den einzelnen Automobilherstellern verwendet. Neuere Fahrzeugmodelle werden vorrangig mit dem Typ 2 Stecker aufgeladen, einige Modelle wie beispielsweise der *Peugeot iOn* nach wie vor mit dem veralteten Typ 1 Stecker. Um alle Positionen des Tankdeckels in Erfahrung zu bringen wurde eine Analyse aller Tankdeckelpositionen erhoben. Im Folgenden sind zwei Tabellen mit den gängigsten Herstellern und deren Position der Ladedose ersichtlich. Da einige Modelle mit Wechselstrom sowie auch mit Gleichstrom aufgeladen werden können, werden beide Positionen angegeben. In Tabelle 1-2 sind alle Hybridfahrzeuge aufgelistet und in Tabelle 1-3 alle Elektrofahrzeuge, welche in Europa Stand 2015 erhältlich sind. Zusätzlich geben die beiden Tabellen Aufschluss darüber, mit welchem Steckertyp die einzelnen Fahrzeuge ausgestattet sind.

Tabelle 1-2: Ladedosenposition Plug-In-Hybrid Fahrzeuge [12]

Hersteller	Modell	Position der Wechselstromdose	Position der Schnellladedose	Steckertyp
<i>Audi</i>	e-tron	Vorne	-	Typ 2
<i>BMW</i>	i8	Vorderachse links	-	Typ 2
	X5 xDrive 40e	Vorderachse links	-	Typ 2
<i>Mercedes-Benz</i>	C 350e	Hinten	-	Typ 2
	C 350e T-Modell	Hinten	-	Typ 2
	GLE 500e	Hinten	-	Typ 2
	S 500e	Hinten	-	Typ 2
<i>Mitsubishi</i>	Outlander 2.0 PHEV	Hinterachse rechts	Hinterachse rechts	CHAdeMO & Typ 1
<i>Porsche</i>	Cayenne S E-Hybrid	Hinterachse links	-	Typ 2
	Panamera S E-Hybrid	Hinterachse links	-	Typ 2
<i>Toyota</i>	Prius PIH	Hinterachse rechts	-	Typ 1
<i>Volkswagen</i>	Golf GTE	Vorne	-	Typ 2
	Passat GTE	Vorne	-	Typ 2
	Passat Variant GTE	Vorne	-	Typ 2
<i>Volvo</i>	V60 D6 Plug-in Hybrid	Vorderachse links	-	Typ 2
	XC90 T8 Twin Engine	Vorderachse links	-	Typ 2

Tabelle 1-3: Ladedosenposition Elektrofahrzeuge [13]

<i>Hersteller</i>	<i>Modell</i>	<i>Position der Wechselstromdose</i>	<i>Position der Schnellladedose</i>	<i>Steckertyp</i>
<i>BMW</i>	i3	Hinterachse rechts	-	Typ 2
<i>Chevrolet</i>	Volt	Vorderachse links	-	Typ 1
<i>Citroën</i>	C-Zero	Hinterachse rechts	Hinterachse links	Typ 1 & CHAdeMO
<i>Ford</i>	Focus Electric	Vorderachse links	-	Typ 1
<i>Kia Motors</i>	Soul EV	Vorne	Vorne	Typ 1 & CHAdeMO
<i>Mercedes-Benz</i>	B 250e	Hinterachse links	-	Typ 2
<i>Mitsubishi</i>	i-MiEV	Hinterachse rechts	Hinterachse links	Typ 1 & CHAdeMO
<i>Nissan</i>	e-NV200	Vorne	Vorne	Typ 1 & CHAdeMO
	Leaf	Vorne	Vorne	Typ 1 & CHAdeMO
<i>Opel</i>	Ampera	Hinterachse rechts	-	Typ 1
<i>Peugeot</i>	iOn	Hinterachse rechts	Hinterachse links	Typ 1 & CHAdeMO
<i>Renault</i>	Twizy	keine Ladedose	keine Ladedose	-
	Zoe	Vorne	-	Typ 2
	Kangoo Z.E.	Vorne	-	Typ 2
<i>Smart</i>	Fortwo ED	Hinterachse rechts	-	Typ 2
<i>Tesla Motors</i>	Model S	Hinterachse links	Hinterachse links	hauseigener Steckertyp
	Model X	Hinterachse links	Hinterachse links	hauseigener Steckertyp
<i>Volkswagen</i>	e-Golf	Hinterachse rechts	Hinterachse rechts	Typ 2 & CCS
	e-up!	Hinterachse rechts	Hinterachse rechts	Typ 2 & CCS

Anhand Tabelle 1-2 wird ersichtlich, dass die Mehrheit der Hersteller bei Plug-In-Hybrid Fahrzeugen den Typ 2-Stecker verwenden. Einzig allein der *Toyota Prius* verwendet den in Amerika meist verwendeten Steckertyp 1. Bei Fahrzeugen die rein elektrisch fortbewegt werden, zeichnet sich ein anderes Bild ab, welches Tabelle 1-3 ersichtlich macht. In diesem Fall wird sehr oft der Typ 1-Stecker für das Wechselstromladen verwendet und für die Schnellladefunktion vorüberwiegend der CHAdeMO-Stecker. Das CCS-Stecksystem verwendet serienmäßig derzeit nur *Volkswagen* für ihre Fahrzeugmodelle. *BMW* bietet es mittlerweile optional für den *i3* an. An dieser Stelle sei jedoch erwähnt, dass die anderen verfügbaren rein elektrisch

betriebenen Fahrzeuge bereits länger auf dem Markt erhältlich sind und das CCS-Steckersystem zu dieser Zeit noch nicht zur Verfügung stand. Die ersten Fahrzeuge mit einem CCS-Inlet kamen erst gegen Ende 2013 auf den Markt.

Durch die Analyse der verschiedenen Position der Ladedose ist ersichtlich geworden, dass nahezu alle Modelle keine automatische Ladedeckelöffnung unterstützen. Nur die Modelle von *Tesla Motors* sowie im speziellen der *Soul EV* vom Fahrzeughersteller *Kia Motors* öffnen den Ladedeckel automatisch nach betätigen eines Schalters im Fahrzeuginnenraum. Bei allen anderen Modellen wird der Fahrer dazu aufgefordert den Deckel per Hand zu öffnen. Im Vorhinein muss bei einigen Modellen ein spezieller Schalter im Fahrzeug betätigt werden damit der jeweilige Ladedeckel entriegelt. In den meisten Fällen müssen jedoch weitere erforderliche Schritte getätigt werden. Sehr oft wird eine zusätzliche Sicherheitsklappe an der Ladedose angebracht, welche die Ladedose verdeckt beziehungsweise abdichtet. Um das Fahrzeug letztendlich aufladen zu können muss auch diese Einrichtung per Hand geöffnet oder entfernt werden. Beim Modell vom Fahrzeughersteller *Renault*, dem *Zoe*, ist man zudem laut Bedienungshandbuch des Fahrzeugs zur Erkenntnis gekommen, dass der Ladestecker erst nach einer Entriegelung mittels Instrumentenknopf im Fahrzeuginnenraum oder per Autoschlüssel entfernt werden kann.

Die vorhin erwähnten Punkte erschweren oder machen in manchen Fällen eine vollautomatische Aufladung nicht möglich. Um eine vollautomatische Aufladung gewährleisten zu können, müssen diese Fahrzeuge etwaigen Modifikationen ausgesetzt werden, auf welche im Kapitel 2 eingegangen wird.

1.5 Industrieroboter

Weltweit gibt es zahlreiche Hersteller von industriellen Robotern. Betrachtet man die Hersteller nach Umsatz liegen *ABB Robotics* sowie *Mitsubishi Electric* marktführend weit vor den anderen Herstellern. Im Zuge der Arbeit werden alle Produkte der verschiedenen Hersteller verglichen, wobei nur die relevantesten angeführt werden. Eine Gegenüberstellung hinsichtlich ausgewählter technischer Details soll am Ende dieses Kapitels helfen den für das spätere Konzept am besten geeigneten Roboter zu finden.

1.5.1 Anforderungen

Die Roboter müssen spezielle Anforderungen für die jeweiligen Aufgaben erfüllen können. Dazu zählen Punkte wie:

- Unterschiedliche Montagemöglichkeiten des Roboters
- Mögliche Traglast
- Kraft-Moment-Steuerung

- Sicherheitsaspekte
- Schutzklasse

Die folgenden einzelnen Unterkapitel erläutern die einzelnen Anforderungen des Roboters.

1.5.1.1 *Montagemöglichkeiten*

Einer der wichtigsten Anforderungen ist das Laden jedes Elektrofahrzeugs, unabhängig von der Position der Ladedose. Dies ist am einfachsten realisierbar wenn der eingesetzte Roboter keine Einschränkungen in Bezug auf Montagemöglichkeiten aufweist. Um diese Anforderung sicherstellen zu können, wird nach Robotern gesucht, welche diese Montageanforderungen erfüllen. Der Roboter soll in jeder Lage (Boden, Wand, Decke) montiert werden können. Zudem muss der Roboterarm eine möglichst große Mindestreichweite aufweisen.

1.5.1.2 *Mögliche Traglast*

Die erforderliche Traglast des Roboterarms ist abhängig von der Länge des Stromkabels, welches der Roboter bewegen soll, sowie von den erforderlichen montierten Zusatzelementen wie Kamera oder Greifarm. Das Stromkabel welches benötigt wird, wird mit einer Länge von 4 Metern angenommen. Diese Meteranzahl bezieht sich auf die Länge vom Magazin, in dem die einzelnen Ladestecker untergebracht sind, bis zum Anschluss des Fahrzeugs, also der Ladedose. Da das Magazin mehrere Steckertypen beinhalten soll und diese wiederum unterschiedliche Ladeleistungen aufweisen, wird ein Schnellladekabel, welches die höchsten Ladeströme zulässt und weiters den größten Querschnitt erfordert, als Maß herangezogen. Aus der Produktpalette von *Phoenix Contact*, welchen den CCS Typ 2 herstellt, werden einige technischen Details des benötigten Kabels, unter anderem das Gesamtgewicht sowie die mögliche übertragbare Ladeleistung, entnommen. Laut [11] beläuft sich der maximale Bemessungsstrom des neuartigsten CCS-Steckers auf bis zu 200 A und die maximale Bemessungsspannung auf 850 V DC. Dies ergibt eine Ladeleistung von bis zu 170 kW. Da für diesen Typ aber keine technischen Details zur Verfügung stehen, wird der nächst kleinere Leistungstyp herangezogen. Die Ladeleistung ist hierbei mit 125 kW angegeben. Der Leitungsaußendurchmesser beträgt 28,2 mm. *Phoenix Contact* gibt auf seiner Homepage für dieses Kabel mit einer Gesamtlänge von 4 m ein Gesamtgewicht von 7.430 Gramm an [14].

1.5.1.3 *Kraft-Moment-Steuerung*

Eine solche Sensorik ermöglicht es Robotern die genaue Einhaltung definierter Prozesskräfte um kraftgeregelte Montagen durchführen zu können. Solch eine Sensorik macht ein verspannungsfreies positionieren und anstecken des Ladekabels möglich. Diese Eigenschaft wird vom Roboter auch gefordert. Dies ist sehr wichtig, da zum einem das Fahrzeug beziehungsweise die Ladedose sowie das Ladekabel nicht beschädigt werden darf und zum anderen damit sichergestellt wird, dass alle Kontakte des Ladekabels vollständigen Kontakt mit der Ladedose

haben. Sobald der Greifarm den Ladestecker vollständig mit der Ladedose verbunden hat, übt dies einen gewissen Widerstand auf den Greifarm aus. Dies wird von der Sensorik erfasst und somit erkennt der Roboter, dass der Ansteckvorgang beendet ist. Zusätzlich bietet solch eine Sensorik einen zusätzlichen Sicherheitsfaktor. Kommt es irgendwo am Greifarm zum Kontakt mit einem Hindernis, kann der Bewegungsablauf sofort gestoppt werden.

Obwohl solch eine Sensorik schon länger auf dem Markt verfügbar ist, wird sie hauptsächlich vorne am Greifarm eingesetzt. Dies ermöglicht nur eine Hinderniserkennung am Greifer oder beispielsweise eine kraftabhängige Bearbeitung von Bauteilen. Ein kollaborierendes Arbeiten ist dadurch aber nicht möglich. Erst wenn sich diese Sensorik in allen Gelenken des Roboters befindet, kann der Schutzzaun um den Roboter entfallen. Dies wird ermöglicht da der Roboter im Falle eines Kontaktes mit einem Menschen, unabhängig an welcher Stelle des Roboterarmes, unverzüglich stoppt.

1.5.1.4 Sicherheitsaspekte

In Bereichen wo sich Mensch und Maschine aufhalten, dürfen Schutzmaßnahmen sowie Sicherheitsaspekte nicht vernachlässigt werden. Um Kollisionen mit Menschen oder Gegenständen erfassen und vermeiden zu können, gibt es einige Sicherheitseinrichtungen, die dies verhindern sollen. Zum einen kann der Arbeitsraum mit Kameras und Projektoren überwacht werden. Dabei wird ein Schutzraum um den Roboter projiziert. Betritt eine Person den definierten Schutzraum, werden die Projektionsstrahlen unterbrochen. So kann die Roboterbewegung verlangsamt oder komplett gestoppt werden beziehungsweise eine Kollision verletzungsfrei von statten gehen. Zum anderen kann dies mit einem taktilen, berührungssensitiven (kapazitiven) Sensorsystem bewerkstelligt werden. Das *Fraunhofer Institut IFF* in Magdeburg entwickelt ein solches System. Dieses System zeichnet sich durch kostengünstigen Sensoraufbau, hohe Robustheit und individuelle Anpassbarkeit an komplexe Roboter-Oberflächen aus. Zudem soll es an jedem Robotertyp anwendbar sein. Da industrielle Roboter teils hohe Kräfte und Nachlaufwege aufweisen, reicht eine taktile Haut zur Berührungserkennung oftmals nicht aus. Dabei helfen verteilte kapazitive Sensoren, welche am Roboter angebracht sind. Diese Sensoren ermöglichen eine Annäherungserkennung um frühzeitig die Anwesenheit eines Menschen zu erkennen und die Roboterbewegung zu stoppen oder zu verlangsamen, bevor es überhaupt zu einer Kollision kommt [15].

1.5.1.5 Schutzklasse

Industriell genutzte Systeme sind anderen Belastungen ausgesetzt als etwa Systeme im Büro. Für den Einsatz in einer Industrieumgebung sind Schutzklassen und Normen definiert. Diese geben Aufschluss darüber, ob ein Roboter rein für den Inneneinsatz oder auch für den Einsatz im Freien konzipiert worden ist. Die Schutzklassen geben an, welche Umweltbelastungen hinsichtlich Berührung, Fremdkörper- und Feuchtigkeitsschutz ein System ausgesetzt werden

kann, ohne Schaden zu nehmen. Dabei gibt es verschiedene Arten von Schutzklassen. Diese beginnt mit IP und einer darauffolgenden zweistelligen Zahl, zum Beispiel IP54. Die erste Ziffer spezifiziert dabei die Schutzklasse Berührungs- und Fremdkörperschutz, die zweite Ziffer den Wasser und Feuchtigkeitsschutz. Weiters gibt es noch Kennbuchstaben für die 3. und 4. Stelle auf welche hier nicht näher eingegangen wird. Die folgenden zwei Tabelle 1-4 und Tabelle 1-5 erläutern die Bedeutung der IP Codes [16].

Tabelle 1-4: Berührungs- und Fremdkörperschutz [16]

1. Kennziffer	Benennung – Erklärung
0	Nicht geschützt
1	Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser > 50 mm
2	Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser > 12,5 mm
3	Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser > als 2,5 mm
4	Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser > als 1 mm
5	staubgeschützt
6	staubdicht

Tabelle 1-5: Wasserschutz [16]

2. Kennziffer	Benennung – Erklärung
0	nicht geschützt
1	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser
2	Schutz gegen tropfendes Wasser mit 15° Neigung
3	Schutz gegen Sprühwasser schräg bis 60°
4	Schutz gegen Spritzwasser
5	Schutz gegen Strahlwasser
6	Schutz gegen starkes Strahlwasser
7	Schutz gegen zeitweiliges Untertauchen
8	Schutz gegen andauerndes Untertauchen

1.5.1.6 Anforderungsliste

In der Anforderungsliste werden Forderungen und Wünsche an das System dargestellt. Forderungen sind dabei Bedingungen, welche unter allen Umständen erfüllt werden müssen. Wünsche enthalten Bedingungen, die nach Möglichkeit berücksichtigt werden sollten und unter Umständen einen gewissen Mehraufwand erfordern dürfen.

In Tabelle 1-6 ist eine solche Anforderungsliste zu sehen. Forderungen sind mit (F) und Wünsche mit (W) gekennzeichnet.

Tabelle 1-6: Anforderungen an das Robotersystem

Nr.	Anforderung	F/W
	Robotersystem	
1	Leichtbausystem mit geringem Eigengewicht ≤ 70 kg (für beispielsweise Deckenmontage)	F
2	Mehrachsen-System (min. 6)	F
3	beliebige Montageart	F
4	Reichweite ≥ 700 mm	F
5	taktiler, berührungssensitives Sensorsystem	W
6	mit verschiedenen Zusatzmodulen kompatibel	W
7	Traglast von ≥ 7 kg	F
8	Kraft-Moment-Sensorik	F
9	Aufrüstbarkeit	W
10	mindestens Schutzklasse IP54	W

1.5.2 Hersteller

1.5.2.1 ABB

ABB Robotics ist eine Schweizer Firma mit Hauptsitz in Zürich. Weltweit hat dieser Hersteller mehr als 250.000 Roboter installiert, bietet eine breite Palette von Produkten für nahezu jeden Einsatzzweck an und ist führender Anbieter von Industrierobotern. Für die hier konzipierten Konzepte wird ein Leichtbauroboter benötigt. Hierbei bietet *ABB Robotics* einige Modelle an. Um den geeignetsten Roboter für die benötigten Anforderungen zu finden wurde die gesamte Produktpalette durchforstet. Letztendlich wurde der *IRB 1200* ausgewählt. Diesen Roboter gibt es in zwei Ausführungen mit unterschiedlichen Reichweiten. Eine Variante mit 700 mm und eine andere mit 900 mm. Konzipiert wurde der Roboter für den Einsatz in kompakten Zellen. Der *IRB 1200* hat in Achse 2 kein Offset. Dies ermöglicht es ihn sehr nahe am Werkstück zu platzieren. Wird der Roboter an der Decke montiert, ermöglicht dies eine besonders kompakte Bauweise der Zelle. Ausgestattet ist er mit 4 Druckluftschläuchen, 10 Anwendersignalleitungen und einem Ethernet-Kabel. Dieser Ethernet-Anschluss ermöglicht die Integration zusätzlicher Ausrüstung. Alle Kabeln sowie Schläuche sind im Inneren des Roboters untergebracht. Die Schutzart des *IRB 1200* kann ebenfalls aus zwei Ausführungen gewählt werden. Einerseits mit Schutzart IP40, welche standartmäßig verwendet wird, und andererseits mit Schutzart IP67, welche optional erhältlich ist [17].

Die Eigenschaften und Vorteile werden im Folgenden kurz zusammengefasst:

- Zwei Varianten mit unterschiedlichen Reichweiten und Handhabungskapazitäten
- Auswahl der Schutzart
- In jedem beliebigen Winkel montierbar
- Alle Leitungen im Inneren des Roboters geführt
- Großer Arbeitsbereich bei gleichzeitig sehr geringer Stellfläche



Abbildung 1-23: ABB IRB 1200-7/0.7 [17]

Zusammenfassend sind in Tabelle 1-7 die technischen Details des ausgewählten Roboters ersichtlich. Aufgelistet sind nur die relevantesten. Nähere technische Details können aus dem Datenblatt im Anhang 6.1 entnommen werden.

Tabelle 1-7: Technische Details ABB IRB 1200-7/0.7

Roboterversion	IRB 1200-7/0.7
Reichweite (ohne Greifer)	901 mm
Handhabungskapazität	7 kg
Anzahl der Achsen	6
Schutzart	IP40, IP67
Montageart	beliebig
Gewicht	52 kg
Kraft-Moment Sensor	Optional für den Greifer

1.5.2.2 Mitsubishi Electric

Das Unternehmen *Mitsubishi* wurde im Jahr 1870 gegründet, war jedoch rein im Transportgeschäft tätig. *Mitsubishi Electric* entstand später im Jahr 1921. Ab diesem Jahr entwickelte sich das Unternehmen stetig weiter und ist nun zu einem der weltführenden Unternehmen in Entwicklung, Produktion, Marketing und Vertrieb elektrischer und elektronischer Geräte geworden. Ein Part der Produktpalette umfasst die Industrieroboter. Für dieses Konzept wird ein vertikaler Knickarmroboter ausgewählt, der *Melfa* der *RV-F-Serie*. Die Serie bietet 6-Achsen mit sehr geringen Taktzeiten. Durch die geringen Taktzeiten ist ein Einsatz in Anlagen mit höchsten Geschwindigkeiten möglich. Der Roboter wird in 6 unterschiedlichen Varianten angeboten welche sich in Traglast sowie in Reichweite unterscheiden. Die Traglast reicht von 2 bis 20 Kilogramm und die Reichweiten von 504 bis 1503 mm. Die Montagemöglichkeiten sind ebenfalls sehr weitreichend. Wand-, Decken- oder Bodenmontage ist ebenfalls möglich. Von Werk aus bietet die *Melfa Serie* Ethernet-, USB-, Tracking-, Kamera- und Zusatzachsen-Anschlüsse. Mit der Sicherheitslösung „Melfa SafePlus“ können Roboter und Bedienpersonal zusammen an einem Arbeitsplatz arbeiten [18, 19].

Zusammengefasst ergeben sich folgende Highlights der Roboter-Serie:

- Sehr niedrige Taktzeiten
- Flexibler Arbeitsbereich durch unterschiedliche Reichweiten
- Auch für raue Umgebungen geeignet
- Interne Kabelführung von allen Kabeln und Pneumatik-Leitungen
- Vielzahl von Anschlüssen



Abbildung 1-24: MELFA RV-20FM [19]

Tabelle 1-8 zeigt die relevantesten technischen Details der *Melfa Serie*. Weitere technische Details können aus dem Datenblatt im Anhang 6.2 entnommen werden.

Tabelle 1-8: Technische Details Mitsubishi Electric MELFA RV-20FM

Roboterversion	MELFA RV-20FM
Reichweite (ohne Greifer)	908 mm
Handhabungskapazität	7 kg
Anzahl der Achsen	6
Schutzart	IP67
Montageart	beliebig
Gewicht	67 kg
Kraft-Moment Sensor	optional für den Greifer

1.5.2.3 Kuka

Die Firma *Kuka Roboter GmbH* bietet in ihrem Produktsortiment einen Roboter mit der Bezeichnung *LBR iiwa* an. Die Bezeichnung *LBR* des Roboters steht für „Leichtbauroboter“ und *iiwa* für „intelligent industrial work assistant“. Den *KuKa LBR iiwa* gibt es in zwei Ausführungen mit Traglasten von 7 und 14 kg. Grundsätzlich wurde der Roboter entwickelt damit Mensch und Maschine hochsensible Aufgaben zusammen lösen können. Laut Herstellerangaben ist er für folgende Einsatzzwecke konzipiert worden: Verpacken und Kommissionieren, mechanisches Bearbeiten, Einlegen sowie Bestücken oder Palettieren. Der Leichtbauroboter besitzt sieben Antriebsachsen, wobei alle Achsen mit feinfühligen Gelenkmomentsensoren ausgestattet sind. Sie befähigen den Roboter zur Kontakterkennung und programmierbarer Nachgiebigkeit. Mit deren Hilfe kann der Steckkontakt präzise, kraftsensibel und tastgenau hergestellt werden ohne Fahrzeug oder Ladestecker-/dose zu beschädigen. Auch nicht positionsgenaue Gegenstände kann der Roboter mit Hilfe dieser Sensorik erkennen beziehungsweise ertasten. Durch dieses Feature kann er auf ungewollten Kontakt mit etwaigen Gegenständen reagieren. Bei unerwartetem Kontakt reduziert der *LBR iiwa* unverzüglich sein Tempo und damit seine kinetische Energie auf ein Maß, welches Verletzungen vermeidet. Dadurch ist auch ein Schutzzaun, rund um den Roboter überflüssig. Durch sein geringes Eigengewicht von nur 22,3 bzw. 29,5 kg ist er zudem vielseitig einsetzbar. Dies erreicht er indem das komplette Gehäuse aus Aluminium hergestellt ist. Selbst die Einbaulage kann beliebig gewählt werden, sprich eine Boden-, Wand- oder Deckenmontage ist ohne weiteres möglich. Die maximal mögliche Reichweite beläuft sich auf 800 bzw. 820 mm [20].



Abbildung 1-25: KUKA LBR iiwa [20]

In Tabelle 1-9 sind die relevantesten technischen Details aufgelistet. Weitere technische Details können aus dem Datenblatt im Anhang 6.3 entnommen werden.

Tabelle 1-9: Technische Details KUKA LBR iiwa 14 R820

Roboterversion	LBR iiwa 14 R820
Reichweite (ohne Greifer)	820 mm
Handhabungskapazität	14 kg
Anzahl der Achsen	7
Schutzart	IP54
Montageart	beliebig
Gewicht	29,5 kg
Kraft-Moment Sensor	in allen Achsen integriert

1.5.2.4 Fanuc Switzerland

Fanuc ist Weltmarktführer im Bereich Fabrikautomation und bietet wie viele andere Hersteller eine breite Palette von Industrierobotern an. Eine der Hauptanforderungen ist ein Roboter mit sehr geringem Eigengewicht. *Fanuc* bietet hier den *LR* der *Mate-Serie* an. Diese Serie ist mit verschiedenen Reichweiten von bis zu 911 mm, unterschiedlichen Handgelenksgeschwindigkeiten sowie einem Handhabungsgewicht von bis zu 7 kg erhältlich. Durch seine hohe Flexibilität bietet er die Möglichkeit der Boden-, Decken-, Wand- und Eckmontage. Standardmäßig

ist der Roboter IP67 zertifiziert. Eine Spezialausführung ist auch für Reinräume einsetzbar. Alle Kabel sind innen geführt, was zu einer höheren Zuverlässigkeit und Leistung führt. Ein Kraft-Moment-Sensor in allen Gelenken wird nicht angeboten. Auf Wunsch kann der *LR Mate* jedoch mit der integrierten intelligenten Zusatzausstattung *Vision & Force* ausgerüstet werden. Diese erlaubt zum einen eine visuelle Sichtung und oder Überprüfung der Objekte sowie eine zum Beispiel kraftabhängige Bearbeitung von Bauteilen. Auch feinfühliges Fügevorgänge sind durch dieses Zusatzpaket ohne weiteres möglich [21].



Abbildung 1-26: FANUC LR Mate 200iD/7L [21]

Tabelle 1-10 liefert eine Zusammenfassung der relevantesten technischen Daten. Alle technischen Details des *LR Mate* sind aus dem Datenblatt im Anhang 6.4 zu entnehmen.

Tabelle 1-10: Technische Details FANUC LR Mate 200iD/7L

Roboterversion	LR Mate 200iD/7L
Reichweite (ohne Greifer)	911 mm
Handhabungskapazität	7 kg
Anzahl der Achsen	6
Schutzart	IP67
Montageart	beliebig
Gewicht	27 kg
Kraft-Moment Sensor	optional für den Greifer

1.5.2.5 Schunk GmbH & Co. KG

Das Unternehmen *Schunk* wurde im Jahr 1945 gegründet und spezialisierte sich auf die Entwicklung, Fertigung und Verbesserung von Produktionsmethoden. Das Unternehmen bietet zwei mobile Leichtbauroboter an, welche aufeinanderfolgend erläutert werden. Der Erste Roboter ist der *Powerball Lightweight Arm LWA 4P*. Dieser kann sowohl mittels Akku als auch mit Netz betrieben werden. Dadurch ist er sehr mobil, vom Netz unabhängig und bietet einen Betrieb von bis zu 8 Stunden ohne Laden. Da er zu den Leichtbaurobotern zählt, liegt seine Eigenmasse bei 15 kg. Durch die geringe Eigenmasse kann er auch in beliebiger Art montiert werden. Er besteht aus drei hochintegrierten Powerball-Modulen *ERB* und bietet 6 Freiheitsgrade. In Kombination mit der von *Schunk* angebotenen *3-Finger-Hand SDK* kann so die Anzahl der Freiheitsgrade auf 7 erhöht werden. Die maximal mögliche Last die er bewegen kann beläuft sich auf 6 kg. Er ist für Innenräume konzipiert worden und besitzt die Schutzklasse IP40 [22]. Die markantesten Details des *LWA 4P* seien hier aufgegliedert:

- Mobiler, netzunabhängiger Einsatz mit optionalen Akkubetrieb
- Hohes Drehmoment sowie Geschwindigkeit
- Erfordert keinen Schaltschrank, da komplette Integration der Steuer-, Regel- und Leistungselektronik
- Erweiterbar ohne störende Kabel
- Extrem kompakt bei gleichzeitiger hoher Leistungsdichte



Abbildung 1-27: Schunk LWA 4P [22]

Die wichtigsten Details sind in Tabelle 1-11 zusammengefasst:

Tabelle 1-11: Technische Details Schunk LWA 4P

Roboterversion	LWA 4P
Reichweite (ohne Greifer)	730 mm
Handhabungskapazität	6 kg
Anzahl der Achsen	3 (6 Freiheitsgrade)
Schutzart	IP40
Montageart	beliebig
Gewicht	15 kg
Kraft-Moment Sensor	optional für den Greifer

Der Zweite von *Schunk* angebotene Roboter ist der *Dextrous Lightweight Arm LWA 4D*. Dieser ermöglicht ebenfalls einen Akkubetrieb, kann jedoch auch mittels Netzanschluss betrieben werden. Dieses Modell ermöglicht im Vergleich zum *LWA 4P* eine höhere Traglast von bis zu 10 kg. Die Anzahl der Achsen beläuft sich auf 7. Auch dieses Modell besitzt eine geringe Eigenmasse von 18 kg. Dieses Modell kann im Innen- sowie auch Außeneinsatz verwendet werden und besitzt deswegen die Schutzklasse IP54. Die Montageart kann beliebig gewählt werden, sprich auch eine Decken- oder Wandmontage ist ohne weiteres möglich. Die genaue Reichweite des Armes beläuft sich ohne Greifer auf 734 mm [23].

Die wichtigsten Merkmale des Roboters sind:

- Mobiler, netzunabhängiger Einsatz mit optionalen Akkubetrieb
- 7 Achsen für hohe Redundanz
- Hohes Drehmoment sowie Geschwindigkeit
- Erfordert keinen Schaltschrank, da komplette Integration der Steuer-, Regel- und Leistungselektronik
- Erweiterbar ohne störende Kabel
- Extrem kompakt bei gleichzeitiger hoher Leistungsdichte



Abbildung 1-28: Schunk LWA 4D [23]

Tabelle 1-12 listet die relevantesten Details des *LWA 4D* auf. Die technischen Details beider Roboter liegen dem Anhang unter 6.5 und 6.6 bei.

Tabelle 1-12: Technische Details Schunk LWA 4D

Roboterversion	LWA 4D
Reichweite (ohne Greifer)	734 mm
Handhabungskapazität	10 kg
Anzahl der Achsen	7
Schutzart	IP54
Montageart	beliebig
Gewicht	18 kg
Kraft-Moment Sensor	optional für den Greifer

1.5.2.6 Universal Robots

Universal Robots hat sich ebenfalls auf dem Gebiet der Leichtbauroboter spezialisiert. In ihrer Produktpalette befinden sich drei Roboter welche sich in Größe, Handhabungsgewicht und Reichweite unterscheiden. Alle drei Typen basieren auf dem gleichen System und bieten die gleichen Sicherheitsfeatures. Die Roboter sind einfach zu programmieren, welche keine spezifischen Programmierkenntnisse erfordern. Durch die Leichtbauweise sind die Roboter von *Universal Robots* sehr leicht, platzsparend und problemlos für verschiedene Anwendungen

einsetzbar. Sie sind kollaborierend und sehr sicher, was die markantesten Features dieser Roboterreihe sind. Zudem operieren sie nach einer Risikobewertung ohne Schutzvorrichtung direkt neben menschlichem Bedienpersonal. Dies ist möglich da in allen Achsen Kraft-Moment-Sensoren untergebracht sind. Im Falle des Kontaktes mit einem Hindernis, stoppt der Roboter sofort.

Aus diesen drei Robotern wird der *UR10* für weiterführende Betrachtungen ausgewählt, mit der folgenden Begründung: Er ist der größte der drei Typen und besitzt eine Reichweite von bis zu 1300 mm und kann Traglasten von bis zu 10 kg bewältigen. Seine 6 Gelenke erlauben es ihm jede Bewegung und Armstellung auszuführen. Das Eigengewicht beläuft sich auf 28,9 kg und er kann in unterschiedlichen Lagen montiert werden [24]. Die wichtigsten Details sind hier im Überblick aufgelistet:

- Einfache Programmierung
- Schnelles Einrichten
- Flexibler Einsatz
- Kollaborierend und sicher
- Schnellste Amortisationszeit innerhalb dieser Branche

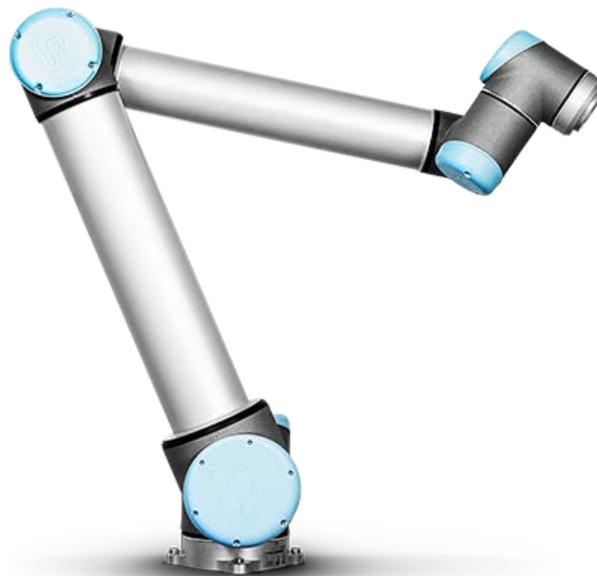


Abbildung 1-29: UR10 [24]

In Tabelle 1-13 sind die wichtigsten technischen Details des *UR10* aufgelistet. Alle technischen Details des Roboters sind aus dem Datenblatt im Anhang 6.7 zu entnehmen.

Tabelle 1-13: Technische Details UR10

Roboterversion	UR10
Reichweite (ohne Greifer)	1300 mm
Handhabungskapazität	10 kg
Anzahl der Achsen	6
Schutzart	IP54
Montageart	beliebig
Gewicht	28,9 kg
Kraft-Moment Sensor	in allen Achsen integriert

1.5.2.7 OC Robotics

OC Robotics ist eine Firma aus Großbritannien mit Sitz in Bristol welche sich auf sogenannte „Schlangenroboter“ spezialisiert hat, welche speziell für beengte Platzverhältnisse und gefährliche Umgebungen geeignet sind. Das Unternehmen wurde 1997 gegründet und forscht seitdem an solchen Systemen. Je nach Anforderung des Kunden sind verschiedene Längen und Durchmesser der Schlangenroboter verfügbar. Standardgrößen variieren von 40 mm bis 150 mm im Durchmesser und haben eine Länge von 1 m bis 3,25 m.

Einer der innovativsten Roboter-Arme dieser Firma ist der X125 der Serie II. Er kann eine Nutzlast von bis zu 6 kg tragen und eine Arm-Biegung von bis zu 225 Grad erreichen. Vorne ist eine hochsensible Spitze angebracht die je nach Anwendungsfall mit verschiedensten Werkzeugen ausgestattet werden kann. Sei es eine Kamera oder ein spezieller Greifarm. Der Arm besitzt eine Reichweite von 2,2 Metern und kann auf einer mobilen oder festen Station angebracht werden [25, 26].



Abbildung 1-30: OC Robotics Serie II X125 [25]

1.5.3 Gegenüberstellung

Die vorangegangenen Unterkapitel haben eine Veranschaulichung nach technischen Spezifikationen einiger geeigneter Industrieroboter gegeben. Die folgende Gegenüberstellung soll die Auswahl eines Roboters innerhalb eines Benchmarks bewerten und erleichtern. Die einzelnen Modelle werden tabellarisch aufgelistet und mit den erforderlichen Anforderungen verglichen.

Tabelle 1-14: Gegenüberstellung der Modelle

Hersteller	Modell	Reichweite in mm	Handhabungs- kapazität in kg	Anzahl der Achsen	Schutzart	Montageart	Eigenge- wicht in kg	Kraft-Moment-Sensor
ABB	IRB 1200-7/0.7	901	7	6	IP40, IP67	beliebig	52	optional für den Greifer
Mitsubishi Electric	MELFA RV-20FM	908	7	6	IP67	beliebig	67	optional für den Greifer
KUKA	LBR iiwa 14 R820	820	14	7	IP54	beliebig	29,5	in allen Achsen integriert
FANUC	Mate 200iD/7L	911	7	6	IP67	beliebig	27	optional für den Greifer
Schunk	LWA 4P	730	6	3 (6 Freiheits- grade)	IP40	beliebig	15	optional für den Greifer
Schunk	LWA 4D	734	10	7	IP57	beliebig	18	optional für den Greifer
Universal Robots	UR 10	1300	10	6	IP54	beliebig	28,9	in allen Achsen integriert

1.5.4 Benchmark der unterschiedlichen Robotermodelle

Tabelle 1-14 gibt einen Überblick der einzelnen Robotermodelle und deren Eigenschaften. Die zwei wichtigsten gestellten Anforderungen sind die Kraft-Moment-Sensorik in allen Achsen sowie eine genügend hohe Handhabungskapazität. Diese zwei Anforderungen erfüllen nur zwei Roboter in der zuvor erstellten Liste. Zum einen der *LBR iiwa 14* von *KUKA* sowie der *UR10* von *Universal Robots*. Alle anderen Hersteller bieten keinen Roboter der diese Anforderungen, vor allem die Kraft-Moment-Sensorik in allen Achsen, erfüllt an. Vergleicht man die zwei übrig gebliebenen Modelle, so ist ersichtlich, dass diese ähnliche Eigenschaften aufweisen. Bezüglich Handhabungskapazität erreicht das Modell von *KUKA* 14 kg und das von *Universal Robots* 10 kg. Die mögliche Handhabungskapazität vom *UR10* würde ausreichen, jedoch ist es vom Vorteil Reserven eingeplant zu haben. Diesbezüglich ist der *LBR iiwa 14* vorteilhaft auszuwählen. Anders sieht es bei der maximalen Reichweite der Roboter aus. Diesbezüglich ist das Modell von *Universal Robots* im Vorteil. Dieser erreicht eine maximale Reichweite von 1300 mm. Im Vergleich dazu besitzt der *KUKA* Roboter eine Reichweite von 820 mm. Beide Reichweiten der Roboter reichen aus und können durch etwaige Anpassungen am Gesamtkonzept vergrößert werden. Dies ist bei der Handhabungskapazität wiederum nicht so einfach gegeben. Ist man hier am Limit angekommen, so kann diese auch nicht erweitert werden. In den Punkten Montageart und Schutzart sind beide identisch. Beide Modelle ermöglichen eine beliebige Montage, sprich eine Boden-, Wand- oder Deckenmontage. Auch die Schutzart IP54 ist bei beiden Robotern dieselbe (Staub- sowie Spritzwasser-geschützt). Dies ermöglicht auch den Einsatz in beispielsweise einer Parkgarage unter Dach. Bezüglich der Anzahl der Achsen besitzt der *KUKA* Roboter 7 und der von *Universal Robots* 6 Freiheitsgrade. Die eine zusätzliche Achse ermöglicht es dem *KUKA* Modell beweglicher und flexibler zu sein sowie eine bessere Steuerbarkeit. Beim letzten Punkt, dem Eigengewicht, sind sich beide Systeme wiederum sehr ähnlich. Bei beiden Modellen besteht das Grundgerüst aus Aluminium was beide Roboter sehr leicht macht. Beide haben ein Gewicht von unter 30 kg und gehören zu den Leichtbaurobotern.

1.6 Greifsystem / Adapterplatte

Greifer sind Komponenten von Handhabungssystemen, die einen Kontakt zum greifenden Objekt herstellen. Sie bilden das Ende der kinematischen Kette innerhalb der Roboterbewegung und werden überwiegend an das Greifgut angepasst.

1.6.1 Anforderungen

Das zu entwickelte Konzept soll mit verschiedenen Stecker-Typen kompatibel sein. Diese Anforderung ist nur realisierbar wenn eine spezielle Greifvorrichtung vorhanden ist, welche die unterschiedlichen Stecker-Typen fassen kann. Somit soll es möglich sein, mehrere Fahrzeuge

unterschiedlicher Hersteller laden zu können. Wichtig hierbei ist, dass das Greifgut immer an der exakt selben Position gegriffen werden muss. Dies wiederum erfolgt durch eine Zentrierung in zwei Ebenen. Die Zentrierung hat zusätzlich den Effekt, dass das Greifgut stets gut und fest gegriffen wird.

1.6.1.1 Anforderungsliste

Wie bereits in der Anforderungsliste im Kapitel 1.5 Industrieroboter werden auch hier Forderungen und Wünsche dargestellt. Tabelle 1-15 stellt diese Anforderungen dar. Forderungen sind mit (F) und Wünsche mit (W) gekennzeichnet.

Tabelle 1-15: Anforderungen Greifsystem / Adapterplatte

Nr.	Anforderung	F/W
	Greifsystem / Adapterplatte	
1	Zentrierung in zwei Ebenen	F
2	Leicht auf Roboter adaptierbar	W
3	Unterschiedliche Geometrien greifbar	F
4	Geringes Eigengewicht	W

1.6.2 Greifer

Im Zuge der Literatur-Recherche sind einige Greifer gefunden worden, mit denen es möglich ist, verschiedenste Gegenstände zu greifen. Hierbei wurden Greifer gefunden die der menschlichen Hand mit fünf Fingern oder auch nur mit drei Fingern nachempfunden sind. Durch diese Eigenschaft lassen sich unterschiedlichste Arten von Geometrien greifen. Das Unternehmen *Schunk GmbH & Co. KG* bietet in ihrem Produktportfolio zwei Greifsysteme an, wobei folgend auf eines näher eingegangen wird.

Die Servo-elektrische *3-Finger-Greifhand SDH* beherrscht das form- und kraftschlüssige Greifen unterschiedlichster Objekte. Somit ist es möglich verschiedenste Formen von Steckern zu greifen. Vorteil dieser Variante ist die nicht zusätzlich benötigte Adapterplatte. Optional kann die Greifhand mit einem taktilen Sensorsystem ausgestattet werden. Durch diese Systemerweiterung ist eine Druck- und Oberflächenerkennung möglich. Dadurch lässt sich beim Greifvorgang erkennen, ob der Greifgegenstand optimal gegriffen wurde oder ob er korrigiert werden muss. Die maximal mögliche Greifkraft entspricht in etwa der Kraft der menschlichen Hand. Somit stellt es kein Problem dar, verschiedene Ladestecker zu greifen [27]. Die Vorteile sind nachfolgend aufgelistet:

- Geeignet für mobile Einsatzbereiche

- Präzises, kraftgeregeltes Greifen
- Sicheres Greifen

Ein wesentlicher Nachteil eines solchen Systems ist, dass der jeweilige Gegenstand bei jedem Greifvorgang nicht immer an der exakt selben Position gegriffen wird und zweitens die Zentrierung des Greifguts nach nur einer Ebene. Dies könnte ein verrutschen des Greifgutes zu Folge haben.

Alle technischen Details können aus dem Datenblatt im Anhang 6.8 entnommen werden.



Abbildung 1-31: Schunk 3-Finger-Grifffhand SDH [27]

Ein weitaus einfacheres Greifsystem kann mit einem Parallelgreifer realisiert werden, welcher in Kombination mit einer Adapterplatte, welche im darauffolgenden Kapitel erläutert wird, die einzelnen Steckertypen greift. Dieses Greifsystem muss eine Bewegung in nur einer Koordinatenrichtung beherrschen. Solche Parallelgreifer werden von unzähligen Herstellern angeboten.

Der Parallelgreifer *PGN-plus* der Firma *Schunk* ist ein pneumatischer Universalgreifer, welcher mit verschiedensten Zubehörteilen bestückt werden kann. Die Eigenmasse, Greifkraft, Hub pro Backe sowie das zulässige Werkstückgewicht variiert je nach Ausführungsform. Das zulässige Werkstückgewicht ist zudem abhängig, ob ein Kraft- oder Formschluss vorliegt. Bei einem Formschluss liegt dieses laut Datenblatt deutlich über dem zulässigen Werkstückgewicht. Dies ist ein wesentlicher Vorteil, da in weiterer Folge mit der konstruierten Adapterplatte ein Formschluss gegeben sein wird. Die Systeme von *Schunk* sind zudem einfach mit den Systemen anderer Roboterhersteller kombinierbar. Dies macht es nicht zwingend notwendig auch auf ein Robotersystem von Schunk zurückzugreifen [28]. Die Vorteile seien hier kurz aufgelistet:

- Robuste Vielzahn-Gleitführung für präzise Handhabung
- Große Momentaufnahme möglich – geeignet für den Einsatz langer Greiffinger
- Maximale Greifkraft durch Ovalkolben Antriebskonzept
- Umfangreiches Sensorzubehör
- Kompakte Bauweise
- Vielfältige Optionen zur speziellen Optimierung verschiedener Anwendungsfälle



Abbildung 1-32: Schunk PNG-plus Parallelgreifer [28]

Ein Nachteil des Greifersystems von *Schunk* ist, dass es keine berührungssensible Sensorik beinhaltet. Weitere technische Details können aus dem Anhang 6.9 entnommen werden.

Damit der Greifer nun den Griff des jeweiligen Steckertyps greifen kann, muss dieser lediglich mit einer weiteren Adaption erweitert werden, welche in Abbildung 1-33 dargestellt ist. Als Vorlage diene das von *Volkswagen* präsentierte Greifsystem.



Abbildung 1-33: Greifsystem

Verwendet wird die Geometrie-Innenform (in grün dargestellt), des Griffes von *Phoenix Contact* hergestellten Ladesteckers, da das besagte Unternehmen für die gängigsten Typen von Ladesteckern, ein etwaiges Ladekabel anbietet. Die Geometrie des Griffes ist bei allen angebotenen Steckertypen identisch. Eine Voraussetzung für das spätere Komplettsystem ist, dass die Ladekabel, welche im Produktportfolio enthalten sind, von *Phoenix Contact* stammen müssen. Ladekabeln welche nicht im Portfolio enthalten sind, können mit einer Adapterplatte erweitert werden, auf welche nun eingegangen wird.

1.6.3 Adapterplatte

Wie bereits in den Anforderungen erwähnt, muss der Greifer verschiedene Ladestecker greifen können. Dies kann mit Hilfe einer Adapterplatte realisiert werden. Die Adapterplatte würde aus einer oberen sowie unteren Einheit bestehen. Die obere Einheit würde bei allen Adapterplatten identisch aussehen, damit mit nur einem universellen Greifer alle Steckertypen gegriffen werden können. Die untere Einheit muss an die Geometrie des Steckers angepasst werden. Weiters soll die Adapterplatte einfach an die jeweiligen Stecker montiert werden können. Durch solch eine Adapterplatte müsste weder der Stecker der jeweiligen Hersteller verändert werden, noch ein spezieller Greifer für jeden Steckertyp zum Einsatz kommen.

Abbildung 1-34 zeigt ein Konzept für solch eine Adapterplatte. Diese dient wiederum als Veranschaulichung, wie eine Steckerhalterung für sämtliche Steckertypen aussehen könnte. Als Referenz für die Griffgeometrie diene das Stecksystem von *Phoenix Contact*.



Abbildung 1-34: Adapter der verschiedenen Steckersysteme

1.7 Aufladearten

Unterschieden wird zwischen zwei grundsätzlichen Arten von Auflade-Szenarien. Zum Ersten mittels eines Systems welches sich von oben zur Ladedose bewegt. Zum Zweiten ein automatisiertes Robotersystem vom Boden aus. Bei letzterer Variante kann man weiters unterscheiden zwischen einem System welches das Fahrzeug von der Seite aus auflädt oder aber von unten aus. In den folgenden Unterpunkten werden die einzelnen Varianten näher erläutert und auch Beispiele angeführt, mit welchen Systemen dies realisiert werden kann.

1.7.1 Variante für Überkopfaufladung

Ein mögliches Konzept für ein Batterieladesystem wäre eine Aufladung mittels Roboter über Kopf. Der Roboter würde sich oberhalb des Fahrzeugs befinden und dieses von oben aus laden. Folgende Unterpunkte erläutern diese Überlegung näher.

1.7.1.1 Raumportale

Um die Reichweite beziehungsweise den Arbeitsraum eines Roboters signifikant vergrößern zu können, eignen sich modulare Portalroboter am besten. Neben der Reichweite können auch hohe Lasten handgehabt werden. Mit Hilfe dieser Systeme lässt sich die meist kurze Reichweite eines Roboters signifikant erhöhen, da sich diese Systeme in XZ- oder XYZ-Richtung bewegen können. Zusätzlich können ebenso Greifer und Drehachsen montiert werden um den Funktionsumfang zu erweitern. Grundeinheit der Portalsysteme sind angetriebene Linearachsen mit fahrbaren Schlitzen, an denen weitere Achsen, Greifer oder Werkzeuge befestigt werden können. Elektromotoren übernehmen typischerweise den Schlittenantrieb, mit Kraftübertragung durch Zahnriemen, Zahnstangen oder Spindeln. Als vertikale Achsen kommen Ausleger- und Teleskopachsen zum Einsatz. Bei leichten und mittleren Belastungen

werden Achsen aus Aluminium-Strangpressprofilen verwendet. Die Fahrgeschwindigkeit, Dynamik und Antriebskraft der Achse hängt im Wesentlichen von der Antriebsart sowie von der Kraftübertragung ab. Auf die Vor- und Nachteile der jeweiligen Antriebsart wird hier nicht näher eingegangen [29].



Abbildung 1-35: Beispiel eines Raumportals [46]

1.7.1.2 *Brückenkran*

Sogenannte Brückenkräne bieten sich auch zum Erweitern der Reichweite an. Mit einem Brückenkran können sehr viel höhere Gewichte bewältigt werden, als mit herkömmlichen Raumportalen. Je nach Anwendungsgebiet kann aus einer Vielzahl von Ausführungen gewählt werden. Für die Überkopfaufladung ist am interessantesten ein Einträger-Konsolenlaufkran. Dies hat folgende Gründe:

- Verschiedene Anschlussmöglichkeiten erlauben optimale Anpassung an räumlichen Gegebenheiten
- Je nach Tragfähigkeit große Ausladungen realisierbar (bis 10 m)
- Sehr große Laufstrecken realisierbar
- Für Hallenbetrieb sowie auch Außeneinsatz

Größter Vorteil von Konsolenlaufkränen im Vergleich zu Raumportalen ist die Realisierbarkeit großer Laufstrecken. Damit können mit nur einem Roboter eine Vielzahl von Fahrzeugen aufgeladen werden. Standardmäßig sind auf Brückenkränen Seilzüge montiert um schwere Lasten transportieren zu können. Diese würden nicht benötigt werden. Falls die Reichweite des montierten Roboters in vertikaler Richtung (z-Achse) nicht ausreichen sollte, kann ein Hubzylinder am Brückenkran angebracht werden. Solch ein Hubzylinder würde es dem installierten Roboter ermöglichen, größere Reichweiten in z-Richtung zu erreichen [30].

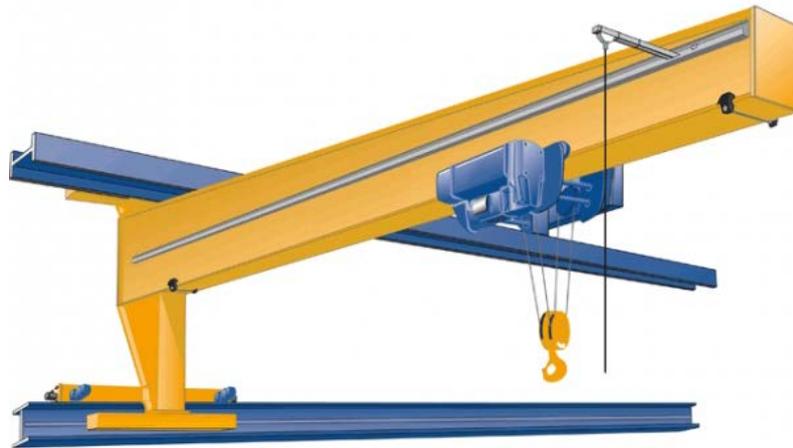


Abbildung 1-36: : Einträger-Konsolenlaufkran [30]

1.7.1.3 Benötigte Abmessungen der Systeme

Für das Konzept einer Überkopfauladung soll ein Roboter drei Fahrzeuge im Stück aufladen können. Durch diese Voraussetzung muss der Roboter größere Wege zurücklegen können. Angestrebt wird eine Länge in x-Richtung von 10 m, in y-Richtung von 5 m und in z-Richtung von 2,5 m. Auf die benötigten Abmessungen kommt man mit Hilfe der vorgeschriebenen Mindestmaße für einen überdachten Stellplatz oder Garage. Diese Maße betragen in Österreich 2,5 m mal 5,0 m [31]. Rechnet man darauffolgend mit drei Autos, ergibt dies eine Gesamtbreite von 7,5 m. Die restlichen 2,5 m Breite sind Reserve. Die Raumhöhe wird mit 3 m angenommen, da auch diese in der Garagenverordnung vorgeschrieben ist. Durch die Berücksichtigung der durchschnittlichen Tankdeckelposition, welche sich auf etwa 1 m Höhe befindet, ergibt dies einen vorläufigen Hub in z-Richtung von 2 m. Weiters muss zusätzlich die Roboterreichweite abgezogen werden welche vom jeweils verwendeten Robotertyp abhängig ist.

1.7.2 Varianten für automatisierte Aufladung am Boden

Eine weitere Variante wäre eine Ladung der Elektrofahrzeuge vom Boden aus. Ein stationärer Roboter würde die Anforderungen einer Aufladung von mehreren Fahrzeugen nicht erfüllen können. Aus diesem Grund muss nach einer Lösung gesucht werden, mit deren Hilfe dies ermöglicht wird. Folgende Unterpunkte sollen einen Ausblick auf die einzelnen möglichen Lösungsvarianten geben.

1.7.2.1 Mobile Roboter

Ein stationärer fester Roboter hat den Nachteil, dass er nur eine eingeschränkte Reichweite aufweist. Um diese Reichweite zu erhöhen, arbeiten einige Hersteller an mobilen Robotersys-

temen, auf denen ein Leichtbauroboter montiert werden kann. Eine solche Kombination ermöglicht es, dass sich ein Roboter frei im Raum bewegen kann und so zum Beispiel an mehreren Montagepositionen arbeiten kann. Der deutsche Hersteller *KUKA* bietet solche Systeme an. Die mobilen Plattformen und Transportsysteme sind sowohl mit als auch ohne *KUKA* Roboter und für unterschiedliche Traglasten erhältlich. Auch ein vollautomatischer Betrieb kann beispielsweise durch autonom navigierende Systeme realisiert werden. Die von *KUKA* mobilen Roboter, kurz *KMR*, eignen sich für eine Aufladung am Boden am besten. Hierbei werden zwei Systeme angeboten. Das *KMR QUANTEC* und das *KMR iiwa*. Bezüglich der gestellten Anforderungen ist der *KMR iiwa* relevanter, da dieser für kleine bis mittelschwere Lasten konzipiert wurde. Das angebotene Produkt vereint einen intelligenten und mobilen Helfer-Roboter sowie den sensitiven und nachgiebigen *KUKA LBR iiwa* zu einem Gesamtpaket.

Der *KMR iiwa* bietet eine autonome Navigation. Der integrierte Laserscanner überwacht die Arbeitsumgebung während die integrierte Steuerungssoftware für Navigation und Bewegung einen zuverlässigen Arbeitsablauf ermöglicht. Der Laserscanner untersucht permanent die Umgebung nach Hindernissen, sodass im Falle eines auftretenden Hindernisses die Bewegung des Roboters sofort gestoppt wird. Durch die Mecanum Räder wird eine omnidirektionale Bewegung ermöglicht, welche den Arbeitsbereich beliebig vergrößern lässt. Sowohl die Position als auch die Anzahl der installierten Roboter ist variabel, ebenso deren Größe und Traglast von bis zu 400 kg. Durch diese Möglichkeiten kann der Roboter ein breites Spektrum an verschiedenen Arbeiten ausführen [32].



Abbildung 1-37: Kuka KMR iiwa [32]

1.7.2.2 Linearroboter-Systeme

Ein Start-up Unternehmen aus dem Science Park in Graz namens *NRG-X* hat eine vollautomatische Ladelösung für Schnellladungen entwickelt und bereits öffentlich vorgestellt. Grundidee dieser Lösung ist die Aufladung von Elektrofahrzeugen von unten aus, sprich ein im Boden befindlicher Roboter lädt das Fahrzeug auf. Hierbei muss der Roboter eine horizontale Bewegung in z-Richtung erbringen. Dieses Ladekonzept ermöglicht das Aufladen vor allem von zu Hause aus. Im Heimbereich werden dabei Ladeleistungen von 22 kW ermöglicht. In einer weiteren Ausbaustufe kann die Ladeleistung auf >100 kW erhöht werden. Grundsätzlich besteht das System aus zwei Komponenten:

- Anschluss-Bereich → untergebracht in der Mitte des Fahrzeugbodens
- Basis-Station → Ladesystem in der Parkbucht

Das Gesamtsystem ermöglicht die Reduzierung des konventionellen mehrdimensionalen Einsteckvorganges, auf eine eindimensionale vertikale Bewegung zu vereinfachen. Das mehrphasige Verbindungssystem, welches sich in der Basis-Station befindet, kann an jedem Punkt innerhalb der Fläche des Anschluss-Bereichs verbunden werden. Ermöglicht wird dies durch ein sechseckiges Muster an der Oberfläche des Anschluss-Bereichs. Die Fläche ist durchgängig mit einem sechseckigen Muster strukturiert, wobei jede Zelle eine konisch ausgeformte Ausnehmung aufweist. Dadurch kann ein Kegel durch eine orthogonale Bewegung in jede Zelle des Anschluss-Bereichs gleiten. Das konisch geformte Positionierungselement, welches auf der Basis-Station enthalten ist, muss dabei elastisch und seitlich in x- und y-Richtung beweglich sein.

Die Bodenplatte des Anschluss-Bereichs besteht aus abwechselnd leitenden und elektrisch isolierten Schichten. Die einzelnen Kontaktringe sind in leicht bewegliche Segmente aufgeteilt, um den elektrischen Kontaktwiderstand durch eine Erhöhung der mechanischen Radialkraft der Kontaktelemente zu reduzieren. Eine Druckfeder zwischen Positionierungskonus und Kontaktelement sorgt für eine autonome Rückkehr in die Ausgangssituation nach dem Abziehen. Nach abziehen des Positionierungskonus wird das Steckersystem vollständig gegen Schmutz und sonstige Verunreinigungen isoliert.

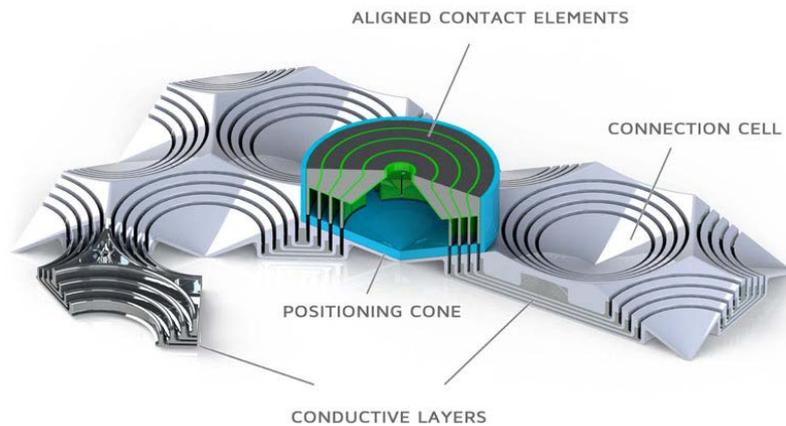


Abbildung 1-38: Stecksystem NRG-X [33]

Der gesamte Park- sowie Ladevorgang läuft dabei relativ einfach ab. Das Elektrofahrzeug, welches bereits für das *NRG-X* Ladekonzept umgerüstet wurde, stellt sich auf einen geeigneten Stellplatz und die Basisstation beginnt automatisch eine Kommunikation mittels verschlüsselter WLAN-Verbindung mit dem Fahrzeug aufzubauen. Das Fahrzeug muss nicht exakt auf einem genau vordefinierten Bereich abgestellt werden. Ein Positionsvalidierungssystem überprüft die richtige Position. Sofern dieser Schritt erfolgreich abgeschlossen wurde, wird der Ladezustand der Batterie überprüft und im weiteren Schritt wird der Ladevorgang automatisch gestartet. Der Verbindungsvorgang geht ebenfalls einfach vonstatten: Die Basisstation fährt horizontal in Richtung Anschluss-Bereich nach oben. Nach erfolgreicher abgeschlossener Verbindung zwischen Basis-Station und Anschluss-Bereich kann der Ladevorgang automatisch starten oder mittels Lademanagement-System geplant werden. Wird der Ladevorgang beendet oder sollte das Elektrofahrzeug früher in Betrieb genommen werden, kann sich das Verbindungssystem sofort vom Fahrzeug lösen. Als zusätzliches Feature kann das Fahrzeug im Winter vorgeheizt oder auch im Sommer gekühlt werden, ohne dabei die Batterie zu belasten [33].



Abbildung 1-39: Automatisiertes Ladesystem der Firma NRG-X [33]

1.8 Kommunikation Fahrzeug-Laderoboter

Um die Aufladung jedes Elektrofahrzeugs garantieren zu können müssen einige Voraussetzungen erfüllt werden. Eine der wichtigsten dabei ist die Kenntnis der Profildaten des parkenden Fahrzeugs. Diese Daten können zum einem übermittelt werden oder das System erkennt das jeweilige Fahrzeugmodell automatisch. Bei der Übertragung der Daten gibt es zwei Möglichkeiten, welche Informationen das Fahrzeug der Ladestation übermitteln muss:

1. Das Fahrzeug muss das jeweilige Modell, welche Möglichkeiten der Ladung (Normalladung/Schnellladung) bestehen, der erforderliche Ladestecker, die Tankdeckelposition sowie die Einparkrichtung übermitteln.
2. Das Fahrzeug übermittelt nur das jeweilige Modell sowie die Einparkrichtung.

Bei der ersten Variante übermittelt das Fahrzeug alle relevanten Daten an die Ladestation. Diese erhält damit alle benötigten Informationen um mit den Laden starten zu können. Die Kenntnis der Möglichkeiten der Ladung ist wichtig, da einige Modelle mittels Schnellladung sowie mittels Normalladung aufgeladen werden können. Diese zwei Ladearten können in einer Ladedose untergebracht sein (*VW e-Golf*) oder an zwei unterschiedlichen Positionen. Der *Peugeot iOn* beispielsweise bietet eine solche Möglichkeit. Die Wechselstromdose befindet sich auf der Hinterachse auf der rechten Seite des Fahrzeugs und die Schnellladedose auf der gegenüberliegenden Seite des Fahrzeugs.

In weiterer Folge ist die Information des jeweiligen Ladesteckers erforderlich, damit der Laderoboter über die Kenntnis verfügt, welchen Stecker er aus dem Magazin entnehmen muss. Um nicht das komplette Fahrzeug mittels einer Kamera ablichten zu müssen, wo sich die benötigte Ladedose befindet, muss diese Information ebenfalls übermittelt werden. Die letzte wichtige Information ist die Einparkrichtung des Fahrzeugs, da sich, je nach Richtung, die Position der

Ladedose ändert. Die Einparkrichtung kann etwa mittels Kameras und Sensoren in den jeweiligen Parkbuchten ermittelt werden. Welche Arten von Systemen hierbei zum Einsatz kommen können, wird im Kapitel 1.9 untersucht.

Bei der zweiten Variante übermittelt das Fahrzeug dem System nur das jeweilige Fahrzeugmodell sowie die Einparkrichtung. In einer Datenbank innerhalb der Ladestation wären je Fahrzeugmodell alle relevanten Daten hinterlegt, die der Laderoboter benötigt, um das Elektrofahrzeug laden zu können.

Vorteil der ersten Variante wäre ein Wegfall einer Datenbank. Das Fahrzeug müsste jedoch alle relevanten Daten dem System übermitteln. Um bei der zweiten Variante eine Aufladung garantieren zu können, müsste eine solche Datenbank des Ladesystems über die Kenntnis aller verfügbaren Elektrofahrzeuge verfügen. Diese Datenbank müsste von allen aktuellen Elektrofahrzeugen die Profildaten beherbergen. Größter Nachteil dieser Variante ist die Nichtmöglichkeit der Aufladung eines Fahrzeugs, falls sich dieses nicht in der Datenbank befinden sollte.

1.8.1 Anforderungen

Die Anforderungen an die Kommunikation sind sehr breit gefächert, abhängig von der Art der Verwendung. Soll der Fahrer die Fahrzeugdaten bequem über sein Smartphone übertragen können oder muss er diesbezüglich zu einer Ladestation gehen, ähnlich wie bei einem herkömmlichen Tankvorgang. Oder aber kommuniziert das Fahrzeug selbstständig mit dem Ladesystem. Je nach Konzept sind die jeweiligen Anforderungen unterschiedlich. Aus diesem Grund kann auch keine spezifische Anforderungsliste erstellt werden. Zwei Anforderungen müssen jedoch bei allen Arten der Kommunikation stets gegeben sein: Die Verschlüsselung der Daten sowie die Fähigkeit der Kommunikation, die benötigten Datenmengen übertragen zu können.

1.8.2 Arten der Kommunikation

Die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation kann über verschiedenste Arten erfolgen. Jeder dieser Übertragungsformen hat ihre eigenen Vor- und Nachteile auf die in den folgenden Unterpunkten näher eingegangen wird.

1.8.2.1 NFC

Near Field Communication, kurz NFC, ist eine drahtlose Übertragungstechnik welche den kontaktlosen Datenaustausch zwischen Geräten ermöglicht. Mittels NFC können nur kleine Daten übertragen werden. Dies ist bedingt durch die geringe Übertragungsleistung von bis zu

424 kBit/s. Die typische Anwendung von NFC ist deshalb der Austausch von Informationen zwischen zwei nahe aneinander gehaltenen Geräten. Dieser Austausch ist bis zu einem Abstand von 4 Zentimetern möglich [34].

1.8.2.2 Bluetooth

Bluetooth ist eine standardisierte, universelle und lizenzfreie Funktechnik zum Übertragen von Sprache und Daten. Bluetooth ist in kleine mobile Geräte integriert und wird üblicherweise für Kurzstrecken verwendet. Damit können Geräte ohne Sichtverbindung miteinander kommunizieren. Bluetooth funkt im ISM-Band zwischen 2,402 und 2,480 GHz. Damit können Daten mit bis zu 1 Mbit pro Sekunde brutto übertragen werden. Der Nettodurchsatz beläuft sich auf etwa 723,2 kBit/s in Download-Richtung und 57,6 kBit/s in Upload-Richtung. Die Reichweite von Bluetooth ist in 3 Leistungsklassen eingeteilt. Je nach Leistungsklasse unterscheidet sich die jeweilige Reichweite. Diese bewegt sich zwischen 10 m auf bis zu 100 m. Nähere Details sind unter [35] verfügbar.

1.8.2.3 WLAN

Wireless Local Area Network, kurz WLAN, ist das am weitesten verbreitete drahtlose Netzwerk weltweit. IEEE 802.11 ist der ursprüngliche Standard, auf dem WLAN aufgebaut ist. Darauf aufbauend wurde dieser laufend erweitert. Hauptsächlich um die Übertragungsrate und die Datensicherheit zu erhöhen. Die Übertragungsgeschwindigkeiten variieren je nach jeweiligem Standard. Die Unterschiede zwischen den Bruttodatenraten und jenen, die man in der Praxis erreicht, sind teils sehr groß. In der Praxis hat sich gezeigt, dass etwa die Hälfte der Bruttodatenrate erreicht werden kann. Diese ist abhängig von den lokalen Begebenheiten wie etwa Decken, Wände und andere Funknetzwerke. Eine genaue Übersicht der Übertragungsgeschwindigkeiten liefert eine Tabelle in [36].

1.8.2.4 QR-Code

Ein QR-Code ist ein zweidimensionaler Strichcode welcher im Jahr 1994 von der japanischen Firma *Denso Wave* entwickelt wurde. QR bedeutet „Quick Response“, also schnelle Antwort. Der Hintergrund dieser Entwicklung waren die steigenden Anforderungen an maschinenlesbaren Codes in der Automobilindustrie in den 80er-Jahren. Es sollten immer mehr Informationen auf kleinerer Fläche untergebracht werden können. Die Codes sind kleine Datenspeicher, welche je nach Größe eine bestimmte Anzahl an Zeichen enthalten können. Der QR-Code ist ein Hauptvertreter der 2D-Codes und besteht aus mindestens 21 mal 21 und höchstens 177 mal 177 quadratischen Elementen. Der maximale Informationsgehalt eines solchen Codes beträgt 2.965 Byte. Das entspricht laut Hersteller 789 Dezimalziffern oder aber 4.296 alphanumerische Zeichen. In ihm können verschiedenste Arten von Daten wie Webadressen, Telefonnummern oder freie Texte gespeichert werden. Zusätzlich beinhalten solche Codes eine Fehlerkorrektur. Mit dieser lässt sich ein QR-Code auch dann noch lesen, wenn Teile

fehlen oder verschmutzt sind. Die Fehlerkorrektur wird in 4 Levels unterschieden. Je nach Level können mehr oder weniger Daten wiederhergestellt werden – im Vergleich dazu sinkt oder steigt die Datenkapazität des Codes. Ursprünglich konnten mit dem QR-Code keine Daten verschlüsselt werden. Besaß man ein geeignetes Lesegerät wie zum Beispiel eine herkömmliche Handykamera mit spezieller App, konnten die Daten bereits ausgelesen werden. *Denso Wave* entwickelte den Code jedoch weiter, sodass dieser auch Daten verschlüsseln kann. Dabei kann der komplette Inhalt oder nur Teile verschlüsselt werden. Die Letztentwicklung ist der iQR-Code. Dieser muss nicht mehr zwingend auf die quadratische Form festgelegt sein, sondern kann auch die Form eines Rechtecks annehmen. Weiters ist die maximale Datenmenge auf 422 mal 422 Elementen erhöht worden, was einer Datengröße von mehr als 40.000 numerischen Zeichen entspricht [37].

Mit Hilfe solch eines QR-Codes, beispielsweise hinter der Windschutzscheibe, könnte das Ladesystem alle Fahrzeugdaten auslesen und würde in weiterer Folge sofort wissen, welcher Ladestecker benötigt wird oder an welcher Position sich die Ladedose befindet. Durch geschicktes Anbringen an der Vorder- sowie auch Rückseite eines Fahrzeugs könnte auch die Einparkrichtung erkannt werden. Voraussetzung für den Einsatz hinter Windschutzscheiben ist eine einigermaßen saubere Scheibe. Falls im Fall der Fälle die Scheibe zu sehr verschmutzt sein sollte und dadurch der Code nur sehr schlecht bis überhaupt nicht abgelesen werden kann, würde das Ladesystem keine Daten des Fahrzeugs auslesen können, was wiederum ein automatisches Aufladen nicht möglich machen würde. Hierzu müssten weitere redundante Systeme zur Fahrzeugdatenauslesung vorgesehen werden.



Abbildung 1-40: Beispiel eines QR-Codes [37]

1.8.2.5 RFID

Das Akronym dieser Technologie steht für Radio Frequency Identification. Es erlaubt jeden Gegenstand, der mit einem RFID-Transponder ausgestattet ist, kontaktlos und eindeutig zu identifizieren. Ein Chip der als Datenspeicher dient, kommuniziert hierzu über Funk mit einer Basiseinheit. Bereits in den 60er Jahren begann die Entwicklung solcher Chips. Durch zu hohe Chip-Preise und die noch nicht ausgereifte Technologie wurde diese Technik nur spärlich eingesetzt. Heutzutage boomt diese Technik vor allem in der Logistik-Branche.

Alle RFID-Systeme bestehen aus einem Transponder und einem Erfassungs- bzw. Lesegerät. Der Transponder stellt den elektronischen Datenspeicher dar. Nähert sich das Lesegerät dem Transponder, wird darauffolgend eine Kommunikation ausgelöst. Anhand von Antennen, die elektromagnetische Wellen aussenden, erfolgt die Energiezufuhr sowie der Datenaustausch. Bei der Energieversorgung gibt es zwei unterschiedliche Arten von RFID-Systemen. Zum einen passive, welche ohne eigene Stromversorgung auskommen, und zum anderen aktive, welche eine eigene Stromquelle besitzen. Passive und aktive Systeme unterscheiden sich stark hinsichtlich ihrer Reichweite. Wo die Reichweite von passiven Systemen von einigen Zentimetern bis maximal 1 Meter reicht, erreichen aktive Systeme Reichweiten von bis zu 10 Metern. Auch die maximal mögliche Speichergröße ist unterschiedlich. Abhängig vom verwendeten Typ reicht diese von wenigen Bits bis zu mehreren kBytes. Ältere Typen der RFID-Transponder sendeten ihre Informationen unverschlüsselt an das jeweilige Lesegerät. Heutzutage werden diese Daten verschlüsselt. Dabei können die Informationen komplett verschlüsselt oder nur Teile des Datenspeichers verschlüsselt sein. Moderne Transponder übertragen diese Informationen nach AES-Standard mit 128-Bit Verschlüsselung. Ein sehr großer Vorteil dieser Technologie im Vergleich zu beispielsweise QR-Codes ist die Witterungs- sowie Verschmutzungsunabhängigkeit. Dies bedeutet, dass diese Technologie auch bei Regen oder Nässe bestens funktioniert sowie auch wenn die Fahrzeugscheibe bzw. das Fahrzeug leicht oder sogar schwer verschmutzt ist [38].

Aktive RFID-Chips könnten für die Fahrzeugidentifikation im Ladesystem zuständig sein. Diese Chips könnte man in den Kfz-Kennzeichen der jeweiligen Fahrzeuge unterbringen, die jeweils die Fahrzeugdaten beinhalten, welche wiederum die Ladestation für das automatische Laden benötigt. Mittels geeigneter Lesegeräte könnten die Daten einfach und schnell ausgelesen werden. Diese Art der RFID-Chip-Unterbringung wurde bereits in Großbritannien und anderen Ländern erfolgreich eingesetzt und nennt sich e-Plate. Diese sogenannten e-Plates sind mit Batterien ausgestattet welche mindestens 10 Jahre kontinuierlich selbständig funken können. Insbesondere für City-Maut-Systeme werden diese Kennzeichen eingesetzt. Weiters können diese e-Plates auch für die automatische Bezahlung an den Ladestationen genutzt werden [39].



Abbildung 1-41: Beispiel eines RFID Chips [39]

1.8.2.6 Smartphone App

Die letzte Art der Übertragung könnte mittels Smartphone App vonstattengehen. Dabei muss der Benutzer die jeweilige App starten in der die einzelnen Fahrzeugdaten hinterlegt sind. Mittels Smartphone können die Daten an das Ladesystem übertragen werden, damit das System die jeweiligen Informationen erhält, wo sich beispielsweise die Ladedose etc. befindet. Auch könnte der Ladevorgang mit Hilfe dieser App gestartet sowie auch gestoppt werden. Ebenfalls könnte mittels solch einer App das Fahrzeug im Winter vorgeheizt oder im Sommer gekühlt werden.

In welcher Art und Weise die Daten an die Ladestation übertragen werden, ist abhängig von der jeweiligen Entfernung des Smartphones zur Ladestation. Befindet sich das Smartphone nicht in unmittelbarer Nähe der Ladestation könnte die Übertragung nur mittels WLAN oder über das Telefonnetz erfolgen.

1.8.2.7 Vergleich der unterschiedlichen Kommunikationsmöglichkeiten

Welche Kommunikationstechnologie verwendet wird ist abhängig von verschiedenen Faktoren. Vergleicht man die 5 grundsätzlichen Arten der Übertragungen, lassen sich folgende Aussagen darüber treffen. Wireless LAN übertrifft Bluetooth in seiner Reichweite und Übertragungsgeschwindigkeit und kommt deshalb in lokalen Netzwerken zum Einsatz. Bluetooth ist wegen der geringen Hardwarekosten und niedrigem Stromverbrauch zwischen Kleinstgeräten besser geeignet. Um größere Datenmengen übertragen zu können macht sich Bluetooth der WLAN-Technik zu Nutze. Der neueste Bluetooth Standard 4.2 ermöglicht bereits weit höhere Übertragungsgeschwindigkeiten als der Vorgänger-Bluetooth-Standard.

NFC hat einen Nachteil in seiner geringen Reichweite, ist jedoch im Vergleich zu den anderen Techniken derjenige, mit den geringsten Hardwarekosten. Um das Problem mit der geringen Reichweite zu umgehen wäre es vorstellbar, dass der Fahrer selbst mittels NFC-Karte die Daten seines Fahrzeugs an die Ladestation übermittelt. QR-Codes sowie RFID-Systeme haben ebenfalls den Vorteil der geringen Hardwarekosten und beseitigen zudem das Problem der NFC-Technik der geringen Reichweite. Zusätzlich bieten beide ein ausreichendes Maß an Sicherheit und besitzen eine ausreichende Speicherkapazität.

Die Übertragung der Daten mittels Smartphones wäre sehr benutzerfreundlich, da der Fahrer dafür nicht zusätzlich zu einer Ladestation gehen muss, um die Daten seines Fahrzeugs zu übermitteln. Er könnte bequem über die App die Daten übertragen sowie auch den Ladevorgang starten. Wie bereits im Kapitel 1.8.2.6 erläutert, könnte damit das Fahrzeug im Winter vorgeheizt oder im Sommer gekühlt werden. Würde der Fahrzeugbesitzer sein Fahrzeug früher benötigen, bevor die Batterie vollständig aufgeladen ist, könnte er bereits bevor er im Fahrzeug angekommen ist, den Ladevorgang beenden, sodass der Ladestecker beim Eintreffen des Inhabers bereits abgezogen ist.

1.9 Fahrzeugerfassung

Das Fahrzeug wird vom Fahrer in die jeweilige Parkbucht geparkt. Dabei ist die endgültige Parkposition des Fahrzeugs nicht immer an der exakt selben Stelle. Dadurch muss die Lage des Fahrzeugs, bevor eine Aufladung stattfinden kann, ermittelt werden. Durch die Analyse der Lage erhält man zusätzlich die Information wie das Fahrzeug in der Parkbucht steht. Das Fahrzeug kann einerseits vorwärts oder rückwärts eingeparkt worden sein. Diese Information muss das Ladesystem erhalten um zu wissen wo sich die jeweilige Ladedose befindet. Folgende Unterpunkte geben einen Aufschluss darüber welche Techniken verwendet werden können, um die Lage des Fahrzeugs analysieren zu können sowie in weiterer Folge die Entfernung des Laderoboters zur Ladedose zu messen.

Im Folgenden werden einerseits auf die Anforderungen der verwendeten Technologien eingegangen und andererseits die einzelnen relevanten Arten der Fahrzeugerfassung näher erläutert.

1.9.1 Anforderungen

Der erste Schritt der Fahrzeugerfassung ist die Identifizierung des Objektes sowie die Erkennung der ungefähren Lage des Fahrzeugs in der Parkbucht. Dies kann auf verschiedenste Arten erfolgen. Die Genauigkeit der Systeme, mit der die Lage sowie auch in weiterer Folge der Abstand vom Roboter zur Ladedose gemessen wird, sollte so genau wie möglich sein. Die Tiefenmessung welche für eine Abstandsmessung benötigt wird, soll im Millimeterbereich messbar sein. Zudem spielt die Möglichkeit der Objektidentifizierung eine maßgebende Rolle. Diese Systeme sollen Anhand von markanten Fahrzeug-Geometrien ein Fahrzeugmodell zuordnen können. Weiters spielt die Zuverlässigkeit der verwendeten Technologien eine markante Rolle. Ein wichtiger Faktor hierbei ist die Unabhängigkeit von Fremdeinwirkungen wie Wetterbedingungen (Regen, Nebel, Schnee), Fremdlicht (Sonne) oder auch unzureichende Reflexivität der Objekte. Da die Systeme in Echtzeit arbeiten sollen, spielt die Prozessgeschwindigkeit ebenfalls eine bedeutende Rolle. Die Messungen sollen schnell und mit so

wenig Rechenaufwand wie möglich analysiert werden können. Letztendlich darf auf die Kosten solcher Technologien ebenfalls nicht vergessen werden.

1.9.2 Arten der Fahrzeußerfassung

1.9.2.1 Ultraschall

Ultraschallsensoren werden in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen eingesetzt. Ultranahebereichssensoren in Ultraschalltechnik wurden Anfang der neunziger Jahre als Parksensoren eingesetzt. Diese ermöglichen eine Abstandsmessung vom Fahrzeug zu einem anderen Objekt, unabhängig davon ob dieses sich bewegt oder still steht. Diese Sensoren sind in den Stoßfängern von Kraftfahrzeugen integriert. Durch die Nutzung mehrerer solcher Sensoren lässt sich der Erfassungswinkel sehr weit erhöhen. Mit Hilfe der Triangulation können Entfernungen und Winkel zum Hindernis bestimmt werden. Beim Annähern eines Hindernisses wird der Fahrer akustisch oder optisch gewarnt. Die Triangulation beruht auf dem Puls-/Laufzeitprinzip. Dabei wird mittels Ultraschall ein Signal ausgesendet, welches von Objekten zurück reflektiert wird. Auf Basis der elektronischen Zeitmessung zwischen Start- eines Sendeimpulses und dem Eintreffen des zurückkehrenden Echosignals kann über die zugrunde liegende Luftschallgeschwindigkeit direkt die Entfernung zum reflektierenden Hindernis berechnet werden. Ultraschallsensoren sind anderen Messverfahren hinsichtlich Herstellkosten und geringe Witterungsabhängigkeit überlegen. Zudem ist die Erkennungsqualität in weiten Bereichen unabhängig von der Art der zu detektierenden Hindernisse. Relevante Materialien wie Metall, Kunststoff oder Holz sind an ihrer Oberfläche „schallhart“ und liefern daher bei gleicher Geometrie annähernd gleich starke Reflexionssignale. Eine detaillierte Beschreibung bezüglich Aufbau, benötigter Elektronik oder Objektlokalisierung kann unter [40] eingesehen werden.



Abbildung 1-42: Bosch Ultraschallsensor für Kfz [40]

Tabelle 1-16 gibt Aufschluss über die Vor- sowie Nachteile der Ultraschalltechnologie.

Tabelle 1-16: Vor- Nachteile von Ultraschall [40]

Vorteile	Nachteile
Geringe Herstellkosten	Keine Möglichkeit der Objektortung
Durch Kopplung mehrerer Sensoren präzise Erfassung der Entfernung von Hindernissen	Geringe Reichweite (ca. 10m)
Großer Erfassungswinkel möglich	Ausreichende Reflexivität muss gegeben sein

1.9.2.2 LIDAR

LIDAR steht für Light Detection And Ranging und ist ein optisches Messverfahren zur Ortung und Messung der Entfernung von Objekten im Raum. Es ist eine dem Radar sehr ähnliche Methode, wobei anstelle von Mikrowellen beim LIDAR Ultraviolett-, Infrarot- oder Strahlen aus dem Bereich des sichtbaren Lichts verwendet werden. Beim Einsatz von Infrarotsensoren gibt es verschiedene Messverfahren. Das am häufigsten genutzte ist die sogenannte „Time of Flight“-Messung. Bei dieser Art der Messung werden ein oder mehrere Lichtpulse ausgesendet und an einem eventuell vorhandenen Objekt reflektiert. Die Zeit bis zum Empfang des reflektierenden Signals ist dann proportional der Entfernung. Als Basis wird die Geschwindigkeit des Lichtes herangezogen. Der LIDAR ist witterungsabhängig, da beispielsweise bei Nebel einzelne Pulse an den Wassertröpfchen in der Luft reflektiert werden. Dies kann ein Messen im schlimmsten Fall unmöglich machen. Moderne Sensoren haben jedoch eine dynamische Anpassung der Empfindlichkeit, was ihnen auch bei schlechten Bedingungen ermöglicht, relativ genaue Messdaten zu liefern. Sie können in weiterer Folge dabei das Signal von beispielsweise einem fahrenden Fahrzeug im Nebel oder Gischt unterscheiden. Die Reichweite des LIDARS ist abhängig von der Intensität des ausgesendeten Lichtpulses sowie von der Empfindlichkeit des Empfängers, wobei die Pulsleistung durch die Augensicherheitsanforderungen beschränkt ist. LIDAR-Sensoren können auch für eine eingeschränkte visuelle Erkennung von Objekten verwendet werden. Dabei muss zusätzlich die Lichtintensität entsprechend ausgewertet werden. Kameras bieten hierfür eine bessere Performance, da sie zum einen eine höhere Auflösung haben und zum anderen einen weiten Frequenzbereich detektieren. Weiters ist die Performance von LIDAR-Sensoren schlechter, da diese maßgeblich vom Kontrast der zu detektierenden Objekte abhängig ist [40].

Eine Weiterentwicklung des LIDAR-Sensors ist der Laserscanner. Der Laserscanner basiert auf dem gleichen Prinzip wie der LIDAR-Sensor. Die Erweiterung besteht darin, dass die erzeugten Laserstrahlen durch einen drehenden Spiegel abgelenkt und über den zu scannenden

Bereich verteilt werden. Somit entsteht eine detaillierte Umgebungskarte von den vor dem Scanner befindlichen Objekten [41].



Abbildung 1-43: Beispiel eines scannenden LIDAR [40]

Tabelle 1-17 listet die Vor- und Nachteile des LIDAR Sensors auf.

Tabelle 1-17: Vor- Nachteile eines scannendes LIDAR's [41]

Vorteile	Nachteile
Hohe Messauflösung in Bezug auf Entfernung und Winkel	Anfällig gegenüber Witterungsbedingungen
Störfest gegenüber Einflüssen von Sensoren gleichen Typs	Mechanisch bewegliche Teile
Unabhängig von Tageslicht	Fehlende Geschwindigkeitsinformation
Erkennung von Witterungsbedingungen	Laserscanner noch große Bauform
Großer Erfassungsbereich	

1.9.2.3 Kamera

1.9.2.3.1 2D/3D -Kamera

Das menschliche Auge ermöglicht uns Szenen in Farbe zu erkennen. Dadurch lassen sich auch Objekte unterscheiden. Es liegt daher nahe, auch für die maschinelle Wahrnehmung die Umwelt ähnlich wie das menschliche Auge zu erkunden. Dafür werden Kamera-Systeme verwendet. Diese sind imstande eine vergleichbare spektrale, räumliche und temporale Auflösung zu bieten. Kameras werden hauptsächlich dazu verwendet, ein Bild von der realen Szenerie zu erzeugen, mit dem in weiterer Folge weiter gearbeitet werden kann. Eine einzelne Kamera liefert dabei nur eine Abfolge von Bildern welche zur Objektidentifizierung genutzt werden kann. Das erzeugte Bild enthält keine Tiefeninformation. Die Entfernung des Objektes zum

Kameramodul kann nicht ohne weiteres bestimmt werden. Um eine zusätzliche Tiefeninformation erhalten zu können, müssen zwei Kameras, sogenannte Stereokameras zum Einsatz kommen. Dabei werden zwei Kameras in einem bestimmten Winkel und Abstand voneinander montiert. Mit Hilfe der Triangulation werden die zwei Bilder in eine 3D-Umgebung umgerechnet. Auf den Aufbau eines Kameramoduls sowie auf eine detaillierte Funktionsweise von Mono- und Stereokamera-Systemen wird nicht näher eingegangen. Dies kann unter [40] nachgelesen werden. Anschließend werden die Vor- und Nachteile von Kamera-Systemen aufgelistet.

Tabelle 1-18: Vor- Nachteile einer Kamera [40]

Vorteile	Nachteile
Preisgünstige Möglichkeit der Objektklassifikation	Witterungsabhängig sowie Verschmutzungsempfindlich
Keine gegenseitige Beeinflussung	Aufwendige Berechnung bei 3D-Systemen
Möglichkeit der Entfernungsmessung	
Große Reichweite	

1.9.2.3.2 3D-PMD-Kamera

Bislang war es nicht möglich mit nur einem System gleichzeitig Bilder aufzuzeichnen und Entfernungen zu messen, da bei der herkömmlichen 2D-Projektion die Tiefeninformation der realen Szene verloren geht. Was bislang fehlte war eine universelle Sensorik, welche ohne bewegliche Teile auskommt und mit nur einer einzelnen Aufnahme Bild- und Abstandsinformation erfasst und gleichzeitig hochgenau sein kann. PMD-Kameras sind neuartige 3D-Ansätze. Die Abkürzung PMD steht dabei für den Begriff des Photomischdetektors. Dieses Verfahren erlaubt die Eigenschaft die pixelweise Korrelation eines modulierten optischen Signals mit einer elektronischen Referenz und damit eine 3D-Entfernungsmessung nach dem Lichtlaufzeitverfahren (daher der Begriff ToF) in jedem Video Frame. PMD-Sensoren liefern zusätzlich zu den konventionellen Helligkeitsinformationen ein Amplitudenbild der aktiven Infrarot-Beleuchtung und die Abstandsinformation zum betrachteten Objekt in jedem Pixel. Ein Alleinstellungsmerkmal der PMD-Technologie ist die inhärente Unterdrückung von unkorrelierten Lichtsignalen, vor allem von Sonnenlicht oder von anderen eventuellen Störsendern.

Vorteil von PMD-Systemen ist die Gewinnung der Entfernungswerte direkt in jedem Pixel. Es wird keine hohe Rechenleistung in der Nachbearbeitung benötigt. Mittels einer 3D-PMD-Kamera kann man ohne massiven Rechenaufwand mehrdimensionale Szenenparameter detektieren und diese ermöglichen eine zuverlässige Plausibilisierung von Objekten und

ihren relativen Bewegungsvektoren. Weiters liefern PMD-Kameraeinheiten einen permanenten Datenstrom mit derzeit bis zu 100 3D-Bildern pro Sekunde und ermöglichen deswegen eine schnelle und sichere Interpretation auch bei hohen Eigengeschwindigkeiten und dynamischen Szenen. Daher arbeiten verschiedene Automobilhersteller mit PMD-Sensorik an den unterschiedlichsten Applikationen wie Fahrerassistenzsysteme, Fußgängerschutz etc. Ein entscheidender Vorteil gegenüber anderen Systemen ist die Zuverlässigkeit dieser Technologie auch bei schwierigen Lichtverhältnissen. Der PMD-Sensor arbeitet mit einer integrierten aktiven Fremdlichtunterdrückung und liefert dadurch auch bei schlechten Bedingungen sehr gute Ergebnisse. Aber auch diese Technologie hat entsprechende Parameter, welche die Leistungsfähigkeit beeinflussen. Zum einen spielt die Empfindlichkeit des Empfängers eine wichtige Rolle. Zum anderen die Lichtstärke der Empfangsoptik und letztendlich auch die effiziente, lichtstarke Beleuchtung. Eine bessere Reproduzierbarkeit der realen Darstellung ist auch abhängig von der Reflexivität der jeweiligen Objekte. Mit aktuellen PMD-Systemen im Kfz werden Reichweiten von etwa 50-70 m erreicht. Bei geringen Reichweiten lassen sich Genauigkeiten bis in den Millimeter-Bereich erzielen.

Da heutige 3D-PMD-Kamerasysteme eine eher schlechte Auflösung von ca. 200 mal 200 Pixeln bieten, entsteht ein Bild aus unscharfen Punktwolken. Aus diesem Bild lässt sich sehr schwer ein Objekt klassifizieren. Aus diesem Grund wird die 3D-PMD-Kamera mit einer 2D-Kamera kombiniert, da diese eine weitaus höhere Auflösung liefern kann. Durch die Kombination der beiden Systeme entsteht ein Bild eines 3D-Objektes mit hoher Auflösung. Eine solche Kombination bietet mehr Leistung, wird aber aufgrund des steigenden Aufwandes und auch Preises eher im Premiumsektor im Automobilbereich eingesetzt [40, 42]. Eine exakte Beschreibung sowie Funktionsweise von PMD-Sensoren kann unter [40] entnommen werden.

Tabelle 1-19 zeigt die Vor- und Nachteile einer 3D-PMD-Kamera.

Tabelle 1-19: Vor- Nachteile 3D PMD-Kamera [42]

Vorteile	Nachteile
Berührungslose Technik	Geringe Auflösung
Geringer Rechenaufwand	Hohes Grundrauschen
Geringe Systemkosten	Fehlende Forschung aufgrund der noch jungen Technologie
Echtzeitfähig	
Geringe Baugröße	
Hohe Zuverlässigkeit bei schlechten Lichtverhältnissen	

1.9.3 Vergleich

Ein Vergleich der einzelnen Techniken ist schwer darzustellen, da jede Technologie für spezielle Aufgabengebiete eingesetzt wird. So kann zum Beispiel mit Hilfe der Ultraschalltechnologie keine Verfolgung von Objekten realisiert werden, auch eine Objektklassifizierung ist nicht möglich. Eine Gegenüberstellung der einzelnen Vor- sowie Nachteile anhand speziell ausgewählter Kriterien ist im Gegenzug jedoch ohne weiteres möglich. Hierbei wurden folgende Punkte analysiert:

- Genauigkeit der Technologie
- Möglichkeit der Objektklassifizierung
- Zuverlässigkeit der Daten
- Prozessgeschwindigkeit
- Kosten des verwendeten Systems
- Baugröße

Tabelle 1-20 zeigt eine Gegenüberstellung der einzelnen Technologien. Hierbei werden die einzelnen Systeme mit den vorhin erläuterten Kriterien verglichen.

Tabelle 1-20: Gegenüberstellung der Technologien der Fahrzeuergfassung

Kriterien / Systeme	Genauigkeit	Objekt klassifizierung	Zuverlässigkeit	Prozess geschwindigkeit	Kosten	Baugröße
Kamera 2D	-	+	o	++	++	-
Kamera 3D	+	++	+	++	+	-
Kamera 3D-PMD	++	++	++	++	o	++
LIDAR	++	o	+	+	--	o
Ultraschall	-	--	o	++	o	++

++	sehr gut
+	gut
o	neutral
-	schlecht
--	sehr schlecht

Jedes einzelne hier vorgestellte System hat seine Vor- und Nachteile. Verwendet man zur Fahrzeuergfassung nur ein einziges System, kommt dieses schnell an seine Grenzen oder kann im schlimmsten Fall gar nicht zum Einsatz kommen. Die simultane Verwendung zweier Systeme ermöglicht den Ausgleich der einzelnen Schwächen jedes Systems. Dadurch lassen sich letztendlich bessere Ergebnisse erzielen als mit nur einem verwendeten System. Zwei konkrete Beispiele hierzu:

- 3D-Kamera für die Objektklassifizierung + Ultraschall zur Distanzmessung
- 2D-Kamera für die Objektklassifizierung + LIDAR zur Distanzmessung

2 Modifikation der Fahrzeuge

Ziel dieser Masterarbeit ist es Konzepte zu erstellen, die in der Lage sind, jegliches zurzeit auf dem Markt befindliche Elektro-Fahrzeug aufzuladen. Durch eine fundierte Literaturrecherche der zu erwerbenden Elektrofahrzeuge auf dem europäischen Markt, wurden die einzelnen Ladedeckel sowie Mechanismen der einzelnen Fahrzeuge analysiert. Aus dieser Recherche kristallisierten sich zwei Varianten heraus. In der Variante 1 besitzt das jeweilige Fahrzeug verschiedenste Sicherheitsmechanismen, welche eine automatische Aufladung ohne eine oder mehrere Modifikationen des Fahrzeugs erschwert oder gar nicht möglich macht. Auch das nicht vorhanden sein von etwaigen Kommunikationsschnittstellen beinhaltet diese Variante.

Folgende Problemfelder sind in dieser Variante enthalten:

- nicht automatisch öffnender Ladedeckel
- Sicherheitsmechanismus welcher den Zugang zur Ladebuchse verhindert („Shutter“-Funktion oder Kunststoffklappe, Gummistopfen)
- Ladedeckel muss mittels Schlüssel oder eines speziellen Schalters im Fahrzeuginnenraum entriegelt werden
- Keine interne Fahrzeugkommunikationsschnittstelle (WLAN, Bluetooth, etc.)

In der Variante 2 fehlen all diese Problemfelder. Folgende drei Abbildung 2-1, Abbildung 2-2 und Abbildung 2-3 zeigen die verschiedenen Sicherheitsmechanismen die in den Ladedeckeln zum Einsatz kommen. Einmal am Beispiel eines *Peugeot iOn*, welcher eine Kunststoffklappe beinhaltet, und einmal am Beispiel des *BMW i3* welcher einen Gummistopfen als Sicherheitsmechanismus verwendet.



Abbildung 2-1: Kunststoffklappe Normalladedose Peugeot iOn [48]



Abbildung 2-2: Kunststoffklappe Schnellladedose Peugeot iOn [48]



Abbildung 2-3: Gummistopfen BMW i3 [49]

Zahlreiche Automobilhersteller verwenden eine solche zusätzliche Schutzeinrichtung in ihren Ladedosen. Durch die Recherche wurde in Erfahrung gebracht, dass einige Länder in Europa wie Frankreich oder Italien einen erweiterten Berührungsschutz nach IP XXD vorschreiben [43]. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese nationale Vorschriften der Grund dafür sein könnten, dass einige Hersteller diese Sicherheits-Mechanismen in ihren Fahrzeugen unterbringen. Ebenso könnte der Grund der zusätzlichen Abdichtung der Schutz gegen Schmutz und Wasser sein. Dieses Problem könnte man jedoch auch anders lösen indem man eine Abdichtung im Ladedeckel selbst unterbringt, wie dies etwa *Tesla Motors* bei ihrem Fahrzeug *Model S* beweist.



Abbildung 2-4: Ladendeckel Tesla Model S [50]

Grundsätzlich müssen solche zusätzlichen Sicherheitsmechanismen nicht inkludiert sein, da die Sicherheitsarchitektur beim beispielsweise Typ 2 Stecker erst einen Stromfluss ermöglichen und/oder zulassen sobald die Leitungen für die Kommunikation mit dem Fahrzeug bestätigen, dass ein einwandfreier Kontakt aller Leitungen hergestellt ist.

Das Fehlen einer Kommunikationsschnittstelle im Elektrofahrzeug verhindert das kommunizieren des Fahrzeugs beispielsweise mittels WLAN mit der Ladestation. Grundsätzlich erfolgt die Verständigung zwischen Elektrofahrzeug und Ladestation mittels Ladekabel. Diese Kommunikation ermöglicht es dem Fahrer jedoch nicht, den Ladevorgang seines Fahrzeugs etwa via Smartphone App kurzfristig zu stoppen, falls dieser spontan sein Fahrzeug benötigt. Um dies zu ermöglichen, muss das Elektrofahrzeug zumindest eine Kommunikationsschnittstelle beinhalten.

Wie bereits vorhin erwähnt gibt es zwei Arten von Varianten. Als Beispiel für Variante 1 kann der *Peugeot iOn* herangezogen werden. Dieses Elektrofahrzeug erschwert eine vollautomatische Aufladung, da dieses Modell alle vorhin erwähnten Problem-Punkte beinhaltet, welche eine automatische Aufladung sehr erschweren. Es besitzt weder irgendeine Kommunikationsschnittstelle noch ist der Zugang zur Ladebuchse ohne weiteres möglich. Damit eine Aufladung anhand des Beispiels *Peugeot iOn* von statten gehen kann, muss ein Entriegelungsknopf im Fahrzeuginnenraum betätigt werden. Dadurch wird der Ladendeckel entriegelt. Vollständig öffnet sich der Ladendeckel dadurch nicht. Zusätzlich ist der Zugang zur Ladedose durch eine Kunststoffklappe behindert. Um ein solches Fahrzeug aufladen zu können, muss eine etwaige Modifikation stattfinden. Wie vorhin erwähnt wird bei betätigen des Entriegelungsknopfes der Ladendeckel nicht komplett geöffnet. Eine vollständige Öffnung des Ladendeckels wäre wiederum sehr wünschenswert, da der Deckel in weiterer Folge nicht per Hand beziehungsweise mittels eines Roboters geöffnet werden muss. Eine Möglichkeit dies zu realisieren könnte mit einer Art Feder bewerkstelligt werden, welche bei geschlossenem Ladendeckel gespannt ist und den Deckel bei Entriegelung vollständig aufklappt. Für einen barrierefreien Zugang zur

Ladedose müsste beim *Peugeot iOn* die Kunststoffklappe entfernt werden. Damit wäre zumindest der Zugang zur Ladebuchse bei geöffnetem Ladedeckel ohne weiteres möglich. Um weiters eine zusätzliche Sicherheit gegenüber Nässe und Schmutz bieten zu können, müsste der Ladedeckel mit einem Dichtband abgedichtet werden oder aber auf dem Ladedeckel ist die Gegenform der Ladebuchse enthalten die wiederum die Ladedose abdichtet. Die fehlende Kommunikationsschnittstelle kann nicht hinzugefügt werden, da hierbei der Eingriff in die Fahrzeugelektronik zu groß wäre. Eine fehlende Kommunikation mit der Ladestation würde einige Einschränkungen mit sich bringen. So könnte weder der Ladevorgang des Fahrzeugs frühzeitig beispielsweise über Smartphone App abgebrochen werden, noch der aktuelle Ladestand abgefragt werden. Prinzipiell halten sich diese Einschränkungen jedoch in Grenzen und die zusätzlichen Möglichkeiten einer vorherrschenden Kommunikation des Fahrzeugs mit der Ladestation sind für eine automatische Aufladung nicht zwingend notwendig. Der wichtigste Aspekt der Kommunikation mit der Ladestation ist die Übermittlung der relevanten Fahrzeugdaten. Um diese Informationen zu erhalten, bestehen allerdings auch andere Möglichkeiten. In Kapitel 1.8.2 sind zwei Alternativen vorgestellt worden, mit deren Hilfe man die Fahrzeugdaten an die jeweilige Station übermitteln kann.

Variante 2 stellt der *Tesla Model S* dar. Bei diesem Fahrzeug muss zwar auch ein spezieller Knopf im Fahrzeuginnenraum betätigt werden damit der Ladedeckel entriegelt wird, dieser öffnet sich dann in weiterer Folge aber auch automatisch und vollständig. Auch eine Schutzklappe ist nicht enthalten, da der Ladedeckel selbst eine Gegenform der Ladebuchse aufweist welche die Dose abdichtet. Der Ladestecker kann sofort an die Ladedose angesteckt werden. Zusätzlich beinhaltet dieses Fahrzeug verschiedene Kommunikationsschnittstellen welche für eine Kommunikation mit der Ladestation verwendet werden können. Der *Tesla Model S* sowie der *Kia Soul EV* sind nach eigener Recherche die einzigen Fahrzeuge bei denen sich der Ladedeckel automatisch sowie vollständig öffnet, sofern man einen speziellen Knopf im Fahrzeuginnenraum betätigt. Der *Kia Soul EV* beherbergt jedoch beim Schnelllade- sowie auch beim Normallade-Anschluss eine Sicherheitsklappe welche einen vollautomatischen Zugang nicht möglich macht.

3 Konzeptfindung und Erstellung

Im Kapitel Konzeptfindung und Erstellung werden zwei Konzepte dargestellt, welche sich in der Art der Aufladung wesentlich unterscheiden. In den einzelnen Unterkapiteln, in denen verschiedenste Teilbereiche untersucht worden sind, wie etwa Anforderungen oder Vor- und Nachteile der jeweiligen Systeme, sind zu einem Gesamtkonzept kombiniert worden. Dabei wurde aus jedem Teilsystem das unter eigenen Ermessen beste System herangezogen und mit den anderen kombiniert. Der Grund des Einsatzes jedes Systems wird in den folgenden Konzepten näher erläutert sowie auch auf eventuelle Alternativen hingewiesen.

3.1 Konzept Überkopfauladung

Im Kapitel 1.7 wurden bereits die zwei möglichen Aufladarten näher erläutert. Die Basis der Überkopfauladung liefert ein Einträger-Konsolenlaufkran. Mit Hilfe eines Konsolenlaufkrans können nacheinander mit nur einem Roboter eine Vielzahl von Fahrzeugen aufgeladen werden. Handelsübliche Brückenkräne werden an zwei Seiten geführt. Dies entfällt bei einem Konsolenlaufkran. Dieser benötigt eine Führung an nur einer Seite. Es ist dazu lediglich eine tragende Wand vonnöten. Dies hat den Vorteil, dass der Kran im Freien sowie auch in Parkgaragen zum Einsatz kommen kann. Durch die einseitige Führung ist er zudem barrierefrei. Da an dem Konsolenkran ein Leichtbauroboter montiert wird, dessen Gewicht einige Kilogramm beträgt, und zudem nur geringe Lasten bewegt werden, kann die Ausführung sehr leicht sein. Dies bedeutet, dass für die Grundkonstruktion keine dicken und schweren Stähle vonnöten sind. Dadurch verringern sich auch die Anforderungen an die tragende Wand, an der der Kran montiert wird. Die Idee, das Konzept mit einem Raumportal zu realisieren wurde verworfen, da mit solchen Portalen die Lauflänge beschränkt ist. Aus diesem Grund wurde das Konzept mit einem Konsolenlaufkran realisiert. Die Abmessungen des Systems sind identisch mit den im Unterpunkt 1.7.1.3 errechneten Abmessungen. Zusammengefasst betragen die Lauflängen in x-Richtung 10 m und in y-Richtung 5 m. Diese beiden Abmessungen können jedoch ohne weiters vergrößert werden. Die erforderliche Reichweite von 1,50 m in z-Richtung wird ergänzend durch einen Hubzylinder erreicht.

Auf diesem Hubzylinder wird ein Leichtbauroboter des Herstellers *Kuka Roboter GmbH* montiert. Es wird das Modell *LBR iiwa 14 R820* verwendet. Dies hat folgende Gründe:

- Höchste Anzahl an Achsen verglichen mit anderen Leichtbaurobotern
- Höchste Handhabungskapazität
- Genügend große Reichweite
- Erfüllt alle Sicherheitsanforderungen
- Sehr geringes Eigengewicht
- Sehr gute Erweiterbarkeit mit etwaigen Komponenten

Dieser Leichtbauroboter von *KUKA* hat sich zudem bereits in anderen veröffentlichten Konzepten, welche in Kapitel 1.1 näher gebracht wurden, bewährt.

Als Alternative kann der unter Kapitel 1.5.2.6 vorgestellte Roboter *UR10* von *Universal Robots* verwendet werden. Dieser besitzt eine deutlich größere Reichweite als der *KUKA LBR iiwa 14 R820*, die Handhabungskapazität liegt jedoch bei nur 10 kg. Um genügend Reserven hinsichtlich der Handhabungskapazität zu haben wurde der *LBR iiwa 14 R820* ausgewählt, auch wenn im Gegenzug die Reichweite geringer ist.

Der Roboter wird mit einem Parallelgreifer von *Schunk* des Typs *PGN-plus* ausgestattet. Zusätzlich wird der Greifer mit einer Adaption ausgerüstet, welche genau der Innenform des Griffs von *Phoenix Contact* entspricht. Diese ist bereits in Kapitel 1.6.2 dargestellt worden. Mit Hilfe dieser Adaption lassen sich alle Griffe, die dieselbe Innenform aufweisen, greifen. Abbildung 3-1 zeigt nun das Robotersystem bestehend aus Roboter und Greifer.

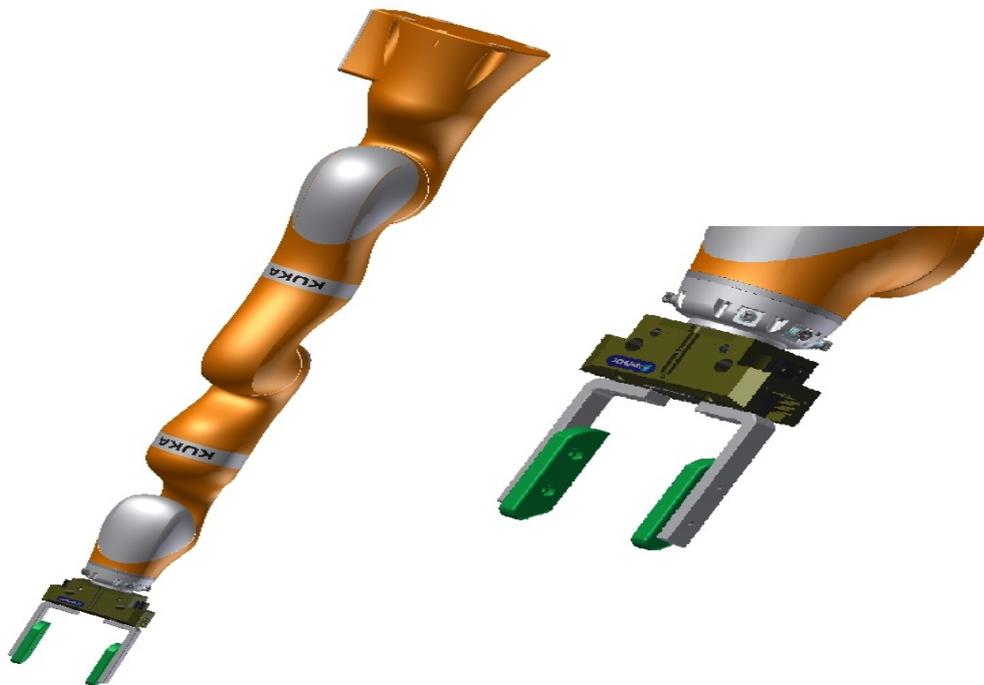


Abbildung 3-1: Gesamtsystem Roboter und Greifer

In diesem Punkt ist man nicht auf den Parallelgreifer des Herstellers *Schunk* beschränkt. Hierbei kann auch auf andere Hersteller zurückgegriffen werden. Erforderlich sind hierbei ein genügend großer Hub sowie eine ausreichend hohe Klemmkraft der Greifelemente.

Damit der Roboter die exakte Position der Ladedose lokalisieren kann, sowie auch den Ansteckvorgang schadensfrei bewerkstelligen kann, muss dieser mit einer Kamera ausgestattet werden. Folgende Anforderungen müssen mit dieser Kamera erfüllt werden:

- Objektklassifizierung
- Ermittlung der exakten Position der Ladedose

- Entfernungs-/Tiefenmessung

Hierbei wird auf eine 3D-PMD-Kamera zurückgegriffen. In Kapitel 1.9 sind unterschiedliche Systeme der Fahrzeugerkennung näher untersucht worden. Durch diese Untersuchung ist man zur Kenntnis gekommen, dass aus der Kombination mit einer 3D und einer PMD-Kamera die besten Resultate hinsichtlich der drei oben erwähnten Punkte erreicht werden. Ein wesentlicher Vorteil dieser Kombination besteht in der durch die 3D-Kamera hohen Auflösung sowie durch die PMD-Kamera Unempfindlichkeit gegenüber Störquellen wie Sonnenlicht. Dies ermöglicht den Einsatz dieses Systems auch in freien Bereichen.

Das Fahrzeug, welches in der Parkbucht parkt, kann auf verschiedenen Positionen abgestellt worden sein. Es kann gerade oder auch schief in der Parkbucht stehen, erkennbar anhand Abbildung 3-2.



Abbildung 3-2: Verschiedene Abstellpositionen

Dies bedeutet, dass die Lage der Ladedose auch stets variiert wie in der oben zu sehenden Abbildung 3-2 zu erkennen ist. Der rote Punkt auf der obigen Abbildung soll die Position der Ladedose darstellen. Um eine ungefähre Lage des Fahrzeuges zu erhalten, wird an der Decke ein Laserscanner angebracht, welcher ein Lasernetz auf das unten stehende Fahrzeug ausstrahlt. Als Referenz dienen die weißen Parkstreifen seitlich an den Rändern. Diese kommen ebenfalls als Orientierungshilfe des Fahrers für das Einparken zugute. Der Laser strahlt ein Netz von Laserstrahlen aus, welche vom Fahrzeug und vom Boden reflektiert werden. Durch die Reflexion ergeben sich unterschiedliche Laufzeiten der Laserstrahlen. Mit Hilfe dieser Lauf-

zeiten kann ein Rückschluss über die Lage des Fahrzeugs getroffen werden. Die exakte Positionsermittlung der Ladedose erfolgt mit der am Roboter angebrachten 3D-PMD-Kamera. Das Fahrzeug kann weiters Vorwärts oder Rückwärts eingeparkt werden. Um auch dies zu ermitteln bedient man sich sogenannter *e-Plate's*, welche in Kapitel 0 bereits vorgestellt wurden. Diese *e-Plates* sind herkömmliche Kennzeichentafeln mit integrierten RFID Chips mit einer Batteriebensdauer von 10 Jahren. Da Fahrzeuge im europäischen Raum auf der Vorder- sowie Rückseite ein Kennzeichen enthalten müssen, können auf diesen Chips die Informationen gespeichert werden, ob es sich um die Vorder- oder Rückseite des Fahrzeugs handelt. Da das Ladesystem in der Lage sein soll, alle gängigen Elektrofahrzeuge aufzuladen, muss das System für jedes Fahrzeug die Position der Ladedose kennen. Zudem ist es erforderlich zu wissen, welcher Ladestecker zur Aufladung vonnöten ist. In Kapitel 1.4.1 wurde für alle gängigen Elektro- sowie Hybridfahrzeuge eine Analyse der Ladedeckelposition erhoben. Der benötigte Steckertyp kann dort ebenfalls entnommen werden. Das Ladesystem muss wissen, welches Fahrzeug in der jeweiligen Parkbucht steht. Alle wichtigen Informationen des Fahrzeugs können auf den integrierten RFID Chip in der Kennzeichentafel hinterlegt werden. Diese Informationen kann mittels RFID Reader ausgelesen werden. Damit erhält die Ladestation alle benötigten Informationen für eine automatische Aufladung. Somit dient die *e-Plate* als Informationsquelle für die Ladestation. Sie beherbergt zusammengefasst alle relevanten Daten welche die Station für eine Aufladung benötigt und zudem die Information ob das Fahrzeug vorwärts- oder rückwärts eingeparkt ist.

Das Lademagazin, welches die verschiedenen Ladestecker beinhaltet, ist an der Decke der Station angebracht. Dies hat den Grund, dass dadurch keine Einschränkung mit der Einparkrichtung des Fahrzeugs entsteht. Das Fahrzeug kann vorwärts- sowie rückwärts eingeparkt werden ohne dass hierbei ein Konflikt mit dem Ladekabel entsteht, da das Kabel von oben zur Ladedose zugeführt wird. Würde sich das Magazin am Boden befinden und die Ladedose des parkenden Fahrzeugs würde sich auf der gegenüberliegenden Seite befinden, könnte keine Aufladung stattfinden, sofern das Fahrzeug nicht um geparkt wird. Diesem Umstand wird entgegengewirkt durch anbringen des Magazins oberhalb des Fahrzeugs. Dadurch wird dem Fahrer die freie Wahl gelassen, ob er sein Fahrzeug rückwärts oder vorwärts einparken möchte. Weiters ist das Magazin horizontal an der Decke fahrbar ausgeführt. Damit wird die erforderliche Kabellänge zur Ladedose stets so kurz wie möglich gehalten. Die Gesamtkabellänge, welche sich innerhalb des Magazins befindet, beträgt 4 m. Das Magazin beherbergt drei Steckertypen. Einmal den *CCS*, den *CHAdeMO* und den *Mennekes* Stecker. Da für den *CHAdeMO* Stecker keine CAD Bilddatei zur Verfügung stand, wurde anstelle diesem, ein zweiter *CCS* Stecker verwendet. Abbildung 3-3 zeigt das gesamte Lademagazin, welches am Dach befestigt ist.



Abbildung 3-3: Lademagazin der Ladestation

Wie auf obiger Abbildung zu entnehmen ist, befindet sich am Ende von allen drei Steckern ein Adapter, welcher genau dem Gegenstück des Adapters der Hauptleitung entspricht, wie bei einer herkömmlichen Schuko-Steckdose. Im Adapter des Hauptleiters ist die Maximalkonfiguration der möglichen Leitungen untergebracht. Diese besteht aus drei Phasen für Wechselstrom, einen Erdungsleiter, einen Nullleiter, zwei Gleichstromleiter bestehend aus Plus und Minus sowie einen CP (Control Pilot) Kontakt und einen PP (Proximity-Pilot) Kontakt. Beim Koppelvorgang des benötigten Steckers mit der Hauptleitung, werden nur die benötigten Leitungen verbunden, welche der entnommene Stecker auch tatsächlich benötigt. Das Verbinden des Steckers mit der Hauptleitung erfolgt mittels Roboter. Auf folgender Abbildung 3-4 sind die jeweiligen Adapter ersichtlich.



Abbildung 3-4: Steckadapter der verschiedenen Steckertypen

Während des Entnahmeproganges müsste der Roboter das Kabel der Hauptleitung aus dem Magazin ziehen und dieses in Richtung Ladedose führen. Durch die Dicke des Kabels ist dieses sehr unflexibel sowie steif und dadurch würde dieser Vorgang für den Roboter alleine zu schwer zu bewerkstelligen sein. Aus diesem Grund wird das Kabel mit Hilfe von Rollen, welche sich im Inneren sowie auch am Ausgang des Magazins befinden, ausgerollt. Angetrieben werden diese durch einen Elektromotor. Diese Unterstützung erleichtert es den Roboter das Kabel ausziehen. Zusätzlich dienen diese Rollen auch wieder zum Einrollen des Kabels ins Magazin, ähnlich wie bei einer herkömmlichen Zapfsäule. Im Inneren des Magazins zieht die Hauptleitung mehrere Schleifen. Diese werden benötigt um eine größere Länge unterzubringen. Je nach Anzahl der Schleifen benötigt man mehrere Reihen dieser Beförderungsrollen. Unter Rücksichtnahme des Biegeradius können so mehrere Meter untergebracht werden. Abbildung 3-5 zeigt eine Schnittansicht des Magazins. Hierbei sind die Rollen im Inneren sowie am Ausgang des Magazins ersichtlich.

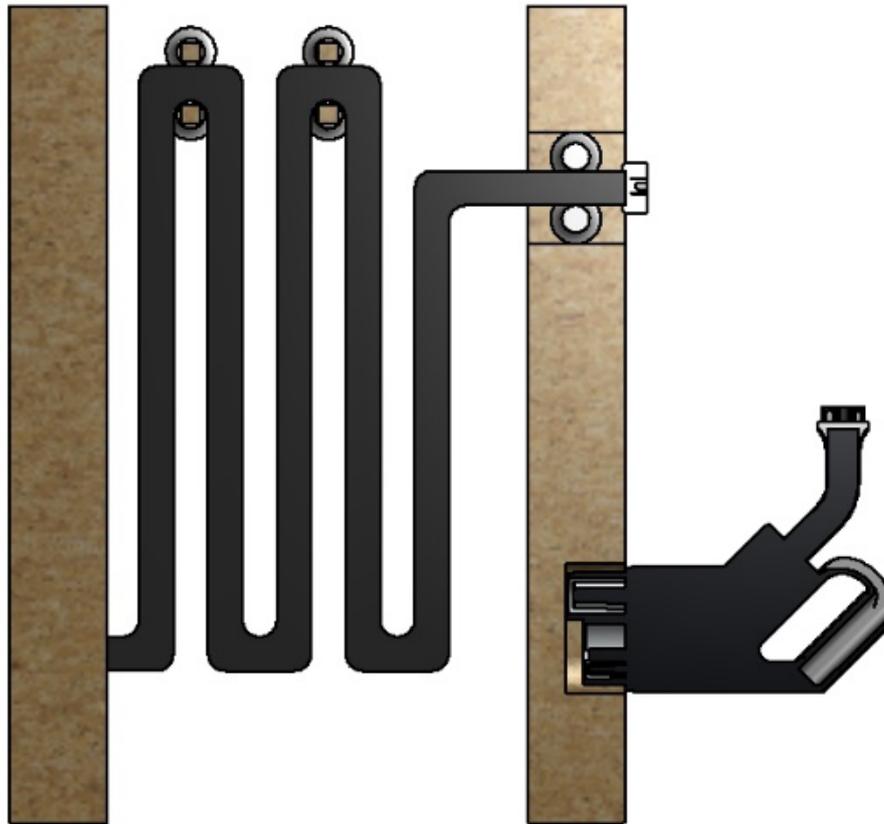


Abbildung 3-5: Schnittansicht des Inneren des Magazins

Die Hauptzuleitung, welche zu jedem Anschluss jedes Magazins führt, muss in Folge des fahrbaren Magazins auch linear beweglich sein. Dies wird mittels Kabelschleppkette, welche an der Decke angebracht ist, gewährleistet. Durch die maximale Ladeleistung des Systems von 170 kW, sind die Zuleitungen hinsichtlich Kabeldurchmesser relativ groß. Durch dickere Kabel steigt auch der Biegeradius. Um diesem entgegenzuwirken, wird die Zuleitung in einzelne dünnere Leitungen aufgespalten. Der Biegeradius ist dadurch um einiges kleiner und man erreicht trotzdem die geforderte Ladeleistung. Im Magazin werden die einzelnen Leitungen dann wieder zu einer gemeinsamen zusammengespeist. Abbildung 3-6 veranschaulicht einen solchen Kabelschlepp mit einzelnen aufgespaltenen Leitungen.



Abbildung 3-6: Beispiel eines Kabelschlepps [45]

Der komplette Aufladevorgang sieht wie folgt aus: Das Fahrzeug wird in der jeweiligen Parkbucht abgestellt. Die gespeicherten Fahrzeugdaten, welche im Kennzeichen hinterlegt sind, werden von einem RFID-Reader ausgelesen, damit die Ladestation weiß, um welches Fahrzeug es sich in der Parkbucht handelt. Darauf folgend verfügt das System über die Kenntnis in welcher Richtung das Fahrzeug eingeparkt ist, welcher Ladestecker vonnöten ist und die Position der Ladedose des Fahrzeugs. Aus der Information der Position der Ladedose bewegt sich das auf der Decke befindliche Magazin bereits auf diese Position. Anschließend wird mittels Laserscanner die ungefähre Lage des geparkten Fahrzeugs ermittelt. Dieser Schritt ist erforderlich damit der Roboter weiß, in welchem Winkel die Ladedose zur Referenz, in diesem Fall die seitlichen Parkstreifen, steht. Damit kann sich der Roboter in bereits diesem Winkel der Ladedose nähern. Nun kann weiters zwischen zwei Szenarien unterschieden werden. Entweder der Ladedeckel ist bereits vom Fahrzeug automatisch geöffnet worden, oder aber der Laderoboter muss diesen öffnen. Ist im nächsten Schritt der Zugang zur Ladedose möglich, entnimmt der Laderoboter den benötigten Ladestecker vom Magazin und führt dieses in Richtung der Ladedose des Fahrzeugs. Der wichtigste Schritt nun ist die Erkennung der exakten Position der Ladedose, sowie auch die Entfernung der Dose zum Stecker. Dazu wird die auf dem Roboter montierte 3D-PMD-Kamera verwendet. Diese erfüllt zwei Aufgaben. Zum einen vermisst sie die Position des Zielobjektes und zum anderen misst sie während des Ansteckvorganges ständig die Entfernung zur Ladedose. Erfolgte im Anschluss der Steckvorgang positiv, entfernt sich der Roboter von der Ladedose und kann während des Aufladevorganges andere Fahrzeuge aufladen. Während des Vorganges kommuniziert das Fahrzeug mit Hilfe der Kommunikationsschnittstellen des Ladekabels ständig mit dem Lademagazin. Erhält das

Magazin die Information, dass das Fahrzeug vollständig aufgeladen ist, nähert sich der Roboter wieder dem Fahrzeug und entkoppelt den Ladestecker von der Ladedose und verstaut den Stecker darauffolgend wieder im Lademagazin. Der Ladedeckel des Fahrzeugs wird ebenfalls automatisch vom Laderoboter geschlossen. Tritt jedoch der Fall ein, dass der Fahrer sein Fahrzeug frühzeitiger benötigt, kann dieser beispielsweise mittels spezieller Handy App, auf die Ladestation zugreifen und den Befehl zum Entkoppeln des Ladestecker erteilen, sodass beim Eintreffen des Fahrers, sein Fahrzeug bereits wieder einsatzbereit ist.

Im Anschluss sind auf den folgenden Abbildung 3-7 bis Abbildung 3-10 das Gesamtkonzept, sowie auch einzelne Detailansichten ersichtlich.

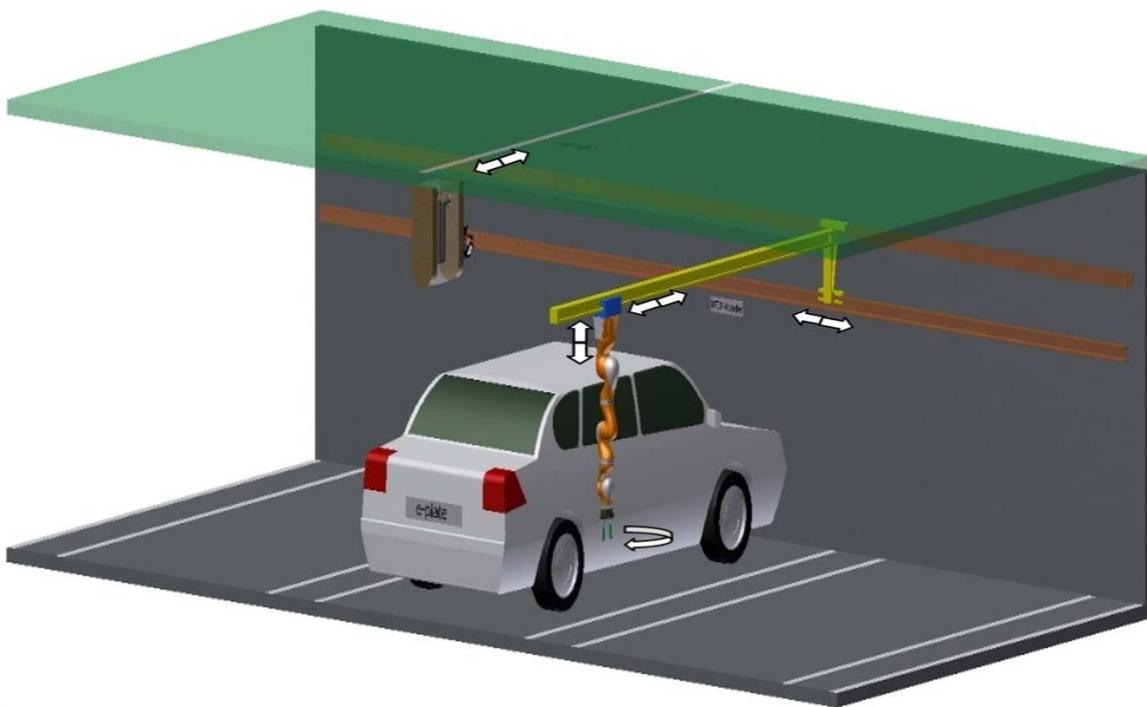


Abbildung 3-7: Vorderansicht Ladesystem

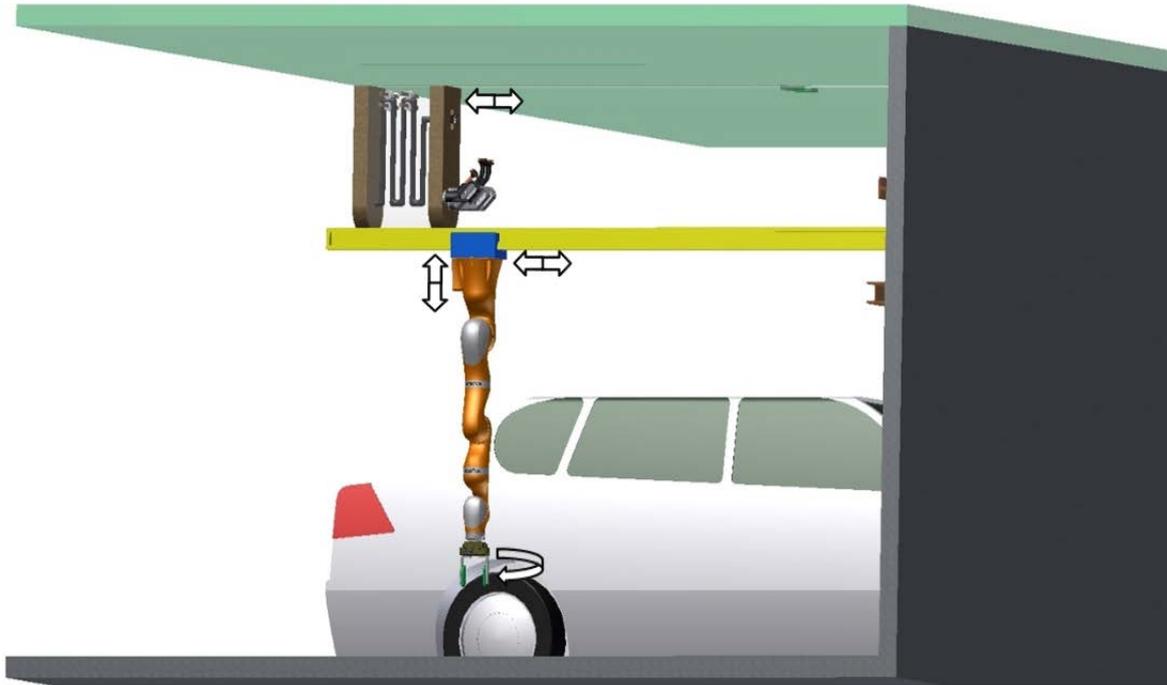


Abbildung 3-9: Seitenansicht Ladesystem

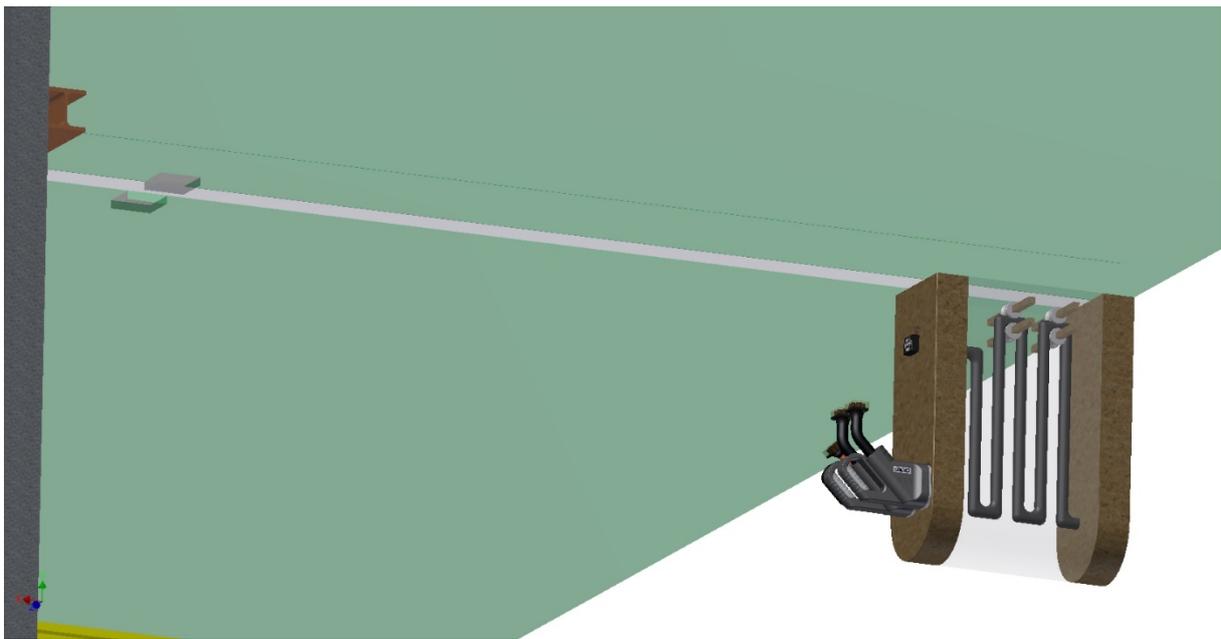


Abbildung 3-8: Detailansicht Lademagazin und Decke

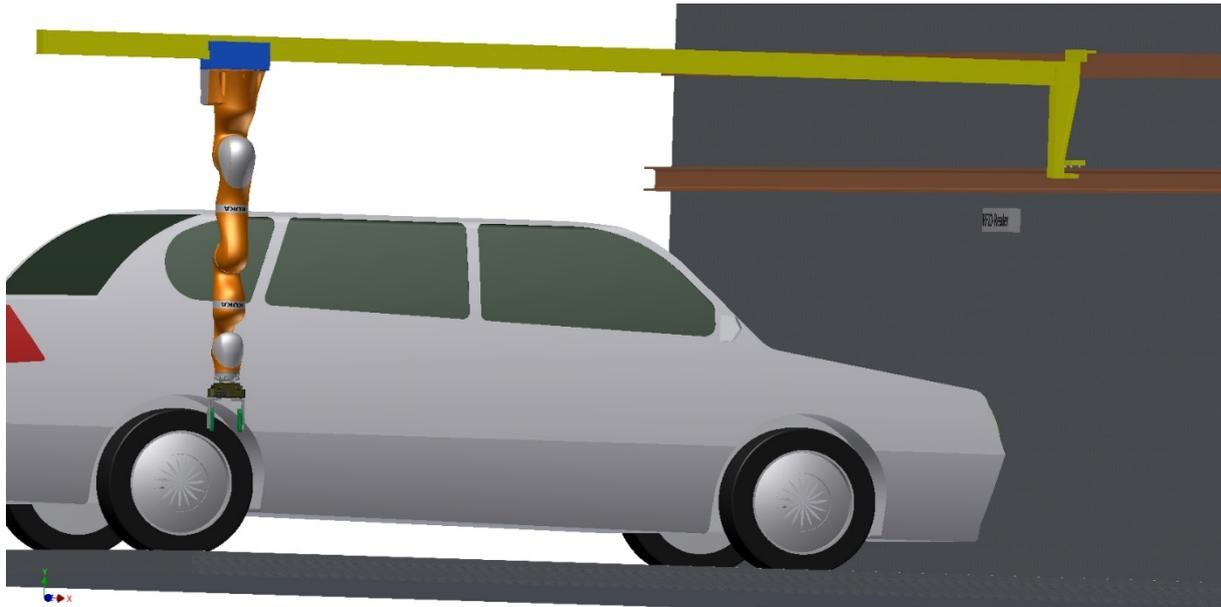


Abbildung 3-10: Detailansicht Laderoboter und Einträger-Konsolenlaufkran

3.2 Konzept Bodenaufladung

Die verschiedenen Möglichkeiten zur Bewerkstellung einer Bodenaufladung wurden bereits in Kapitel 1.7.2 näher erläutert. Letztendlich wird das Konzept von *NRG-X* von Kapitel 1.7.2.2 verwendet. Dies hat folgende Gründe: Es vereint die Vorteile der konduktiven und induktiven Ladung, kann hohe Ladeleistungen zur Verfügung stellen und ist ein einfaches sowie auch kostengünstiges System.

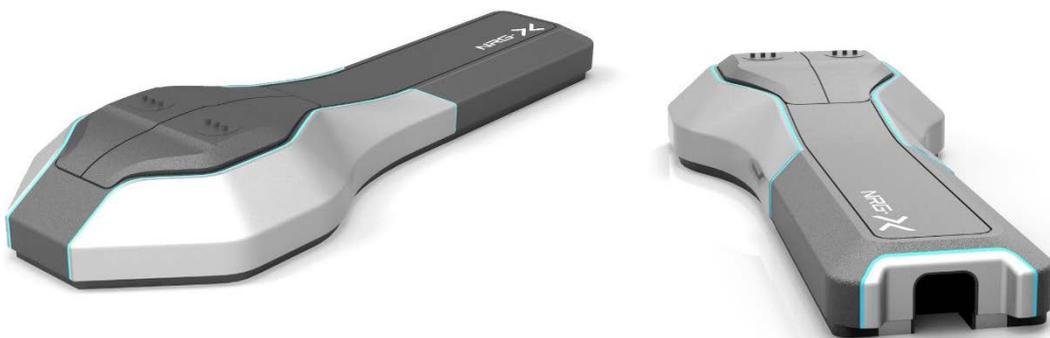


Abbildung 3-11: Ladesystem *NRG-X* [33]

Da das hier vorgestellte Konzept bereits ein Gesamtkonzept darstellt sind keine weiteren Ergänzungen oder Änderungen nötig. Für das vorgestellte Konzept wurde bereits ein Prototyp hergestellt. Der nächste Schritt ist der Übergang zur Serienreife. Dabei müssen noch einige

Aufgabenstellungen gelöst werden. Eine spezielle Herausforderung davon wird nun näher erläutert. Wie in Kapitel 1.7.2.2 erwähnt, besteht das System aus einer Anschluss- und einer Basis Station. Die Anschluss-Station befindet sich im Fahrzeugunterboden und die Basis-Station am Boden der Parkbucht. Die Anschluss-Station muss mit dem Ladekabelbaum der Batterie des Fahrzeugs gekoppelt werden und am Fahrzeugboden angebracht werden. Der Ladekabelbaum verläuft nicht bei jedem Fahrzeug gleich. Aus diesem Grund muss man über jedes Fahrzeug die Kenntnis verfügen, wo im Fahrzeugunterboden die Ladeleitungen beziehungsweise Hochvoltleitungen verlaufen. Es werden stichprobenartig einige Fahrzeuge untersucht und letztendlich verglichen, ob Gemeinsamkeiten hinsichtlich der Verlegung der Ladeleitungen bestehen.

3.2.1 Verlegung der Hochvoltleitungen unterschiedlicher Fahrzeugtypen

Dieser Unterpunkt beschäftigt sich mit der Verlegung der Hochvoltleitungen. Zusätzlich wird ein Augenmerk auf die Verlegung der internen Ladeleitungen gelegt. Dabei wurden verschiedene Fahrzeuge untersucht um heraus zu finden, wo und wie die jeweiligen Leitungen verlegt sind. Es wurden 6 Fahrzeuge untersucht bei denen Fotos vom Unterboden, dem Motor, der Batterie sowie den verlaufenden Hochvoltleitungen gemacht. Bei den Fahrzeugen handelt es sich sowohl um reine Elektrofahrzeuge sowie auch um Hybridfahrzeuge. Folgende Fahrzeuge wurden untersucht:

- Toyota Prius+
- Lexus IS 300h
- Toyota Auris
- BMW i3
- VW e-Golf
- Peugeot iOn

Bei der Erläuterung der Kabelverlegung, ob diese rechts oder links im Fahrzeugboden verlaufen, wird die handelsübliche Fahrzeugbetrachtung herangezogen. Ausgehend von der Fahrrichtung befindet sich die Fahrerseite links und Beifahrerseite rechts. Alle Fotos vom Motorraum wurden von vorne nach hinten, und vom Unterboden von hinten nach vorne gemacht.

3.2.1.1 Toyota Prius+

Der *Toyota Prius+* ist ein Hybridfahrzeug (Voll-Hybrid) mit einer Akkukapazität von 1,0 kWh. Als Batterie wird eine Lithium-Ionen-Batterie verwendet. Diese wurde um Platz einzusparen geschickt in die Mittelkonsole des Fahrzeugs verbaut.



Abbildung 3-12: Batterieunterbringung im Toyota Prius+

Wird das Fahrzeug rein elektrisch vorangetrieben, übernimmt dies ein 60 kW Motor welcher sich unterhalb der Motorhaube direkt rechts neben dem Verbrennungsmotor des Fahrzeugs befindet. Folgende Abbildung 3-13 zeigt den Verbrennungs- sowie Elektromotor.

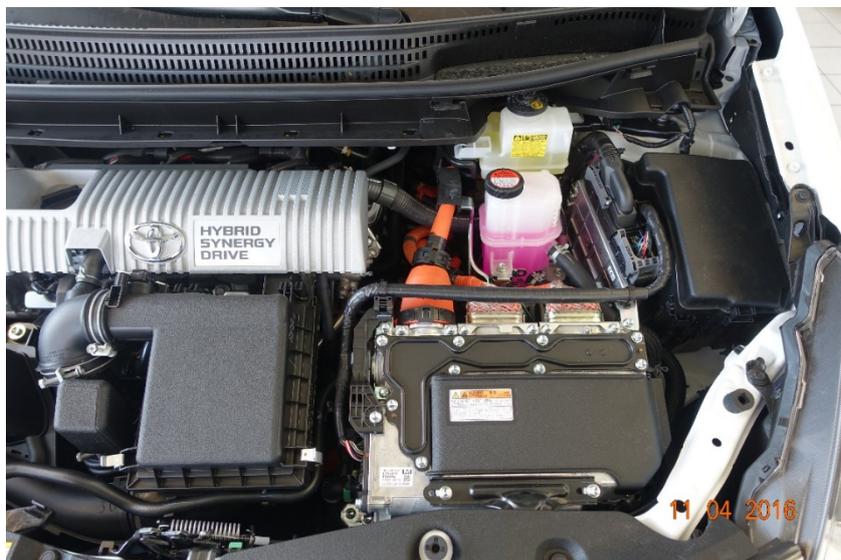


Abbildung 3-13: Verbrennungs- und Elektromotor des Toyota Prius+

Fortbewegt wird das Fahrzeug mittels eines Frontantriebes. Die Hochvoltleitungen verlaufen unterhalb des Fahrzeuges im Fahrzeugboden auf der rechten Seite neben dem Tunnel beziehungsweise dem Auspuffrohr. Da sich die Batterie in der Mittelkonsole befindet, sind die Kabellängslängen sehr kurz. Der genaue Verlauf zur Batterie sieht wie folgt aus: Die Leitungen verlaufen ausgehend vom Elektromotor quer von links nach rechts über den Motorraum. Dabei verlaufen sie immer weiter in Richtung Fahrzeugboden. Am rechten Fahrzeugboden angekommen verlaufen sie auf der rechten Seite ein kleines Stück Richtung Heck des Fahrzeugs

bevor sie schließlich nach ein paar Zentimetern in den Anschluss der Batterie münden. Die folgenden zwei Abbildung 3-14 und Abbildung 3-15 zeigen den Ausgang des Hochvoltkabels am Unterboden.



Abbildung 3-14: Anschluss des Hochvoltkabels an die Batterie

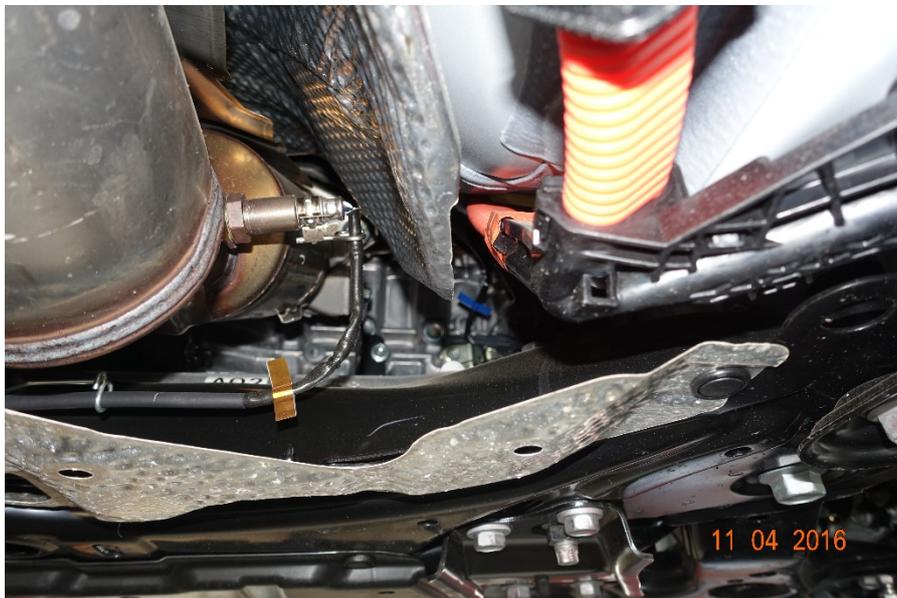


Abbildung 3-15: Detailansicht des Verlaufes des Hochvoltkabels

3.2.1.2 Lexus IS 300h

Der *Lexus IS 300h* ist ebenfalls ein Voll-Hybrid Fahrzeug. Für dieses Fahrzeug wird eine NiMH-Batterie mit einer Kapazität von 1,5 kWh verwendet. Diese ist unterhalb des Laderaumes platziert. Den Elektroantrieb übernimmt ein 105 kW starker Motor welcher sich vorne im Motorraum befindet. Fortbewegt wird das Fahrzeug mittels Heckantrieb. Abbildung 3-16 zeigt die Platzierung des Elektromotors im Motorraum.

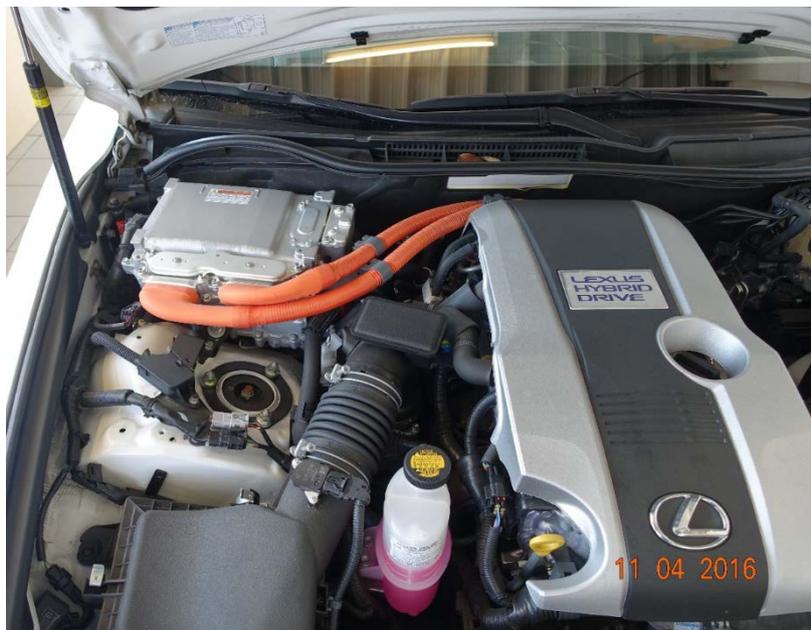


Abbildung 3-16: Verbrennungs- sowie Elektromotor des Lexus IS 300h

Die Hochvoltleitungen verlaufen bei diesem Fahrzeug anfangs ausgehend vom Elektromotor quer nach rechts über den Motorraum stetig in Richtung Fahrzeugunterboden. Unten am Boden angekommen verlaufen sie anschließend auf der linken Seite neben dem Tunnel direkt neben dem Auspuffrohr entlang Richtung Heck beziehungsweise Laderaum des Fahrzeugs. Hier münden sie dann in den Anschluss der Batterie. Da alle Leitungen wegen eines Unterbodenschutzes nicht ersichtlich waren, konnten keine genauen Fotos von den verlaufenden Kabeln gemacht werden. Die Batterie war bei diesem Fahrzeug ebenfalls ohne abmontieren etwaiger Teile nicht ersichtlich. Folgende Abbildung 3-17 zeigt den Unterboden des Fahrzeugs.



Abbildung 3-17: Unterboden Lexus IS 300h

Die verlegten Leitungen sind anhand des roten Rechteckes dargestellt. Unter dem ersichtlichen Unterbodenschutz verlaufen die jeweiligen Hochvoltleitungen.

3.2.1.3 *Toyota Auris Hybrid*

Beim dritten untersuchten Fahrzeug handelt es sich ebenfalls um ein Voll-Hybrid Fahrzeug. Beim *Toyota Auris Hybrid* setzt man ebenfalls auf eine NiMH-Batterie mit einer Kapazität von 1,31 kWh. Die Batterie wurde geschickt unterhalb der Rücksitzbank platziert. Auf Abbildung 3-18 ist die Batterie sehr gut zu erkennen, wobei sich diese auf dem zu sehenden Bild noch unterhalb eines Schutzmetalls befindet.



Abbildung 3-18: Batterie-Platzierung des Toyota Auris Hybrid

Mittels 60 kW Elektromotor kann der Hybride einige Kilometer rein elektrisch zurücklegen. Dieser sitzt auf der linken Seite des Motorraumes. Beim *Auris Hybrid* wird ein Frontantrieb verwendet.



Abbildung 3-19: Verbrennungs- sowie Elektromotor des Toyota Auris Hybrid

Die jeweiligen Hochvoltleitungen verlaufen bei diesem Fahrzeug ausgehend vom Elektromotor von links nach rechts quer über den Motorraum. Dabei sind sie so verlegt worden, dass sie immer näher Richtung Unterboden kommen. Auf der gegenüberliegenden Seite angekommen, verlaufen sie auf der rechten Seite des Fahrzeuges entlang bis sie schließlich bei etwa zwei-drittel der Fahrzeuglänge nach oben in den Anschluss der Batterie münden. Geschützt werden die Leitungen dabei teils durch einen Unterbodenschutz.



Abbildung 3-20: Verlauf der Hochvoltleitungen unterhalb des Toyota Auris Hybrid

Auf Abbildung 3-20 sind die Hochvoltleitungen ersichtlich. Der rote Pfeil veranschaulicht den vorderen Bereich der Leitungen. Weiters erkennt man den Verlauf der Leitungen hin Richtung Heck beziehungsweise Rückbank des Fahrzeugs. Der Anschluss der Batterie befindet sich auf der rechten Seite des Fahrzeugunterbodens.

3.2.1.4 *BMW i3*

Das Elektrofahrzeug der Bayern, der *BMW i3* wird rein elektrisch fortbewegt. Zu diesem Modell gibt es zwei Ausführungen. Einmal eine Version mit reinem Elektromotor und einmal in Kombination mit Elektro- und Verbrennungsmotor. Der Verbrennungsmotor dient als Range Extender, um die Reichweite deutlich zu erhöhen. Das untersuchte Fahrzeug war die Version mit reinem Elektromotor. In beiden Versionen sind die verlegten Hochvoltleitungen jedoch identisch. Der untersuchte *BMW i3* verfügt über eine Lithium-Ionen-Batterie mit einer Speicherkapazität von 21,6 kWh. Angetrieben wird das Fahrzeug über einen 125 kW starken Elektromotor welcher sich oberhalb der linken Hinterachse befindet. Zugriff zum Motor erhält man über den Laderaum des Fahrzeugs. Der Antrieb erfolgt mittels Heckantrieb.



Abbildung 3-21: Serviceklappe des Elektromotors im Laderaum



Abbildung 3-22: Anschlussleitungen sowie Ansicht des Elektromotor von unten

Die Lithium-Ionen-Batterie befindet sich vollständig unterhalb des Fahrzeugs. Sie wird von einem Metallkleid geschützt welches zusätzlich als Unterbodenschutz dient. Auf folgender Abbildung 3-23 ist die Fahrzeugbatterie sehr gut ersichtlich.



Abbildung 3-23: Fahrzeugbatterie BMW i3

Auf obiger Abbildung 3-23 sind einerseits die Fahrzeugbatterie zu erkennen, sowie auch ein kleiner Teil der Hochvoltleitungen. Da sich der Elektromotor links oberhalb der Hinterachse befindet, verlaufen die Kabel direkt von der linken Seite des Fahrzeugs in den Akku. Die Leitungslängen sind dabei sehr kurz gehalten. Die Versorgung weiterer elektronischer Teile, welche im vorderen Bereich des Fahrzeugs untergebracht sind, verlaufen rechts neben der Fahrzeugbatterie in Richtung Front. Da sich die Ladedose des *BMW i3* auf der rechten hinteren Seite des Fahrzeugs befindet, sind auch hier einige Leitungen ersichtlich. Gut zu erkennen anhand folgender Abbildung 3-24.

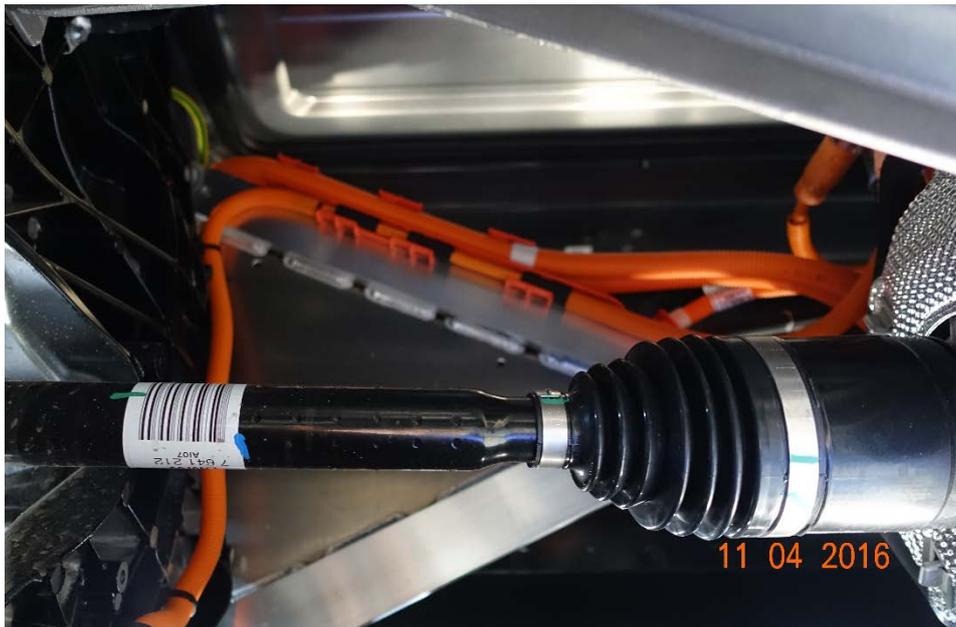


Abbildung 3-24: Hochvoltleitungen Richtung Ladedose

3.2.1.5 VW e-Golf

Das rein elektrisch betriebene Fahrzeug von *Volkswagen*, der *e-Golf*, verfügt über eine 24,2 kWh starke Batterie welche auf Lithium-Ionen Technologie basiert. Die Leistung liefert ein 85 kW starker Elektromotor welcher sich im vorderen Bereich des Fahrzeugs befindet. Angetrieben wird der *e-Golf* mittels Frontantrieb.



Abbildung 3-25: Motorraum des VW e-Golf

Wie auch beim *BMW i3* wird die Batterie komplett im Unterboden verbaut. Auch hier ist die Batterie mit einer Schutzhülle umkleidet welche zusätzlich als Unterbodenschutz dient. Die Hochvoltkabel verlaufen ausgehend vom Motorraum im Unterboden auf der rechten Seite Richtung Heck des Fahrzeugs. Der Anschluss der Batterie befindet sich an der hintersten Stelle. Da sich die Ladedose ebenfalls auf der rechten Seite befindet, zweigt eine Leitung einmal nach rechts Richtung obere Hinterachse ab. Auf Abbildung 3-26 erkennt man den Anschluss der Batterie sowie den Unterbodenschutz.



Abbildung 3-26: Batterie des VW e-Golf

3.2.1.6 Peugeot iOn

Beim *Peugeot iOn* handelt es sich um ein kleines Stadtfahrzeug, welches mit einer 16 kWh starken Batterie ausgestattet ist. Diese Batterie basiert ebenfalls auf Lithium-Ionen. Den Vortrieb übernimmt ein 49 kW starker Elektromotor welcher sich über der Hinterachse des Fahrzeugs befindet. Fortbewegt wird der *iOn* mittels Heckantrieb. Zugang zum Motor erhält man über eine Serviceklappe im Laderaum.



Abbildung 3-27: Motorraum des Peugeot iOn

Die Batterie des Fahrzeugs befindetet wie auch bei den anderen zwei reinen Elektrofahrzeugen im Unterboden. Diese erstreckt sich fast über die gesamte Länge des Fahrzeugs.



Abbildung 3-28: Batterie des Peugeot iOn

In Abbildung 3-28 ist die oben erwähnte Batterie ersichtlich. Diese wird durch einen Plastikschutz verdeckt, welcher ebenfalls als Unterbodenschutz dient. Die Hochvoltleitungen vom Elektromotor hin zum Anschluss der Batterie verlaufen bei diesem Fahrzeug auf der rechten Seite. Da das Fahrzeug eine Schnell- sowie eine Normalladedose beherbergt und sich diese an unterschiedlichen Stellen des Fahrzeugs befinden, verläuft eine Hochvoltleitung an die hintere rechte Seite, an der sich die Normalladedose befindet, und eine an die hintere linke Seite an der sich die Schnelladedose befindet. Der Querschnitt der Leitung welche zur Schnelladedose führen ist dementsprechend stärker ausgeführt.

3.2.1.7 Resümee

Durch die Untersuchung der sechs unterschiedlichen Fahrzeugmodelle wurde ersichtlich, dass jedes Fahrzeug hinsichtlich Verlegung der Hochvoltleitungen Unterschiede aufweist. Keines der untersuchten Modelle hatte Ähnlichkeiten mit den anderen Modellen. Die Position der Hochvoltleitungen war teils ähnlich, die jeweilige Verlegung dieser Kabel aber stark unterschiedlich. Dies kann zum einen daran liegen, dass nur eine kleine Anzahl von Fahrzeugen untersucht wurde. Zum anderen aber auch dass jedes Fahrzeugmodell Unterschiede hinsichtlich Batterieunterbringung aufweist. Je nachdem wo sich die Batterie im Fahrzeug, sowie auch der jeweilige Anschluss der Batterie aber auch Position der Ladedose befindet, variiert die Verlegung der Hochvoltleitungen. Zusammenfassend wird nun ein kleiner Überblick der Verlegung der Hochvoltleitungen der untersuchten Fahrzeuge gegeben.

Tabelle 3-1: Position der Hochvoltleitungen der untersuchten Fahrzeuge

Fahrzeug	Position der Hochvoltleitungen
Toyota Prius+	Vorne rechts neben Tunnel
Lexus IS 300h	Links entlang des Tunnels
Toyota Auris Hybrid	Rechts entlang des Tunnels
BMW i3	Hinten links
VW e-Golf	Rechts entlang des Tunnels
Peugeot iOn	Rechts entlang des Tunnels

Abschließend kann gesagt werden, dass man, bevor man die Anschluss-Station am jeweiligen Fahrzeug anbringen kann, eine detaillierte Recherche über die Position sowie Verlegung der Hochvoltleitungen erfolgen muss. Eine Universallösung ohne jegliche Modifikationen an den Hochvoltleitungen ist nicht möglich.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Idee, den Batterieladevorgang vollständig zu automatisieren besteht bereits seit längerer Zeit, da der Umgang mit den fortwährend schwereren Ladekabeln immer unhandlicher wird. Vom Konsumenten wird gefordert, dass die vollständige Aufladung einer Batterie eines Elektrofahrzeuges in stetig kürzeren Zeiten erfolgt. Dadurch werden die Ladeleistungen größer und folgend dazu werden auch die Leitungsdurchmesser immer größer. Aus diesem Grund forschen einige große und bekannte Fahrzeughersteller wie zum Beispiel *Volkswagen* oder *Tesla Motors* an solchen vollautomatischen Systemen. Einige von ihnen präsentierten bereits öffentlich solche Systeme im Prototypenstadium. Auch einzelne Forschungseinrichtungen stellten bisher einige Gesamtsysteme vor. Die bis jetzt der Öffentlichkeit präsentierten Ladesysteme schafften es jedoch nur ein spezielles typenspezifisches Fahrzeug aufzuladen. Zudem konnten auch stets nur ein und nicht mehrere Elektrofahrzeuge gleichzeitig aufgeladen werden.

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung eines oder mehrerer Konzepte für eine vollautomatische Batterieladestation. Bevor ein solches Konzept entworfen werden konnte, musste eine fundierte Literaturrecherche erfolgen. Angefangen mit den unterschiedlichen Ladearten bis hin zu den unterschiedlichen Möglichkeiten der Fahrzeugfassung. Dabei wurde das Gesamtkonzept aufgespaltet in kleinere Teilsysteme. Jedes Teilsystem wurde einer Recherche unterzogen in Hinblick auf bereits bestehende auf dem Markt angebotene Systeme. Dabei wurden die einzelnen Vor- sowie Nachteile ausgearbeitet und mit den Produkten anderer Hersteller verglichen. Nur so konnte für jedes Teilsystem das aus eigenen Ermessen bestmögliche System ausgewählt werden. Letztendlich wurden die einzelnen Teilsysteme zu einem Gesamtsystem kombiniert, welches in der Lage ist, sämtliche auf den Markt verfügbaren Elektrofahrzeuge aufzuladen. Grundsätzlich beruhen die Konzepte auf einem Schnellladesystem, es können jedoch auch Fahrzeuge, welche keine Schnellladefunktion beinhalten, aufgeladen werden. Unterschieden werden die Konzepte von der Art der Aufladung. Ein Konzept stellt die Aufladung Überkopf dar, das andere Konzept wiederum die Aufladung am Boden.

Im Zuge der Recherche wurde ersichtlich, dass es einige Herausforderungen zu lösen gibt, für die es bis dato noch keine Lösung am Markt gab. Eines davon sind die vielen unterschiedlichen Ladesteckersysteme. Die Konzepte sollten in der Lage sein, jedes Elektrofahrzeug aufladen zu können. Die Griffe der einzelnen Steckersysteme weisen jedoch teils deutliche geometrische Unterschiede auf. Deswegen musste eine Lösung gefunden werden, wie man mit nur einem universellen Greifer, unterschiedliche Arten von Steckern greifen kann. Für die Variante der Überkopfauladung wurde dabei Folgendes konzipiert: Da wie bereits erwähnt für diese Aufgabenstellung kein System gefunden wurde, welches dies lösen konnte, wurde ein Greifsystem samt Adapterplatte entworfen. Mit Hilfe dieser Adapterplatte lassen sich unterschiedliche Steckersysteme greifen. Es ist nicht erforderlich für jedes Steckersystem einen

eigenen Greifer anzufertigen. Dies macht die Anlage universell einsetzbar. Die Variante der Bodenaufladung geht einen anderen Weg. Hierbei wird unterhalb des Fahrzeugbodens eine Ladedose installiert, mit deren Hilfe ein Roboter das jeweilige Fahrzeug auflädt. Die installierte Ladedose ist hierbei bei jedem Fahrzeug gleich. Dadurch lassen sich mit nur einem Roboter, unterschiedliche Fahrzeuge aufladen. Ein weiteres Problem bestand in der Identifizierung des jeweiligen Fahrzeuges sowie in dem Ansteckvorgang des Roboters. Die Ladestation muss über die Kenntnis verfügen, welches Fahrzeug aufgeladen werden soll. Dadurch erfährt das System welcher Ladestecker sowie Ladeströme benötigt werden. Der Ansteckvorgang ist ebenfalls ein wesentlicher Punkt, da das System zu jeder Zeit die Entfernung der Ladebuchse zum Ladestecker wissen muss. Verschiedene Kamerasysteme liefern ein sehr gutes optisches Bild. Mit diesem Bild ist jedoch keine exakte Entfernungsmessung zur jeweiligen Ladebuchse möglich. Durch die Kombination zweier Systeme wurden die Vorteile jedes Systems vereint und dadurch konnte dieses Problem gelöst werden.

Die erwähnten Herausforderungen sind nur einige von vielen zu lösenden. Die Überkopfaufladung stellt ein Konzept dar, wie man mit nur einem mobilen Roboter eine Vielzahl von Elektrofahrzeugen gleichzeitig aufladen kann, ohne dass am Fahrzeug eine oder mehrere größere Modifikationen vonnöten sind. Die Bodenaufladung setzt hierbei auf eine Universal-Ladedose. Doch hierbei sind Eingriffe in den Hochvoltleitungen notwendig. Größtes Problem bei den zurzeit auf dem Markt befindlichen Elektrofahrzeugen sind die nicht vorhandenen Standardisierungen in Bezug auf die Ladedose oder auch die Position der Ladedose. Jedes Fahrzeug hat eine eigene Position der Ladedose. Dies stellt ein Batterieladesystem vor ein großes Problem, da für jedes Fahrzeug der Bewegungsablauf des Roboters eigens angefertigt beziehungsweise programmiert werden muss. Weiters öffnet bei dem Großteil der Fahrzeuge der Tankdeckel nicht selbstständig. Hierbei ist der Fahrer gezwungen, den Tankdeckel per Hand zu öffnen sowie eventuell zu schließen. Folgend stellen die vielen unterschiedlichen Arten der Ladesteckersysteme eine gewisse Problematik dar. Zwar ist für Europa der Typ 2-Stecker zum Standard erhoben worden, welcher auch von neueren Elektrofahrzeugen genutzt wird, viele Fahrzeuge stammen jedoch aus dem asiatischen Raum. Diese Automobilhersteller setzen auf das Steckersystem von CHAdeMO. Zu guter Letzt gibt es auch noch *Tesla Motors*, welche wiederum ein komplett eigenes System verwenden. Fahrzeuge älteren Baujahres verwenden teils noch andere Steckersysteme.

Überblickend kann gesagt werden, dass es zurzeit noch sehr schwer ist ein vollautomatisches Batterieladesystem für alle Fahrzeuge zu realisieren. Eine Standardisierung in den oben erwähnten Punkten würde die Realisierung eines solchen Systems deutlich erleichtern. Abschließend muss festgehalten werden, dass bei dieser Arbeit die wirtschaftlichen Aspekte nicht berücksichtigt wurden. Diese können letztendlich auch ausschlaggebend sein, ob und wie ein technisches Konzept realisiert wird.

5 Verzeichnisse

5.1 Literaturverzeichnis

- [1] K. Pudenz, „e-smartConnect: Automatisches Aufladen mit Gleichstrom und Roboterassistenz,“ Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Verfügbar unter: <https://www.springerprofessional.de/automobil---motoren/elektromobilitaet/e-smartconnect-automatisches-aufladen-mit-gleichstrom-und-robote/6588692?redirect=1>, [Zugriff am 15.09.2015].
- [2] K. Domroese, „Tesla Motors präsentiert seinen Laderoboter für Elektroautos,“ Timebandit Media, Verfügbar unter: <http://www.mein-elektroauto.com/2015/08/tesla-motors-praesentiert-seinen-laderoboter-fuer-elektroautos/18609/>, [Zugriff am 16.09.2015].
- [3] Technische Universität Dortmund, „Ladesystem der TU Dortmund "betankt" Elektroautos automatisch,“ Verfügbar unter: http://www.e-technik.tu-dortmund.de/cms1/de/Service_Termine/Weitere_Meldungen/Archiv/Ladesystem_Elektroautos/index.html, [Zugriff am 18.09.2015].
- [4] F. i. S.-Fernsehen in Sachsen GmbH, „Roboter lädt Elektroauto,“ Verfügbar unter: <http://www.chemnitz-fernsehen.de/Aktuell/Chemnitz/Artikel/1404524/Roboter-laedt-Elektroauto/>, [Zugriff am 29.02.2016].
- [5] A. Karle, Elektromobilität: Grundlagen und Praxis, Carl Hanser Verlag München, 2015, ISBN: 978-3-446-44339-6.
- [6] MENNEKES Elektrotechnik GmbH & Co. KG, „Ladebetriebsarten,“ Verfügbar unter: <http://www.mennekes.de/index.php?id=ladebetriebsarten&L=1Area%27A%3D0%27A%3D0>, [Zugriff am 09.09.2015].
- [7] OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, „Kompass: Elektromobilität in Österreich,“ OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, 2013.
- [8] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastr., „Öffentliche Ladeinfrastruktur für Städte, Kommunen und Versorger,“ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), 2014.

- [9] M. Bach, „Elektromobilität entdecken,“ e-stations, Verfügbar unter: <http://www.e-stations.de/wissen>, [Zugriff am 09.09.2015].
- [10] Energie AG Oberösterreich Power Solutions GmbH, „Steckersysteme und Ladekonzepte,“ Verfügbar unter: http://www.fairenergy.at/fair_energy/page/427893408492425309_801763916202848014~801764701108122269_800642692849342110,de.html, [Zugriff am 10.09.2015].
- [11] PHOENIX CONTACT Deutschland GmbH, „Lösungen für die Elektromobilität,“ 2015. Verfügbar unter: http://www.phoenixcontact-emobility.com/files/standard/publisher/downloads/de/Broschuere_deutsch.pdf, [Zugriff am 15.10.2015].
- [12] H. Boblenz, „Alle Plug-in Hybriden in Deutschland,“ EuroTransportMedia Verlags- und Veranstaltungs-GmbH, Verfügbar unter: <http://www.firmenauto.de/marktuebersicht-alle-plug-in-hybriden-in-deutschland-6636869.html>, [Zugriff am 23.10.2015].
- [13] J. Gasser, „Elektroautos: Übersicht aller Testberichte, technischen Daten & Preise,“ news networkworld internetservice GmbH, Verfügbar unter: <http://autorevue.at/autowelt/alle-elektroautos-preise-testberichte-daten>, [Zugriff am 23.10.2015].
- [14] Phoenix Contact, „Produktliste DC-Ladeleitungen,“ Verfügbar unter: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/at?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=1621592&library=atde&pcck=P-10-06-01-01&tab=1>, [Zugriff am 18.10.2015].
- [15] Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, „Sichere Kollisionserkennung für die Mensch-Roboter-Interaktion,“ Verfügbar unter: <http://www.iff.fraunhofer.de/de/geschaeftsbereiche/robotersysteme/taktile-sensorsysteme-drucksensitive-roboterhaut.html>, [Zugriff am 23.09.2015].
- [16] GEO-Technik GmbH & Co KG, „Schutzarten & Isolationsklassen,“ Verfügbar unter: <http://info.dimmer.de/inf-schutzarten.htm>, [Zugriff am 08.10.2015].
- [17] ABB Asea Brown Boveri Ltd, „IRB 1200,“ Verfügbar unter: <http://new.abb.com/products/robotics/de/industrieroboter/IRB1200>, [Zugriff am 02.10.2015].

- [18] Mitsubishi Electric Europe B.V., „Geschichte der Mitsubishi Electric Corporation,“
Verfügbar unter: <http://www.mitsubishielectric.de/de/about-us/global/corporate/history/overview/index.page>, [Zugriff am 06.10.2015].
- [19] Mitsubishi Electric Europe B. V. Niederlassung Deutschland, „MELFA Roboter RV-Serie,“ Verfügbar unter:
<https://de3a.mitsubishielectric.com/fa/de/products/rbt/robot/local/rv>, [Zugriff am 06.10.2015].
- [20] KUKA Roboter CEE GmbH, „LBR iiwa 14 R820,“ Verfügbar unter: http://www.kuka-robotics.com/austria/de/products/industrial_robots/sensitiv/lbr_iiwa_14_r820/start.htm, [Zugriff am 06.10.2015].
- [21] Fanuc Europe Corporation Société Anonyme Zone Industrielle, „LR Mate Serie,“
Verfügbar unter: <http://www.fanuc.eu/ch/de/roboter/roboterfilter-seite/lrmate-serie>, [Zugriff am 06.10.2015].
- [22] SCHUNK GmbH & Co. KG, „Powerball Lightweight Arm LWA 4P,“ Verfügbar unter:
<http://mobile.schunk-microsite.com/?id=9>, [Zugriff am 22.02.2016].
- [23] SCHUNK GmbH & Co. KG, „Dextrous Lightweight Arm LWA 4D,“ Verfügbar unter:
<http://mobile.schunk-microsite.com/de/produkte/produkte/dextrous-lightweight-arm-lwa-4d.html>, [Zugriff am 22.02.2016].
- [24] Universal Robots, „UR10-Roboter,“ Verfügbar unter: <http://www.universal-robots.com/de/produkte/ur10-roboter/>, [Zugriff am 07.10.2015].
- [25] OC Robotics, „Introducing the Series II system,“ Verfügbar unter:
<http://www.ocrobotics.com/news/introducing-the-series-ii-system/>, [Zugriff am 16.09.2015].
- [26] maxon motor ag, „Roboterschlange kriecht in jeden Winkel,“ Verfügbar unter:
<http://www.maxonmotor.ch/maxon/view/application/SNAKE-ARM-ROBOT-AB>, [Zugriff am 15.09.2015].
- [27] SCHUNK GmbH & Co. KG, „Servoelektrische 3-Finger-Greifhand SDH,“ Verfügbar unter: <http://mobile.schunk-microsite.com/de/produkte/produkte/servoelektrische-3-finger-greifhand-sdh.html>, [Zugriff am 22.02.2016].

- [28] SCHUNK GmbH & Co. KG, „2 Finger Parallelgreifer PGN-plus,“ Verfügbar unter: <http://www.schunk-produkte.com/de/pneumatik/2-finger-parallelgreifer-pgn-plus.html>, [Zugriff am 06.10.2015].
- [29] Xpertgate GmbH & Co.KG, „Lexikon: Modulare Portalroboter und Linearroboter,“ Verfügbar unter: <http://www.xpertgate.de/produkte/Portalroboter.html>, [Zugriff am 14.10.2015].
- [30] Klaus Schneider GmbH, „Laufkrane,“ Verfügbar unter: http://www.abuskrane.at/de/products/0-17/eintraeger_-_konsollaufkran_ekl, [Zugriff am 04.11.2015].
- [31] Bundeskanzleramt der Republik Österreich, „Landesrecht Salzburg: Gesamte Rechtsvorschrift für Garagen-Verordnung, Fassung vom 22.02.2016,“ Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrSbg&Gesetzesnummer=20000292>, [Zugriff am 14.10.2015].
- [32] KUKA Roboter CEE GmbH, „Kuka Mobile Robotik iiwa: Entdecken sie neue Horizonte flexibler Automatisierungslösungen,“ Verfügbar unter: http://www.kuka-robotics.com/germany/de/products/mobility/KMR_iiwa/start.htm, [Zugriff am 30.10.2015].
- [33] NRG-X Charging Systems GmbH, „NRG-X,“ Verfügbar unter: <http://nrg-x.com/>, [Zugriff am 23.11.2015].
- [34] P. Schnabel, „NFC - Near Field Communication,“ Verfügbar unter: <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/1107181.htm>, [Zugriff am 21.10.2015].
- [35] P. Schnabel, „Bluetooth 1.0 / 1.1 / 1.2 (IEEE 802.15),“ Verfügbar unter: <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0803301.htm>, [Zugriff am 22.10.2015].
- [36] P. Schnabel, „IEEE 802.11 / WLAN-Grundlagen,“ Verfügbar unter: <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/0610051.htm>, [Zugriff am 22.10.2015].
- [37] O. Bendel, „QR-Code,“ Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Verfügbar unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/qr-code.html>, [Zugriff am 27.11.2015].
- [38] P. Schnabel, „RFID - Radio Frequency Identification,“ Verfügbar unter: <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0902021.htm>, [Zugriff am 21.10.2015].

- [39] e-Plate Ltd., „e-plate,“ Verfügbar unter: <http://www.e-plate.com/>, [Zugriff am 02.12.2015].
- [40] H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer, Handbuch Fahrerassistenzsysteme, 3. Auflage, Springer Verlag, 2015, ISBN: 978-3-658-05733-6.
- [41] T. Trautmann, „Fachvortrag Umfeldsensorik mit dem Lidar: Vor- und Nachteile ggü. Radar,“ Verfügbar unter: <http://www.htw-mechlab.de/index.php/fachvortrag-umfeldsensorik-mit-dem-lidar-vor-und-nachteile-ggu-radar/>, [Zugriff am 03.12.2015].
- [42] J. Bernshausen, „Integration von 3D-„Time-of-Flight“-Kameras in Applikationen zur sicheren Steuerung autonomer Roboter,“ Dissertation, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät, Universität Siegen, Siegen, 2011.
- [43] MENNEKES Elektrotechnik GmbH & Co. KG, „Die Lösung für Europa: Typ 2 Ladesteckdose mit oder ohne Shutter,“ Verfügbar unter: http://www.mennekes.de/index.php?id=aktuell_details&tx_ttnews%5Btt_news%5D=875&cHash=64e7ae3be22fe990ae47746bc6516ff7, [Zugriff am 12.12.2015].
- [44] Autoblog BV, „Volkswagen e smartConnect,“ Verfügbar unter: http://www.autoblog.nl/image-gallery?file=Volkswagen/0_Divers/Volkswagen_e_smartConnect/Volkswagen-e-smartconnect-08.jpg, [Zugriff am 16.09.2015].
- [45] HUSS-MEDIEN GmbH, „Energiezuführungen,“ Verfügbar unter: <http://www.hebezeuge-foerdermittel.de/category/produktart/energiezufuehrungen>, [Zugriff am 17.03.2016].
- [46] x-technik IT & Medien GmbH, „Hohe Einsparpotenziale für Montage und Handhabung,“ Verfügbar unter: http://www.automation.at/detail/hohe-einsparpotenziale-fuer-montage-und-handhabung_41264, [Zugriff am 09.06.2016].
- [47] E-FORCE ONE AG, „e-force - Der bessere Lastwagen,“ 2013. Verfügbar unter: http://eforce.ch/wp/wp-content/uploads/2013/07/Prospekt_E-FORCE_de.pdf, [Zugriff am 09.06.2016].
- [48] YAUTO.cz - Autobazar online, auto inzerce, „Prodám Peugeot iOn Elektromobil původČR,“ Verfügbar unter: <http://auta.yauto.cz/peugeot-ion-elektromobil-puvodcr-2150975.html>, [Zugriff am 10.06.2016].

- [49] Reutlinger General-Anzeiger Verlags-GmbH & Co. KG, „Lautlos in futuristischer Optik,“
 Verfügbar unter:
<http://www.gea.de/magazin/auto/lautlos+in+futuristischer+optik+.4486029.htm>, [Zugriff
 am 10.06.2016].
- [50] Wayne Parker Kent , „Review: De luxe en high-tech Tesla Model S P85+ (video),“
 Verfügbar unter: [http://www.want.nl/getest-de-luxe-en-high-tech-tesla-model-s-p85-
 video/](http://www.want.nl/getest-de-luxe-en-high-tech-tesla-model-s-p85-video/), [Zugriff am 10.06.2016].

5.2 Tabellen

Tabelle 1-1: Gegenüberstellung Ladebetriebsarten [6, 8]	10
Tabelle 1-2: Ladedosenposition Plug-In-Hybrid Fahrzeuge [12]	18
Tabelle 1-3: Ladedosenposition Elektrofahrzeuge [13]	19
Tabelle 1-4: Berührungs- und Fremdkörperschutz [16].....	23
Tabelle 1-5: Wasserschutz [16]	24
Tabelle 1-6: Anforderungen an das Robotersystem.....	25
Tabelle 1-7: Technische Details ABB IRB 1200-7/0.7.....	26
Tabelle 1-8: Technische Details Mitsubishi Electric MELFA RV-20FM	28
Tabelle 1-9: Technische Details KUKA LBR iiwa 14 R820.....	29
Tabelle 1-10: Technische Details FANUC LR Mate 200iD/7L.....	30
Tabelle 1-11: Technische Details Schunk LWA 4P	32
Tabelle 1-12: Technische Details Schunk LWA 4D.....	33
Tabelle 1-13: Technische Details UR10	35
Tabelle 1-14: Gegenüberstellung der Modelle	37
Tabelle 1-15: Anforderungen Greifsystem / Adapterplatte	39
Tabelle 1-16: Vor- Nachteile von Ultraschall [40].....	57
Tabelle 1-17: Vor- Nachteile eines scannendes LIDAR's [41].....	58
Tabelle 1-18: Vor- Nachteile einer Kamera [40].....	59
Tabelle 1-19: Vor- Nachteile 3D PMD-Kamera [42]	61
Tabelle 1-20: Gegenüberstellung der Technologien der Fahrzeugerkennung.....	62
Tabelle 3-1: Position der Hochvoltleitungen der untersuchten Fahrzeuge	89

5.3 Abbildungen

Abbildung 1-1: Volkswagen e-smartConnect [44]	1
Abbildung 1-2: Volkswagen e-smartConnect [44]	2
Abbildung 1-3: Tesla Laderoboter [2].....	2
Abbildung 1-4: Laderoboter „ALanE“ der TU Dortmund [3]	3
Abbildung 1-5: TU Chemnitz Ladesystem „GINKO“ [4].....	4
Abbildung 1-6: induktives Laden [6].....	6
Abbildung 1-7: Elektro-Lkw E-Force One [47].....	7
Abbildung 1-8: Ladebetriebsart Mode 2 [6]	8
Abbildung 1-9: Ladebetriebsart Mode 3 [6].....	9
Abbildung 1-10: Ladebetriebsart Mode 4 Typ 2 [6]	9
Abbildung 1-11: Ladebetriebsart Mode 4 CCS [6].....	10
Abbildung 1-12: Übersicht Ladeszenarien [5]	10
Abbildung 1-13: Ladeleistungen [9]	11
Abbildung 1-14: Schuko [9].....	12
Abbildung 1-15: CCE Blau [9].....	12
Abbildung 1-16: CEE Rot [10].....	13
Abbildung 1-17: Typ 1 SAE J1772-2009 [9].....	13
Abbildung 1-18: Typ 2 Mennekes Stecker [9]	14
Abbildung 1-19: Typ 3A SCAME-Stecker [9]	15
Abbildung 1-20: Combined Charging System [9]	15
Abbildung 1-21: CHAdeMO Stecker [9]	16
Abbildung 1-22: Tesla Roadster Stecker [9]	16
Abbildung 1-23: ABB IRB 1200-7/0.7 [17].....	26
Abbildung 1-24: MELFA RV-20FM [19]	27
Abbildung 1-25: KUKA LBR iiwa [20].....	29
Abbildung 1-26: FANUC LR Mate 200iD/7L [21].....	30
Abbildung 1-27: Schunk LWA 4P [22].....	31
Abbildung 1-28: Schunk LWA 4D [23]	33
Abbildung 1-29: UR10 [24]	34
Abbildung 1-30: OC Robotics Serie II X125 [25].....	35
Abbildung 1-31: Schunk 3-Finger-Greifhand SDH [27]	40
Abbildung 1-32: Schunk PNG-plus Parallelgreifer [28].....	41
Abbildung 1-33: Greifsystem	42
Abbildung 1-34: Adapter der verschiedenen Steckersysteme.....	43
Abbildung 1-35: Beispiel eines Raumportals [46].....	44
Abbildung 1-36: : Einträger-Konsolenlaufkran [30].....	45

Abbildung 1-37: Kuka KMR iiwa [32]	46
Abbildung 1-38: Stecksystem NRG-X [33].....	48
Abbildung 1-39: Automatisiertes Ladesystem der Firma NRG-X [33].....	49
Abbildung 1-40: Beispiel eines QR-Codes [37].....	52
Abbildung 1-41: Beispiel eines RFID Chips [39]	54
Abbildung 1-42: Bosch Ultraschallsensor für Kfz [40]	56
Abbildung 1-43: Beispiel eines scannenden LIDAR [40].....	58
Abbildung 2-1: Kunststoffklappe Normalladedose Peugeot iOn [48]	63
Abbildung 2-2: Kunststoffklappe Schnelladedose Peugeot iOn [48].....	64
Abbildung 2-3: Gummistopfen BMW i3 [49].....	64
Abbildung 2-4: Ladedeckel Tesla Model S [50].....	65
Abbildung 3-1: Gesamtsystem Roboter und Greifer	68
Abbildung 3-2: Verschiedene Abstellpositionen	69
Abbildung 3-3: Lademagazin der Ladestation.....	71
Abbildung 3-4: Steckadapter der verschiedenen Steckertypen.....	72
Abbildung 3-5: Schnittansicht des Inneren des Magazins.....	73
Abbildung 3-6: Beispiel eines Kabelschlepps [45].....	74
Abbildung 3-7: Vorderansicht Ladesystem	75
Abbildung 3-9: Detailansicht Lademagazin und Decke	76
Abbildung 3-8: Seitenansicht Ladesystem.....	76
Abbildung 3-10: Detailansicht Laderoboter und Einträger-Konsolenlaufkran	77
Abbildung 3-11: Ladesystem <i>NRG-X</i> [33].....	77
Abbildung 3-12: Batterieunterbringung im Toyota Prius+.....	79
Abbildung 3-13: Verbrennungs- und Elektromotor des Toyota Prius+	79
Abbildung 3-14: Anschluss des Hochvoltkabels an die Batterie	80
Abbildung 3-15: Detailansicht des Verlaufes des Hochvoltkabels.....	80
Abbildung 3-16: Verbrennungs- sowie Elektromotor des Lexus IS 300h.....	81
Abbildung 3-17: Unterboden Lexus IS 300h	82
Abbildung 3-18: Batterie-Platzierung des Toyota Auris Hybrid.....	82
Abbildung 3-19: Verbrennungs- sowie Elektromotor des Toyota Auris Hybrid	83
Abbildung 3-20: Verlauf der Hochvoltleitungen unterhalb des Toyota Auris Hybrid.....	83
Abbildung 3-21: Serviceklappe des Elektromotors im Laderaum	84
Abbildung 3-22: Anschlussleitungen sowie Ansicht des Elektromotor von unten	85
Abbildung 3-23: Fahrzeugbatterie BMW i3	85
Abbildung 3-24: Hochvoltleitungen Richtung Ladedose.....	86
Abbildung 3-25: Motorraum des VW e-Golf	87
Abbildung 3-26: Batterie des VW e-Golf	87

Abbildung 3-27: Motorraum des Peugeot iOn.....	88
Abbildung 3-28: Batterie des Peugeot iOn.....	88

6 Anhang

6.1 Spezifikation ABB IRB 1200

6.2 Technische Daten Mitsubishi Melfa RV-F-Serie

6.3 Technische Daten Kuka LBR iiwa

6.4 Technische Spezifikationen Fanuc LR Mate 200iD

6.5 Technische Daten Schunk LWA 4P

6.6 Technische Daten Schunk LWA 4D

6.7 Technische Spezifikationen Universal Robots UR10

6.8 Technische Daten Schunk SDH

6.9 Technische Daten Schunk PGN-plus

IRB 1200

Spezifikation

Roboterversion	Reichweite	Handhabungs- kapazität	Zusätzliche Armlast
IRB 1200-7/0.7	703 mm	7 kg	0,3 kg
IRB 1200-5/0.9	901 mm	5 kg	0,3 kg
Anzahl der Achsen:		6	
Schutzart / Ausführung:		IP40, IP67 (optional)	
Montageart:		beliebig	
Integrierte Anwenderleitungen:		10 Signale bis zum Oberarm, ein 100/10 Base-TX Ethernet Port	
Integrierter Druckluftschlauch:		4 Druckluftleitungen mit max. 5 bar bis zum Oberarm	
IRC 5 Steuerungsvarianten:		IRC 5 Compact, Kompaktsteuerung	

Leistung

Positionswiederholgenauigkeit:	0,02 mm (IRB 1200-7/0.7)
	0,025 mm (IRB 1200-5/0.9)

Bewegung	Arbeitsbereich	Max. Achsgeschwindigkeit
Achse 1	+170° bis -170°	288°/s
Achse 2*	+130° bis -100°	240°/s
Achse 3	+ 70° bis -200°	300°/s
Achse 4	+270° bis -270°	400°/s
Achse 5	+130° bis -130°	405°/s
Achse 6	+360° bis -360°	600°/s

*+135° bis -100° bei IRB 1200-7/0.7

Zykluszeit	7 kg-Version	5 kg-Version
1 kg Pick-&-Place-Zyklus		
25 x 300 x 25 mm	0,42 s	0,42 s
Max. TCP Geschwindigkeit	7,3 m/s	8,9 m/s
Max. TCP Beschleunigung	35 m/s ²	36 m/s ²
Beschleunigungszeit 0-1m/s	0,06 s	0,06 s

Elektrische Anschlüsse

Netzspannung:	200-600 V, 50/60 Hz
Leistungsaufnahme:	0,39 kW (IRB 1200-7/0.7)
	0,38 kW (IRB 1200-5/0.9)

Maße / Gewicht

Robotergrundfläche:	210 x 210 mm
Gewicht:	52 kg (IRB 1200-7/0.7)
	54 kg (IRB 1200-5/0.9)

Betriebsbedingungen

Umgebungsbedingungen für die mechanische Einheit

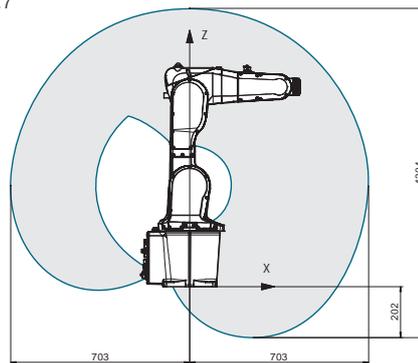
Umgebungstemperatur:	+5 °C bis +45°C
Relative Luftfeuchtigkeit:	max. 95 %
Geräuschpegel:	max. 70 dB (A)
Emission:	EMC/EMI-abgeschirmt

ABB Business Unit Robotics

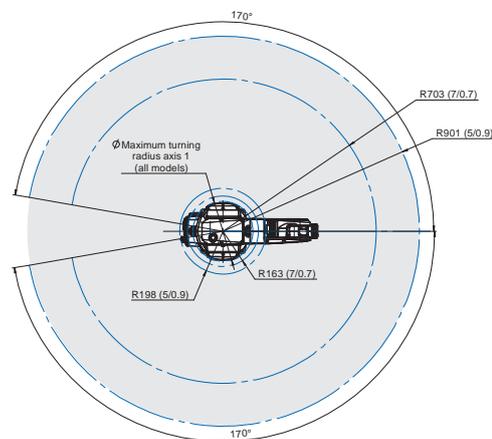
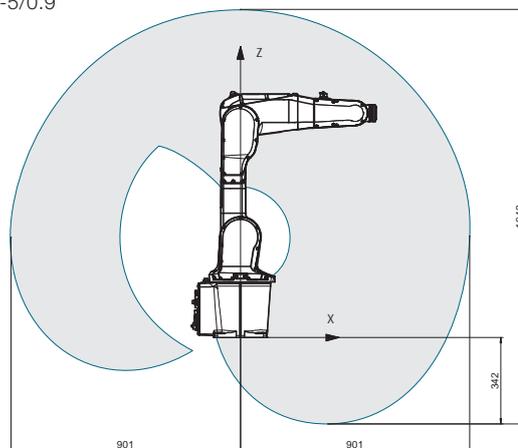
www.abb.com/robotics

Arbeitsbereich

IRB 1200-7/0.7



IRB 1200-5/0.9



Hinweis:

Technische Änderungen der Produkte sowie Änderungen im Inhalt dieses Dokuments behalten wir uns jederzeit ohne Vorankündigung vor. Bei Bestellungen sind die jeweils vereinbarten Beschaffenheiten maßgebend. ABB übernimmt keinerlei Verantwortung für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten in diesem Dokument.

Wir behalten uns alle Rechte an diesem Dokument und den darin enthaltenen Gegenständen und Abbildungen vor. Vervielfältigung, Bekanntgabe an Dritte oder Verwertung seines Inhaltes – auch von Teilen – ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch ABB verboten.

Copyright© 2014 ABB, alle Rechte vorbehalten

Technische Daten

Roboter	RV-2FB	RV-2FLB	RV-4FLM	RV-7FM	RV-7FLM	RV-7FLM	RV-13FM	RV-13FLM	RV-20FM			
Montage	Boden-, Wand- oder Deckenmontage											
Anzahl der Achsen	6											
Konstruktion	Vertikal-Knickarm											
Antriebssystem	AC-Servomotor											
Positionserkennung	Absolutencoder											
Armlänge	N01	mm	230 + 270	310 + 335	245 + 300	340 + 360	430 + 465	565 + 805	410 + 550	565 + 690	410 + 550	
Maximaler Arbeitsbereich	mm		504	649	649	713	908	1503	1094	1388	1094	
Maximale Geschwindigkeit	J1-Achse	Grad/s	300	225	420	360	288	234	290	234	110	
	J2-Achse	Grad/s	150	105	336	401	321	164	234	164	110	
	J3-Achse	Grad/s	300	165	250	450	360	219	312	219	110	
	J4-Achse	Grad/s	450	412	540	337	337	374	375	375	124	
	J5-Achse	Grad/s	450	450	623	450	450	450	375	375	125	
	J6-Achse	Grad/s	750	720	720	720	720	720	720	720	360	
Resultierende Maximalgeschwindigkeit	mm/s		4955	4206	9048	11064	10977	15308	10450	9700	4200	
Zykluszeit (bei 1 kg Last)	s		0,6	0,7	0,36	0,32	0,35	0,63	0,53	0,68	0,70	
Tragkraft	kg		2	2	4	7	7	7	13	13	20	
Wiederholgenauigkeit	mm		±0,02				±0,06		±0,05			
Arbeitstemperatur	°C		0–40									
Gewicht	kg		19	21	41	65	67	130	120	130	120	
Werkzeugverkabelung			4 E/A	4 E/A	8 E/A	8 E/A	8 E/A	8 E/A	8 E/A	8 E/A	8 E/A	
Pneumatikschlauch für Werkzeug		Ø 4x4	Primär: Ø 6x2, Sekundär: Ø 4x8, Ø 4x4 (von der Basis bis zum Unterarm)					Primär: Ø 6x2, Sekundär: Ø 6x8				
Schutzklasse		IP30	IP67 (Optional Reinraumausführung erhältlich)									
Kompatible Robotersteuerung *		CR750-D/CR750-Q + Q172DRCPU										

* Wählen Sie das Steuergerät passend zu Ihrer Anwendung.

Robotersteuerung	CR750-Q	CR750-D	
Programmiersprache	MELFA-BASICV		
Positionsbestimmung	Teaching, manuelle Dateneingabe (MDI)		
Allgemeine Ein-/Ausgänge	bis zu 8192	bis zu 256	
	Spezielle Ein-/Ausgänge	Gemeinsame Ein-/Ausgänge der Multi-CPU	Benutzerdefiniert
Externe Ein-/Ausgänge	Greiferstatus Signaleingänge	8 Eingänge	
	Externer NOT-HALT	1 (redundant)	
	Türschlieβkontakt	1 (redundant)	
	Zustimmtaster	1 (redundant)	
	NOT-HALT Zusatzachsen	1 (redundant)	
RS422	1 (Teaching Box)		
Schnittstellen	Ethernet	1 (Teaching Box)	1 (Teaching Box) 1 (zur freien Verfügung) 10BASE-T/100BASE-TX
	USB	1 (USB-Anschluss für SPS-CPU)	1 (Mini-B-Anschluss, Ver. 2.0)
	Zusatzachse	8 (SSCNETIII)	
	Transportbandverfolgung Encoder	Q173DPX (optional)	2
	Erweiterungssteckplatz	—	2
	Spannungsversorgung	Eingangsspannung	Einphasig 180 V bis 253 V AC ^①
Leistungsaufnahme ^② kVA		0,5–2,0	
Umgebungstemperatur	°C	0–40 (Antriebsinheit)/ 0–55 (Roboter-CPU)	0–40
	Abmessungen (BxHxT) mm	430x425x174	
Gewicht kg	ca. 16		
Gehäuse/Schutzklasse	Bodenaufstellung/IP20		

^① Die Schwankung der Versorgungsspannung sollte nicht mehr als 10 % betragen.

^② Ohne Einschaltstrom. Die Leistungsaufnahme hängt vom Modell des Roboterarms ab.

Deutschland

Mitsubishi Electric Europe B.V.
Gothaer Straße 8
D-40880 Ratingen
Telefon: (0 21 02) 4 86-0
Telefax: (0 21 02) 4 86-11 20
<https://de3a.mitsubishielectric.com>

Kunden-Technologie-Center

Mitsubishi Electric Europe B.V.
Revierstraße 21
D-44379 Dortmund
Telefon: (02 31) 96 70 41-0
Telefax: (02 31) 96 70 41-41

Mitsubishi Electric Europe B.V.
Kurze Straße 40
D-70794 Filderstadt
Telefon: (07 11) 77 05 98-0
Telefax: (07 11) 77 05 98-79

Mitsubishi Electric Europe B.V.
Lilienthalstraße 2 a
D-85399 Hallbergmoos
Telefon: (08 11) 9 98 74-0
Telefax: (08 11) 9 98 74-10

Österreich

GEVA
Wiener Straße 89
AT-2500 Baden
Telefon: +43 (0) 22 52 / 85 55 20
Telefax: +43 (0) 22 52 / 4 88 60

Schweiz

Robotronic AG
Schlachthofstrasse 8
CH-8406 Winterthur
Telefon: +41 (0)52 / 267 02 00
Telefax: +41 (0)52 / 267 02 01



Versionprüfung

Mitsubishi Electric Europe B.V. / FA - European Business Group / Gothaer Straße 8 / D-40880 Ratingen / Germany / Tel.: +49(0)2102-4860 / Fax: +49(0)2102-4861120 / info@mitsubishi-automation.de / <https://de3a.mitsubishielectric.com>

Art.-Nr. 260574-C / 08.2015 / Technische Änderungen vorbehalten / Alle eingetragenen Warenzeichen sind urheberrechtlich geschützt.



Der LBR iiwa:

Technologie, die Robotik neu definiert.



In die Zukunft steuern: KUKA Sunrise.

Basis der innovativen LBR iiwa Robotik sind die speziell geschaffene Steuerungstechnologie KUKA Sunrise, die Steuerungshardware KUKA Sunrise Cabinet und die Steuerungssoftware KUKA Sunrise.OS.

KUKA Sunrise Cabinet vereint Safety, Robot-, Logic- und Process-Control der gesamten Anlage. Ihre Schnittstellen, Skalierbarkeit, Leistung und Offenheit setzen Automationsmöglichkeiten kaum Grenzen. Auch das Steuern mehrerer Leichtbauroboter mit einer Steuerung wird zukünftig möglich sein.

Auf Erfolg programmiert: KUKA Sunrise.Workbench.

Die neue Engineering Suite KUKA Sunrise.Workbench zur Programmierung, zur Inbetriebnahme und zum Debugging. Sie macht die Bedienung des LBR iiwa intuitiver und komfortabler als je zuvor. Programmierer werden aktiv unterstützt, etwa durch das integrierte Handbuch, die Auto-Vervollständigung sowie das Syntax- und Fehler-Highlighting im Programmcode.

KUKA smartPAD mit neuer Bedienoberfläche.

So intelligent, wie der LBR iiwa arbeitet, lässt er sich auch bedienen. Mit dem bewährten KUKA smartPAD und seiner neu gestalteten Bedienoberfläche. Kacheln mit selbsterklärenden Symbolen führen intuitiv zum Ziel, farbige Status-LEDs liefern schnelle Rückmeldung über den aktuellen Status der Roboterstation. Weiterführende Informationen und Problemlösungen sind nur ein paar Klicks entfernt. Dank vielfacher Visualisierungsmöglichkeiten vereinfacht das smartPAD das Arbeiten und steigert die Sicherheit sowie die Produktivität.



LBR iiwa 7 R800

Nenn-Traglast	7 kg	LBR iiwa 14 R820	14 kg
Anzahl der Achsen	7		
Handvariante	Zentralhand		Zentralhand
Anbauflansch A7	DIN ISO 9409-1-A50		DIN ISO 9409-1-A50
Einbaulage	beliebig		beliebig
Wiederholgenauigkeit (ISO 9283)	±0.1 mm		±0.15 mm
Momentengenauigkeit achsspezifisch (des Maximalmoments)	±2 %		±2 %
Gewicht	22.3 kg		29.5 kg
Schutzart des Roboters	IP54		IP54

KUKA Sunrise Cabinet

Prozessor	Quad-Core-Prozessor
Festplatte	SSD
Schnittstellen	USB, EtherNet, DVI
Schutzart	IP20
Abmessungen (T x B x H)	500 mm x 483 mm x 190 mm
Gewicht	23 kg

Netzanschluss

Nenn-Anschlussspannung	AC 110 V – 230 V
Zulässige Toleranz der Nennspannung	±10 %
Netzfrequenz	50 Hz ± 1Hz oder 60 Hz ± 1Hz
Absicherung netzseitig	2 x 16 A träge

Angaben über die Beschaffenheit und Verwendbarkeit der Produkte stellen keine Zusage von Eigenschaften dar, sondern dienen lediglich Informationszwecken. Maßgeblich für den Umfang unserer Lieferungen und Leistungen ist der jeweilige Vertragsgegenstand. Technische Daten und Abbildungen unverändert für Lieferungen, Änderungen vorbehalten.

LR Mate 200iD



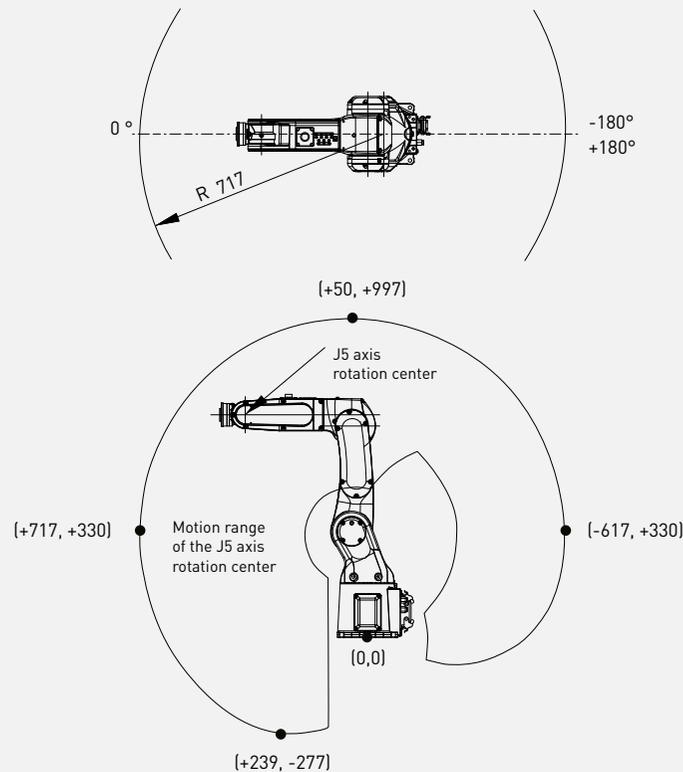
Max. load capacity
at wrist: **7 kg**



Max. Reach:
717 mm

Controlled axes	Repeatability (mm)	Mechanical weight (kg)	Motion range (°)						Maximum speed (°/s)						J4 Moment/ Inertia (Nm/kgm ²)	J5 Moment/ Inertia (Nm/kgm ²)	J6 Moment/ Inertia (Nm/kgm ²)
			J1	J2	J3	J4	J5	J6	J1	J2	J3	J4	J5	J6			
6	± 0.02	25	360	245	420	380	250	720	450	380	520	550	545	1000	16.6/0.47	16.6/0.47	9.4/0.15

Working Range



Robot

	LR Mate 200iD
Robot footprint [mm]	190 x 190
Mounting position Floor	●
Mounting position Upside down	●
Mounting position Angle	●



Controller

	30iB
Open air cabinet	○
Mate cabinet	●
A-cabinet	-
B-cabinet	-
iPendant Touch	●

Electrical connections

Voltage 50/60Hz 3phase [V]	-
Voltage 50/60Hz 1phase [V]	200-230
Average power consumption [kW]	0.5

Integrated services

Integrated signals on upper arm In/Out	6/2
Integrated air supply	1

Environment

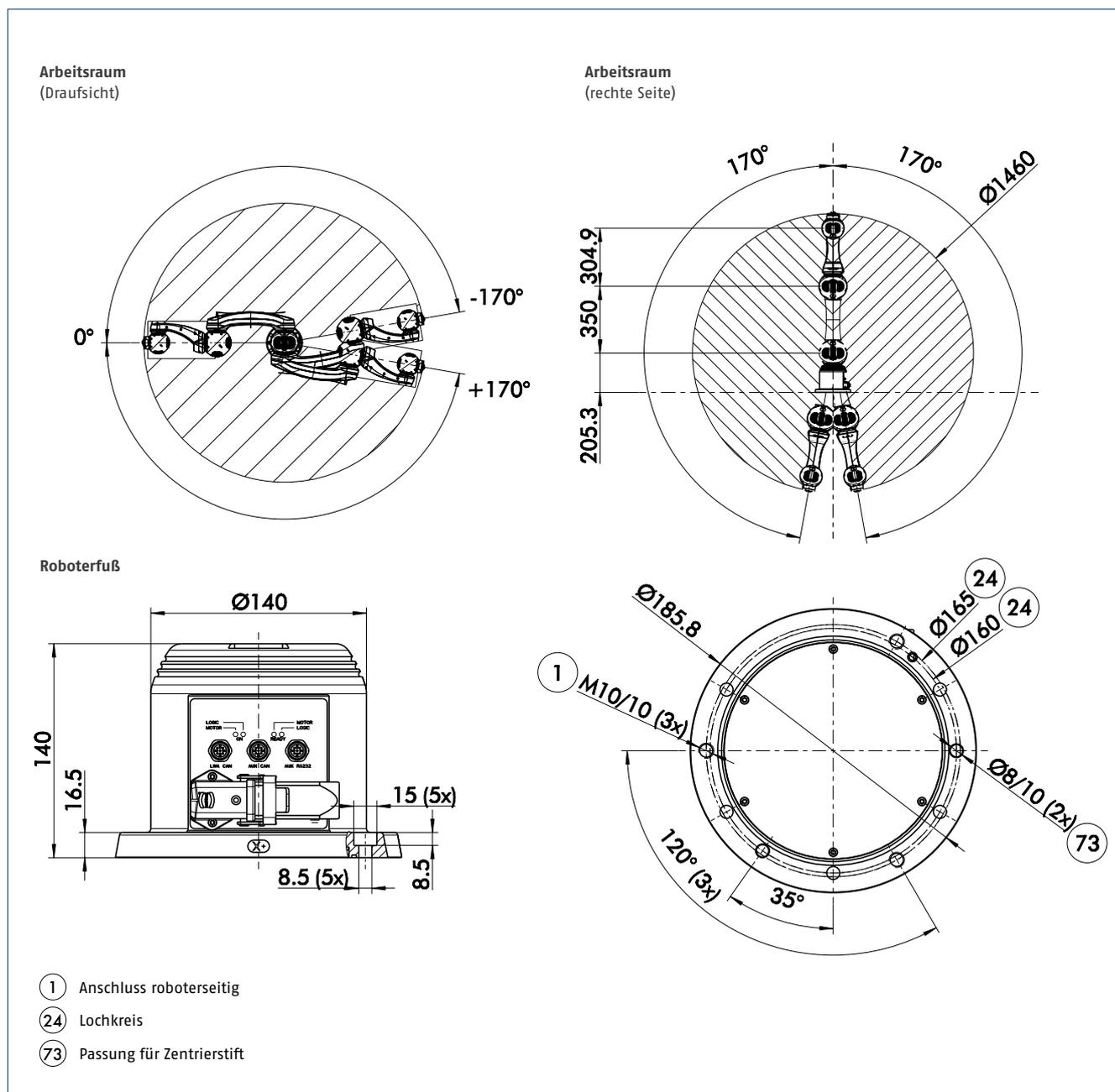
Acoustic noise level [dB]	64.7
Ambient temperature [° C]	0-45

Protection

Body standard/optional	IP67/IP69K
Wrist & J3 arm standard/optional	IP67/IP69K
Clean room class (ISO Class 4)	-

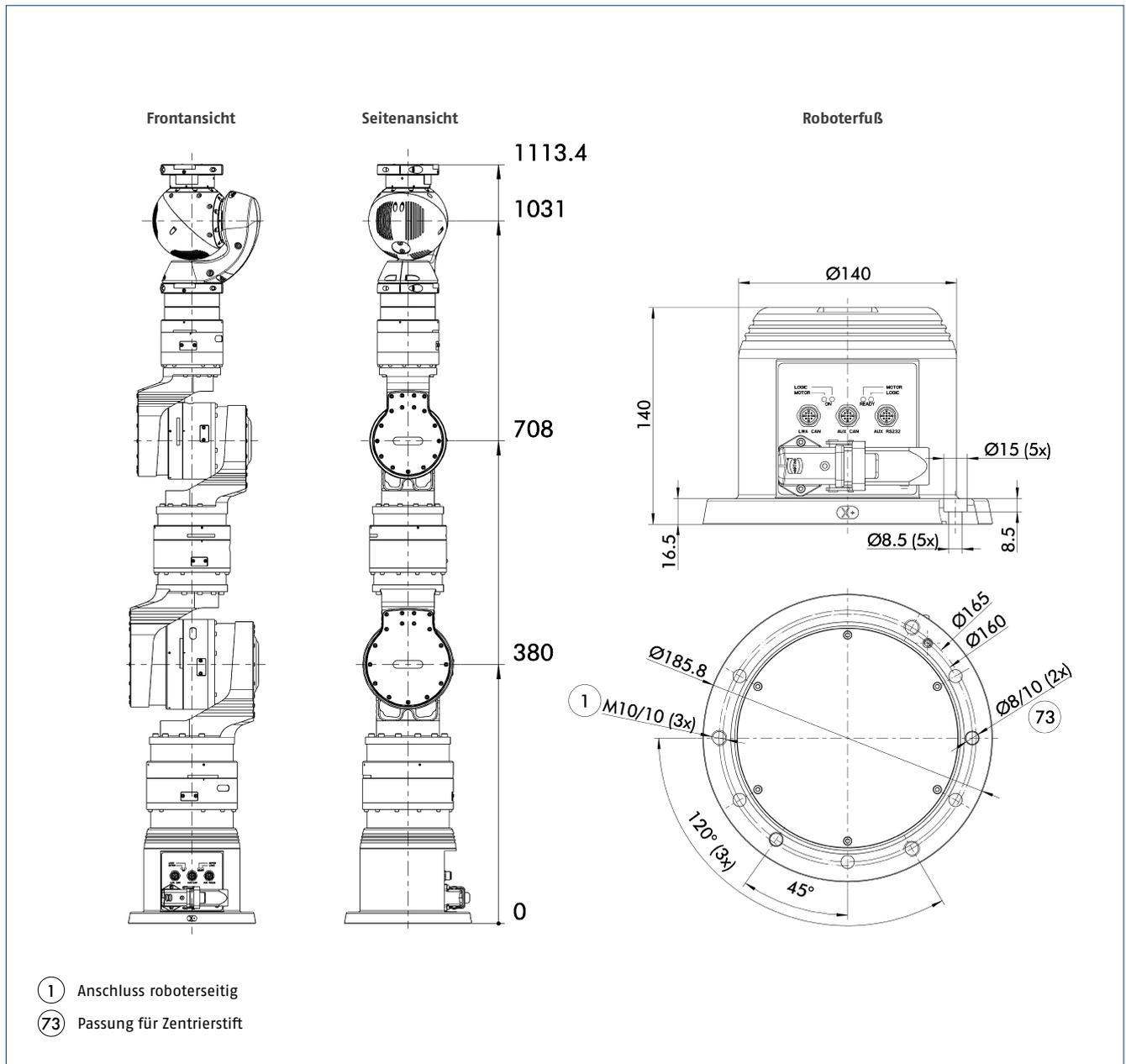
● standard ○ on request - not available () with hardware and/or software option

Technische Daten



Bezeichnung	LWA 4P	IP-Klasse [IP]	40	
ID	0306960	Stromversorgung	24 V DC / avg. 3 A / max. 12 A	
Typ	6 DOF Leichtbauroboter	Schnittstelle	CANopen (CiA DS402:IEC61800-7-201)	
Anzahl der Achsen	6	Achsen	Geschwindigkeit bei Nennlast	Bereich
Max. Nutzlast [kg]	6	Achse 1	72°/s	±170°
Wiederholgenauigkeit [mm]	±0.15	Achse 2	72°/s	±170°
Positionsrückmeldung	Pseudo-absolute Positionsmessung	Achse 3	72°/s	±155.5°
Antriebe	Bürstenlose Servo-Motoren mit Permanentmagnet-Bremse	Achse 4	72°/s	±170°
Handgelenksflansch	Flacher Werkzeugwechsler mit freien Leitungen und Spannungsversorgung	Achse 5	72°/s	±170°
Montagerichtung	Beliebig	Achse 6	72°/s	±170°
Eigenmasse [kg]	15	Greifer	WSG 50, PG-plus 70, MEG, SDH 2, SVH	
		Wechsler	FWS 115	
		Robotersteuerung	ROS node (ROS.org) oder KEBA CP 242/A (KEBA.com)	

Technische Daten



Bezeichnung	LWA 4D	Stromversorgung	24 V DC / avg. 5 A / max. 15 A
ID	0306962	Schnittstelle	CANopen (CiA DS402:IEC61800-7-201)
Typ	7 DOF Leichtbauroboter	Achsen	Geschwindigkeit bei Nennlast Bereich
Anzahl der Achsen	7	Achse 1	40°/s ±180°
Max. Nutzlast [kg]	10	Achse 2	40°/s ±123°
Wiederholgenauigkeit [mm]	±0.15	Achse 3	40°/s ±180°
Positionsrückmeldung	Pseudo-absolute Positionsmessung	Achse 4	40°/s ±125°
Antriebe	Bürstenlose Servo-Motoren mit Permanentmagnet-Bremse	Achse 5	40°/s ±180°
Handgelenksflansch	Flacher Werkzeugwechsler mit freien Leitungen und Strom	Achse 6	72°/s ±170°
Montagerichtung	Beliebig	Achse 7	72°/s ±170°
Eigenmasse [kg]	18	Greifer	WSG 50, PG-plus 70, MEG, SDH 2, SVH
IP-Klasse [IP]	54	Wechsler	FWS 115
		Robotersteuerung	ROS Node (ros.org)



UR10 Technische Spezifikationen

Artikel Nr. 110110

6-achsiger Roboterarm mit einem Arbeitsradius von 1300 mm

Gewicht:	28,9 kg		
Traglast:	10 kg		
Reichweite:	1300 mm		
Rotation der Gelenke:	+/- 360° an allen Gelenken		
Geschwindigkeit:	Fuß- und Schultergelenk: 120°/s. Ellbogen- und Handgelenk 1-3: 180°/s. Werkzeugschnittstelle: Ca. 1 m/s.		
Wiederholgenauigkeit:	+/- 0,1 mm		
Grundfläche:	Ø190 mm		
Anzahl Gelenke:	6 Drehgelenke		
Schaltschrankgröße (B x H x T):	475 mm x 423 mm x 268 mm		
E/A-Anschlüsse:		Schaltschrank	Werkzeugschnittstelle
	Digitaleingänge	16	2
	Digitalausgänge	16	2
	Analogeingänge	2	2
	Analogausgänge	2	-
E/A-Stromversorgung:	24 V 2A im Schaltschrank und 12 V/24 V 600 mA an der Werkzeugschnittstelle		
Kommunikation:	TCP/IP 100 Mbit: IEEE 802.3u, 100BASE-TX Ethernet-Buchse & Modbus TCP		
Programmierung:	PolyScope grafische Benutzeroberfläche auf einem 12" Touchscreen mit Montagevorrichtung		
Lautstärke:	Vergleichsweise geräuschlos		
Schutzklasse:	IP54		
Stromverbrauch:	Ca. 350 Watt		
Kollaborierender Betrieb	15 fortgeschrittene Sicherheitsfunktionen Kollaborierender Betrieb nach: EN ISO 13849:2008 PL d EN ISO 10218-1:2011, Abschnitt 5.4.3		
Material:	Aluminium, PP plastic		
Temperatur:	Der Roboter kann bei einer Umgebungstemperatur von 0-50°C arbeiten		
Stromversorgung:	100-240 VAC, 50-60 Hz		
Verkabelung:	Kabel zwischen Roboter und Schaltschrank (6 m) Kabel zwischen Touchscreen und Schaltschrank (4,5 m)		

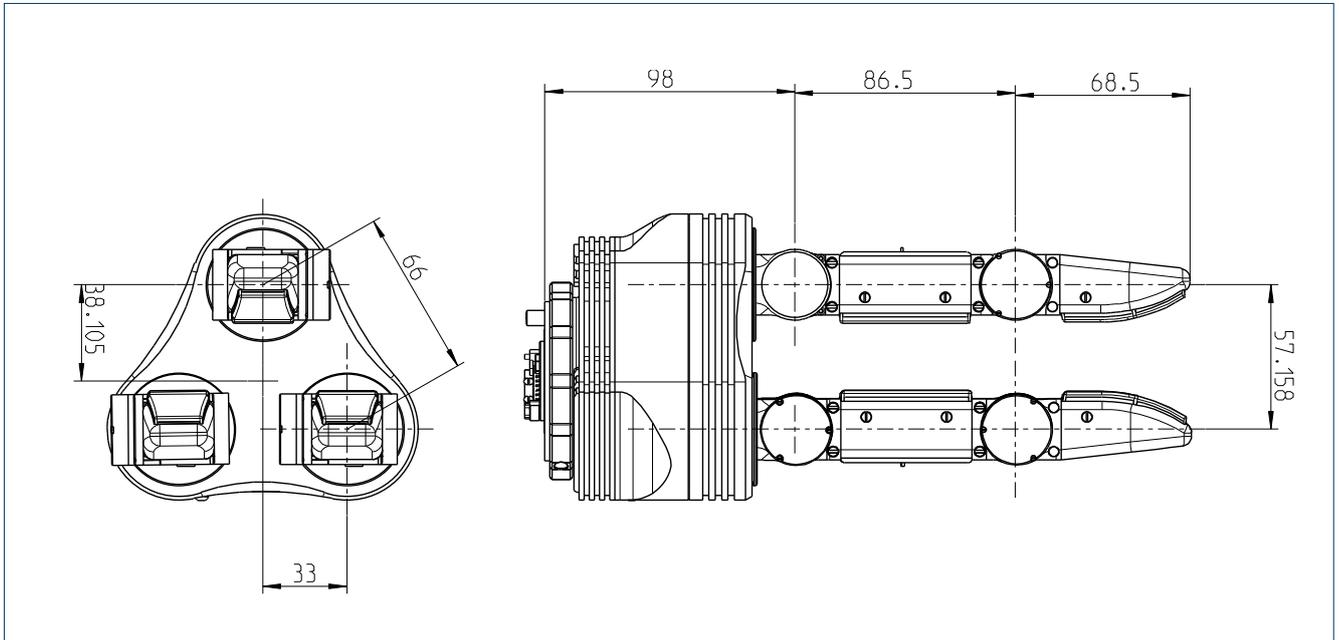
Universal Robots A/S
Energivej 25
DK-5260 Odense S
Dänemark
+45 89 93 89 89

www.universal-robots.com
sales@universal-robots.com



Servoelektrische 3-Finger-Greifhand SDH

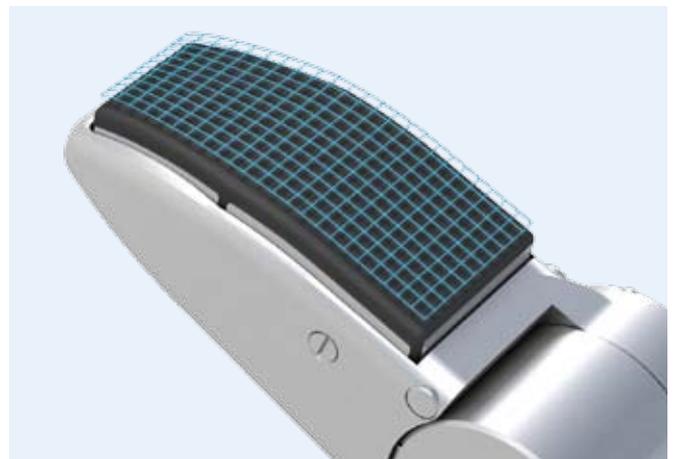
Technische Daten



Bezeichnung	SDH		
Ident.-Nr.	0306452		
Gesamtlänge [mm]	253	Winkelgeschwindigkeit max. [°/sec]	210
Fingerlänge [mm]	155	Moment (Proximalgelenk) [Nm]	2.1
Fingerabstand [mm]	66	Moment (Distalgelenk) [Nm]	1.4
Verhältnis zu menschlicher Hand	1.4 : 1	Auflösung [°]	0.011
Anzahl der Finger	3	Eigenmasse [kg]	1.95
Freiheitsgrade	7	IP-Klasse [IP]	54
Freiheitsgrade pro Finger	2	Spannungsversorgung [V DC]	24
Freiheitsgrade 2-Finger-Rotation	1	Nennstrom [A]	2
Absolut Encoder	7	Max. Strom beim Greifen [A]	5
Taktile Sensormatrizen	6	Schnittstelle	CAN RS232



Integrierte Steuerung
in der Handwurzel



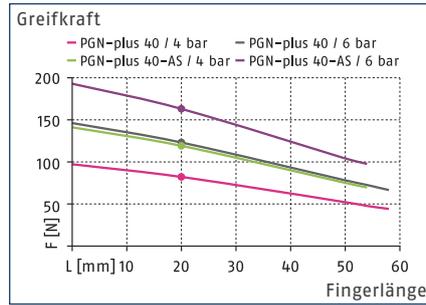
Taktile Sensormatrizen
in jedem Fingerglied

PGN-plus 40

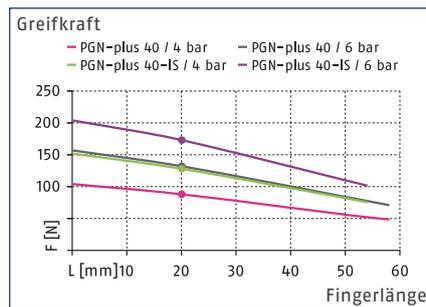
SCHUNK Greifer pneumatisch | 2-Finger-Parallelgreifer | Universalgreifer



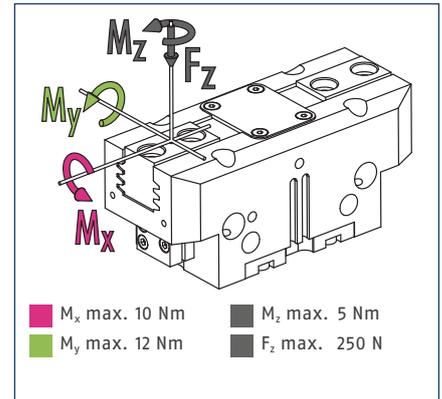
Greifkraft Außengreifen



Greifkraft Innengreifen



Fingerbelastung



① Die angegebenen Momente und Kräfte sind statische Werte, gelten je Grundbacke und dürfen gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zul. Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 40	PGN-plus 40-AS	PGN-plus 40-IS
Ident.-Nr.		0371080	0371082	0371084
Hub pro Backe	[mm]	2.5	2.5	2.5
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	123/132	163/-	-/182
min. Federkraft	[N]		40	50
Eigenmasse	[kg]	0.08	0.1	0.1
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	0.62	0.62	0.62
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm ³]	2.5	4.5	5.5
min. / max. Betriebsdruck	[bar]	2.5/8	4/6.5	4/6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6	6	6
Schließ- / Öffnungszeit	[s]	0.02/0.02	0.02/0.03	0.03/0.02
Schließ- / Öffnungszeit nur mit Feder	[s]		0.05	0.05
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	58	54	54
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	0.1	0.1	0.1
Schutzart IP		40	40	40
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/90	5/90	5/90
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.01	0.01	0.01
Reinraumklasse ISO 14644-1		5	5	5
Optionen und deren Eigenschaften				
Staubdicht-Version		37371080	37371082	37371084
Schutzart IP		64	64	64
Eigenmasse	[kg]	0.1	0.12	0.12
Korrosionsschutz-Version		38371080	38371082	38371084
Hochtemperatur-Version		39371080	39371082	39371084
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/130	5/130	5/130
Kraftverstärkungs-Version		0372098	0372398	0372458
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	225/235	265/-	-/285
Eigenmasse	[kg]	0.11	0.13	0.13
Maximaldruck	[bar]	6	6	6
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	50	50	50
Präzisions-Version		0371120	0371420	

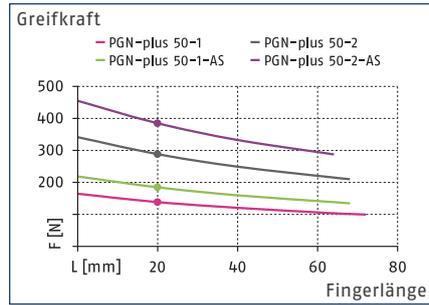
① Die volle Greifkraft laut Datentabelle stellt sich manchmal erst nach einigen 100 Greifzyklen ein.

PGN-plus 50

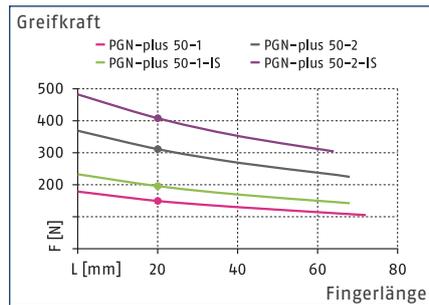
SCHUNK Greifer pneumatisch | 2-Finger-Parallelgreifer | Universalgreifer



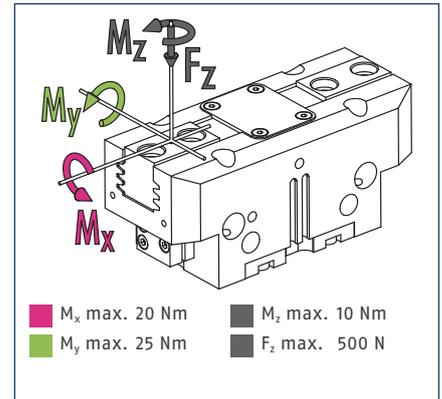
Greifkraft Außengreifen



Greifkraft Innengreifen



Fingerbelastung



① Die angegebenen Momente und Kräfte sind statische Werte, gelten je Grundbacke und dürfen gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zul. Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 50-1	PGN-plus 50-2	PGN-plus 50-1-AS	PGN-plus 50-2-AS	PGN-plus 50-1-IS	PGN-plus 50-2-IS
Ident.-Nr.		0371099	0371149	0371399	0371449	0371459	0371469
Hub pro Backe	[mm]	4	2	4	2	4	2
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	140/145	290/310	185/-	385/-	-/190	-/405
min. Federkraft	[N]			45	95	45	95
Eigenmasse	[kg]	0.17	0.17	0.21	0.21	0.21	0.21
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	0.7	1.45	0.7	1.45	0.7	1.45
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm ³]	5	5	8.5	8.5	11	11
min. / max. Betriebsdruck	[bar]	2.5/8	2.5/8	4/6.5	4/6.5	4/6.5	4/6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6	6	6	6	6	6
Schließ- / Öffnungszeit	[s]	0.02/0.02	0.02/0.02	0.02/0.03	0.02/0.03	0.03/0.02	0.03/0.02
Schließ- / Öffnungszeit nur mit Feder	[s]			0.05	0.05	0.05	0.05
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	72	68	68	64	68	64
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Schutzart IP		40	40	40	40	40	40
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Reinraumklasse ISO 14644-1		5	5	5	5	5	5
Optionen und deren Eigenschaften							
Staubdicht-Version		37371099	37371149	37371399	37371449	37371459	37371469
Schutzart IP		64	64	64	64	64	64
Eigenmasse	[kg]	0.2	0.2	0.24	0.24	0.24	0.24
Korrosionsschutz-Version		38371099	38371149	38371399	38371449	38371459	38371469
Hochtemperatur-Version		39371099	39371149	39371399	39371449	39371459	39371469
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130
Kraftverstärkungs-Version		0372099	0372149	0372399		0372459	
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	250/260	520/560	295/-		-/305	
Eigenmasse	[kg]	0.21	0.21	0.26		0.26	
Maximaldruck	[bar]	6	6	6		6	
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	64	50	50		50	
Präzisions-Version		0371121	0371171	0371421	0371436		

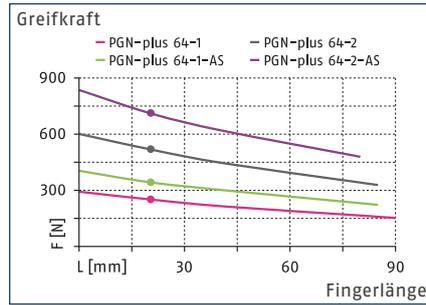
① Die volle Greifkraft laut Datentabelle stellt sich manchmal erst nach einigen 100 Greifzyklen ein.

PGN-plus 64

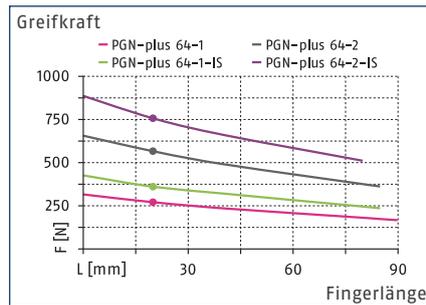
SCHUNK Greifer pneumatisch | 2-Finger-Parallelgreifer | Universalgreifer



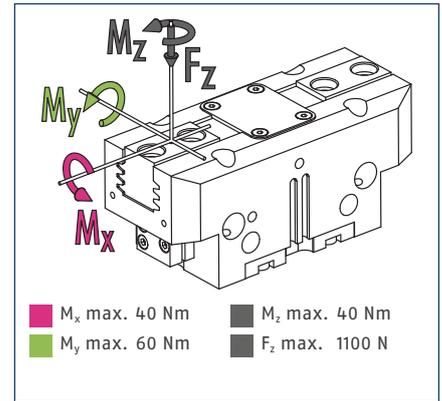
Greifkraft Außengreifen



Greifkraft Innengreifen



Fingerbelastung



① Die angegebenen Momente und Kräfte sind statische Werte, gelten je Grundbacke und dürfen gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zul. Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 64-1	PGN-plus 64-2	PGN-plus 64-1-AS	PGN-plus 64-2-AS	PGN-plus 64-1-IS	PGN-plus 64-2-IS
Ident.-Nr.		0371090	0371091	0371092	0371093	0371094	0371095
Hub pro Backe	[mm]	6	3	6	3	6	3
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	250/270	520/565	340/-	710/-	-/360	-/755
min. Federkraft	[N]			90	190	90	190
Eigenmasse	[kg]	0.28	0.28	0.37	0.37	0.37	0.37
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	1.25	2.6	1.25	2.6	1.25	2.6
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm ³]	10	10	17	17	21	21
min. / max. Betriebsdruck	[bar]	2.5/8	2.5/8	4/6.5	4/6.5	4/6.5	4/6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6	6	6	6	6	6
Schließ- / Öffnungszeit	[s]	0.03/0.03	0.03/0.03	0.02/0.04	0.02/0.04	0.04/0.02	0.04/0.02
Schließ- / Öffnungszeit nur mit Feder	[s]			0.08	0.08	0.08	0.08
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	90	85	85	80	85	80
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Schutzart IP		40	40	40	40	40	40
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Reinraumklasse ISO 14644-1		5	5	5	5	5	5
Optionen und deren Eigenschaften							
Staubdicht-Version		37371090	37371091	37371092	37371093	37371094	37371095
Schutzart IP		64	64	64	64	64	64
Eigenmasse	[kg]	0.35	0.35	0.44	0.44	0.44	0.44
Korrosionsschutz-Version		38371090	38371091	38371092	38371093	38371094	38371095
Hochtemperatur-Version		39371090	39371091	39371092	39371093	39371094	39371095
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130
Kraftverstärkungs-Version		0372090	0372091	0372092		0372093	
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	450/485	935/1015	540/-		-/575	
Eigenmasse	[kg]	0.35	0.35	0.43		0.43	
Maximaldruck	[bar]	6	6	6		6	
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	80	64	64		64	
Präzisions-Version		0371122	0371172	0371422	0371437		

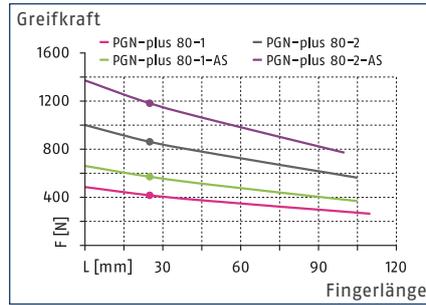
① Die volle Greifkraft laut Datentabelle stellt sich manchmal erst nach einigen 100 Greifzyklen ein.

PGN-plus 80

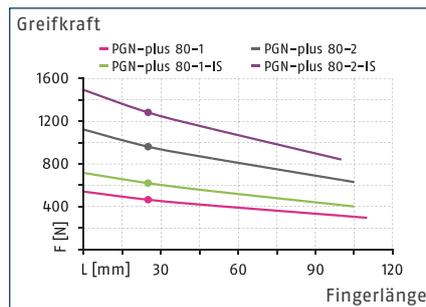
SCHUNK Greifer pneumatisch | 2-Finger-Parallelgreifer | Universalgreifer



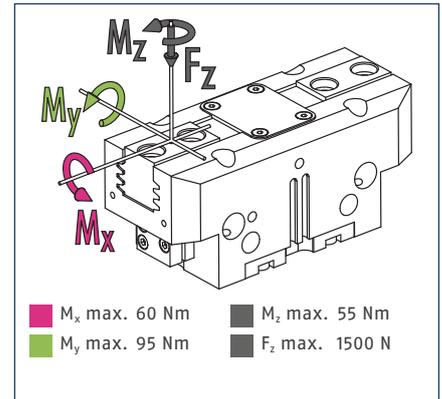
Greifkraft Außengreifen



Greifkraft Innengreifen



Fingerbelastung



① Die angegebenen Momente und Kräfte sind statische Werte, gelten je Grundbacke und dürfen gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zul. Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 80-1	PGN-plus 80-2	PGN-plus 80-1-AS	PGN-plus 80-2-AS	PGN-plus 80-1-IS	PGN-plus 80-2-IS
Ident.-Nr.		0371101	0371151	0371401	0371451	0371461	0371471
Hub pro Backe	[mm]	8	4	8	4	8	4
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	415/465	860/960	570/-	1180/-	-/620	-/1280
min. Federkraft	[N]			155	320	155	320
Eigenmasse	[kg]	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	2.1	4.3	2.1	4.3	2.1	4.3
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm ³]	22.5	22.5	36	36	42.5	42.5
min. / max. Betriebsdruck	[bar]	2.5/8	2.5/8	4/6.5	4/6.5	4/6.5	4/6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6	6	6	6	6	6
Schließ- / Öffnungszeit	[s]	0.04/0.04	0.04/0.04	0.03/0.05	0.03/0.05	0.05/0.03	0.05/0.03
Schließ- / Öffnungszeit nur mit Feder	[s]			0.10	0.10	0.10	0.10
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	110	105	105	100	105	100
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Schutzart IP		40	40	40	40	40	40
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Reinraumklasse ISO 14644-1		5	5	5	5	5	5
Optionen und deren Eigenschaften							
Staubdicht-Version		37371101	37371151	37371401	37371451	37371461	37371471
Schutzart IP		64	64	64	64	64	64
Eigenmasse	[kg]	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
Korrosionsschutz-Version		38371101	38371151	38371401	38371451	38371461	38371471
Hochtemperatur-Version		39371101	39371151	39371401	39371451	39371461	39371471
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130
Kraftverstärkungs-Version		0372101	0372151	0372401		0372461	
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	745/835	1550/1730	900/-		-/990	
Eigenmasse	[kg]	0.65	0.65	0.75		0.75	
Maximaldruck	[bar]	6	6	6		6	
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	100	80	80		80	
Präzisions-Version		0371123	0371173	0371423	0371438		

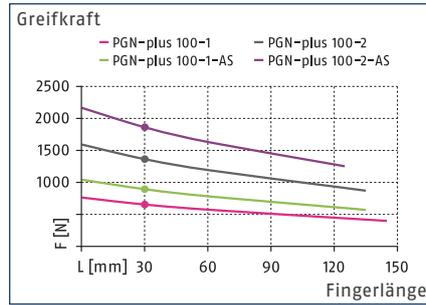
① Die volle Greifkraft laut Datentabelle stellt sich manchmal erst nach einigen 100 Greifzyklen ein.

PGN-plus 100

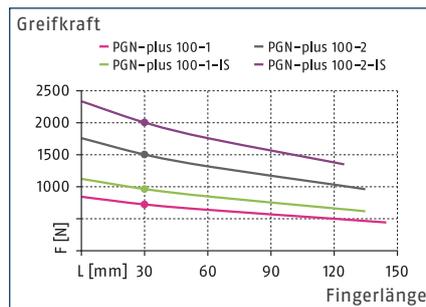
SCHUNK Greifer pneumatisch | 2-Finger-Parallelgreifer | Universalgreifer



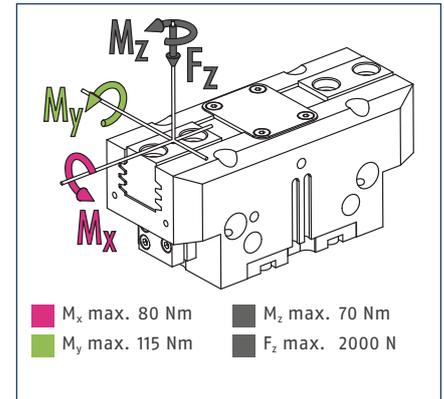
Greifkraft Außengreifen



Greifkraft Innengreifen



Fingerbelastung



① Die angegebenen Momente und Kräfte sind statische Werte, gelten je Grundbacke und dürfen gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zul. Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 100-1	PGN-plus 100-2	PGN-plus 100-1-AS	PGN-plus 100-2-AS	PGN-plus 100-1-IS	PGN-plus 100-2-IS
Ident.-Nr.		0371102	0371152	0371402	0371452	0371462	0371472
Hub pro Backe	[mm]	10	5	10	5	10	5
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	660/725	1370/1500	900/-	1870/-	-/965	-/2000
min. Federkraft	[N]			240	500	240	500
Eigenmasse	[kg]	0.81	0.81	1	1	1	1
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	3.3	6.85	3.3	6.85	3.3	6.85
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm ³]	45	45	79	79	90	90
min. / max. Betriebsdruck	[bar]	2.5/8	2.5/8	4/6.5	4/6.5	4/6.5	4/6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6	6	6	6	6	6
Schließ- / Öffnungszeit	[s]	0.07/0.07	0.07/0.07	0.05/0.09	0.05/0.09	0.09/0.05	0.09/0.05
Schließ- / Öffnungszeit nur mit Feder	[s]			0.20	0.20	0.20	0.20
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	145	135	135	125	135	125
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Schutzart IP		40	40	40	40	40	40
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Reinraumklasse ISO 14644-1		5	5	5	5	5	5
Optionen und deren Eigenschaften							
Staubdicht-Version		37371102	37371152	37371402	37371452	37371462	37371472
Schutzart IP		64	64	64	64	64	64
Eigenmasse	[kg]	0.99	0.99	1.18	1.18	1.18	1.18
Korrosionsschutz-Version		38371102	38371152	38371402	38371452	38371462	38371472
Hochtemperatur-Version		39371102	39371152	39371402	39371452	39371462	39371472
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130
Kraftverstärkungs-Version		0372102	0372152	0372402		0372462	
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	1190/1305	2465/2700	1430/-		-/1545	
Eigenmasse	[kg]	1.05	1.05	1.3		1.3	
Maximaldruck	[bar]	6	6	6		6	
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	125	100	100		100	
Präzisions-Version		0371124	0371174	0371424	0371439		

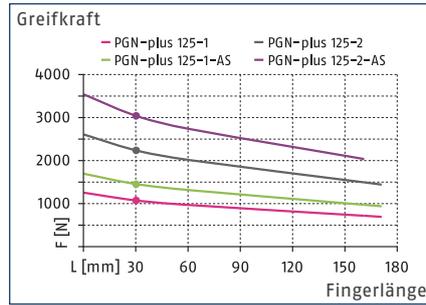
① Die volle Greifkraft laut Datentabelle stellt sich manchmal erst nach einigen 100 Greifzyklen ein.

PGN-plus 125

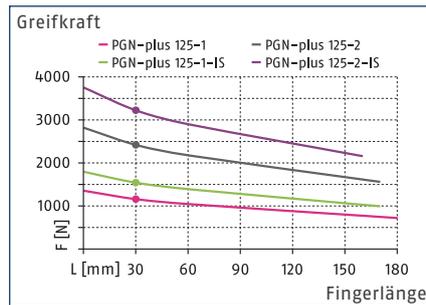
SCHUNK Greifer pneumatisch | 2-Finger-Parallelgreifer | Universalgreifer



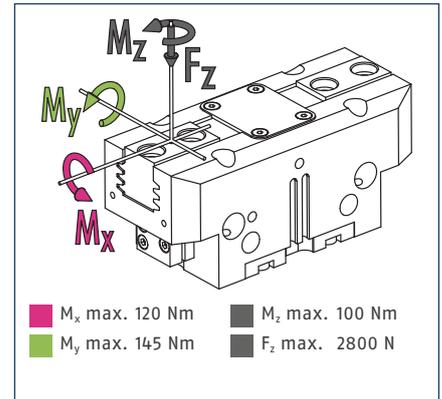
Greifkraft Außengreifen



Greifkraft Innengreifen



Fingerbelastung



① Die angegebenen Momente und Kräfte sind statische Werte, gelten je Grundbacke und dürfen gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zul. Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 125-1	PGN-plus 125-2	PGN-plus 125-1-AS	PGN-plus 125-2-AS	PGN-plus 125-1-IS	PGN-plus 125-2-IS
Ident.-Nr.		0371103	0371153	0371403	0371453	0371463	0371473
Hub pro Backe	[mm]	13	6	13	6	13	6
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	1080/1170	2240/2420	1470/-	3040/-	-/1560	-/3220
min. Federkraft	[N]			390	800	390	800
Eigenmasse	[kg]	1.35	1.35	1.85	1.85	1.85	1.85
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	5.4	11.2	5.4	11.2	5.4	11.2
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm ³]	87	87	119	119	166	166
min. / max. Betriebsdruck	[bar]	2.5/8	2.5/8	4/6.5	4/6.5	4/6.5	4/6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6	6	6	6	6	6
Schließ- / Öffnungszeit	[s]	0.1/0.1	0.1/0.1	0.08/0.12	0.08/0.12	0.12/0.08	0.12/0.08
Schließ- / Öffnungszeit nur mit Feder	[s]			0.30	0.30	0.30	0.30
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	180	170	170	160	170	160
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Schutzart IP		40	40	40	40	40	40
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Reinraumklasse ISO 14644-1		5	5	5	5	5	5
Optionen und deren Eigenschaften							
Staubdicht-Version		37371103	37371153	37371403	37371453	37371463	37371473
Schutzart IP		64	64	64	64	64	64
Eigenmasse	[kg]	1.55	1.55	2.05	2.05	2.05	2.05
Korrosionsschutz-Version		38371103	38371153	38371403	38371453	38371463	38371473
Hochtemperatur-Version		39371103	39371153	39371403	39371453	39371463	39371473
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130
Kraftverstärkungs-Version		0372103	0372153	0372403		0372463	
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	1945/2105	4030/4355	2335/-		-/2495	
Eigenmasse	[kg]	1.85	1.85	2.3		2.3	
Maximaldruck	[bar]	6	6	6		6	
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	160	125	125		125	
Präzisions-Version		0371125	0371175	0371425	0371440		

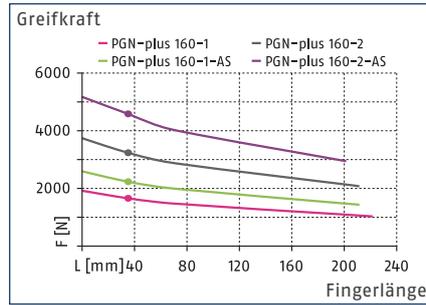
① Die volle Greifkraft laut Datentabelle stellt sich manchmal erst nach einigen 100 Greifzyklen ein.

PGN-plus 160

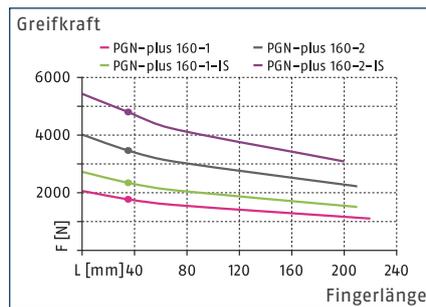
SCHUNK Greifer pneumatisch | 2-Finger-Parallelgreifer | Universalgreifer



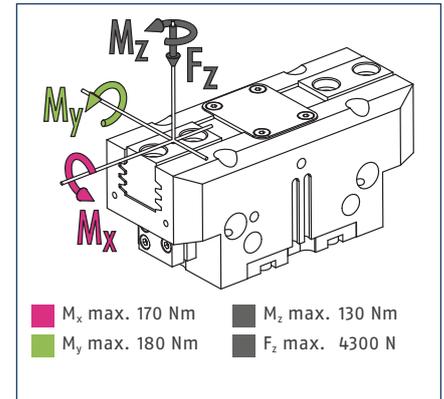
Greifkraft Außengreifen



Greifkraft Innengreifen



Fingerbelastung



ⓘ Die angegebenen Momente und Kräfte sind statische Werte, gelten je Grundbacke und dürfen gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zul. Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 160-1	PGN-plus 160-2	PGN-plus 160-1-AS	PGN-plus 160-2-AS	PGN-plus 160-1-IS	PGN-plus 160-2-IS
Ident.-Nr.		0371104	0371154	0371404	0371454	0371464	0371474
Hub pro Backe	[mm]	16	8	16	8	16	8
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	1640/1770	3200/3460	2210/-	4420/-	-/2340	-/4680
min. Federkraft	[N]			570	1220	570	1220
Eigenmasse	[kg]	2.6	2.6	3.6	3.6	3.6	3.6
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	8.2	16	8.2	16	8.2	16
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm ³]	164	164	210	210	265	265
min. / max. Betriebsdruck	[bar]	2.5/8	2.5/8	4/6.5	4/6.5	4/6.5	4/6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6	6	6	6	6	6
Schließ- / Öffnungszeit	[s]	0.15/0.15	0.15/0.15	0.12/0.25	0.12/0.25	0.25/0.12	0.25/0.12
Schließ- / Öffnungszeit nur mit Feder	[s]			0.45	0.45	0.45	0.45
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	220	210	210	200	210	200
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Schutzart IP		40	40	40	40	40	40
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Reinraumklasse ISO 14644-1		5	5	5	5	5	5
Optionen und deren Eigenschaften							
Staubdicht-Version		37371104	37371154	37371404	37371454	37371464	37371474
Schutzart IP		64	64	64	64	64	64
Eigenmasse	[kg]	3	3	4	4	4	4
Korrosionsschutz-Version		38371104	38371154	38371404	38371454	38371464	38371474
Hochtemperatur-Version		39371104	39371154	39371404	39371454	39371464	39371474
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130
Kraftverstärkungs-Version		0372104	0372154	0372404		0372464	
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	2950/3185	5760/6230	3520/-		-/3755	
Eigenmasse	[kg]	3.4	3.4	4.4		4.4	
Maximaldruck	[bar]	6	6	6		6	
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	160	125	125		125	
Präzisions-Version		0371126	0371176	0371426	0371441		

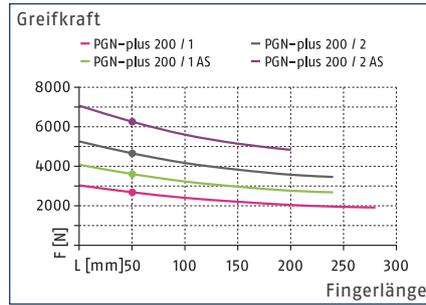
ⓘ Die volle Greifkraft laut Datentabelle stellt sich manchmal erst nach einigen 100 Greifzyklen ein.

PGN-plus 200

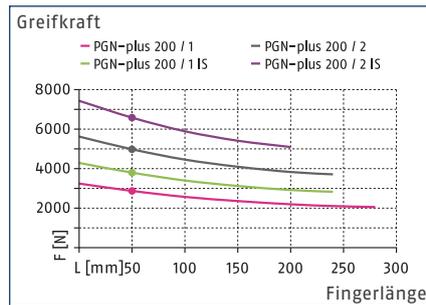
SCHUNK Greifer pneumatisch | 2-Finger-Parallelgreifer | Universalgreifer



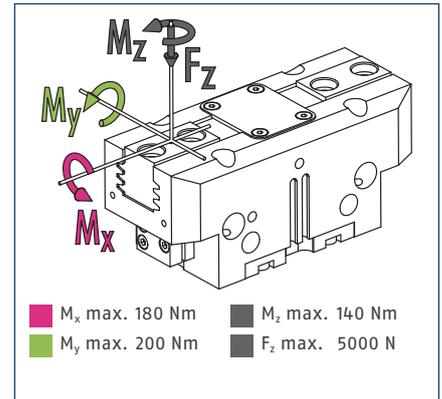
Greifkraft Außengreifen



Greifkraft Innengreifen



Fingerbelastung



ⓘ Die angegebenen Momente und Kräfte sind statische Werte, gelten je Grundbacke und dürfen gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zul. Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 200-1	PGN-plus 200-2	PGN-plus 200-1-AS	PGN-plus 200-2-AS	PGN-plus 200-1-IS	PGN-plus 200-2-IS
Ident.-Nr.		0371105	0371155	0371405	0371455	0371465	0371475
Hub pro Backe	[mm]	25	14	25	14	25	14
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	2700/2870	4650/4980	3610/-	6250/-	-/3780	-/6580
min. Federkraft	[N]			910	1600	910	1600
Eigenmasse	[kg]	5.4	5.4	7.5	7.5	7.5	7.5
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	13.5	23.5	13.5	23.5	13.5	23.5
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm³]	385	385	495	495	620	620
min. / max. Betriebsdruck	[bar]	2.5/8	2.5/8	4/6.5	4/6.5	4/6.5	4/6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6	6	6	6	6	6
Schließ- / Öffnungszeit	[s]	0.35/0.35	0.35/0.35	0.3/0.6	0.3/0.6	0.6/0.3	0.6/0.3
Schließ- / Öffnungszeit nur mit Feder	[s]			0.50	0.50	0.50	0.50
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	280	240	240	200	240	200
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
Schutzart IP		40	40	40	40	40	40
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Reinraumklasse ISO 14644-1		5	5	5	5	5	5
Optionen und deren Eigenschaften							
Staubdicht-Version		37371105	37371155	37371405	37371455	37371465	37371475
Schutzart IP		64	64	64	64	64	64
Eigenmasse	[kg]	6	6	8.1	8.1	8.1	8.1
Korrosionsschutz-Version		38371105	38371155	38371405	38371455	38371465	38371475
Hochtemperatur-Version		39371105	39371155	39371405	39371455	39371465	39371475
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130
Kraftverstärkungs-Version		0372105	0372155	0372405		0372465	
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	4860/5165	8370/8965	5770/-		-/6075	
Eigenmasse	[kg]	6.7	6.7	9		9	
Maximaldruck	[bar]	6	6	6		6	
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	200	160	160		160	
Präzisions-Version		0371127	0371177	0371427	0371442		

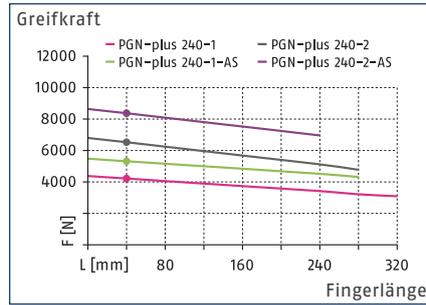
ⓘ Die volle Greifkraft laut Datentabelle stellt sich manchmal erst nach einigen 100 Greifzyklen ein.

PGN-plus 240

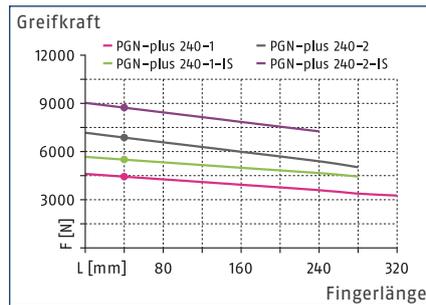
SCHUNK Greifer pneumatisch | 2-Finger-Parallelgreifer | Universalgreifer



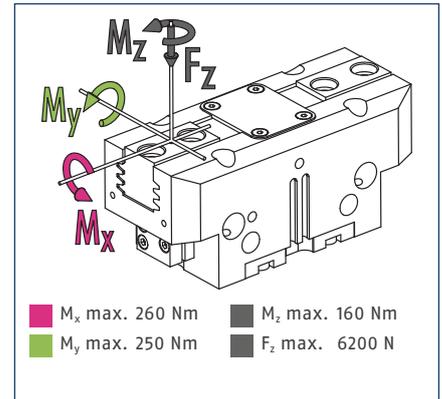
Greifkraft Außengreifen



Greifkraft Innengreifen



Fingerbelastung



ⓘ Die angegebenen Momente und Kräfte sind statische Werte, gelten je Grundbacke und dürfen gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zul. Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 240-1	PGN-plus 240-2	PGN-plus 240-1-AS	PGN-plus 240-2-AS	PGN-plus 240-1-IS	PGN-plus 240-2-IS
Ident.-Nr.		0371108	0371158	0371408	0371458	0371468	0371478
Hub pro Backe	[mm]	30	17	30	17	30	17
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	4200/4440	6500/6870	5300/-	8340/-	-/5540	-/8710
min. Federkraft	[N]			1100	1840	1100	1840
Eigenmasse	[kg]	8.5	8.5	12	12	12	12
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	21.5	33	21.5	33	21.5	33
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm ³]	650	650	810	810	995	995
min. / max. Betriebsdruck	[bar]	2.5/8	2.5/8	4/6.5	4/6.5	4/6.5	4/6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6	6	6	6	6	6
Schließ- / Öffnungszeit	[s]	0.45/0.45	0.45/0.45	0.35/0.65	0.35/0.65	0.65/0.35	0.65/0.35
Schließ- / Öffnungszeit nur mit Feder	[s]			0.55	0.55	0.55	0.55
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	320	280	280	240	280	240
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
Schutzart IP		40	40	40	40	40	40
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Reinraumklasse ISO 14644-1		5	5	5	5	5	5
Optionen und deren Eigenschaften							
Staubdicht-Version		37371108	37371158	37371408	37371458	37371468	37371478
Schutzart IP		64	64	64	64	64	64
Eigenmasse	[kg]	11.4	11.4	14.4	14.4	14.4	14.4
Korrosionsschutz-Version		38371108	38371158	38371408	38371458	38371468	38371478
Hochtemperatur-Version		39371108	39371158	39371408	39371458	39371468	39371478
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130
Präzisions-Version		0371128	0371178	0371428	0371443		

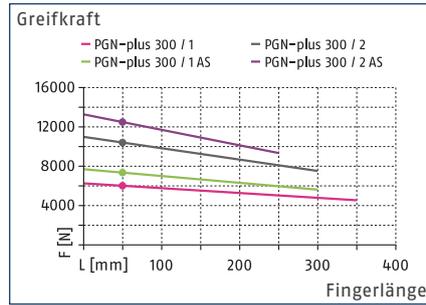
ⓘ Die volle Greifkraft laut Datentabelle stellt sich manchmal erst nach einigen 100 Greifzyklen ein.

PGN-plus 300

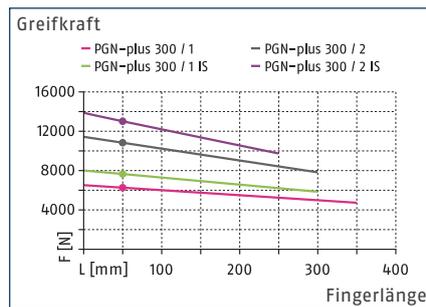
SCHUNK Greifer pneumatisch | 2-Finger-Parallelgreifer | Universalgreifer



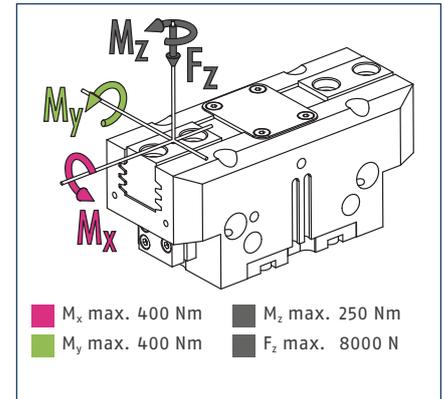
Greifkraft Außengreifen



Greifkraft Innengreifen



Fingerbelastung



① Die angegebenen Momente und Kräfte sind statische Werte, gelten je Grundbacke und dürfen gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zul. Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 300-1	PGN-plus 300-2	PGN-plus 300-1-AS	PGN-plus 300-2-AS	PGN-plus 300-1-IS	PGN-plus 300-2-IS
Ident.-Nr.		0371106	0371156	0371406	0371456	0371466	0371476
Hub pro Backe	[mm]	35	20	35	20	35	20
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	6000/6260	10300/10800	7400/-	12500/-	-/7660	-/13000
min. Federkraft	[N]			1400	2200	1400	2200
Eigenmasse	[kg]	13.9	13.9	17.2	17.2	17.2	17.2
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	30	51.5	30	51.5	30	51.5
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm ³]	1040	1040	1295	1295	1560	1560
min. / max. Betriebsdruck	[bar]	2.5/8	2.5/8	4/6.5	4/6.5	4/6.5	4/6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6	6	6	6	6	6
Schließ- / Öffnungszeit	[s]	0.5/0.5	0.5/0.5	0.4/0.7	0.4/0.7	0.7/0.4	0.7/0.4
Schließ- / Öffnungszeit nur mit Feder	[s]			0.60	0.60	0.60	0.60
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	350	300	300	250	300	250
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
Schutzart IP		40	40	40	40	40	40
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Reinraumklasse ISO 14644-1		5	5	5	5	5	5
Optionen und deren Eigenschaften							
Staubdicht-Version		37371106	37371156	37371406	37371456	37371466	37371476
Schutzart IP		64	64	64	64	64	64
Eigenmasse	[kg]	17.6	17.6	21.3	21.3	21.3	21.3
Korrosionsschutz-Version		38371106	38371156	38371406	38371456	38371466	38371476
Hochtemperatur-Version		39371106	39371156	39371406	39371456	39371466	39371476
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130
Präzisions-Version		0371129	0371179	0371429	0371444		

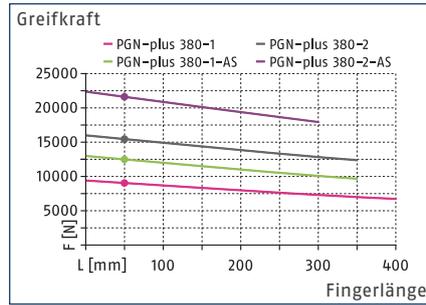
① Die volle Greifkraft laut Datentabelle stellt sich manchmal erst nach einigen 100 Greifzyklen ein.

PGN-plus 380

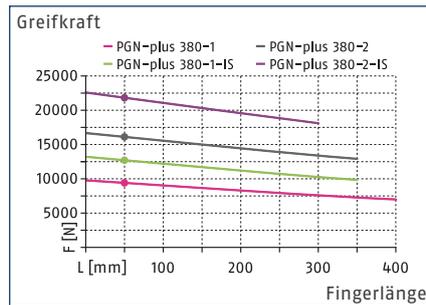
SCHUNK Greifer pneumatisch | 2-Finger-Parallelgreifer | Universalgreifer



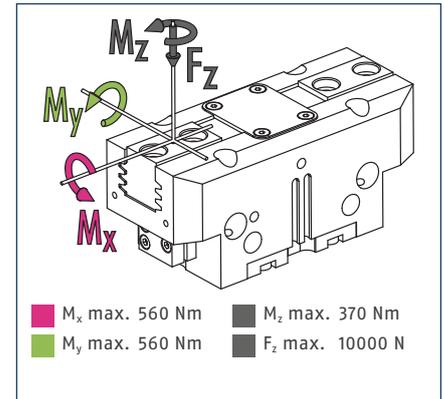
Greifkraft Außengreifen



Greifkraft Innengreifen



Fingerbelastung



① Die angegebenen Momente und Kräfte sind statische Werte, gelten je Grundbacke und dürfen gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zul. Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 380-1	PGN-plus 380-2	PGN-plus 380-1-AS	PGN-plus 380-2-AS	PGN-plus 380-1-IS	PGN-plus 380-2-IS
Ident.-Nr.		0371107	0371157	0371407	0371457	0371467	0371477
Hub pro Backe	[mm]	45	26	45	26	45	26
Schließ- / Öffnungskraft	[N]	9050/9400	15450/16100	12350/-	21150/-	-/12700	-/21800
min. Federkraft	[N]			3300	5700	3300	5700
Eigenmasse	[kg]	28	29	36.5	37.5	36.5	37.5
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	47	80.5	47	80.5	47	80.5
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm ³]	2275	2275	2705	2705	3175	3175
min. / max. Betriebsdruck	[bar]	2.5/8	2.5/8	4/6.5	4/6.5	4/6.5	4/6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6	6	6	6	6	6
Schließ- / Öffnungszeit	[s]	0.6/0.6	0.6/0.6	0.5/0.8	0.5/0.8	0.8/0.5	0.8/0.5
Schließ- / Öffnungszeit nur mit Feder	[s]			0.80	0.80	0.80	0.80
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	400	350	350	300	350	300
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	17	17	17	17	17	17
Schutzart IP		40	40	40	40	40	40
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90	5/90
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Reinraumklasse ISO 14644-1		5	5	5	5	5	5
Optionen und deren Eigenschaften							
Staubdicht-Version		37371107	37371157	37371407	37371457	37371467	37371477
Schutzart IP		64	64	64	64	64	64
Eigenmasse	[kg]	30	31	38.5	39.5	38.5	39.5
Korrosionsschutz-Version		38371107	38371157	38371407	38371457	38371467	38371477
Hochtemperatur-Version		39371107	39371157	39371407	39371457	39371467	39371477
min. / max. Umgebungstemperatur	[°C]	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130	5/130
Präzisions-Version		0371130	0371180	0371430	0371445		

① Die volle Greifkraft laut Datentabelle stellt sich manchmal erst nach einigen 100 Greifzyklen ein.