

(Hier wird das Aufgabenblatt in Kopie eingelegt)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	vii
Abkürzungsverzeichnis	viii
1 Einleitung	1
2 Lösungsansätze und Aufgabenstellung	3
2.1 Parkplatzsteuerung	3
2.2 Ladeinfrastruktur	4
2.3 Parkplatzsteuerung an Ladestationen für Elektroautos	5
2.4 Aufgabenstellung	6
3 Stand der Technik	8
3.1 Grundlagen Bordsteine	8
3.2 Stand iCurb	14
3.3 Funktionalitäten	17
3.4 Fahrzeugerkennung	20
3.4.1 Messprinzipien	21
3.4.2 Fahrzeugerkennung an Parkplätzen in Smart City Projekten	23
3.4.3 Fahrzeugerkennung an Ladestationen	25
4 Stromversorgung für den iCurb	26
4.1 Niederspannungsnetz	27
4.2 Auswahl Erdkabel	28
4.3 Ausführung der Schnittstellen zum iCurb	31
4.4 Bereitstellung von Spannung und Strom für die Elektronik	34
4.5 Anforderungen an den Hochbordstein	36
5 Integration der informationsverarbeitenden Komponenten	38
5.1 Analyse der Komponenten	38
5.1.1 Parkplatzsensor	38
5.1.2 XBee	42
5.1.3 LED-Profil	45
5.2 Positionierung des Parkplatzsensors	50

5.3	Wasserschutz des Parkplatzsensors	52
5.4	Befestigung des Parkplatzsensors	53
5.5	Anforderungen an den Hochbordstein	58
6	Stromversorgung der informationsverarbeitenden Komponenten	60
6.1	Netzteil	60
6.2	Leitungsschutzschalter	63
6.3	Kabelführung und Anschlüsse	67
7	Aufbau des iCurb	72
7.1	Stromversorgung iCurb	72
7.2	Smart Parking Board	75
7.3	Stromversorgung der informationsverarbeitenden Bauteile	77
7.4	Gesamtaufbau des iCurb	80
8	Zusammenfassung und Ausblick	83
9	Literaturverzeichnis	87
10	Anhang	94

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Querschnitte verschiedener Bordsteine (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2005, S. 7)	9
Abbildung 2: Hochbordstein (Betonwerk Lintel, 2013, S. 1).....	9
Abbildung 3: Meadrain Meakerb, Entwässerungssystem mit Bordsteinaufsatzz (MEA Water Management GmbH , 2013, S. 11).....	10
Abbildung 4: Beispiel für eine Profilierung der Enden eines Bordsteins (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010, S. 10).....	11
Abbildung 5: Seitenansicht eines Bordsteins mit Fase und Abschrägung an der äußereren Kante (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010, S. 6).....	12
Abbildung 6: Modell des iCurb einzeln und Zusammenbau (eigene Konstruktion).....	14
Abbildung 7: Verbindung von Ober- und Unterteil (eigene Konstruktion).....	15
Abbildung 8: Profilierung an Ober- und Unterteil zur Verbindung mehrerer iCurbs (eigene Konstruktion)	15
Abbildung 9: Verschiebung des Straßenniveaus beim Einbau des Bordsteins (MEA Water Management GmbH , 2012, S. 10).....	16
Abbildung 10: iCurb an das Straßenniveau angepasst (eigene Konstruktion) ..	17
Abbildung 11: iCurb mit Öffnung vorne zur Kabeldurchführung und Stromversorgung der Ladetechnik (eigene Konstruktion)	18
Abbildung 12: Funktionalitäten des iCurb (Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart, 2013)	19
Abbildung 13: RGB-Lichtband an einem Bordstein (BFT International, 2011) ..	20
Abbildung 14: Position und Seitenansicht der LED-Leiste am Bordstein (eigene Konstruktion).....	20
Abbildung 15: Reale Einbausituation des Parkplatzsensors in Santander (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, c)	24
Abbildung 16: Visualisierung der Informationen links mit Displays (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, c) und rechts mit interaktiven Karten (PmWiki, 2012)	25
Abbildung 17: Szenario einer Straße mit iCurb und Ladetechnik (Fraunhofer IAO, 2013)	26
Abbildung 18: Spannungsebenen in Deutschland (Bund der Energieverbraucher, 2013)	27
Abbildung 19: Erdkabel vom Typ NYY-J (Lapp Kabel, 2014, a)	29
Abbildung 20: Referenz-Verlegearten für feste Verlegung in und an Gebäuden (ABB STOTZ-KONTAKT GmbH, 2010, S. 4).....	30
Abbildung 21: Strombelastbarkeit bei fester Verlegung und Dauerbetrieb (ABB STOTZ-KONTAKT GmbH, 2010, S. 5)	31
Abbildung 22: Möglichkeiten am iCurb zur Durchführung des Kabels (eigene Konstruktion).....	32
Abbildung 23: Erdkabel-Muffensystem (links) (Tyco Electronics, 2010, S. 35) und Einbau einer solchen Muffe im iCurb (rechts) (eigene Konstruktion)	32
Abbildung 24: CEE-Steckverbindung (PC Electric, 2013).....	33

Abbildung 25: iCurb-Modul mit Steckverbindungen an den Enden (eigene Konstruktion).....	34
Abbildung 26: Transformation von 400V zu 230V (eigene Abbildung).....	34
Abbildung 27: Abzweigmuffe zur Stromversorgung der Sensorik (eigene Konstruktion).....	35
Abbildung 28: Gießharz-Abzweigmuffe (Cellpack GmbH, 2014)	36
Abbildung 29: Magnetfeldsensor für Einzelplatzerkennung von MSR-Traffic (MSR-Traffic GmbH, 2014, b)	39
Abbildung 30: Magnetfeldsensor der Firma MobiliSis (MobiliSis GmbH, 2014, b)	40
Abbildung 31: Montage des Portos ES1 der Firma ebm an der Decke eines Parkhauses (elektro-bau-montage GmbH & Co. KG, 2011)	40
Abbildung 32: Smart Parking Board (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a)	41
Abbildung 33: Montage des XBee auf dem Smart Parking Board (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, f)	43
Abbildung 34: XBee mit Kabelantenne (RoboSavvy, 2012).....	44
Abbildung 35: Waspmove Plug&Sense! (links) (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a, S. 6) und Meshlium (rechts) (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a, S. 9).....	45
Abbildung 36: LED-Profil am iCurb (eigene Konstruktion)	46
Abbildung 37: Anschluss von Netzteil, Steuergerät und LED-Profil (Josef Barthelme GmbH & Co. KG, 2012, S. 4).....	47
Abbildung 38: LED-Profilschiene von click-licht.de (click-licht.de, 2014, a)	48
Abbildung 39: LED-Stripes von click-licht.de (links) (click-licht.de, 2014, b)und ihre Montage in einer Nut an einem Bordstein (rechts) (BFT International, 2011)	48
Abbildung 40: LED Strips Outdoor von KS Licht- und Elektrotechnik (KS Licht- und Elektrotechnik, 2014, b)	49
Abbildung 41: Testaufbau zur Positionierung des Smart Parking Boards im iCurb (links) (Fraunhofer-Anwendungszentrum KEIM, 2013, a) und Positionierung des Smart Parking Boards im endgültigen Aufbau mit der eigenen Konstruktion des iCurb (rechts) (eigene Konstruktion)	51
Abbildung 42: Polycarbonatgehäuse von MULTI-BOX (MULTI-BOX GmbH, 2014).....	53
Abbildung 43: Position der Bohrungen zur Befestigung der Platine (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a, S. 14).....	54
Abbildung 44: Leiterplattenhalter LCBSBM, Firma Richco (Richco, 2014)	55
Abbildung 45: Hutschiene (links) (Conrad Electronic SE, 2014, a) und Adapter zur Befestigung des Gehäuses im iCurb (rechts) (CarTFT.com e.K., 2013).....	55
Abbildung 46: Position der Bohrungen zur Gehäusebefestigung (eigene Konstruktion).....	56
Abbildung 47: Usit-Ringe Darstellung (links) und Einbau (rechts) (Sattler GmbH, 2013).....	56
Abbildung 48: Mögliche Positionierung des Gehäuses im iCurb (links) (eigene Konstruktion) und Befestigung des Gehäuses auf den Adapters im Schnitt (rechts) (eigene Konstruktion).....	57
Abbildung 49: Vorgehen zum Entnehmen des Gehäuses aus dem eingebauten iCurb (eigene Konstruktion)	58

Abbildung 50: Blechhalter zur Befestigung von Netzteilen (MEAN WELL, 2013, b).....	59
Abbildung 51: Hutschienennetzteil (links) (MEAN WELL, 2011) und LED-Schaltnetzteil (rechts) von Mean Well (MEAN WELL, 2013, a).....	61
Abbildung 52: Netzteil RAC01-C von RECOM (RECOM Electronic, 2014)	62
Abbildung 53: Experimentierplatine zur Befestigung des Netzteils (Conrad Electronic SE, 2008)	62
Abbildung 54: Scheibenvaristor Überspannungsschutz am Netzteil (EPCOS AG, 2007)	63
Abbildung 55: Anwenderschaltung des Netzteils (RECOM Electronic, 2014)....	63
Abbildung 56: Schmelzsicherung 1A (Conrad Electronic SE, 2014, b).....	64
Abbildung 57: Leitungsschutzschalter von Siemens (Siemens AG, 2013).....	65
Abbildung 58: Durchgangsklemme um den Schutzleiter abzuklemmen (PHOENIX CONTACT, 2014, a)	66
Abbildung 59: Leitungsschutzschalter und Durchgangsklemme im Gehäuse mit Netzteil und Smart Parking Board (eigene Konstruktion).....	67
Abbildung 60: Darstellung der Bereitstellung der 230V am Eingang zum Gehäuse (eigene Konstruktion)	67
Abbildung 61: Kabelverschraubung von Weidmüller (Weidmüller Interface, 2013, a).....	68
Abbildung 62: Kabelführung zur Sicherung ausgehend von der Kabelverschraubung (eigene Darstellung).....	69
Abbildung 63: Leiterplattenanschlussklemme Phoenix Contact (PHOENIX CONTACT, 2014, b)	70
Abbildung 64: Anschlussleitung vom Typ H05V-K mit PVC Isolierung (Lapp Kabel, 2014, c).....	70
Abbildung 65: Stromanschluss am Smart Parking Board (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L, 2013, f)	71
Abbildung 66: Komponenten im Gehäuse und Kabelverläufe (eigene Konstruktion).....	71
Abbildung 67: Bohrung zur Kabdurchführung im iCurb (eigene Konstruktion)	72
Abbildung 68: Geschlossenes Modul aus sechs iCurbs mit Verbindungssteckern an beiden Enden (eigene Konstruktion)	73
Abbildung 69: Y-Abzweigmuffe (links) und T-Abzweigmuffe (rechts) im iCurb (eigene Konstruktion)	74
Abbildung 70: Universaldichtung für Kabdurchführungen (Hauff-Technik, 2014).....	75
Abbildung 71: Baugruppe zur Stromversorgung des iCurb (eigene Konstruktion)	75
Abbildung 72: Position des Smart Parking Boards im Gehäuse (eigene Konstruktion).....	76
Abbildung 73: Befestigung der Platine des Smart Parking Board durch den Halter der Firma Richco (eigene Konstruktion) (Richco, 2014).....	76
Abbildung 74: Kabelverschraubung am Gehäuse (eigene Konstruktion) (Weidmüller Interface, 2013, a).....	77
Abbildung 75: Leitungsschutzschalter und Klemme für den Schutzleiter mit schematischer Verkabelung (eigene Konstruktion) (Siemens AG, 2013) (Weidmüller Interface, 2013, b).....	78

Abbildung 76: Netzteil auf Platine mit Anschlussklemmen und schematischer Verkabelung (eigene Konstruktion).....	79
Abbildung 77: Gesamtausstattung des Gehäuses (eigene Konstruktion)	80
Abbildung 78: Hutschiene im Unterteil des iCurb befestigt (eigene Konstruktion)	81
Abbildung 79: Einbau des Gehäuses in den iCurb (eigene Konstruktion).....	81
Abbildung 80: Komponenten im Gehäuse an die Stromversorgung angeschlossen (eigene Konstruktion)	82
Abbildung 81: Gesamtaufbau aus sechs iCurbs für die Überwachung eines Parkplatzes (eigene Konstruktion)	82

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vorzugsmaße von Hochbordsteinen (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2005, S. 9)	10
Tabelle 2: Vergleich der Eigenschaften von Naturstein und Polymerbeton (MEA AG, 2013, S. 7) (PolyCare Research Technology GmbH & Co. KG, 2013, b) (Abraxas Stone Experts GmbH, 2013) (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010, S. 13ff).....	13

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
A	Ampere
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol
AC	Wechselstrom, Wechselspannung
AG	Aktiengesellschaft
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CEE	Internationale Kommission für Regeln zur Begutachtung elektrotechnischer Erzeugnisse
CO ₂	Kohlendioxid
DC	Gleichstrom, Gleischspannung
DIN	Deutsches Institut für Normung
HB	Hochbordstein
IAO	Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
IAT	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement
IP	International Protection
L	Leiter
LED	Leuchtdiode
N	Nulleiter
PE	Schutzleiter (Protective Earth)
PEN	Kombinierter Schutz- und Nulleiter
PKW	Personenkraftwagen
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
RGB	Rot-Grün-Blau
UV	Ultraviolett
V	Volt
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
vgl.	vergleiche
W	Watt
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

Luftverschmutzung, Klimaveränderung, Feinstaub, Lärm, Stau, Beeinträchtigung der Gesundheit und Lebensqualität. Mobilität hat einen hohen Preis. Und dennoch hat sie in unserer Gesellschaft einen enormen Stellenwert. Auf das eigene Auto möchte kaum jemand mehr verzichten und so dominiert auf deutschen Straßen der motorisierte Individualverkehr, wobei die PKWs im Mittel nur mit 1,5 Personen besetzt sind (Bundesministerium für Umwelt, 2010). Das Kraftfahrt-Bundesamt meldete zum 01.01.2013 einen Bestand von 43,4 Millionen Personenkraftwagen. Da von diesen Fahrzeugen ca. 98% mit Antrieben auf Basis von fossilen Brennstoffen ausgestattet sind, verwundert es auch nicht, dass etwa 20% der Kohlendioxid-Emissionen (CO_2) aus dem Verkehr herrühren (Kraftfahrt-Bundesamt, 2013, a).

Bei einer solch hohen Anzahl von Fahrzeugen werden schnell weitere Schwachstellen in der Infrastruktur sichtbar. Nicht nur der fahrende, sondern auch der ruhende Verkehr wird zur Herausforderung. Die Parkplatzsituation in Innenstädten wird immer kritischer und Autofahrer auf der Suche nach einem Stellplatz belasten den Stadtverkehr enorm. Dieser Zustand kann auch aufgrund der begrenzten Ölreserven und der wachsenden und spürbaren Umweltveränderungen nicht mehr geduldet werden.

Es besteht Handlungsbedarf. Doch den Komfort, die Unabhängigkeit und den Fahrspaß des eigenen Personenkraftwagens (PKW) möchte heute niemand mehr aufgeben. Die Verkehrsbelastung durch die Parkplatzsuchenden kann mit moderner Kommunikationstechnik gemindert werden. Durch eine zentrale Erfassung und Kommunikation der freien Parkplätze können Stadtbereiche mit freien Stellplätzen gezielt angesteuert werden bzw. die Autofahrer weichen schon im Vorfeld auf Randbezirke aus. Dies spart nicht nur Zeit und Nerven der Autofahrer, sondern mindert auch die Umweltbelastung in den Städten und verbessert die Sicherheit im Straßenverkehr.

Große Hoffnungen für eine Verbesserung der Situation in Großstädten liegen auch in einer Revolution der Antriebe. Doch ein Umschwung von Verbren-

nungsmotoren zu hybriden oder elektrischen Antrieben kann nicht von heute auf morgen erfolgen. Denn es handelt sich dabei nicht nur um einen Tausch des Antriebs, sondern annähernd um eine Neuerfindung des Autos. Die gesamte Infrastruktur muss auf die Bedürfnisse und Besonderheiten dieser neuen Fahrzeuge eingestellt werden. Nur als ganzheitliches Konzept können sich die alternativen Fahrzeugkonzepte auf lange Sicht durchsetzen. Hierzu zählt auch, eine Steuerung der Parkplätze mit Ladesäulen aufzubauen, um Nutzern das Aufladen innerhalb einer öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur zu erleichtern.

2 Lösungsansätze und Aufgabenstellung

Das große Verkehrsaufkommen und die damit verbundenen Probleme können mit der Installation von Parkplatzsensoren entschärft werden. Diese Sensoren unterstützen zum einen die Steuerung des ruhenden Verkehrs und können zum anderen bei der Reservierung von Parkplätzen mit Lademöglichkeit für Elektroautos herangezogen werden. Diese beiden Einsatzgebiete werden im Folgenden erläutert.

2.1 Parkplatzsteuerung

Ein nicht zu vernachlässigender Anteil des heutigen Verkehrs wird verursacht, da Autofahrer nach freien Parkplätzen suchen. Insbesondere in Städten gibt es einen Mangel an Stellflächen und somit kreisen viele Fahrzeuge mehrere Male durch die Innenstadt, bis sie einen freien Parkplatz finden. Parkhäuser und Tiefgaragen können durch ihre Einfahrtsregelung schon ermitteln, wie viele Fahrzeuge sich im Parkhaus befinden, und daher anzeigen, wie viele Plätze noch frei sein müssten. Doch für die Parkplätze am Straßenrand, auf großen Parkplätzen von Einkaufszentren oder Ähnlichem gibt es solch ein System nicht. Eine Installation von Parkplatzsensoren sollte an diesen Stellen erfolgen, damit sämtliche Daten der Parkplatzsituation an Anzeigetafeln im Innenstadtbereich oder an mobile Endgeräte übermittelt werden können. Die Autofahrer können dann zielgerichteter Parken und unnötige Wege in der Innenstadt und auch auf dem Parkplatz selbst werden vermieden.

Des Weiteren könnten die Sensoren in einem nächsten Schritt auch zur Reservierung von Parkplätzen genutzt werden. Die Information über den Belegungszustand des Parkplatzes wird im Internet von Autofahrern abgefragt und freie Stellflächen können reserviert werden. Dies wird anschließend mit einem Lichtband am Bordstein durch verschiedene Farben visualisiert.

Es gibt verschiedene Funktionsweisen der Parkplatzsensoren. Ultra-

schallsensoren werden schon für Parkassistenzsysteme in Fahrzeugen genutzt und können auch für die Erkennung von Fahrzeugen auf Parkplätzen eingesetzt werden. Sie senden hochfrequente Schallimpulse aus, die zum Beispiel von einem Fahrzeug reflektiert werden, und ermitteln anschließend die Entfernung zum Objekt (Dietz Sensorik, 2013). Magnetfeld-Sensoren sind eine neuere Entwicklung und zeigen für die Parkplatzsteuerung ein großes Potenzial. Sie detektieren Veränderungen des Erdmagnetfeldes durch beispielsweise Metallteile und Elektronik, wie sie in jedem Fahrzeug zu finden sind (Universität des Saarlandes, 2010). Pilotprojekte für eine Parkplatzsteuerung mit Magnetfeldsensoren sind beispielsweise in Santander, Barcelona und San Francisco gestartet. Auf einem Stadtplan werden freie und belegte Parkplätze dargestellt und helfen so dem Nutzer, direkt den richtigen Stadtbereich bzw. auf einem Parkplatz die richtige Lücke anzusteuern. Auch in Parkhäusern kommen sie schon vereinzelt zum Einsatz, um dem Fahrer direkt nach der Einfahrt den Weg zum nächsten freien Parkplatz anzuzeigen.

2.2 Ladeinfrastruktur

Ein weiterer viel versprechender Ansatz zur Verbesserung der Verkehrssituation und einer Minderung der Folgen des Verkehrs für Mensch und Umwelt ist der Einsatz von Elektroautos. Doch die Bereitstellung der erforderlichen Technologien alleine reicht nicht aus, um die Akzeptanz und somit die Ausbreitung der Elektroautos voranzubringen. Es müssen auch die Voraussetzungen für eine komfortable Nutzung der Elektrofahrzeuge geschaffen werden. Dies betrifft vor allem eine flächendeckende, öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur. Lademöglichkeiten am Arbeitsplatz und in Privathaushalten lassen sich leichter umsetzen, als öffentlich zugängliche Lademöglichkeiten, und werden mit dem Elektrofahrzeug nur Kurzstrecken gefahren, sind diese auch ausreichend. Hat der Nutzer aber keinen eigenen Stellplatz mit Lademöglichkeit, was in deutschen Großstädten fast 40% der Einwohner betrifft, oder möchte er auch längere Strecken zurücklegen, dann benötigt er zusätzlich ein ausgebautes öffentliches Ladeinfrastruktornetz. Dieses soll über die nächsten Jahre immer weiter erschlossen werden (Langmatz GmbH, 2008, S. 3, 9).

Bei öffentlichen Ladestationen gibt es jedoch im Vergleich zu privaten Steckdosen große Hürden. Die Errichtung von Lademöglichkeiten, mit einem größeren Aufwand verbunden, da es nicht an jedem beliebigen Parkplatz eine geeignete Stromversorgung gibt und diese im schlimmsten Fall durch aufwändige Bauarbeiten geschaffen werden muss. Einen Ansatz hierfür liefert beispielsweise das Startup Ubitricity aus Berlin. Durch den Umbau von Straßenlaternen zu Ladepunkten wollen sie einen schnellen, unkomplizierten und vor allem preiswerten Ausbau der Ladeinfrastruktur ermöglichen. Der Kunde bringt in seinem Ladekabel die gesamte Technik zur Abrechnung des bezogenen Stromes mit und rechnet dann mit seinem Anbieter alles vergleichbar mit einem Mobilfunkvertrag ab. So stellt der Ladepunkt kaum mehr als eine herkömmliche Steckdose dar und verursacht kaum noch Kosten für den Betreiber. Dies macht den Aufbau eines großflächigen Ladenetzes realistisch und attraktiver für die Anbieter (Ubitricity, 2013).

2.3 Parkplatzsteuerung an Ladestationen für Elektroautos

Die Thematik der Fahrzeugerkennung mit Sensoren ist für den Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektroautos ebenfalls von Bedeutung. Denn eine nutzerfreundliche Infrastruktur beinhaltet nicht nur die Errichtung neuer Ladestationen, sondern muss auch eine Steuerung und Kommunikation der Ladesäulen mit der Umwelt beinhalten. Hierzu gehört beispielsweise, dass eine Ladesäule den Ladezustand des Fahrzeuges an den Nutzer übermittelt, oder dieser im Vorfeld abrufen kann, welche Ladesäule frei ist bzw. defekt oder reserviert. Ergänzend dazu sollte auch der Belegungszustand der jeweiligen Parkplätze erfasst und mittels moderner Kommunikationsmethoden an den Nutzer übermittelt werden. Denn nur die Information, ob die Ladesäule an ein Fahrzeug angeschlossen ist bzw. im Moment ein Auto lädt oder nicht, kann zu falschen Schlüssen führen. Auf einem Parkplatz können mehrere Stellplätze mit Lademöglichkeiten versehen sein, aber nicht alle Fahrzeuge laden bzw. auch konventionelle Fahrzeuge dürfen die Parkplätze nutzen. Außerdem können sich auch Falschparker auf den Ladeflächen befinden und so die Ladesäule blockieren. Dann würde eine Reservierung der Ladesäule hinfällig werden. Mit Hilfe von Park-

platzsensoren kann dieses Problem umgangen werden, da ermittelt wird, ob ein Fahrzeug auf dem Platz steht oder nicht. Diese Information könnte dann gemeinsam mit der Information, ob die Ladesäule genutzt wird oder nicht, über das Internet vom Nutzer abgerufen werden. Somit kann sich der Besitzer eines Elektroautos flexibler und zeitsparender bewegen und die angebotenen Ladesäulen werden optimal ausgelastet.

2.4 Aufgabenstellung

Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) beschäftigt sich im Geschäftsfeld der Mobilitäts- und Stadtsystemgestaltung mit den Anforderungen der Mobilität von morgen. Unter anderem wird auch an anwendungsorientierten Lösungen für eine intelligente Infrastruktur und die Herausforderungen der Elektrifizierung des Verkehrs gearbeitet.

In dieses Themenfeld gehört auch das Konzept des iCurb. Ein intelligenter Bordstein soll zur Erleichterung der Parkplatzsuche und zur Erweiterung der Ladeinfrastruktur mit einer Parkplatzsteuerung ausgestattet werden. Durch seine örtliche Nähe zum Parkplatz und gegebenenfalls einer Ladestation und seine generelle Verfügbarkeit, ist der Bordstein ein sehr praktisches Bauteil für die Platzierung des Parkplatzsensors. In einem integrierten Hohlraum des Bordsteins werden der Sensor inklusive eines Kommunikationsmoduls sowie die weiteren benötigten Komponenten untergebracht.

In einem ersten Schritt soll ein iCurb mit sämtlichen Komponenten zur Fahrzeugerkennung für einen Parkplatz ausgestattet werden. Die weiteren nötigen Komponenten zur Stromversorgung des Parkplatzsensors werden in den nachfolgenden Bordsteinen untergebracht und so entsteht eine Kette von iCurbs von 3m Länge, die die Überwachung eines Parkplatzes übernehmen kann. Dieses Modul aus mehreren iCurbs soll als Prototyp zu Testzwecken dienen.

Diese Arbeit beschäftigt sich nun mit der Analyse, Ausarbeitung und Realisierung dieses Konzepts. Es sollen Lösungen für die Positionierung und Befestigung des Sensors und der elektrischen Komponenten sowie die Kabelführung zwischen den Bauteilen gefunden werden. Außerdem muss eine Möglichkeit

der Stromversorgung für das gesamte System vorgesehen werden. Die Anforderungen, die an den iCurb bezüglich der Eigenschaften der enthaltenen Bauteile gestellt werden, müssen hierbei erfüllt sein. Anschließend wird das Konzept durch Auswahl der benötigten Bauteile oder auch eigene Konstruktionen detailliert ausgearbeitet, sodass alle Bauteile funktionsfähig im Bordstein untergebracht sind.

3 Stand der Technik

Im Rahmen vorangegangener Tätigkeiten sowie studentischer Arbeiten wurde das Konzept des iCurb schon bearbeitet (Dörr, 2013). Im Folgenden sollen diese Ergebnisse als bisheriger Entwicklungsstand beschrieben werden. Außerdem wird der Stand der Technik bezüglich der Parkplatzsensoren und ihrer Anwendung dargestellt.

3.1 *Grundlagen Bordsteine*

Der Bordstein übernimmt in diesem Konzept mehrere Funktionen. Zum einen muss er die elektrischen Bauteile sicher unterbringen, damit diese uneingeschränkt funktionieren und zum anderen muss er alle Anforderungen eines herkömmlichen Bordsteins erfüllen.

Die DIN 1340 beschreibt Bordsteine aus Beton als „vorgefertigtes Erzeugnis aus Beton zur Trennung von Flächen gleicher oder verschiedener Höhen“ mit dem Ziel, eine sichtbare Begrenzung oder Einfassung zu schaffen, Entwässerungsrinnen zu bilden oder Flächen mit unterschiedlicher verkehrsmäßiger Nutzung zu trennen (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010, S. 5). Die Bordsteine werden grundsätzlich in drei Arten unterschieden: den geraden Bordstein, den Kurvenstein und den Übergangsstein. Des Weiteren gibt es eine Unterteilung in Hochbord- und Rundbordsteine, Tiefbord- und Flachbordsteine sowie Einfassungssteine, Bordrinnen- und Muldensteine (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2005, S. 4, 10). In Abbildung 1 sind die Querschnitte von Hochbordsteinen (a), Rundbordsteinen (b) und Flachbordsteinen (c) abgebildet.

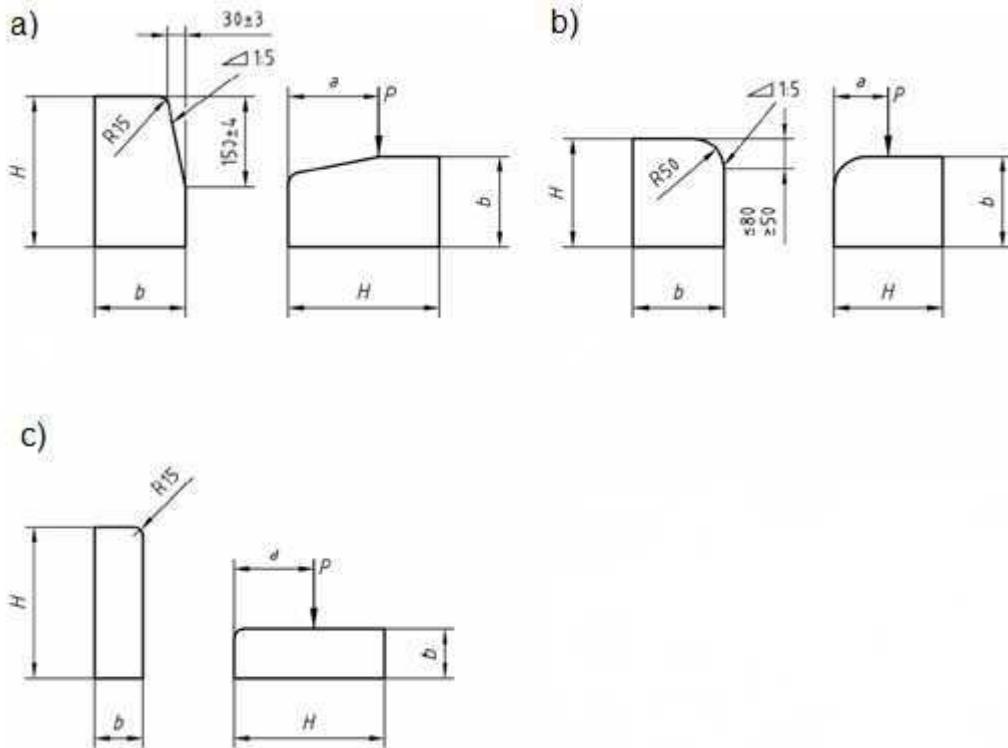


Abbildung 1: Querschnitte verschiedener Bordsteine (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2005, S. 7)

Der Hochbordstein, in Abbildung 2 dargestellt, eignet sich aufgrund seiner Geometrie besonders für das geplante Platzieren des Parkplatzsensors und wird außerdem überwiegend zur Einfassung von Flächen, die für den Verkehr mit Kraftfahrzeugen bestimmt sind und zu deren Abgrenzung von Nebenflächen, wie beispielsweise Geh- und Radwege genutzt. Da auch Parkplätze zu den Verkehrsflächen zählen, die durch Bordsteine von Nebenflächen abgegrenzt werden müssen, wird man an nahezu allen öffentlichen Parkplätzen Hochbordsteine als Begrenzung oder Einfassung vorfinden (Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg, Ausgabe 2005, S. 3). Aufgrund dieser hohen Verfügbarkeit eignet sich dieser Bordstein am besten als Träger der Sensorik zur Parkplatzsteuerung.

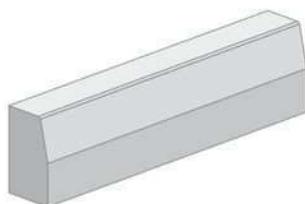


Abbildung 2: Hochbordstein (Betonwerk Lintel, 2013, S. 1)

Der iCurb muss zwei grundsätzliche Merkmale aufweisen, um die informationsverarbeitenden Bauteile wie gewünscht unterzubringen. Er muss einen Hohlraum aufweisen, um im Inneren die Komponenten aufnehmen zu können und er muss aus zwei lösbarer Teilen bestehen, damit die Zugänglichkeit für Reparaturen oder Wartung der Bauteile gewährleistet ist. Aus diesem Grund kann kein herkömmlicher Bordstein, wie er in Abbildung 2 gezeigt ist, eingesetzt werden. Es wird daher eine eigene Konstruktion erstellt, die auf die Anforderungen des Bordsteins im Straßenverkehr sowie auf die Bedürfnisse der Sensorik eingehen soll.

Ein Beispiel für einen Bordstein mit einem Hohlraum stellt das Entwässerungssystem Meakerb der Mea AG dar (MEA Water Management GmbH , 2013, S. 6). Es handelt sich um eine Bordstein-Rinnenkombination, die als Basis für eine eigene Konstruktion herangezogen werden kann und in Abbildung 3 dargestellt ist.



Abbildung 3: Meadrain Meakerb, Entwässerungssystem mit Bordsteinaufsatz (MEA Water Management GmbH , 2013, S. 11)

Die DIN 1340 liefert die Vorgaben zu Formen und Maßen der Bordsteine. Demnach sind Höhe, Breite und Länge des einzusetzenden Bordsteins innerhalb der in Tabelle 1 genannten Grenzen zu halten.

Form	Breite b [mm]	Höhe H [mm]	Länge l [mm]
HB	150	250	1000
	180	300	

Tabelle 1: Vorzugsmaße von Hochbordsteinen (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2005, S. 9)

Eine Länge von 1000mm \pm 1% wird dort empfohlen, doch da der obere Teil des

Bordsteins abgenommen werden müssen, um an die Bauteile zu gelangen, wird aufgrund der besseren Handhabung für den Abschnitt mit dem Sensor eine Länge von 500mm gewählt. Nach der DIN EN 483 ist dies für Bordstein-Pass-Stücke auch zulässig (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2005, S. 9).

Gemäß der DIN 1340 ist es möglich, den Bordstein an den Enden mit Profilen zu versehen, um einen besseren Zusammenhalt der einzelnen Bordsteine zu erhalten. In Abbildung 4 ist eine Möglichkeit für eine solche Profilierung der Enden dargestellt. Dies führt außerdem zu einem größeren Widerstand gegen das Eindringen von Wasser, da geringere Fugen zwischen den Bordsteinen bestehen, und soll daher in der erstellten Konstruktion umgesetzt werden (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010, S. 8ff). Um Diebstahl oder Vandalismus zu verhindern muss gegebenenfalls auch eine Verriegelung angebracht werden.

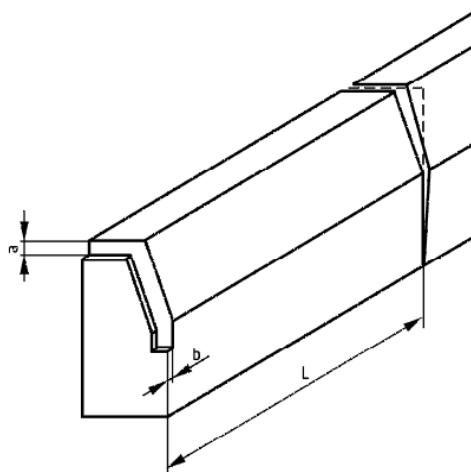


Abbildung 4: Beispiel für eine Profilierung der Enden eines Bordsteins (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010, S. 10)

Da Elektronik im Bordstein untergebracht wird, ist es von Vorteil, wenn kein Wasser in das Innere gelangen kann. In diesem Fall könnte beim Hinzufügen der Komponenten eventuell auf einen separaten Schutz verzichtet werden bzw. eine geringere Schutzart kann für alle Bauteile gewählt werden. Daher sollte der Übergang von einem Bordstein zum nächsten wasserdicht verschlossen sein. Dies kann beispielsweise mit einer Gummidichtung an der Übergangsstelle realisiert werden, wenn diese mit einer entsprechenden Fase oder Rundung

versehen ist. Zusätzlich sollten alle sicherheitskritischen Bauteile in einem wasserdichten Gehäuse untergebracht sein. Die Eigenschaften von Gehäusen werden durch die Schutzarten in der DIN EN 60529 definiert. Es wird in Berührungs-, Fremdkörper- und Wasserschutz unterschieden. Mit der zweistelligen IP-Kennzeichnung (International Protection) wird dann der jeweilige Schutzgrad angegeben. Die erste Kennziffer gibt an, wie sicher das Gehäuse gegen das Berühren durch Werkzeuge oder Personen ist und ob Staub oder ähnliche Fremdkörper eindringen können. Die zweite Kennziffer gibt an, wie groß der Schutz gegen das Eindringen von Wasser ist. Bezuglich des Berührungsschutzes, ist eine Schutzart ab IP4X ausreichend. Dabei ist sichergestellt, dass Fremdkörper ab 1mm Durchmesser nicht eindringen können und eine Berührung mit einem Draht ausgeschlossen ist. Hinsichtlich des Schutzes vor Wasser wird eine Schutzart ab IPX4 genügen, da sie garantiert, dass bei allseitigem Spritzwasser nichts in das Gehäuse eindringt. Dies ist für die Montage im iCurb ausreichend. Also können Bauteile mit Schutzart IP44 oder höher bedenkenlos verwendet werden (DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 2000).

Zum Schutz der Verkehrsteilnehmer sollten die Kanten eines Bordsteins nach DIN EN1340 gebrochen, abgerundet, gefast oder abgeschrägt sein (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010, S. 5f). So können Fahrzeuge im Notfall den Bordstein überfahren, ohne dass größere Schäden entstehen. Abbildung 5 zeigt eine beispielhafte Gestaltung der Kante.

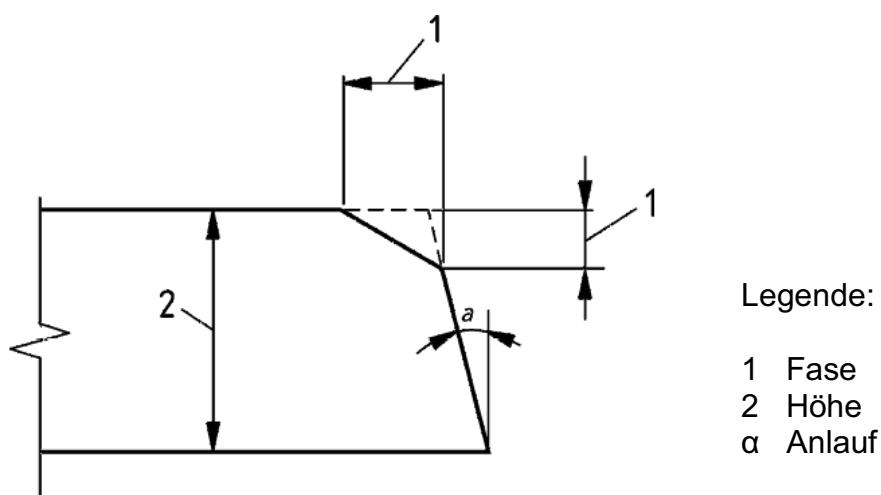


Abbildung 5: Seitenansicht eines Bordsteins mit Fase und Abschrägung an der äußeren Kante (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010, S. 6)

Als Material für einen Bordstein kommt neben Beton auch Naturstein, beispielsweise Granit, in Frage (DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 2013, S. 5ff).

Außerdem gibt es einen neueren Werkstoff mit sehr guten physikalischen und chemischen Eigenschaften: Polymerbeton. Er zählt nicht zu den Beton-Werkstoffen, sondern zu den Kunststoffen, genauer gesagt zu den Duroplasten. Jedoch besitzt dieser Werkstoff einen Festkörperanteil von ca. 90%, wobei je nach gewünschtem Ergebnis Füllstoffe, wie Sand, Quarzmehl oder Kies, Anwendung finden. Als Bindemittel werden Epoxidharze, UP-Harze, Polyesterharze oder Ähnliches verwendet. Im Vergleich zu Beton zeichnet sich Polymerbeton durch einige Vorteile aus. Dazu gehören ein geringes spezifisches Gewicht, Wasserundurchlässigkeit, hohe Abriebfestigkeit, hohe Korrosions- und Witterungsbeständigkeit sowie gut Biege- und Druckfestigkeit und sehr genaue Herstellbarkeit durch Gießen (PolyCare Research Technology GmbH & Co. KG, 2013, a). Die wichtigsten Unterschiede im Vergleich zu Naturstein werden in der folgenden Tabelle 2 noch verdeutlicht.

<i>Eigenschaften</i>	<i>Naturstein (Granit)</i>	<i>Polymerbeton</i>	<i>DIN EN 1340</i>
Dichte	2,3-2,8kg/dm ³	2,1-2,3kg/dm ³	-
Wasseraufnahme	0,1-1,0%	< 0,05%	< 6,5%
Druckfestigkeit	110-360N/mm ²	85-150N/mm ²	-
Biegezugfestigkeit	10-20N/mm ²	18-35N/mm ²	2,8-6N/mm ²
Abriebfestigkeit	0,05-0,3cm ³ /cm ²	0,025cm ³ /cm ²	0,36-0,4cm ³ /cm ²

Tabelle 2: Vergleich der Eigenschaften von Naturstein und Polymerbeton (MEA Water Management GmbH , 2013, S. 7) (PolyCare Research Technology GmbH & Co. KG, 2013, b) (Abraxas Stone Experts GmbH, 2013) (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010, S. 13ff)

Der iCurb wird nicht aus einem Stück sein, sondern aus zwei getrennten Teilen bestehen und außerdem einen Hohlraum aufweisen. Daher ist es mit einem geringeren Aufwand verbunden, ihn mit Gießverfahren herzustellen, als die Geometrie aus einem Vollmaterial nur durch mechanisches Bearbeiten zu erzeugen. Aus diesem Grund und den zuvor genannten Vorteilen von Polymer-

beton wird dieser Werkstoff für den iCurb favorisiert.

3.2 Stand *iCurb*

Für den iCurb eignet sich die Geometrie des geraden Hochbordsteins (siehe Abbildung 2). Diese Form bietet Raum für die Bauteile und besitzt eine einfache Geometrie. Da in einer Straße mit mehreren Parkplätzen nur einzelne Bordsteine mit allen Komponenten der Sensorik ausgeführt werden sollen, ist es zu diesem Zeitpunkt auch ausreichend, das Konzept nur an geraden Hochbordsteinen zu untersuchen. Die sich anschließenden Bordsteine können konventionell ausgeführt sein bzw. führen nur noch im Inneren ein Kabel zur Stromversorgung, was auch ohne Schwierigkeiten mit Kurven- oder Übergangsbordsteinen möglich ist. In Abbildung 6 ist die eigene Konstruktion des iCurb abgebildet.

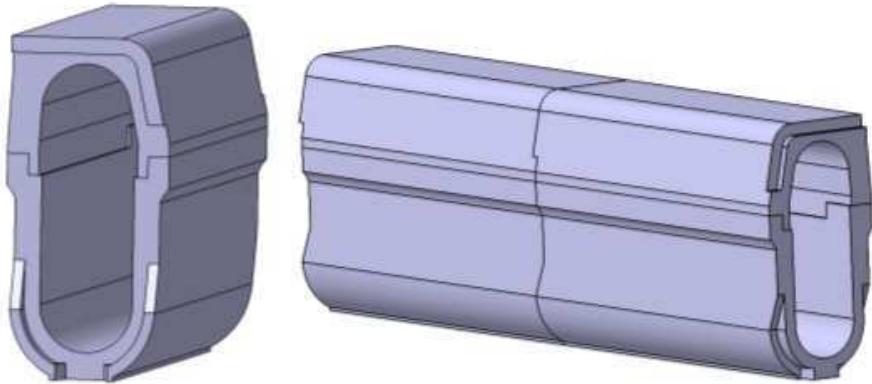


Abbildung 6: Modell des iCurb einzeln und Zusammenbau (eigene Konstruktion)

Er weist einen Hohlraum bei einer Wandstärke von ca. 25mm auf, Ober- und Unterteil werden nur aufeinander gesetzt und bleiben lösbar. Die Abbildung 7 verdeutlicht die konstruktive Umsetzung dieser Vorgabe an den iCurb. Um einfachen Zugang zu den eingebauten Komponenten zu erhalten ist dies sehr wichtig. Allerdings nimmt man dadurch auch ein erhöhtes Risiko für Beschädigungen durch eindringendes Wasser oder Vandalismus in Kauf.



Abbildung 7: Verbindung von Ober- und Unterteil (eigene Konstruktion)

Um die Verbindungsstellen sicherer zu gestalten werden zwei bzw. mehrere iCurbs mittels Profilen an den Seiten ineinander gesteckt. Dies wird in Anlehnung an die DIN 1340 und die Darstellung in Abbildung 4 umgesetzt. Durch die Überlappung der Oberteile kann das Abnehmen der Bordsteinteile für unbefugte erschwert werden und in Verbindung mit einem Schloss an dieser Stelle auch verhindert werden. Das Eindringen von Wasser könnte hier durch hinzufügen einer Gummidichtung gänzlich verhindert werden. Allerdings müsste diese dann nach jedem Wartungsvorgang erneuert werden. Die Steckverbindung im Unterteil stellt sicher, dass die iCurbs nicht verrutschen. Abbildung 8 zeigt den Endstand der Konstruktion der Verbindungsstellen.

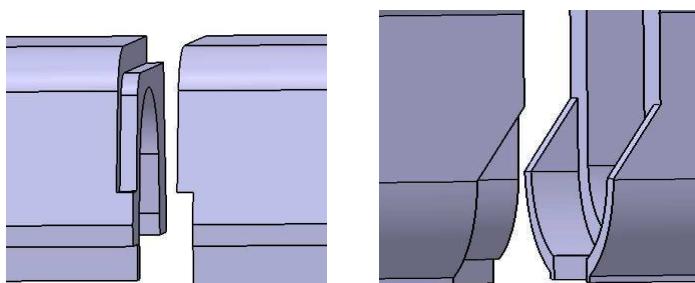


Abbildung 8: Profilierung an Ober- und Unterteil zur Verbindung mehrerer iCurbs (eigene Konstruktion)

Für den Prototyp, das heißt die Baugruppe für einen drei Meter langen Parkplatz, wird die eigene Konstruktion noch nicht verwendet, da eine eigene Herstellung des iCurb sehr aufwändig und für die Überprüfung der Funktionsweise zunächst auch nicht nötig ist. Also wird für den ersten Aufbau der Bordstein der Firma MEA verwendet, wie er in Abbildung 3 dargestellt ist. Mit

wenigen Änderungen kann dieser Bordstein so bearbeitet werden, dass er die geforderten Voraussetzungen auch erfüllt. Mechanische Anpassungen, wie beispielsweise Bohrungen oder Nuten zur Befestigung der Bauteile im Inneren, können nach dem Gießen ergänzt werden. Der Bordstein der Firma MEA hat eine Länge von 1m und nicht, wie die eigene Konstruktion von 0,5m. Daher werden für den Prototyp drei solcher Bordsteine benötigt.

Der Bordstein der Firma MEA ist bislang so ausgelegt, dass Ober- und Unterteil miteinander verklebt sind und sich auch ein Teil des Oberteils unterhalb des Straßenniveaus befindet. Beim Einbau des Bordsteins als iCurb ist jedoch darauf zu achten, dass sich das Oberteil vollständig oberhalb der Straßenebene befindet. Nur in diesem Fall kann das Oberteil abgenommen werden und ein Zugriff zu den Komponenten ist möglich. Abbildung 9 zeigt den von MEA angegebenen Einbau des Bordsteins und die Situation, die für den iCurb nötig wäre.

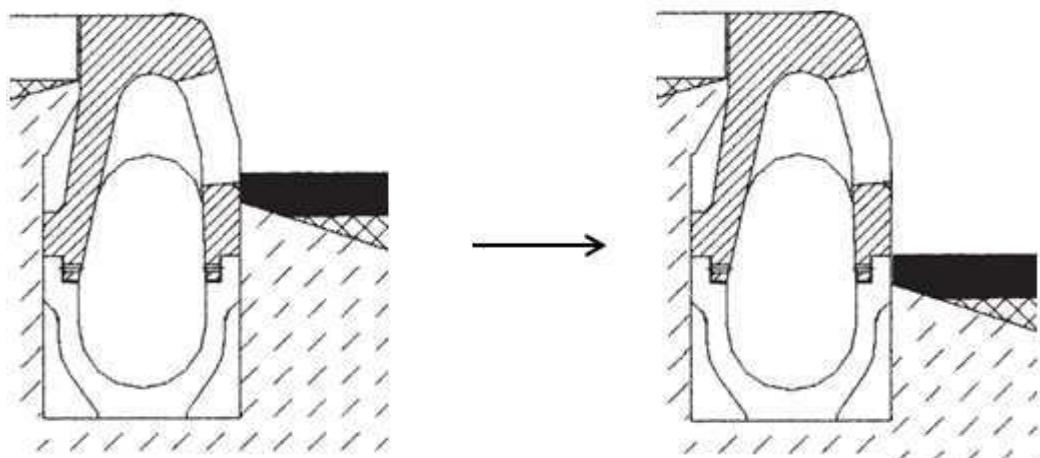


Abbildung 9: Verschiebung des Straßenniveaus beim Einbau des Bordsteins (MEA Water Management GmbH , 2012, S. 10)

Im Falle des Prototyps ist es möglich, den Bordstein nach oben versetzt einzubauen (siehe Abbildung 9 rechts) auch wenn dadurch der Abstand zur Straße größer wäre als zuvor. Beim späteren Einbau an der Straße muss allerdings das Höhenverhältnis von Gehweg und Straße passen. Ein zu großer Höhenunterschied kann zu Beschädigungen an Fahrzeugen oder auch Verletzungen von Fußgängern und Radfahrern führen. Der Höhenunterschied sollte daher bei Parkflächen zwischen 8 und 10cm liegen (Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg, Ausgabe 2005, S. 7).

Abbildung 10 zeigt, wie durch Verschieben der Trennungslinie von Ober- und Unterteil, zum Beispiel durch Verlängern des unteren Teils und Verkürzen des oberen, der Abstand von Gehweg und Verkehrsfläche beibehalten werden kann.

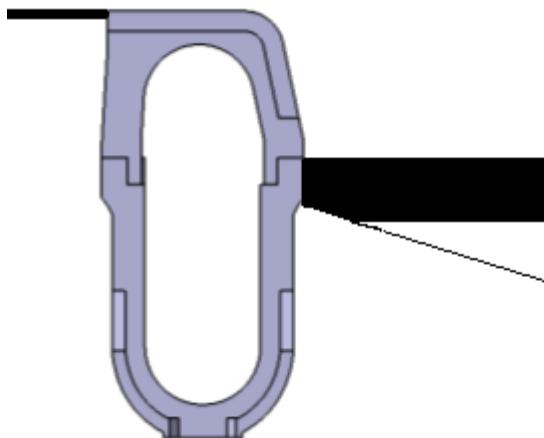


Abbildung 10: iCurb an das Straßenniveau angepasst (eigene Konstruktion)

Der verwendete Werkstoff der Firma MEA, ein Polymerbeton auf Basis eines Polyesterharzes, kann übernommen werden, da er die geforderten mechanischen Eigenschaften aus Tabelle 2 erfüllt. Mit einer Biegezugfestigkeit von mehr als 22N/mm^2 und einer Wasseraufnahme von unter 0,05% hält er die in der DIN EN 1340 vorgegeben Werte ein (MEA Water Management GmbH , 2012, S. 1). Außerdem ist der Werkstoff verschleißfrei und trotzdem mit herkömmlichem Werkzeug bearbeitbar. Er bildet aufgrund seiner Struktur eine undurchlässige Oberfläche aus und ist somit auch resistent gegen viele Chemikalien, also auch gegen möglicherweise ausgetretenen Kraftstoff im Fahrbahnbereich (MEA Water Management GmbH , 2013, S. 7). Bei einer Dichte von $2,25\text{ kg/dm}^3$ hätte das Oberteil eines iCurb mit einem Volumen von etwa 5dm^3 ein Gewicht von ca. 11kg (MEA Water Management GmbH , 2012, S. 1). Durch dieses im Vergleich zu Beton geringe Gewicht werden die Handhabung der Bordsteine und auch insbesondere der Einbau erleichtert.

3.3 Funktionalitäten

Der iCurb soll so konzipiert werden, dass er in einer intelligenten Infrastruktur

verschiedene Funktionen übernehmen kann. Es muss daher auf verschiedene Aspekte Rücksicht genommen werden.

Im Allgemeinen muss jeder iCurb die Anforderungen erfüllen, um ein Erdkabel im Inneren führen zu können. Man kann so beispielsweise neue Ladestationen schnell installieren und sie ohne größere Erdarbeiten für die Verlegung der Kabel an die Stromversorgung anschließen. Es müssen lediglich die konventionellen Bordsteine gegen die iCurbs getauscht werden und das Kabel kann in den Hohlraum eingezogen werden. Mit diesem Kabel kann sowohl konduktive, als auch induktive Ladetechnik versorgt werden. Dieses Prinzip ist für einen Ausbau der Ladeinfrastruktur sehr nützlich. Der iCurb kann hierfür im Unterteil mit einer Bohrung versehen werden, die zur Durchführung des Kabels zu einer Ladesäule am Straßenrand oder einer Induktionsschleife unter der Fahrbahn dient. Je nach Lage der Ladetechnik muss sich die Öffnung auf der Vorder- oder Rückseite befinden. In Abbildung 11 ist der Fall abgebildet, in dem sich die Ladetechnik unter der Straße befindet.

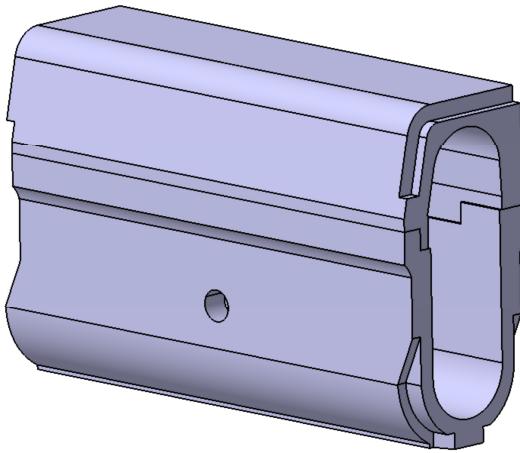


Abbildung 11: iCurb mit Öffnung vorne zur Kabeldurchführung und Stromversorgung der Ladetechnik (eigene Konstruktion)

Gegebenenfalls ist es nötig, beim Anschluss der Ladetechnik durch den iCurb weitere Komponenten dort unterzubringen, wie beispielsweise Muffen zur Stromverteilung oder Sicherungen. Dies ist den Anforderungen der Ladesäule entsprechend auszulegen. Grundsätzlich wird der iCurb aber so gestaltet, dass ein Hinzufügen solcher Komponenten möglich ist.

Die hier näher betrachtete Funktion des iCurb ist die Installation von Informations- und Kommunikationstechnik. Ein Sensor zur Parkplatzüberwachung mit

allen nötigen Bauteilen zur Kommunikation der Informationen und der Stromversorgung sollen im iCurb untergebracht werden. Sie sollen gegen Umwelteinflüsse geschützt befestigt werden, mit Strom versorgt sein und gegen Überlast und Kurzschluss abgesichert werden. Die Abbildung 12 veranschaulicht anhand eines Schemas die verschiedenen Funktionalitäten des iCurb.

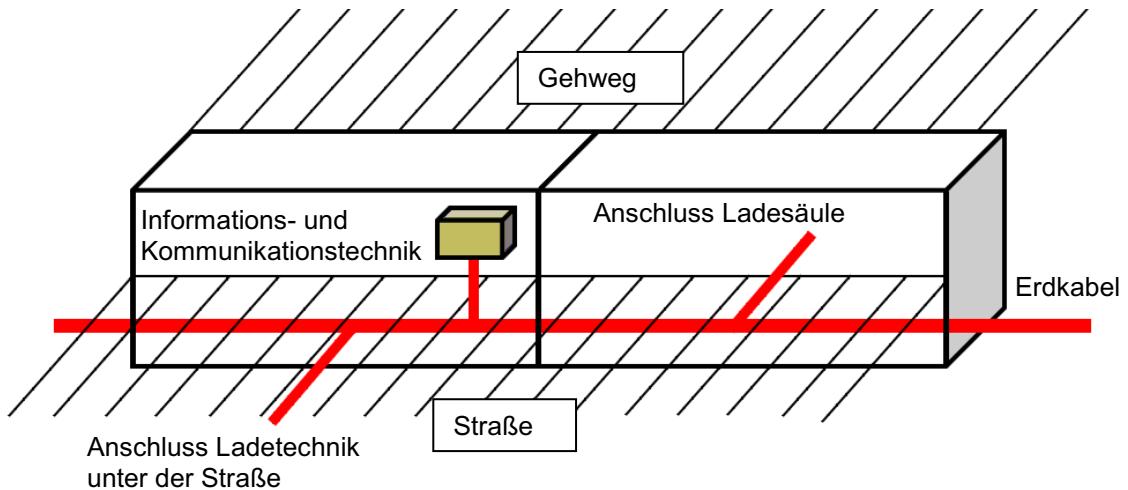


Abbildung 12: Funktionalitäten des iCurb (Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart, 2013)

Zur Visualisierung von Informationen des Parkplatzsensors soll am äußeren Rand des Bordsteins ein Leuchtdioden-Band (LED) angebracht werden. Auch dieses Bauteil benötigt Strom und eine Steuerung. Es sollen je nach Situation verschiedene Farben angezeigt werden. Abbildung 13 zeigt einen freien Parkplatz, das Licht leuchtet grün, ist er besetzt, soll es rot erscheinen und ist er reserviert, orange. Um dies zu realisieren, muss ein Rot-Grün-Blau-Band (RGB) verwendet werden. Die Lichteiste soll am Bordstein, wie in Abbildung 14 gezeigt, in einer Nut am äußeren Rand des Oberteils befestigt werden, um vor Beschädigung durch Fahrzeuge geschützt zu sein.



Abbildung 13: RGB-Lichtband an einem Bordstein (BFT International, 2011)

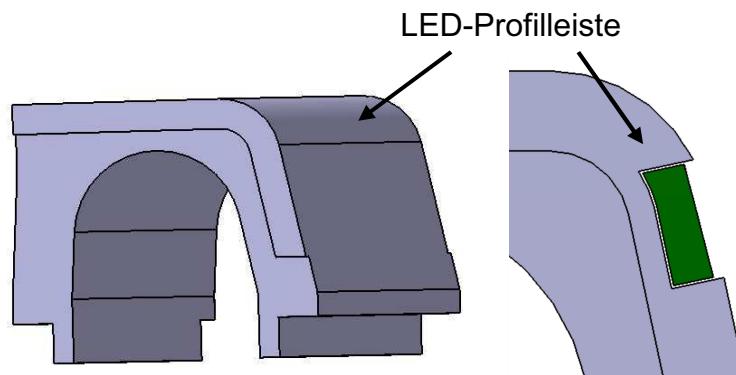


Abbildung 14: Position und Seitenansicht der LED-Leiste am Bordstein (eigene Konstruktion)

3.4 Fahrzeugerkennung

Die Funktionsweisen der bekannten Systeme zur Fahrzeugerkennung sind sehr unterschiedlich und bringen daher auch verschiedene Eigenschaften und Voraussetzungen mit sich, was ihre Eignung für den Einsatz im iCurb beeinflusst. Außerdem ergeben sich nach der Auswahl eines Systems die nötigen zusätzlichen mechanischen und elektronischen Komponenten und die Anforderungen an die Konstruktion des iCurb (vgl. Kap. 5.5). Im folgenden Abschnitt werden die gebräuchlichsten Methoden zur Fahrzeugerkennung erläutert und die geeignetste für den iCurb ausgewählt. Außerdem werden aktuelle Anwendungen von Parkplatzsensoren in Smart City Projekten und bei Ladesäulen für Elektrofahrzeuge beschrieben.

3.4.1 Messprinzipien

Ein Fahrzeug kann auf verschiedene Weisen detektiert werden. Die verbreiteten Technologien werden im Folgenden erläutert. Es gibt zunächst die einfache Möglichkeit, ein Fahrzeug optisch zu erkennen. Kameras werden dazu an der zu überwachenden Fläche installiert und ein dazugehöriges Videobild wird erstellt. Bei einer Änderung in dem markierten Bildbereich wird ein entsprechendes Signal erzeugt und über eine Software weitergegeben. Diese Technik findet bei Ampelanlagen Anwendung, um diese zu schalten. Für Parkplätze wäre dies allerdings ein großer Aufwand und es könnten auch Personen, die sich auf den Flächen befinden, eine Änderung im Bildbereich bewirken und somit Fehlinformationen verursachen (Signalbau Blauert, 2003). Eine andere Möglichkeit ist der Einsatz von Sensoren. Deren Funktionsweisen beruhen auf verschiedenen Prinzipien. Je nach Messmethode und den damit verbundenen Eigenschaften und Einschränkungen eignen sie sich mehr oder weniger gut für den Einsatz im iCurb.

Radarsensoren arbeiten über das Senden und Empfangen von Mikrowellen. Sie reagieren jedoch nur, wenn sich das zu erkennende Objekt bewegt. Die Mikrowellen, die der Sensor aussendet, werden vom Boden oder anderen vorhandenen Flächen reflektiert. Bewegt sich nichts, ist die reflektierte Frequenz gleich der gesendeten und eine Detektion wird nicht ausgelöst (Pepperl und Fuchs, 2013, a). Für parkende Fahrzeuge ist diese Technologie daher ungeeignet.

Ultraschallsensoren arbeiten mit hochfrequenten Schallimpulsen. Diese werden vom Sensor ausgesendet, vom zu erkennenden Objekt reflektiert und treffen wieder auf den Sensor. Die Laufzeit der Schallwellen wird gemessen und daraus kann eine millimetergenaue Bestimmung des Abstands eines Objekts erfolgen. Diesen Vorteil der Ultraschallsensoren nutzt man bei Einparkhilfen im Fahrzeug oder um Auffahruntfälle zu verhindern (Pepperl und Fuchs, 2013, b). Im Falle der Parkplatzüberwachung ist eine so genaue Positionsbestimmung nicht nötig. Außerdem kann auf schrägen oder abgerundeten Flächen der Schallimpuls möglicherweise in eine andere Richtung abgelenkt werden und würde dann vom Sensor nicht mehr erkannt werden. Der Ultraschallsensor kann zwar unabhängig von Farbe und Oberfläche Gegenstände erkennen,

jedoch kann das Messergebnis von der Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflusst werden (Dietz Sensorotechnik, 2013). Auf diese Größen hat man im iCurb keinen Einfluss und somit könnte es zu Fehlmessungen kommen. Damit stellt dieses Messprinzip ein zu unsicheres System für die Parkplatzsteuerung dar.

Magnetfeldsensoren können Änderungen im Erdmagnetfeld erkennen, die in der Regel durch metallische Gegenstände in der näheren Umgebung entstehen. Eine Erkennung von stehenden Fahrzeugen ist damit möglich und diese Sensoren sind sehr unempfindlich gegen Wettereinflüsse. Ein weiterer Vorteil ist, dass sie in der Straße sowie neben der Fahrbahn installiert werden können. Die Genauigkeit der Messung für die Detektion von Fahrzeugen ist jedoch am besten, wenn der Sensor neben der Fahrbahn angebracht wird. Darüber hinaus ist die Einbindung der Magnetfeldsensoren in Netzwerke sehr gut möglich. Magnetfeldsensoren werden häufig mit einer Batterie in die Straße eingelassen und können drahtlos mit einem zentralen Rechenpunkt kommunizieren. Daher stellen sie eine Alternative zu der nachfolgend beschriebenen Induktionsschleife dar, die wenig wartungsintensiv ist, geringe Gesamtkosten hat und zuverlässige Daten liefert (Düker & Schmidt, 2013, S. 10f).

Induktionsschleifen sind eine weitere Technologie, die zur Fahrzeugerkennung bei der Ermittlung von Verkehrsdaten verwendet wird. Sie werden beispielsweise auch bei automatischen Ampelschaltungen eingesetzt (Elektro Krato GmbH, 2013). Das Messprinzip beruht auf der elektromagnetischen Induktion. Eine Schleife aus Kupferdraht, die in der Fahrbahn verlegt ist, wird von Wechselstrom durchflossen und bildet dadurch ein magnetisches Wechselfeld aus. Nähern sich ihr metallische Teile, verändern sich Frequenz und Induktivität des Feldes und der Detektor meldet die Anwesenheit eines Fahrzeugs (Düker & Schmidt, 2013). Die Schleife wird in einer Nut im Fahrbahnbelag eingebaut und mit einer Gußmasse verschlossen. Ein Anschluss an die Stromversorgung könnte über den iCurb realisiert werden, wofür nur zusätzlich eine Verbindung vom Straßenrand zur Schleife verlegt werden müsste. Allerdings ist beim Einbau der Schleife auf Vieles zu achten, da sie empfindlich auf Temperatur, Feuchtigkeit und metallische Gegenstände reagiert, die sich in ihrer Umgebung befinden. Ein Mindestabstand zu Kanaldeckeln oder auch Erdkabel, wie sie im

iCurb verlegt sind, ist einzuhalten und schränkt die Flexibilität stark ein (Elektro Krato GmbH, 2013). Induktionsschleifen werden andererseits schon seit einigen Jahren im Straßenverkehr eingesetzt und sind daher eine zuverlässige Technologie. Außerdem sind die Kosten für die Schleife sehr gering. Die Nachteile der Induktionsschleifen liegen in der kurzen Lebensdauer, die bei hoher Beanspruchung nur 4 Jahre betragen kann und dem hohen Aufwand beim Einbau (Düker & Schmidt, 2013). Alle In-Fahrbahn Sensoren haben dieses Problem, dass bei der Montage, Wartung oder Reparatur die Straße gesperrt und aufgegraben werden muss. Im Vergleich zu einem Sensor, der sich direkt im Bordstein befindet, schneidet die Induktionsschleife daher schlechter ab. Sie ist schwerer zu Warten, hat eine kurze Lebensdauer und der Anschluss an das Stromnetz ist mit einem größeren Aufwand verbunden. Dadurch relativiert sich auch der zunächst vorhandene Kostenvorteil.

Die Magnetfeldsensoren haben somit die besten Eigenschaften für die Anwendung im iCurb bezogen auf die mechanischen Anforderungen und die Integration der Kommunikationsmodule und der Informationsverarbeitung. Im Folgenden werden aktuelle Projekte näher beschrieben und wie sie dieses Messprinzip einsetzen.

3.4.2 Fahrzeugerkennung an Parkplätzen in Smart City Projekten

In letzter Zeit gibt es verstärkt Bestrebungen die für Mensch und Umwelt belastende Verkehrssituation in den Innenstädten zu verbessern. Man möchte dazu insbesondere Informations- und Kommunikationstechnologien zu Hilfe nehmen. Der Begriff „Smart City“ wurde in diesem Zusammenhang geprägt. Eine Studie des „Institute for Sustainability“ definiert den Begriff folgendermaßen:

„Smart City bezeichnet eine Stadt, in der systematisch Informations- und Kommunikationstechnologien sowie ressourcenschonende Technologien eingesetzt werden, um den Weg hin zu einer postfossilen Gesellschaft zu beschreiten, den Verbrauch von Ressourcen zu verringern, die Lebensqualität der BürgerInnen und die Wettbewerbsfähigkeit der ansässigen Wirtschaft dauerhaft zu erhöhen, mithin die Zukunftsfähigkeit der Stadt zu verbessern. Dabei werden mindestens die Bereiche Energie, Mobilität, Stadtplanung und Governance berücksichtigt“ (Rohde & Loew, 2011, S. 6)

Viele Städte haben Projekte ins Leben gerufen, um diesen Ansatz in ihrer Stadt

umzusetzen. Ein Beispiel hierfür stellt das Projekt SMART SANTANDER dar. Die spanische Stadt Santander installierte Sensoren, Kameras und Monitore, um Parameter, wie Lärm, Temperatur und CO₂, zu ermitteln und die Bürger darüber zu informieren. Außerdem wurden 375 Magnetfeldsensoren der Firma Libelium installiert, um freie Parkplätze aufzeigen zu können. So entsteht ein Netzwerk, wobei die einzelnen Sensoren drahtlos über zentrale Knotenpunkte untereinander kommunizieren können. Der Sensor wurde bei dieser Anwendung, wie in Abbildung 15 dargestellt, in einem wasserdichten Gehäuse in die Straßenoberfläche eingelassen und wieder verschlossen (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, c).



Abbildung 15: Reale Einbausituation des Parkplatzsensors in Santander (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, c)

Die Stromversorgung erfolgt über eine Batterie. Der Sensor wird alle 5 Minuten aktiviert, um den Status des Parkplatzes abzufragen, in der restlichen Zeit ist er im Schlafmodus. Der Hersteller gibt je nach verwendeter Batterie und Software eine Lebensdauer von 3-9 Jahren an (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a, S. 36). Die vom Sensor erfassten Informationen sendet er an einen Repeater und dann weiter an einen Linux Router, der als Gateway innerhalb des Sensor-Netzwerks fungiert (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, b, S. 7). Die Daten werden gespeichert und an Anzeigetafeln, wie in Abbildung 16 links, weitergegeben. Zusätzlich zur Visualisierung durch Displays gibt es eine in Abbildung 16 rechts ebenfalls gezeigte interaktive Karte, die die Autofahrer schon vor Antritt der Fahrt ins Stadtzentrum über die Parkmöglichkeiten informieren kann (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, c).

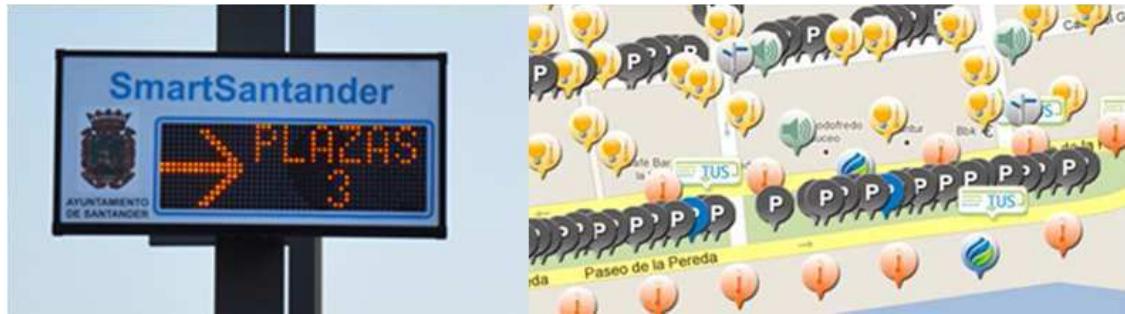


Abbildung 16: Visualisierung der Informationen links mit Displays (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, c) und rechts mit interaktiven Karten (PmWiki, 2012)

Dieses Projekt hilft nicht nur den Bürgern von Santander bei der Parkplatzsuche, sondern bietet Forschern auf der ganzen Welt die Möglichkeit, Algorithmen für derartige Systeme unter realen Gegebenheiten zu testen. Da in Zukunft vermutlich weitere Städte solche Smart City Projekte starten werden, ist dies ein gutes Anwendungsfeld für den iCurb und bietet eine große Chance, ihn am Markt zu platzieren.

3.4.3 Fahrzeugerkennung an Ladestationen

An Ladestationen wird die Technik der Magnetfeldsensoren dafür eingesetzt, damit Fahrer von Elektrofahrzeugen keine Fehlinformationen von der Ladesäule erhalten. Ist der Parkplatz durch ein Fahrzeug belegt, dieses aber nicht mit der Ladesäule verbunden, würde die Ladesäule als verfügbar angezeigt werden, obwohl das Laden nicht möglich ist. Für den Fahrer ergibt sich durch die Verwendung von Sensoren der Vorteil einer zuverlässigen Navigation zur nächsten freien Ladesäule. Dem Betreiber gelingt mit Hilfe der Sensoren eine optimierte Auslastung seiner Ladepunkte und Falschparken können schnell erkannt werden. Die Sensoren können unterflur montiert werden, ähnlich der Montage in Abbildung 15, oder sie werden in die Ladesäule integriert. Die Anzeige der ermittelten Informationen erfolgt vergleichbar zu SMART SANTANDER durch Displays, Internet, Smartphones oder Navigationsgeräte (MSR-Traffic GmbH, 2013). Viele Anbieter von Ladestationen bieten einen Parkplatzsensor schon heute optional an (Electrodrive Burgenland, 2012, S. 2).

4 Stromversorgung für den iCurb

Wie in Kapitel 3.3 erläutert, ist eine wichtige Funktion des iCurb die Stromversorgung verschiedener Bauteile, unter anderem auch über lange Strecken. Dazu muss er Strom führen können. Dies geschieht durch ein Erdkabel, das im Inneren, also im Hohlraum des iCurb (siehe Kapitel 3.3), geführt wird. Dieses Kabel soll über längere Strecken im iCurb verlegt werden und kann sowohl zum Anschluss von Ladetechnik, als auch zur Stromversorgung der Informations- und Kommunikationstechnik mehrerer aufeinander folgender iCurbs verwendet werden. Die Erschließung einer neuen Ladestation kann mit dem iCurb somit einfacher realisiert werden. Denn in einem Szenario wie in Abbildung 17 muss das Kabel oft mehrere Meter entlang der Straße von einer Transformatorenstation zu der Ladesäule oder der Induktionsspule geführt werden, wofür die Straße durch den iCurb, zur Verlegung der nötigen Kabel, nicht mehr gesperrt und aufgegraben werden muss.

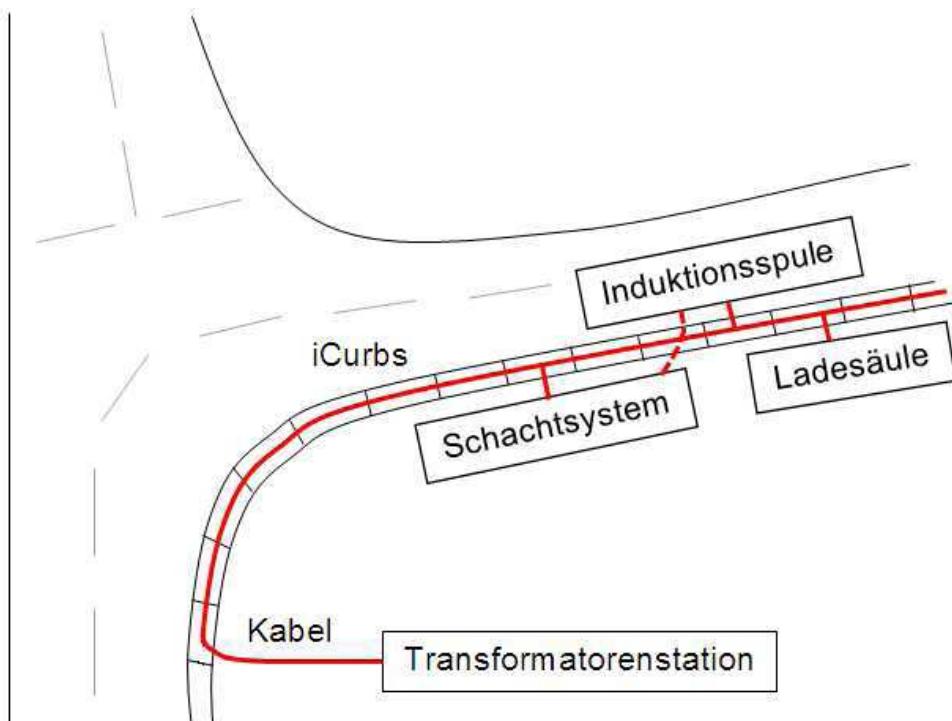


Abbildung 17: Szenario einer Straße mit iCurb und Ladetechnik (Fraunhofer IAO, 2013)

In diesem Kapitel werden die Anforderungen an den iCurb und die Komponenten darin erläutert, die sich aus den Eigenschaften der Kabel und der Kabelverlegung ergeben. Der Anschluss der elektrischen Komponenten an die Stromversorgung wird in Kapitel 6 näher beschrieben.

4.1 Niederspannungsnetz

In Deutschland gibt es ein 1,8 Millionen Kilometer langes Stromnetz. Dieses dient dazu, elektrische Energie zu verteilen und zu transformieren. Es unterteilt sich in vier Spannungsebenen, die Höchst-, Hoch-, Mittel- und Niederspannung, wie in Abbildung 18 dargestellt. Über Transformatoren sind die Netze miteinander verbunden.

Das Niederspannungsnetz hat den größten Anteil, es versorgt Haushalte und kleinere Betriebe. Regionale Verteilnetze werden mit Mittelspannung versorgt, lokale Stromversorger und die Industrie sind Kunden der Hochspannungsebene und die Höchstspannungsleitungen verbinden Deutschland mit dem Ausland und versorgen große Industriebetriebe sowie regionale Stromversorger (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2013).

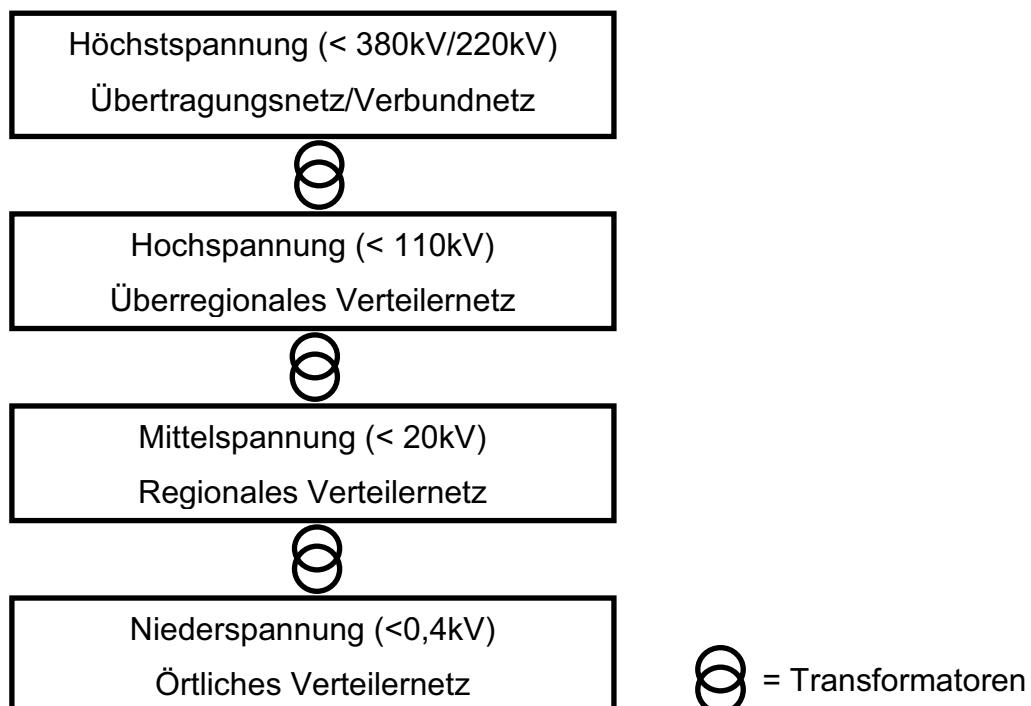


Abbildung 18: Spannungsebenen in Deutschland (Bund der Energieverbraucher, 2013)

Das Stromkabel im iCurb fällt, gemäß den Anforderungen aus Kapitel 4.2, in den Bereich der Niederspannung. Die Nennspannung in diesem Netz beträgt in Deutschland 230/400V (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2007, S. 8). Es existieren zwei Netzelemente, die sich hinsichtlich der Ausführung ihrer Erdung unterscheiden. Das ältere System ist das TT-System. Dabei steht das erste T dafür, dass ein Punkt der Stromquelle direkt geerdet ist. Das zweite T kennzeichnet, dass die Körper der Anlage anschließend mit, von der Betriebserdung getrennten, separaten Erdern verbunden sind (RWE Westfalen-Weser-Ems, 2010, S. 4f). Heutzutage ist jedoch das meist verbreitete System das TN-System. Dieses System ist dadurch gekennzeichnet, dass wie beim TT-System auch, ein Punkt der Stromquelle, z.B. der Sternpunkt der Transformatorenstation, direkt geerdet ist. Allerdings sind hier auch die Körper der elektrischen Anlage mit der Betriebserde direkt verbunden, was durch den Buchstaben N angegeben wird. Man unterscheidet noch innerhalb dieses Systems zwei Varianten, je nachdem ob der Neutralleiter (N) und der Schutzleiter (PE) einzeln vorliegen (TN-S-System) oder in einem PEN-Leiter zusammengefasst sind (TN-C-System) (RWE Westfalen-Weser-Ems, 2010, S. 4).

4.2 Auswahl Erdkabel

Bei der Auswahl des Kabels, das im iCurb verlegt werden soll, müssen nun die Eigenschaften des Netzes und der Komponenten, die mit dem Strom versorgt werden gleichermaßen berücksichtigt werden.

Elektroautos können am herkömmlichen Hausnetz mit 230V und 16A oder an Ladestationen mit 230V/400V und 32A geladen werden. Hierbei kann es sich um Wechsel- oder Drehstrom handeln (Verband e'mobile, 2011). Für solch eine Ladesäule soll eine Anschlussmöglichkeit im iCurb vorgesehen werden. Die induktive Ladetechnik vom Fraunhofer Institut benötigt maximal eine Spannung von 400V und ebenfalls 32A (Fraunhofer ISE, 2013). Ladestationen mit höherer Leistung sollen hier nicht berücksichtigt werden, da sie nicht aus dem Nieder-

spannungsnetz und daher auch nicht direkt über den iCurb versorgt werden können.

Das Smart Parking Board aus Kapitel 5.1.1 wird mit einer Kleinspannung versorgt und benötigt nur einen geringen Strom. Daher muss er zur Auswahl der Kabel nicht weiter berücksichtigt werden. Die benötigte Spannung für die Komponenten der Sensorik aus Kapitel 5.1.1 und 5.1.2 können vom Hauptkabel dann abgezweigt werden. Man geht also von einer maximalen Spannung von 400V und einem maximalen Strom von 32A aus, mit dem das Kabel belastet wird.

Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass das Kabel mit Wasser oder Feuchtigkeit in Berührung kommt, muss ein Kabel mit Außenmantel eingesetzt werden. Dies bietet auch mechanischen Schutz vor Beschädigungen bei der Verlegung oder durch die unebene Oberfläche des Betons des iCurb. Es gibt sogenannte Erdkabel, die für eine Verlegung unter solchen Bedingungen geeignet sind. Die Erdkabel NYY-J besitzen eine Isolierung und einen zusätzlichen Außenmantel aus Polyvinylchlorid (PVC). Sie können sicher im Freien, in Erde oder im Wasser betrieben werden (Lapp Kabel, 2006). Die Abbildung 19 zeigt beispielhaft, wie dieses Kabel aussehen kann. Der Einsatz eines solchen Kabels erleichtert die Verlegung im iCurb, da keine weiteren Schutzmaßnahmen, wie beispielsweise Kabelschutzrohre, nötig sind.



Abbildung 19: Erdkabel vom Typ NYY-J (Lapp Kabel, 2014, a)

Für die endgültige Auswahl eines Kabels muss zunächst der minimal zulässige Querschnitt des Kabels bestimmt werden. Nach DIN VDE 0100 werden die Kabel in verschiedene Gruppen unterteilt. Zum Beispiel wird in Leitungen unterschieden, die an Wänden, in Rohren oder frei in Luft verlegt werden und außerdem zwischen einadrigen Leitungen und Mehraderleitungen. Die Verlegungsarten sind in der Übersicht in Abbildung 20 zu finden.

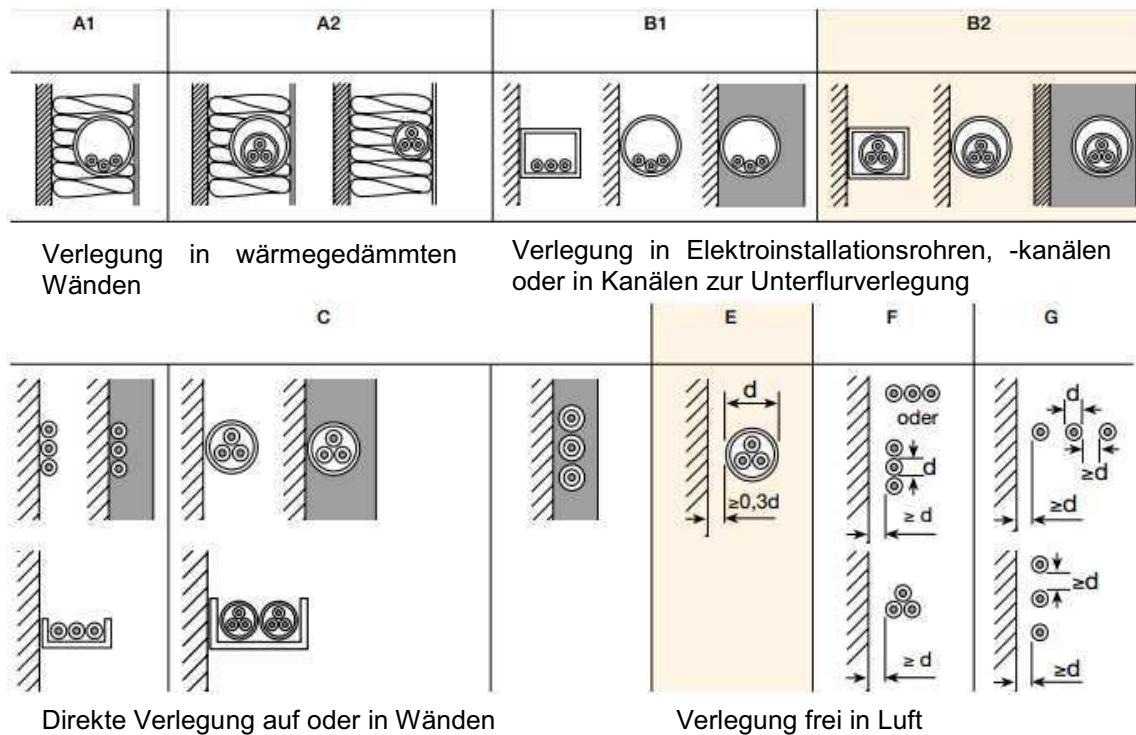


Abbildung 20: Referenz-Verlegearten für feste Verlegung in und an Gebäuden (ABB STOTZ-KONTAKT GmbH, 2010, S. 4)

Der Fall des iCurb entspricht Gruppe B2, mit den Verlegearten, wie sie in Abbildung 20 dargestellt sind. Dies umfasst Kabel, die in Elektroinstallationsrohren oder geschlossenen Kanälen auf oder in Wänden oder unterflur verlegt werden. Dies entspricht am ehesten dem im iCurb vorliegenden Fall. Innerhalb dieser Gruppe werden nachfolgend die Werte für mehradrige Leitungen bzw. Mantelleitungen betrachtet (ABB STOTZ-KONTAKT GmbH, 2010, S. 4).

Es werden Leiter aus Kupfer verwendet werden, da dies der beste Werkstoff für elektrische Leiter ist. Er zeichnet sich durch eine sehr gute Leitfähigkeit sowie Verformbarkeit und Festigkeit aus (Lapp Kabel, 2014, b). Mit diesen Informationen lassen sich die minimal zulässigen Kabelquerschnitte bestimmen. Für Kupferleitungen mit PVC-Isolierungen bei fester Verlegung und gleichzeitiger Belastung von bis zu drei Adern muss für 32A mindestens ein Querschnitt von 6mm² gewählt werden (ABB STOTZ-KONTAKT GmbH, 2010, S. 5). In Abbildung 21 ist die Auswahltafel für die Leiterquerschnitte dargestellt.

Referenz-Verlegeart	A1		A2		B1		B2		C	
Verlegung	in wärmegedämmten Wänden				in Elektroinstallationsrohren				direkt	
Anzahl der gleichzeitig belasteten Adern	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Nennquerschnitt in mm ²										
1,5	15,5 ^{a)}	13,5	15,5 ^{a)}	13,0	17,5	15,5	16,5	15,0	19,5	17,5
2,5	19,5	18,0	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24
4	26	24	25	28	32	28	30	27	36	32
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259

Abbildung 21: Strombelastbarkeit bei fester Verlegung und Dauerbetrieb (ABB STOTZ-KONTAKT GmbH, 2010, S. 5)

Es wird das Kabel NYY-J 5x16re gewählt. Mit diesem größeren Querschnitt von 16mm² hat man noch einen Sicherheitsabstand zum minimal zulässigen Wert und kann, falls es im späteren Verlauf des Projektes notwendig wird, auch Ströme bis zu 62A fließen lassen. Das Kürzel „re“ am Ende gibt an, dass es sich bei den leitenden Adern um eindrähtige, runde Leiter handelt. Durch den 5-adriegen Aufbau ist es einfach, von diesem Hauptkabel Spannung und Strom für die Sensorik abzuzweigen. Dieses Kabel der Firma Lapp Kabel kann bis zu einer Spannung von 1kV betrieben werden und erträgt Temperaturen von -40°C bis +70°C, was für den Einsatz in Deutschland ausreichend ist (Lapp Kabel, 2014, a).

4.3 Ausführung der Schnittstellen zum iCurb

In diesem Abschnitt wird die Verlegung des Kabels im iCurb, die Verbindung von mehreren iCurb-Modulen sowie der Anschluss der Sensorik im Inneren an das 400V-Erdkabel beschrieben.

Das Kabel kann, wie in Abschnitt 4.2 beschrieben, ohne zusätzliche mechanische Sicherheitsmaßnahmen am Boden des Innenraums des iCurb verlegt werden. Im Falle des Prototyps von einem Abschnitt von nur 3m Länge (vgl. Kapitel 2.4), kann das Kabel einfach an der seitlichen Öffnung der Vorderseite

der Bordsteine eingeführt werden. Bei einem längeren Abschnitt mit Bordsteinen muss es allerdings durch eine Bohrung an der Vorderseite ins Innere gebracht werden. Abbildung 22 verdeutlicht dieses Vorgehen.

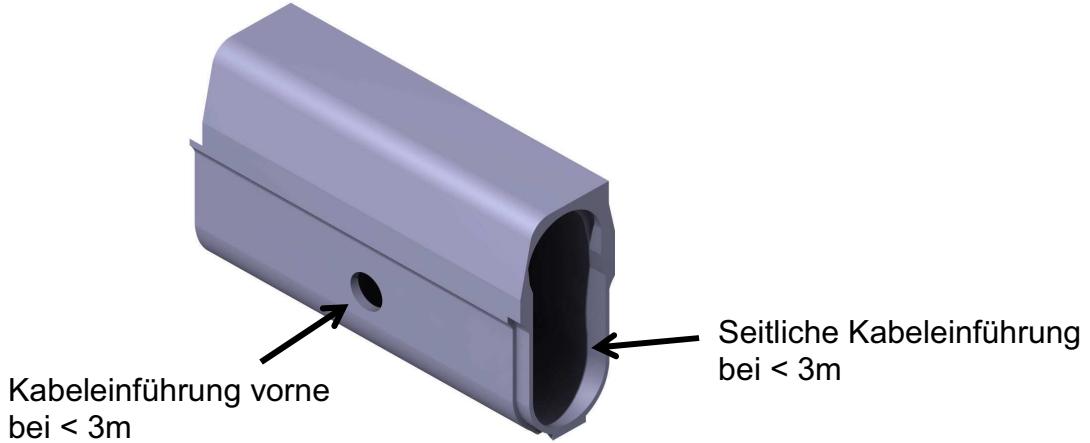
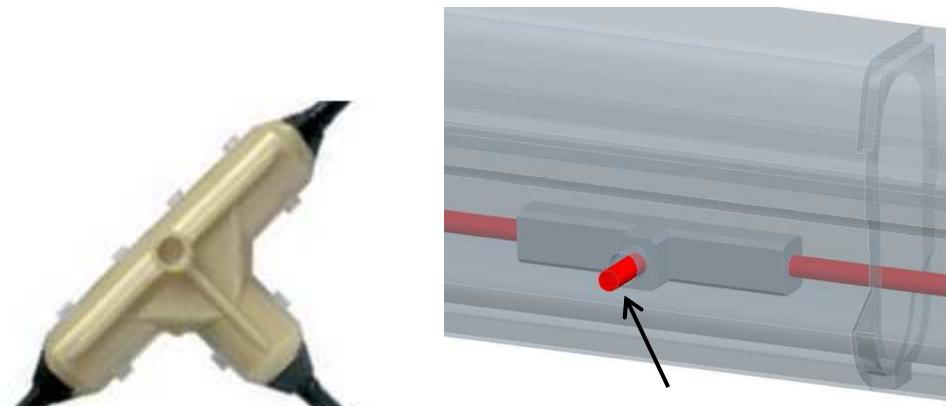


Abbildung 22: Möglichkeiten am iCurb zur Durchführung des Kabels (eigene Konstruktion)

Im oben genannten Fall, dass das Kabel an der Vorderseite eingeführt wird, bedarf es dann zusätzlich einer Abzweigmuffe, die das Kabel anschließend in Längsrichtung zum iCurb umlenkt. Der Mindestbiegeradius des Erdkabels muss 12-mal dem Außendurchmesser des Kabels entsprechen und ein Radius von somit ca. 240mm ist zu groß, um dies innerhalb des iCurb zu realisieren (Lapp Kabel, 2014, a). Die Abbildung 23 zeigt links eine solche T-Abzweigmuffe und rechts, wie eine solche Muffe im iCurb integriert werden kann.



Kabel in den iCurb hinein oder heraus führen

Abbildung 23: Erdkabel-Muffensystem (links) (Tyco Electronics, 2010, S. 35) und Einbau einer solchen Muffe im iCurb (rechts) (eigene Konstruktion)

Bei einem Streckenabschnitt, bei dem mehrere Parkplätze mit Sensoren ausgestattet werden sollen, entstehen lange Strecken für das Erdkabel. In

solchen Fällen ist es ratsam, nicht ein Kabel von mehreren hundert Metern Länge zu verlegen, sondern kürzere, getrennte Abschnitte zu bilden. Im Falle eines Defekts am Kabel kann so das Austauschen des gesamten Kabelstrangs vermieden werden. Man bildet also iCurb-Module von jeweils drei Metern Länge, was der geschätzten Länge eines Parkplatzes entspricht, und verbindet diese über Steckverbindungen. Bei Spannungen über 400V ist es aus Sicherheitsgründen wichtig, nur Steckverbindungen nach internationalem Standard zu verwenden, denn mit diesen Bauteilen kommen Personen in Kontakt. Die in Abbildung 24 abgebildete Verbindung aus Industriestecker und -kupplung hat den internationalen Standard gemäß der DIN EN 60309. Diese Stecker und Kupplungen werden auch als CEE-Steckvorrichtungen bezeichnet (PC Electric, 2013).



Abbildung 24: CEE-Steckverbindung (PC Electric, 2013)

Mit Hilfe dieser modularen Bauweise ist es möglich, aus beispielsweise drei iCurbs mit je einem Meter Länge ein Modul zu bilden, das mit allen Bauteilen aus den Kapiteln 5 und 6 ausgestattet ist. Um es in Betrieb zu nehmen, muss es nur über die oben beschriebenen Stecker an den Stromkreislauf bzw. schon bestehende Bordsteine angeschlossen werden. Die Lieferung eines solchen Moduls an den Kunden hat den Vorteil, dass dieser nur mit den Steckverbindungen in Berührung kommt, da sonst im Inneren alles schon fachgerecht verkabelt und funktionsbereit ist. Abbildung 25 zeigt eine solche Baugruppe, ausgestattet mit Kabel, Sensorik und Steckverbindungen.

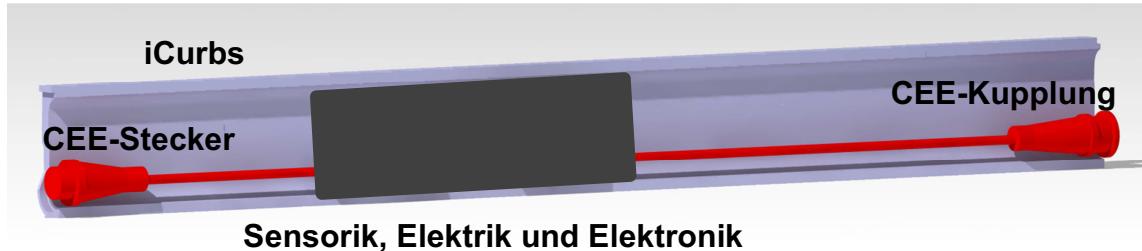


Abbildung 25: iCurb-Modul mit Steckverbindungen an den Enden (eigene Konstruktion)

4.4 Bereitstellung von Spannung und Strom für die Elektronik

Die Sensorik, die sich in einem wasserdichten Gehäuse befindet (vgl. Kapitel 5.3), benötigt nur 5V (vgl. Kapitel 5.1.1). Da das Erdkabel 400V liefert ist ein Zwischenschritt nötig, um die Spannung zu reduzieren. Der Einsatz eines Transformators an dieser Stelle, ausgehend vom 400V Kabel, wäre sehr umständlich und bei der großen Spannungsdifferenz und dem geringen Platz auch kaum möglich. Daher wählt man mit einer Abzweigmuffe eine alternative Lösung, wobei, wie in Abbildung 26 veranschaulicht, von den 5 Adern im 400V-Kabel (vgl. Kapitel 4.2) nur ein Leiter, plus Nullleiter und Schutzleiter, innerhalb der Muffe abgegriffen werden. Damit entsteht am oberen Ausgang der Muffe eine Spannung von 230V, die nun mit einem einfachen Netzteil für die Sensorik auf 5V reduziert werden können.

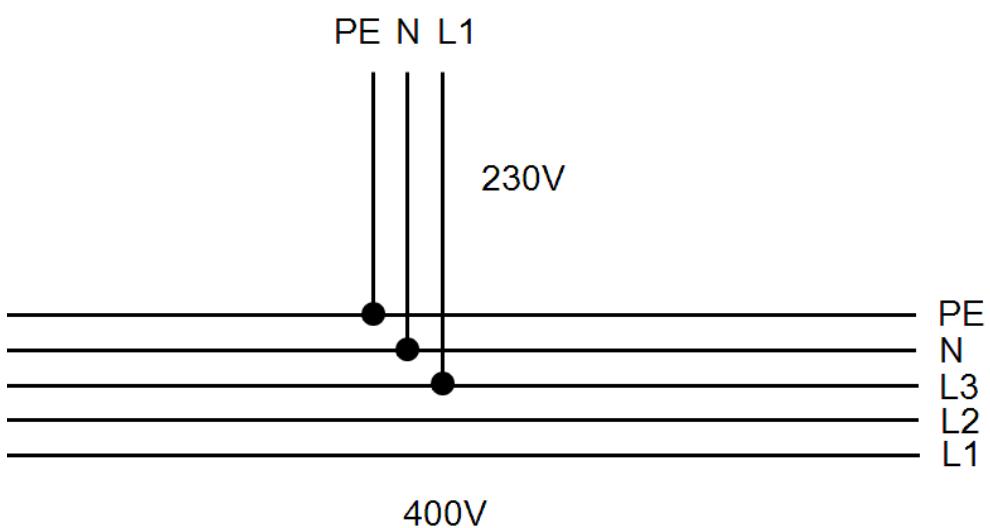


Abbildung 26: Transformation von 400V zu 230V (eigene Abbildung)

Es ist darauf zu achten, dass am Durchgang und am Abzweig der Muffe immer

der gleiche Leiterquerschnitt verwendet wird, also immer 16mm^2 . Denn der gesamte Abschnitt bis zum Eingang ins Gehäuse des Sensors aus Kapitel 5.3, also das 400V-Kabel, die Abzweigmuffe und das dort abgezweigte 230V-Kabel, wird über eine gemeinsame Sicherung in der Transformatorenstation zentral abgesichert und diese ist auf den Leiterquerschnitt von 16mm^2 ausgelegt. Würde man ein kleineres Kabel wählen, was für 230V durchaus möglich wäre, bestünde die Gefahr, dass dieses Kabel im Falle eines Defekts durchbrennt, ohne dass die Sicherung auslöst, da das dickere Kabel den fließenden Strom noch aushält. Außerdem muss für diesen Kabelabschnitt auch ein Erdkabel verwendet werden, da er genauso wie das 400V-Kabel den Umwelteinflüssen oder mechanischen Belastungen durch den Beton ausgesetzt sein kann. Es wird also für die Verbindung zwischen Abzweigmuffe und Gehäuse das Kabel NYY-J $3 \times 16\text{mm}^2$ von Lapp Kabel ausgesucht (Lapp Kabel, 2014, a). Abbildung 27 zeigt diesen Abschnitt im iCurb detaillierter und verdeutlicht die Abzweigung des Kabels und die Einführung ins Gehäuse mit der Sensorik (vgl. Kapitel 5.3).

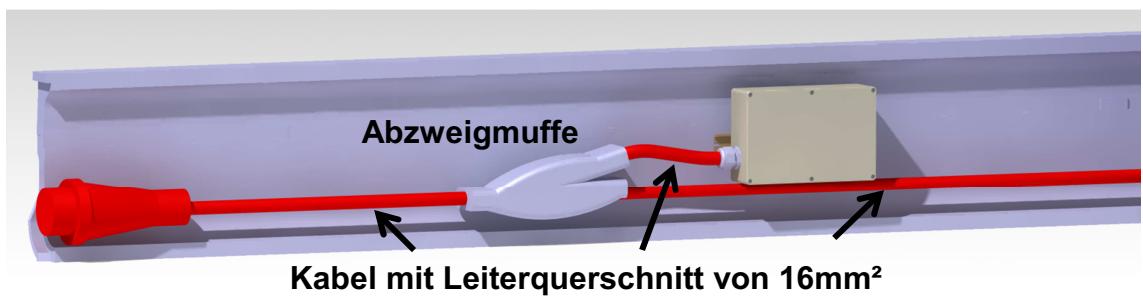


Abbildung 27: Abzweigmuffe zur Stromversorgung der Sensorik (eigene Konstruktion)

Als Abzweigmuffe kommt beispielsweise die Gießharz-Abzweigmuffe der Firma Cellpack, wie sie in Abbildung 28 dargestellt ist, in Betracht. Diese ist für 5adrige Kabel bis 33mm Durchmesser verwendbar und kann für Kabelquerschnitte bis $5 \times 16\text{mm}^2$ angewendet werden. Das Gießharz dichtet die blanken Leiter im Inneren der Muffe gegenüber Feuchtigkeit oder Verschmutzungen ab und sichert so das einwandfreie Funktionieren der Verbindung. Außerdem besitzt das Gießharz im Vergleich zur Gel- oder Silikontechnik eine längere Lebensdauer (Cellpack GmbH, 2014).



Abbildung 28: Gießharz-Abzweigmuffe (Cellpack GmbH, 2014)

Möchte man auf zusätzliche Bauteile zur Transformation der Spannung gänzlich verzichten, gibt es noch die Möglichkeit, ein zweites, separates Kabel mit 230V im iCurb zu verlegen. Dieses Kabel müsste dann, genau wie das 400V-Kabel, von der Transformatorenstation ausgehen und muss dort auch einzeln abgesichert werden. Dieses Kabel kann daher mit geringerem Querschnitt und damit geringeren Kosten gewählt werden. Diese Lösung hat aber den Nachteil, dass zwei Kabel über die gesamte Strecke durch alle iCurbs bis zur Ladetechnik verlegt werden müssen. Dafür muss zum einen überall Platz vorhanden sein, auch in schon verlegten Leerrohren, die unterirdisch zum iCurb hinführen, und zum anderen relativiert sich dadurch der Kostenvorteil eines günstigeren Kabels und es ergibt sich eine höhere Störanfälligkeit. Im Falle des in Kapitel 2.4 betrachteten Prototyps, wo es sich um kurze Strecken handelt, wäre diese Alternative allerdings durchaus auch vorteilhaft, da keine Muffe benötigt würde. Außerdem kann auch auf die Sicherung für das Smart Parking Board (vgl. Kapitel 6.2) im iCurb verzichtet werden, da dies über die zentrale Sicherung des Kabels mit abgedeckt wäre.

Nach dieser ersten Transformation der Spannung stehen nun in beiden beschriebenen Fällen 230V am Eingang zum Gehäuse zur Verfügung. In Kapitel 6 wird beschrieben, wie die Stromversorgung der Bauteile im Detail ab diesem Schritt aussehen wird.

4.5 Anforderungen an den Hochbordstein

Um die zuvor beschriebenen Bauteile in den Bordstein integrieren zu können, müssen an dessen Ober- und Unterteil noch Anpassungen vorgenommen

werden. Bei einer eigenen Konstruktion können diese Dinge zum Teil auch in das Werkzeug eingearbeitet werden, aber bei Verwendung des Bordsteins der Firma MEA müssen die Änderungen nachträglich mechanisch hinzugefügt werden.

Wie in Kapitel 3.3, Abbildung 11 erwähnt, müssen auf der Vorderseite im unteren Teil Bohrungen angebracht werden, wenn dort Kabel in den Bordstein hinein gehen oder heraus geführt werden, um Ladetechnik zu versorgen. Das Kabel und die Muffen sind so stabil, dass sie am Boden des iCurb verlegt werden können, ohne besondere Vorkehrungen treffen zu müssen. Die betrachteten CEE-Stecker bzw. –Kupplungen haben jedoch bestimmte Maße und diese sind für den iCurb (eigene Konstruktion und von MEA) etwas zu groß. An den Übergangsstellen von einem Modul zum nächsten, wo die Steckverbindungen vorliegen, müssen daher Aussparungen im iCurb sein. Der Durchmesser muss an diesen Stellen mindestens 115mm betragen auf einer Länge von ca. 100mm, also 50mm pro Bordstein.

5 Integration der informationsverarbeitenden Komponenten

In diesem Kapitel werden die einzelnen Komponenten zur Informationsverarbeitung und Kommunikation beschrieben und hinsichtlich ihrer Eigenschaften charakterisiert. Daraus lassen sich anschließend Anforderungen an die Konstruktion des iCurb ableiten und die nötigen zusätzlichen mechanischen und elektrischen Bauteile bestimmen.

5.1 Analyse der Komponenten

Damit der iCurb die Funktion der Fahrzeugerkennung erfüllen kann, muss er mit einem Parkplatzsensor ausgestattet werden. Die ermittelten Informationen werden über ein XBee Modul drahtlos an die anschließenden Netzwerkkomponenten weitergegeben. Der Sensor und das XBee sind die zentralen Bauteile und auf ihre Eigenschaften und Anforderungen werden alle weiteren Komponenten abgestimmt. Des Weiteren werden hier die LED-Profile näher betrachtet, die zur unmittelbaren Visualisierung der Informationen zusätzlich genutzt werden können.

5.1.1 Parkplatzsensor

Da ein Parkplatzsensor auf unterschiedliche Weise umgesetzt werden kann, wurden in Abschnitt 3.4 bereits die alternativen Technologien zur Fahrzeugerkennung gegeneinander abgewogen. Dabei kommt man zu dem Schluss, dass ein Magnetfeldsensor für die vorliegende Problemstellung am besten geeignet ist. Es gibt verschiedene Anbieter, die solche Sensoren speziell zur Fahrzeugerkennung entwickeln.

Eine Möglichkeit stellt die MSR-Traffic GmbH dar. Der von ihnen angebotene Sensor, wie er in Abbildung 29 gezeigt ist, ist witterungsunabhängig und weist eine hohe Detektionsgenauigkeit auf. Er gibt die Statusinformation des Parkplatzes drahtlos über Funk an den Server weiter. Es ist vorgesehen, den

Sensor unterhalb der Straßenoberfläche zu vergießen, jedoch kann er mit einer entsprechenden Halterung auch im iCurb untergebracht werden (MSR-Traffic GmbH, 2014, a). Da der Sensor immer zum Fahrzeug zeigen muss, um dieses zuverlässig erkennen zu können, wird es im iCurb jedoch Probleme mit den äußereren Abmessungen dieses Sensors geben.



Abbildung 29: Magnetfeldsensor für Einzelplatzerkennung von MSR-Traffic (MSR-Traffic GmbH, 2014, b)

Der Magnetfeldsensor zur PKW-Stellplatzfassung MagSense der Firma MobiliSis stellt eine Alternative dar, die viele zusätzliche Funktionen beinhaltet. Er erfasst nicht nur die Belegung eines Parkplatzes, sondern liefert mit Hilfe der zugehörigen Software auch Informationen zur Parkzeit, angefallenen Parkgebühren und ob ein Fahrzeug berechtigt ist dort zu parken. Er kann für ruhenden und fließenden Verkehr eingesetzt werden. Seine Abmessungen sind sehr kompakt, was Abbildung 30 verdeutlicht, und damit ist eine Installation im iCurb denkbar (MobiliSis GmbH, 2014, a). Allerdings benötigt der 3-achsige Sensor viele weitere Systemkomponenten, um die ermittelten Informationen weiterleiten zu können und damit verkompliziert sich die Installation. Er würde sich nur für große Parkflächen eignen, die dann einmal zentral mit den nötigen Komponenten ausgestattet werden könnten. Dann können viele Sensoren in einer Reihe, z.B. in Leerrohren unterhalb der Straße oder in iCurbs, die Daten der Parkplätze erfassen und eine gemeinsame Schnittstelle verarbeiten die Informationen. Das Konzept des iCurb sieht allerdings zunächst eine breitere Anwendung, auch für Flächen mit wenigen Stellplätzen vor und somit ist dieses Sensorsystem zunächst weniger geeignet (MobiliSis GmbH, 2014, c).



Abbildung 30: Magnetfeldsensor der Firma MobiliSis (MobiliSis GmbH, 2014, b)

Einige Magnetfeldsensoren zur Parkplatzerfassung können aufgrund Ihrer Abmessungen oder Montageeigenschaften nicht für den Einsatz im iCurb herangezogen werden. Der Portos ES1 der Firma ebm beispielsweise ist für eine Installation an der Decke eines Parkhauses vorgesehen und besitzt ein integriertes Lichtband, welches direkt eine Belegung oder Reservierung des Parkplatzes anzeigt, so wie es Abbildung 31 dargestellt ist. Diese Technologie eignet sich nicht für den iCurb, da der Sensor mit einem Durchmesser von 120mm zu groß wäre und viele der Funktionalitäten, wie z.B. die Lichtanzeige, im Inneren des Bordsteins überflüssig würden (elektro-bau-montage GmbH & Co. KG, 2011).

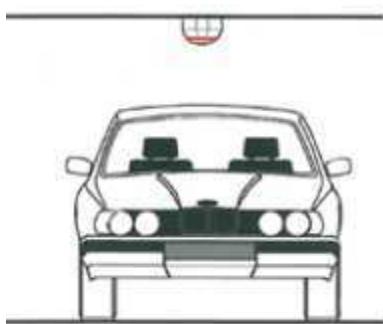


Abbildung 31: Montage des Portos ES1 der Firma ebm an der Decke eines Parkhauses (elektro-bau-montage GmbH & Co. KG, 2011)

Unter den angebotenen Magnetfeldsensoren, wie sie zuvor beschrieben sind, wird das „Waspmote Smart Parking Board“ der Firma Libelium aus Abbildung 32 für den Aufbau eines iCurb am Fraunhofer Institut ausgewählt. Es handelt sich um einen kompletten Aufbau aus einem dreiachsigem Sensor, mit x-, y- und z-Richtung, und Mikrocontroller, der die Daten direkt verarbeiten kann. Abbildung 32 zeigt auch, wo sich der Sensor auf dem Smart Parking Board befindet. Im Allgemeinen bezeichnet Waspmote Plattformen, die mit verschiedenen Sensoren und Schnittstellen kombiniert werden können. Die gesamte verbaute Elektronik hat einen sehr geringen Verbrauch und ist durch die Over-the-Air-Programmierung einfach zu bedienen und immer wieder schnell an neue

Gegebenheiten anzupassen. Diese Produkte werden hauptsächlich im Entwicklungsbereich eingesetzt, da sie sehr flexibel in ihrer Bedienung und Zusammensetzung sind (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a) (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, e). Daher eignet sich das Smart Parking Board sehr gut für das Konzept des iCurb, da dort eventuell nötige Änderungen einfach umgesetzt werden können.

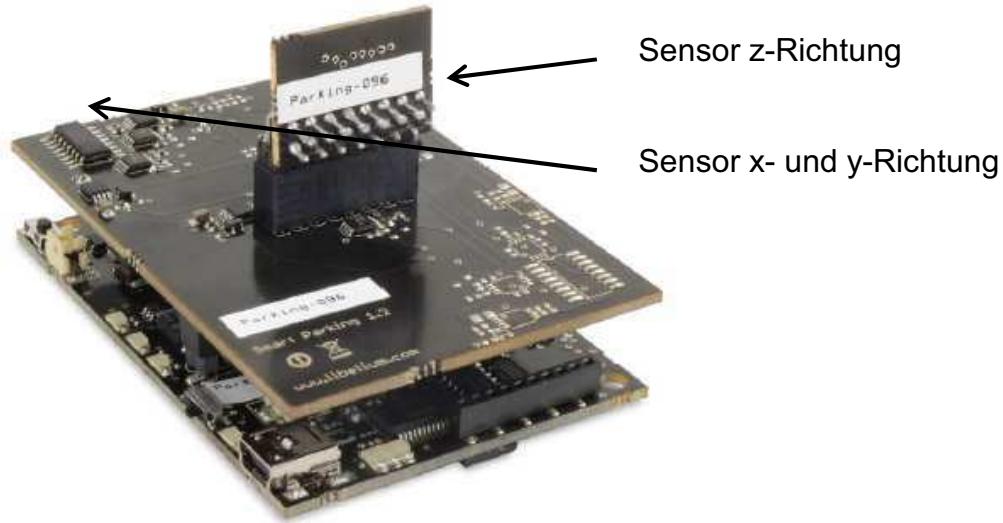


Abbildung 32: Smart Parking Board (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a)

Die Funktionsweise des Sensors basiert auf Veränderungen des Magnetfelds in seiner direkten Umgebung, wie sie durch die Anwesenheit einer Fahrzeugkarosserie ausgelöst werden. Der Zustand des Parkplatzes kann erkannt werden, da sich der elektrische Widerstand des Materials des Sensors, eine Nickel-Eisen-Legierung, analog zum magnetischen Feld, das ihn durchfließt, ändert. Dieses Signal kann vom System weiterverarbeitet und entsprechend ausgewertet werden (ESPI Metals, 2014) (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a). Der Sensor muss so programmiert sein, dass er nur auf Änderungen auf dem betreffenden Parkplatz reagiert und nicht auf Fahrzeuge, die sich auf anliegenden Stellflächen oder der Fahrbahn befinden. Über die Software kann man diese Daten genau einstellen. Da der Sensor auch auf Störungen aus dem Erdreich reagiert, ist es wichtig, dass er sich innerhalb des iCurb oberhalb des Erdniveaus befindet (Fraunhofer-Anwendungszentrum KEIM, 2013, b). In Abschnitt 5.2 wird auf die Positionierung noch näher eingegangen. Die mechanischen und elektrischen Eigenschaften lassen sich folgendermaßen beschreiben:

ben.

Der gesamte Aufbau des Sensors befindet sich auf zwei Platinen, die wie in Abbildung 32 aufeinander gesteckt werden, und wiegt 20 Gramm. Die äußereren Maße der Platine sind 73,5x51x1,3mm und der Sensor kann in einer Temperaturspanne von -20°C bis 65°C arbeiten (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a, S. 13).

Die elektrische Spannung des Sensors beträgt 5V. Dabei ist sicherzustellen, dass er nur mit Gleichspannung betrieben wird. Er kann mit einem konstanten Strom von 200mA durchflossen werden, jedoch darf die Spitzenbelastung von 400mA nicht überschritten werden. Dies muss mit einer vorangeschalteten Sicherung garantiert werden, um einen Defekt des Sensors durch Überlast oder Kurzschluss zu verhindern (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a, S. 13). In Kapitel 6.2 wird Auswahl, Befestigung und Anschluss dieser Sicherung näher erläutert.

Die gesamte Elektronik und insbesondere das Smart Parking Board müssen wasserdicht im iCurb untergebracht werden. Dazu ist es unumgänglich, ein Gehäuse für diese Komponenten zu verwenden (vgl. Kapitel 5.3). Dies stellt zusätzlich sicher, dass unbefugte Personen keinen direkten Zugang zu empfindlichen oder gefährlichen Bauteilen haben.

5.1.2 XBee

Die Informationen des Sensors werden erfasst und müssen anschließend zur Auswertung und Kommunikation mit dem Nutzer weitergeleitet werden. Dies erfolgt über eine sogenannte Over-the-Air-Schnittstelle. Dabei werden Daten über die Luft ohne ein weiteres Medium, also drahtlos, übertragen. Dies erleichtert die Verwendung dieses Systems, da außer der Stromversorgung keine zusätzlichen Kabel benötigt werden. Das von Libelium verwendete Modul der Firma Digi International, das XBee-802.15.4-Pro, wird auf die Platine des Wasp mote Smart Parking Boards mit aufgesteckt und ist so direkt mit dem Controller verbunden. Durch die Montage auf dem Smart Parking Board, ist es auch nicht notwendig das XBee bezüglich Positionierung, Befestigung und Wasserschutz separat zu betrachten. Die Abbildung 33 veranschaulicht die Montage des XBee auf dem Smart Parking Board. Die Stromversorgung erfolgt

über die Kontakte auf der Platine. Das XBee benötigt nur 15mA, sodass dies bei der Auslegung des Netzgerätes nicht weiter berücksichtigt werden muss. Es muss lediglich berücksichtigt werden, dass sich die äußeren Maße des Smart Parking Boards durch das XBee und seine Antenne leicht verändern (Digi International GmbH, 2014, a) (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L, 2013, d).

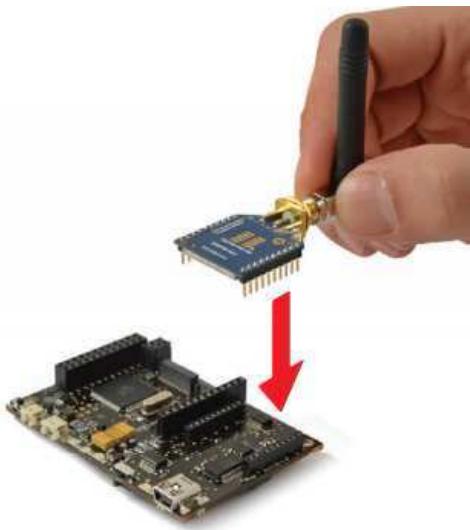


Abbildung 33: Montage des XBee auf dem Smart Parking Board (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L, 2013, f)

Das XBee wird mit unterschiedlichen Antennenausführungen geliefert. Es gibt unter anderem Chip-Antennen, Kabelantennen und feststehende Antennen in zwei Größen (Digi International GmbH, 2014, b). Da Platz im iCurb ein kritischer Faktor ist, wird die flexible Kabelantenne favorisiert. Abbildung 34 zeigt das XBee mit flexibler Antenne, im Unterschied zur feststehenden Antenne in Abbildung 33.



Abbildung 34: XBee mit Kabelantenne (RoboSavvy, 2012)

Entsprechende Funktionstests am Fraunhofer-Anwendungszentrum KEIM haben gezeigt, dass ihre Reichweite für die geforderte Anwendung auch ausreichend ist, da der Empfänger in näherer Umgebung zur Straße platziert wird, wie es in Abbildung 35 links gezeigt ist. Als direkter Empfänger der Daten, die durch die Parkplatzsensoren ermittelt werden, wird ein WaspMote Plug&Sense! von Libelium eingesetzt. Dies stellt einen Knotenpunkt dar, an dem zum einen Informationen gesammelt werden und zum anderen Änderungen in der Programmierung der Sensoren vorgenommen werden können. Von diesem zentralen Empfänger werden die Daten dann gesammelt weitergeleitet. Über Meshlium, einen Linux Router, der in Abbildung 35 rechts abgebildet ist, wird das gesamte Sensornetzwerk anschließend an das Internet angeschlossen und sämtliche Daten können dort abgerufen werden. So können Nutzer auch über Smartphones jederzeit über die aktuelle Parkplatzsituation informiert werden (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, g, S. 2) (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a, S. 5ff).



Abbildung 35: Waspmote Plug&Sense! (links) (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a, S. 6) und Meshlium (rechts) (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a, S. 9)

5.1.3 LED-Profil

Das LED-Profil soll dazu verwendet werden, die Statusinformationen des Parkplatzes direkt am Parkplatz anzuzeigen. Mittels verschiedener Farben kann ein freier von einem besetzten bzw. reservierten Parkplatz unterschieden werden. Daher benötigt man LEDs mit einer RGB-Farbmischung. Bei dieser Form der additiven Farbmischung kann durch Aufeinanderlegen von Rot, Grün und Blau nahezu jede andere Farbe erzeugt werden. Mit einem Steuergerät wird die gewünschte Farbe auf der LED-Profilschiene eingestellt (Electronic Theatre Controls, 2010). Wie in Abbildung 36 gezeigt, soll das Profil an der äußereren Kante eines iCurb-Elements und über die gesamte Länge angebracht werden. Die zur Montage notwendige Nut kann dabei auch tiefer sein, damit das LED-Profil leicht nach innen versetzt bleibt und durch Fahrzeuge nicht beschädigt werden kann.

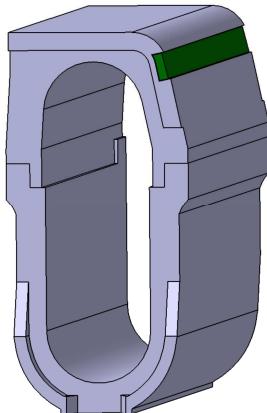


Abbildung 36: LED-Profil am iCurb (eigene Konstruktion)

Die Firma LBM Licht bietet solche LED-Profilschienen an. Diese Aluminiumschienen sind voll funktionsfähig mit LEDs bestückt und wasserdicht gemäß Schutzart IP65, sodass sie direkt mit einem Kabel am äußeren Ende angeschlossen werden können. Eine Abdeckung aus Plexiglas und eine Vergussmasse aus UV-beständigem Harz schützen die LEDs vor Beschädigungen durch Fahrzeuge und dem Sonnenlicht. Die Profile sind in einer Länge von 500mm erhältlich. Das Profil besitzt eine Tiefe von 18mm, was für die Anwendung am iCurb noch akzeptabel ist, da in der eigenen Konstruktion eine Restwandstärke von ca. 7mm in jedem Fall noch zur Verfügung steht. Die Breite von 12mm bereitet an der geplanten Stelle auch keine Schwierigkeiten. Die LEDs auf der Schiene werden mit 12V versorgt (LBM Lichtleit-Fasertechnik GmbH, 2014). Dies erfolgt über das Netzteil NT64012030 der Firma Barthelme. Dieses Netzteil kann direkt an der Innenwand des iCurb befestigt werden, da es bereits die Schutzart IP64 aufweist und daher kein Gehäuse mehr benötigt. Es liefert die 12VDC für die LEDs und wird genau wie die Sensorik (vgl. Kapitel 5.1.1) über eine Muffe vom 400V Erdkabel aus mit 230VAC versorgt (vgl. Kapitel 4.4) (Josef Barthelme GmbH & Co. KG, 2009). Zwischen LEDs und Netzteil wird noch das Steuergerät geschaltet, wie es in Abbildung 37 dargestellt wird. Ein solches Steuergerät erzeugt über geringfügig unterschiedliche Spannungen die verschiedenen Farben der LEDs. Es handelt sich dabei um das CHROMOFLEX Steuergerät mit drei Kanälen, um die Farben Rot, Grün und Blau ansteuern zu können. Es kann ebenfalls mit den 12V des Netzteils

NT64012030 betrieben werden. Allerdings ist für die Montage im iCurb ein zusätzliches Gehäuse notwendig, was aber von LBM-Licht bezogen werden kann (Josef Barthelme GmbH & Co. KG, 2012).



Abbildung 37: Anschluss von Netzteil, Steuergerät und LED-Profil (Josef Barthelme GmbH & Co. KG, 2012, S. 4)

Die Abmessungen von Netzteil (145x47x30mm) (Josef Barthelme GmbH & Co. KG, 2009) und Steuergerät (180x52x22mm) (Josef Barthelme GmbH & Co. KG, 2012) sind passend für den iCurb. Mit diesem System lässt sich auch gut etwas Platz im iCurb sparen, da von einem Netzteil bzw. Steuergerät aus immer drei LED-Profile versorgt werden können (LBM Lichtleit-Fasertechnik GmbH, 2013). Das Steuergerät kann für die ersten Versuche mit dem Prototypen (vgl. Kapitel 2.4) über Funk mittels einer Fernbedienung angesteuert werden. Für die spätere Installation von iCurbs soll allerdings das Steuergerät direkt mit den Ausgängen des Mikrocontrollers auf dem Smart Parking Board (vgl. Kapitel 5.1.1) verbunden werden und die Informationen dann direkt über ein Spannungssignal erhalten (Josef Barthelme GmbH & Co. KG, 2013). In einem späteren Schritt sollen dann noch zusätzlich Reservierungen von Parkplätzen auf das Steuergerät übertragen werden. Das Angebot der Firma LBM im Anhang gibt Auskunft über die Preise und Artikelnummern der Komponenten. Das Datenblatt des LED-Profil ist dort ebenfalls zu finden.

Ein weiterer Anbieter von LED-Profilen und LED-Strips ist die Firma click-licht.de. Ihr Produktangebot umfasst komplett LED-Profilschienen, wie in

Abbildung 38, die wasserfest verschlossen und direkt einsatzbereit sind. Die Aluminiumschienen von bis zu 1m Länge sind mit einem RGB-LED-Stripe bestückt und können über das vorhandene Anschlusskabel direkt an die Stromversorgung angeschlossen werden. Mit 26mm Tiefe sind diese Profile allerdings ohne konstruktive Änderungen am iCurb nicht zu verwenden (vgl. Kapitel 3.2) (click-licht.de, 2014, a).



Abbildung 38: LED-Profilschiene von click-licht.de (click-licht.de, 2014, a)

Des Weiteren bietet click-licht.de auch flexible LED-Stripes für den Außenbereich an. Diese wasserfesten RGB-LED-Stripes von 5m können beliebig gekürzt werden und könnten im iCurb z.B. direkt in eine Nut geklebt werden ohne die zusätzliche Verwendung einer Profilschiene (click-licht.de, 2014, b). Ein solches Vorgehen wurde bereits in einem Projekt von Forschungseinrichtungen und Unternehmen der Betonbranche an einem Multifunktionalen Bordsteinsystem umgesetzt (BFT International, 2011). Die Abbildung 39 zeigt links die LED-Stripes von click-licht.de und rechts die mögliche Montage an einem Bordstein.



Abbildung 39: LED-Stripes von click-licht.de (links) (click-licht.de, 2014, b) und ihre Montage in einer Nut an einem Bordstein (rechts) (BFT International, 2011)

Je nach Angebot, kann auch auf Produkte der Firma KS Licht- und Elektrotechnik zurückgegriffen werden. Sie bieten ebenfalls kunststoffummantelte LED-Strips für den Außenbereich an, vergleichbar mit den in Abbildung 39 links dargestellten (KS Licht- und Elektrotechnik, 2014, a). Außerdem bieten sie LED-Profileschienen von 1m Länge an, die mit LEDs voll funktionsfähig ausgestattet sind. Die Aluminiumprofile, wie in Abbildung 40 abgebildet, sind mit Kunstharz vergossen und können somit im Außenbereich sicher eingesetzt werden. Bei einer Tiefe von 15mm würden sie auch gut in eine Nut am iCurb passen (KS Licht- und Elektrotechnik, 2014, b).



Abbildung 40: LED Strips Outdoor von KS Licht- und Elektrotechnik (KS Licht- und Elektrotechnik, 2014, b)

Bei beiden Anbietern, click-licht.de und KS Licht- und Elektrotechnik, werden zu den LED-Profilen Netzteil und Controller angeboten (KS Licht- und Elektrotechnik, 2014, c) (KS Licht- und Elektrotechnik, 2014, d) (click-licht.de, 2014, c). Bei KS Licht- und Elektrotechnik zeichnet sich ein Preisvorteil gegenüber dem Angebot von LBM ab, wohingegen die Produkte von click-licht mit höheren Kosten verbunden sind (click-licht.de, 2014, b) (KS Licht- und Elektrotechnik, 2014, b) (LBM Lichtleit-Fasertechnik GmbH, 2013). Dies sollte in die Auswahl miteinfließen, jedoch sollte die Lösung mit den geringsten Auswirkungen auf den Aufbau und die Funktionsweise des iCurb immer bevorzugt werden. Unter Einbeziehung aller Faktoren scheint das System von LBM für den Prototyp derzeit die beste Lösung zu sein. Man kann sämtliche Komponenten von einem Anbieter beziehen und den erhaltenen technischen Daten der Komponenten zufolge, sind keine Schwierigkeiten beim Einsatz im iCurb ersichtlich. Das gesamte System erscheint leicht benutzbar und zweckmäßig für

die geplante Anwendung. Somit können LED-Profilschiene, Netzteil und Steuergerät gemäß dem Angebot von LBM im Anhang eingesetzt werden. Die detaillierte Montage und Inbetriebnahme der LED-Profilschiene sowie des zugehörigen Netzteils und Steuergeräts am iCurb soll hier nicht weiter betrachtet werden. Daher wird in den folgenden Kapiteln im Wesentlichen auf das Smart Parking Board näher eingegangen.

5.2 Positionierung des Parkplatzsensors

Der eingesetzte Sensor auf dem Smart Parking Board besitzt drei Achsen (vgl. Kapitel 5.1.1). Er erfasst somit die Werte des Erdmagnetfeldes in x-, y-, und z-Richtung. Diese Werte werden von einem sich nähernden Fahrzeug beeinflusst und eventuell auch von der Ausrichtung des Sensors. Das Fraunhofer-Anwendungszentrum KEIM hat einen Versuchsaufbau entwickelt, mit dem ermittelt werden soll, ob die Ausrichtung des Sensors Auswirkungen auf das Messergebnis hat und wie in diesem Fall die Positionierung sein muss. Das Smart Parking Board wird dazu auf unterschiedliche Weise im iCurb platziert und anschließend fährt ein Fahrzeug davor. Man unterscheidet zum einen zwischen einer Positionierung mit nach Norden ausgerichteter Mittelachse des Smart Parking Boards und einer freien Ausrichtung, das heißt das Smart Parking Board wird an der Innenwand des iCurb ausgerichtet, unabhängig davon in welche Richtung der iCurb zeigt. Innerhalb der freien Ausrichtung gibt es die Differenzierung in eine Positionierung parallel oder senkrecht zur Innenwand des iCurb sowie einer horizontalen oder vertikalen Positionierung des Smart Parking Boards. Aufgrund der Messkurve lässt sich erkennen, ob und ab welchem Abstand der Sensor das Fahrzeug detektieren konnte. In jedem der untersuchten Fälle wurde das Auto ab einem Restabstand von 100cm erkannt und daher ist eine bestimmte Ausrichtung nicht nötig. In dem Testbericht im Anhang sind die verschiedenen Positionierungen des Smart Parking Boards und alle Messergebnisse enthalten (Fraunhofer-Anwendungszentrum KEIM, 2013, a). Aufgrund der Ergebnisse dieser Versuchsreihe kann also die Platzierung des Smart Parking Boards anhand anderer Kriterien erfolgen. Abbildung 41 links zeigt die Position, die für das

Smart Parking Board ausgewählt wurde, da sie von der Platzverteilung am besten geeignet ist. Bei den Versuchen wurde das Smart Parking Board an der Vorderseite, also zur Straße hin angebracht. Im endgültigen Aufbau soll das Smart Parking Board allerdings an der rückseitigen Innenwand des iCurb befestigt werden, damit der Sensor darauf zum Fahrzeug hinzeigt und noch zuverlässigere Ergebnisse liefert. Abbildung 41 rechts verdeutlicht diesen Unterschied.

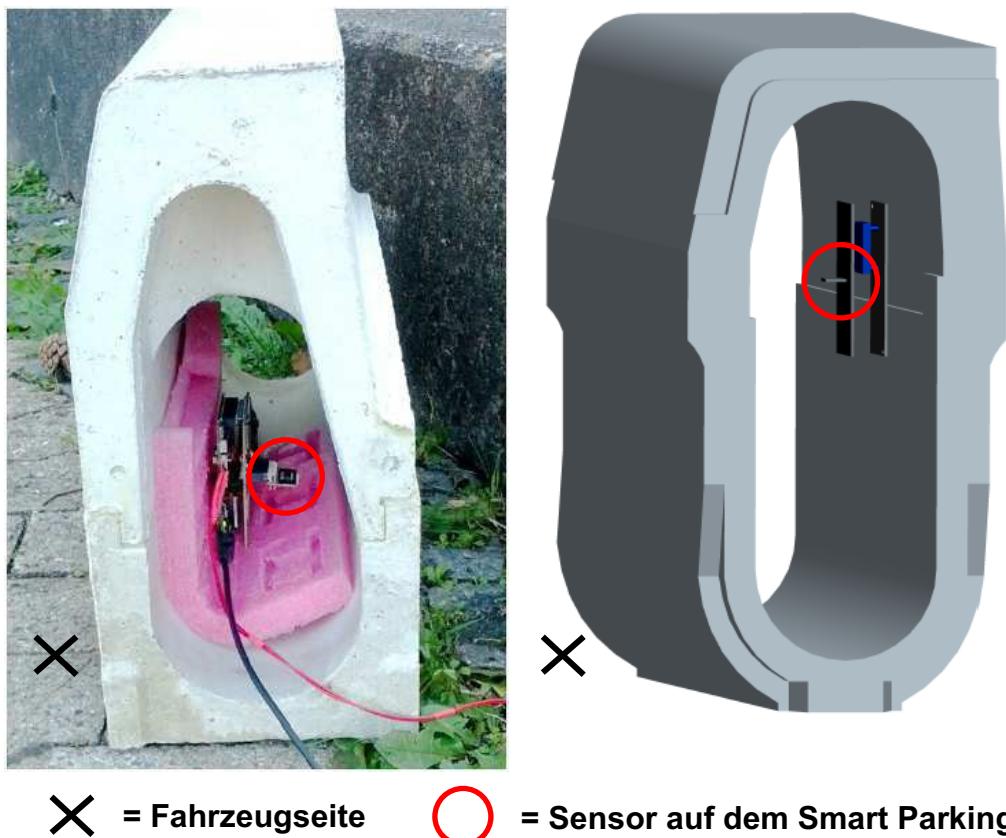


Abbildung 41: Testaufbau zur Positionierung des Smart Parking Boards im iCurb (links) (Fraunhofer-Anwendungszentrum KEIM, 2013, a) und Positionierung des Smart Parking Boards im endgültigen Aufbau mit der eigenen Konstruktion des iCurb (rechts) (eigene Konstruktion)

Es ist nun lediglich darauf zu achten, dass der Sensor auf dem Smart Parking Board sich oberhalb der Trennlinie von Ober- und Unterteil befindet und damit auch über der Erde (vgl. Kapitel 5.1.1). Denn die Störungen des Erdreichs bei der Datenerfassung sind noch nicht überprüft und sollen damit vermieden werden.

5.3 Wasserschutz des Parkplatzsensors

Die seitliche Verbindungsstelle von zwei iCurbs soll zwar wasserdicht ausgeführt werden (vgl. Kapitel 3.2), doch da eventuell trotzdem Feuchtigkeit ins Innere gelangen oder sich Kondenswasser bilden kann, müssen das Smart Parking Board und auch die anderen elektrischen und elektronischen Bauteile wasserdicht sein bzw. in Gehäusen untergebracht werden. Dabei wird eine Schutzart von mindestens IP44 gefordert.

Da das Erdmagnetfeld und damit auch der Sensor durch metallische Gegenstände beeinflusst werden, sollte sich in nächster Umgebung des Smart Parking Boards kein Gehäuse aus Metall befinden. Damit bleibt nur ein Kunststoffgehäuse und dabei fällt die Entscheidung auf ein Polycarbonat-Gehäuse. Die Eigenschaften dieses Kunststoffs eignen sich besonders gut zur Aufbewahrung von elektrischen und elektronischen Bauteilen. Eine Temperaturbeständigkeit von -40°C bis 100°C und auch eine gute UV- und Witterungsbeständigkeit bieten für die Anwendung im iCurb mehr Sicherheit, als beispielsweise ein ABS-Gehäuse, das nur im Innenraum zu verwenden ist (MULTI-BOX GmbH, 2014). Die MULTI-BOX GmbH bietet solche Gehäuse mit Schutzart IP65 an. Die Gehäuse sind in zahlreichen Abmessungen erhältlich und auch nach individuellen Bedürfnissen mechanisch nachbearbeitbar. Sie besitzen eine geschäumte Dichtung aus Polyurethan (PUR) und die Befestigungen befinden sich außerhalb des Dichtraumes. Die Gehäuse sind mit durchsichtigem Deckel, wie in Abbildung 42 dargestellt, oder komplett in grau lieferbar (MULTI-BOX GmbH, 2014).



Abbildung 42: Polycarbonatgehäuse von MULTI-BOX (MULTI-BOX GmbH, 2014)

Möchte man nur das Smart Parking Board und das zugehörige Netzteil (vgl. Kapitel 6.1) unterbringen, dann ist das Gehäuse mit den Maßen 160x120x70mm geeignet. Für die Sicherung (vgl. Kapitel 6.2) muss dann ein eigenes Gehäuse gewählt werden, z.B. 122x120x75mm. Diese Variante ist zwar mit mehr Aufwand verbunden, da zwei Gehäuse montiert werden müssen, aber es kann notwendig sein, das Smart Parking Board in einem kleineren Gehäuse unterzubringen, um ihn weiter oben im iCurb, und damit oberhalb des Erdniveaus, positionieren zu können. Wählt man für Sicherung, Netzteil und Smart Parking Board ein gemeinsames Gehäuse, sind die Maße 240x160x70mm passend (MULTI-BOX GmbH, 2014). Hat man nur ein Gehäuse zu bestücken und montieren und will Zeit und Kosten sparen, ist dies bei gleichwertiger Funktion die zu bevorzugende Lösung. Das Angebot für beide Varianten findet sich im Anhang.

Die Firma Hammond Manufacturing bietet mit ihrer Produktreihe 1554 ein vergleichbares Produkt an; ein Gehäuse aus Polycarbonat mit Schutzart IP66 (Hammond Manufacturing, 2014). Als alternative Lösung kann auch darauf zurückgegriffen werden.

5.4 Befestigung des Parkplatzsensors

Das Smart Parking Board besteht aus zwei Platinen, die aufeinander gesteckt werden (vgl. Kapitel 5.1.1) und somit mechanisch als auch elektrisch miteinan-

der verbunden sind. Das Smart Parking Board muss nun nur noch in dem Gehäuse aus Abschnitt 5.3 befestigt werden. Um Bohrungen in dem Gehäuse möglichst zu vermeiden, sollte die Befestigung durch Kleben realisiert werden. Die Firma Richco bietet Halterungen für Leiterplatten in den verschiedensten Ausführungen an. Die untere Platine des Smart Parking Boards weist bereits zwei Bohrungen auf, die zur Befestigung genutzt werden sollten, da beim Hinzufügen von Bohrungen Bauteile oder Leitungen auf der Platine beschädigt werden könnten. Halterungen zum seitlichen Aufschieben oder Einlegen der Platine sind nicht geeignet, da die verwendeten Platinen teilweise bis zum Rand mit Bauteilen bestückt sind (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a). Daher wählt man einen Halter, der mit einer Schnappverbindung in der Bohrung befestigt wird. Abbildung 43 zeigt die Position der Bohrung auf der Platine.

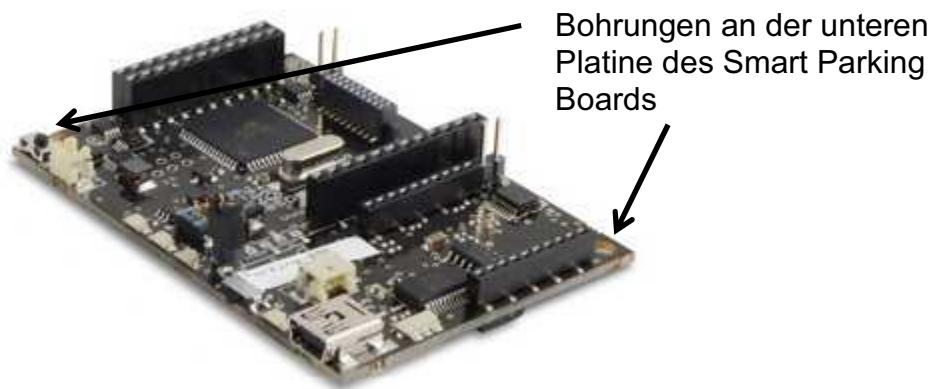


Abbildung 43: Position der Bohrungen zur Befestigung der Platine (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a, S. 14)

Als Material für die Befestigungselemente sollte auf Grund der räumlichen Nähe zum Sensor wieder auf Kunststoff zurückgegriffen werden. Der Halter LCBSBM aus Abbildung 44 ist aus Nylon und weist den passenden Durchmesser von 3,18mm auf und ist für Platinen bis 1,57mm Dicke geeignet. Er wird für die Befestigung der Platinen im Gehäuse verwendet. Da auch auf der Unterseite des Smart Parking Board Bauteile angebracht sind, sollte mindestens der Halter mit einer Länge von 6,4mm gewählt werden. Am Fuß ist der Halter mit einem Klebeband ausgestattet, sodass die Platinen einfach im Gehäuse festgeklebt werden können (Richco, 2014). In dem Gehäuse sollen auch noch das Netzteil für die Sensorik und die Sicherung untergebracht werden. Die Befestigung

dieser Bauteile wird in Kapitel 6 näher erläutert.

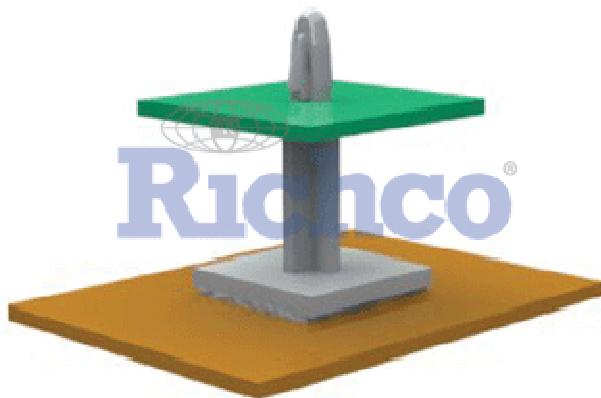


Abbildung 44: Leiterplattenhalter LCBSBM, Firma Richco (Richco, 2014)

Das Gehäuse wird, wie im Folgenden beschrieben, an der geraden Innenwand des iCurb befestigt. Damit das Gehäuse zu Wartungszwecken einfach aus dem iCurb entnommen werden kann, soll es nicht an die Innenwand geschraubt werden, sondern wird auf eine Hutschiene (35mmx7,5mm), vergleichbar zu der aus Abbildung 45 links, aufgeschoben. Die Schiene kann mit Schrauben, Gewindedurchmesser 5 bis 6mm, an der Wand des iCurb befestigt werden oder alternativ mit einigen Klebepunkten (Conrad Electronic SE, 2014, a). Das Gehäuse wird schließlich auf zwei Adapter, wie in Abbildung 45 rechts, geschraubt. Man verwendet DIN Rail-Adapter oder auch DIN Clips genannt, die passend auf die verwendete Hutschiene (35mm) aufgeschoben werden können. Mit M5 Schrauben wird anschließend das Gehäuse darauf befestigt.

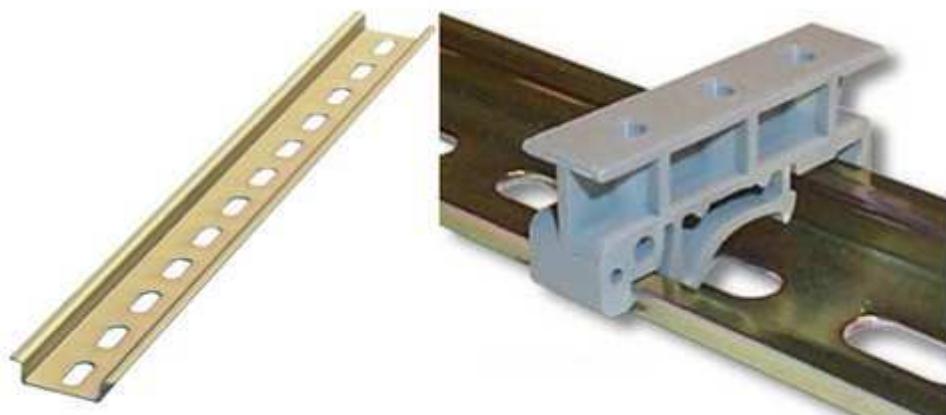


Abbildung 45: Hutschiene (links) (Conrad Electronic SE, 2014, a) und Adapter zur Befestigung des Gehäuses im iCurb (rechts) (CarTFT.com e.K., 2013)

Die vorhandenen vier Bohrungen an den äußeren Ecken des Unterteils des Gehäuses (vgl. Kapitel 5.3) können nicht verwendet werden, da die Maße (228x130mm) nicht zu den erhältlichen Adapters passen. Dies hat den Nachteil, dass nun doch Bohrungen in der Rückwand des Gehäuses entstehen, durch die eventuell Wasser eindringen könnte. Abbildung 46 zeigt, an welcher Stelle diese zusätzlichen Bohrungen, im Vergleich zu den vorhandenen, in etwa liegen werden.

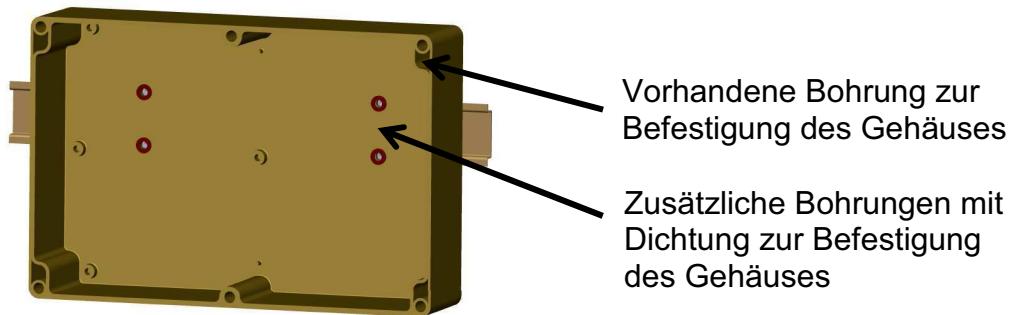


Abbildung 46: Position der Bohrungen zur Gehäusebefestigung (eigene Konstruktion)

Um zu verhindern, dass Wasser oder Verunreinigungen durch die Bohrungen ins Innere des Gehäuses eindringen, können sie entweder mit Silikon oder Usit-Ringen abgedichtet werden. Diese metallischen Flachdichtungen haben am inneren Durchmesser einen Dichtwulst aus Gummi und dichten so die Schraubverbindung im eingebauten Zustand zuverlässig ab (Sattler GmbH, 2013). Die Abbildung 47 zeigt die Usit-Ringe (links) und ihre Funktionsweise im eingebauten Zustand (rechts). Der Vorteil dabei ist, dass sie bei einer Demontage des Gehäuses nicht zerstört werden, wie beispielsweise eine Dichtung aus Silikon.

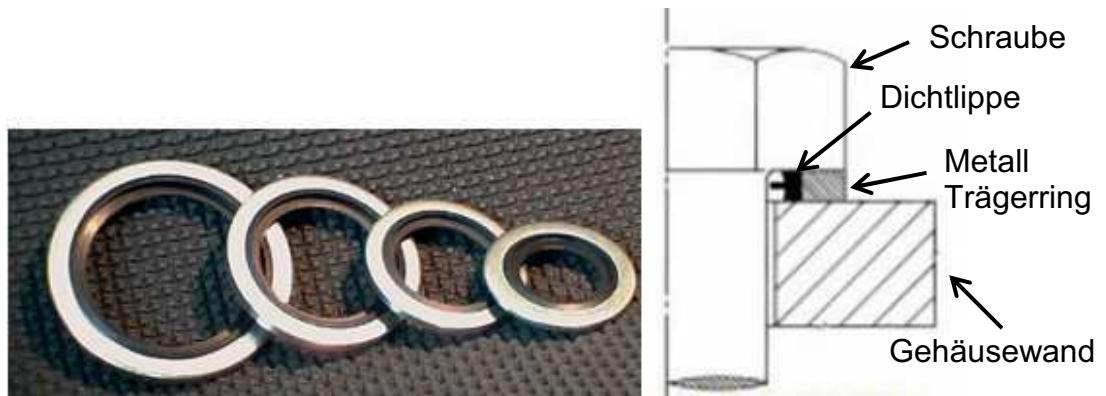


Abbildung 47: Usit-Ringe Darstellung (links) und Einbau (rechts) (Sattler GmbH, 2013)

Am Ende wird das Gehäuse mit den Adapters von der Seite aus auf die

Hutschiene aufgeschoben. Abbildung 48 (links) zeigt eine Möglichkeit, wie der Zusammenbau letztendlich aussehen könnte. In Abbildung 48 (rechts) wird die Befestigung des Gehäuses auf den Adapters nochmals detaillierter in einem Schnittbild dargestellt. Durch die gezeigten Bohrungen wird das Gehäuse mit Schrauben von innen befestigt. Die aufgelegten Usit-Ringe dichten alles nach außen ab. Es ist darauf zu achten, dass das Gehäuse auf die Adapter geschraubt wird, bevor das Smart Parking Board (vgl. Kapitel 5.4), das Netzteil (vgl. Kapitel 6.1) und die Sicherung (vgl. Kapitel 6.2) im Inneren des Gehäuses angebracht werden. Diese Komponenten werden sonst die Bohrungen verdecken.

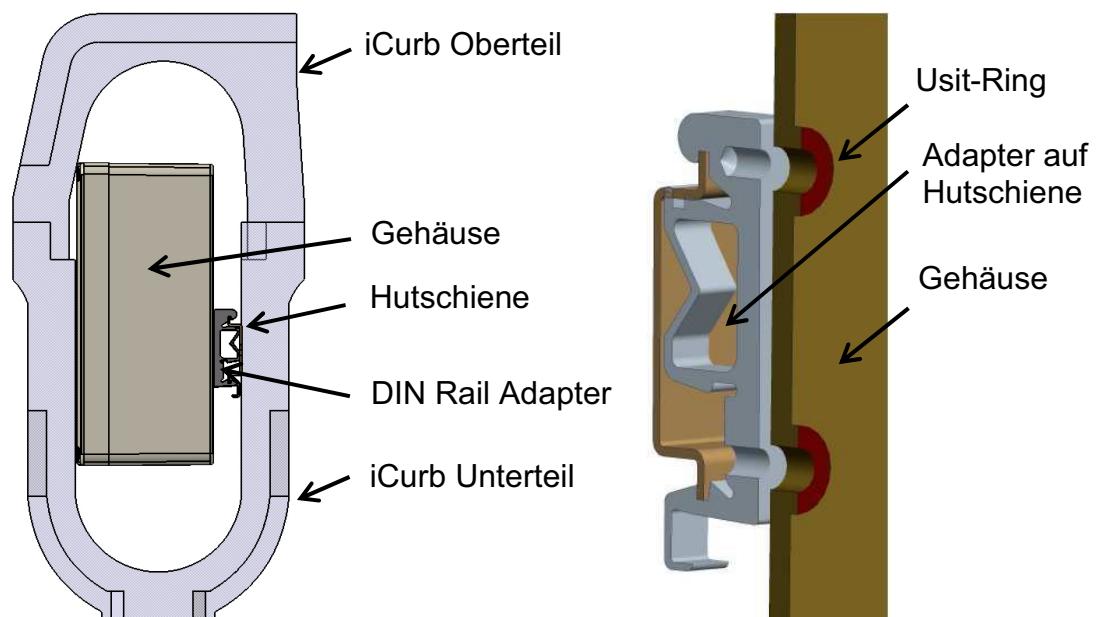


Abbildung 48: Mögliche Positionierung des Gehäuses im iCurb (links) (eigene Konstruktion) und Befestigung des Gehäuses auf den Adapters im Schnitt (rechts) (eigene Konstruktion)

Je nach dem, wo sich das Gehäuse bzw. das Smart Parking Board im Inneren des iCurb befinden soll, kann die Hutschiene am oberen oder unteren Teil des Bordsteins festgemacht werden. Falls zu wenig Platz vorhanden ist, kann die Hutschiene mit den Adapters auch in einer Nut an der Innenwand versenkt werden. Damit das Gehäuse auch aus einer Reihe von Bordsteinen entnommen werden kann, sollte die Hutschiene nur bis zur Mitte des Bordsteins reichen, damit das Gehäuse, nachdem das iCurb-Oberteil abgenommen wurde, zur Seite und dann nach Oben abgenommen werden kann. Die folgende Abbildung 49 veranschaulicht dieses Vorgehen.

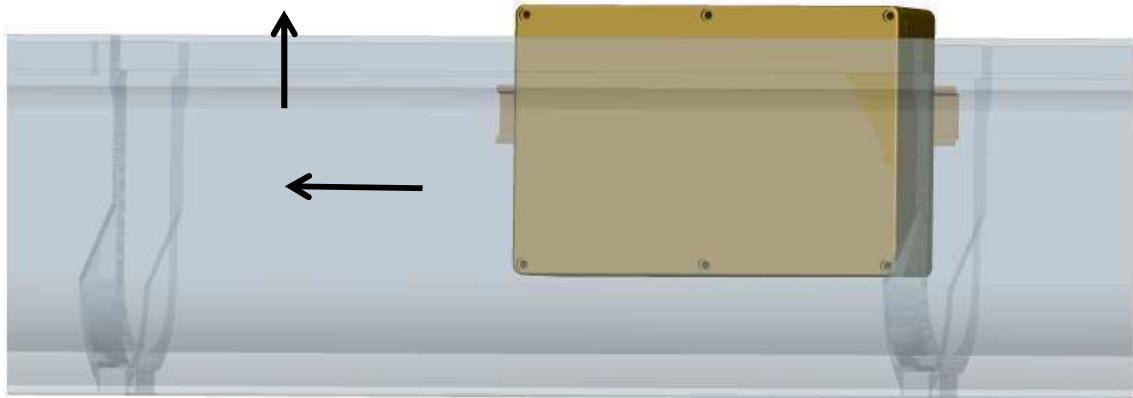


Abbildung 49: Vorgehen zum Entnehmen des Gehäuses aus dem eingebauten iCurb (eigene Konstruktion)

5.5 Anforderungen an den Hochbordstein

Um die Komponenten, wie in den vorherigen Abschnitten beschrieben, am Bordstein anbringen zu können, müssen dort noch einige Änderungen bzw. Anpassungen vorgenommen werden. Zur Montage der Hutschiene (vgl. Kapitel 5.4) benötigt man zwei Bohrungen in der Rückwand des iCurb. Die Löcher müssen auf der richtigen Höhe sein, damit das Gehäuse (vgl. Kapitel 5.3) nicht mit der oberen Rundung des Bordsteins kollidiert. Der Abstand muss auf die Profilierung der Hutschiene abgestimmt sein. Je nach gewünschter Optik, kann die Hutschiene in Durchgangsbohrungen mit Muttern fest geschraubt werden oder es muss in den Beton ein Gewinde eingelassen werden. Für den Prototyp (vgl. Kapitel 2.4) wäre dieses Vorgehen zu aufwändig, aber zu einem späteren Zeitpunkt kann man diese Lösung ins Auge fassen, da sie die Montage beschleunigen würde. Als Alternative zu Schrauben kann auch das Kleben herangezogen werden. Man sollte dabei mehrere Klebepunkte entlang der Schiene setzen, um eine gute Stabilität zu erreichen. Bei Platzmangel muss eventuell auch eine Nut im Inneren des iCurb hinzugefügt werden, um die Hutschiene und die Adapter (vgl. Kapitel 5.4) darin zu versenken und so mehr Freiraum für das Gehäuse zu erhalten.

Um das in Kapitel 5.1.3 erwähnte LED-Profil am Bordstein anbringen zu können, muss an der äußeren Kante eine auf die Maße der Profilschiene

abgestimmte Nut vorgesehen werden. Bohrungen zur Befestigung der Schiene müssen in dieser Nut vorhanden sein. Außerdem müssen am Rand der Nut Durchgangsbohrungen angebracht werden, um das Kabel der LEDs nach Innen zum Controller zu führen. Diese Bohrungen müssen nach dem Durchführen des Kabels abgedichtet werden. Das Netzteil und der Controller (vgl. Kapitel 5.1.3) werden innen entweder entsprechend zum Smart Parking Board in einem Gehäuse und auf einer Hutschiene montiert oder sie werden direkt mit Hilfe von Blechhaltern, vergleichbar mit dem Halter aus Abbildung 50, an der Innenwand befestigt.



Abbildung 50: Blechhalter zur Befestigung von Netzteilen (MEAN WELL, 2013, b)

6 Stromversorgung der informationsverarbeitenden Komponenten

In diesem Kapitel wird erläutert, wie die Stromversorgung des Smart Parking Boards (vgl. Kapitel 5.1.1) realisiert wird. Dazu werden das benötigte Netzteil sowie die verwendeten Sicherungen beschrieben und hinsichtlich ihrer Eigenschaften charakterisiert. Die Montage dieser Bauteile innerhalb des Gehäuses wird betrachtet und die zusätzlich benötigten Elemente genannt. Außerdem wird die Kabelführung im iCurb und im Gehäuse, ausgehend von der Abzweigmuffe, geklärt.

6.1 Netzteil

In Abschnitt 4.3 wurde beschrieben, wie die 230V am Eingang des Gehäuses von dem 400V-Kabel im iCurb abgezweigt werden können. Da der Sensor und auch die weiteren Komponenten auf dem Smart Parking Board nur mit 5V versorgt werden dürfen (vgl. Kapitel 5.1.1), ist eine weitere Transformation der Spannung erforderlich. Dies kann mit einem Netzteil, vergleichbar mit einem Handy-Ladegerät, umgesetzt werden.

Das Netzteil braucht also eine Eingangsspannung von 230V, die in 5V konvertiert wird. Das Smart Parking Board darf dauerhaft nur mit maximal 200mA versorgt werden und daher ist bei der Auswahl eines Netzteils auch die Leistung zu beachten (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, a). Aus den zulässigen Werten für Spannung und Strom ergibt sich eine Leistung von 1 Watt. Die meisten Netzteile, beispielsweise für LEDs, wären geeignet für die Anwendung im iCurb, da sie zum Teil schon in wasserfesten Gehäusen untergebracht sind, wie das Schaltnetzteil aus Abbildung 51 rechts. Außerdem gibt es Netzteile, die direkt auf eine Hutschiene aufgeschoben werden können, so zum Beispiel das Netzteil aus Abbildung 51 links. Allerdings sind diese nicht wasserdicht und könnten daher nur mit separatem Gehäuse montiert werden, was wiederum mehr Aufwand bedeutet. Im Allgemeinen haben diese Netzteile

allerdings eine höhere Leistung, in der Regel mindestens 12W, und können daher nicht für die Versorgung des Smart Parking Boards verwendet werden (MEAN WELL, 2013, a) (MEAN WELL, 2011).



Abbildung 51: Hutschienennetzteil (links) (MEAN WELL, 2011) und LED-Schaltnetzteil (rechts) von Mean Well (MEAN WELL, 2013, a)

Es muss also ein kompaktes Netzteil gefunden werden, das eine Leistung von nur einem Watt aufweist, bei einer Ausgangsspannung von 5V, und den Anforderungen zur Montage im iCurb entspricht.

Eine gute Lösung stellt das Netzteil RAC01-05SC von Recom dar, wie es in Abbildung 52 gezeigt ist. Es bietet eine Ausgangsspannung von 5VDC bei einer Eingangsspannung von 230VAC. Also wird die Spannung nicht nur verringert, sondern auch von Wechsel- auf Gleichspannung gewandelt. Dies ist nötig, da der Sensor mit Gleichspannung versorgt werden muss (vgl. Kapitel 5.1.1). Dabei liegt die Leistung bei einem Watt, was einem Strom von 200mA entspricht. Das Netzteil kann zwischen -25°C bis +80°C betrieben werden, aber es besitzt nur eine sehr geringe Schutzart, was bedeutet, dass es in jedem Fall innerhalb eines Gehäuses untergebracht werden muss. Aufgrund der geringen Außenmaße (33,7x22,2x17,75mm) ist es möglich, das Netzteil mit in das Gehäuse des Smart Parking Boards (vgl. Kapitel 5.3) zu integrieren. Auf diese Weise ist es auch einfacher, die Kabelverbindungen zwischen diesen beiden Komponenten vorzunehmen, da sich alles in einem abgeschlossenen Raum befindet (RECOM Electronic, 2014).



Abbildung 52: Netzteil RAC01-C von RECOM (RECOM Electronic, 2014)

Zur Montage des Netzteils benötigt man eine Platine mit einer Rastergröße von 2,54mm, da die Pins des Netzteils nur für ein solches Rastermaß ausgelegt sind. Mit der richtigen Platine kann das Netzteil mit seinen Pins einfach aufgesteckt werden. Es kann dafür jede herkömmliche Platine verwendet werden. Die Experimentierplatine aus Abbildung 53 hat den Vorteil, dass sie Bohrungen aufweist und somit analog zu der Platine des Sensors mit dem Halter von Richco aus Abbildung 44 befestigt werden kann.

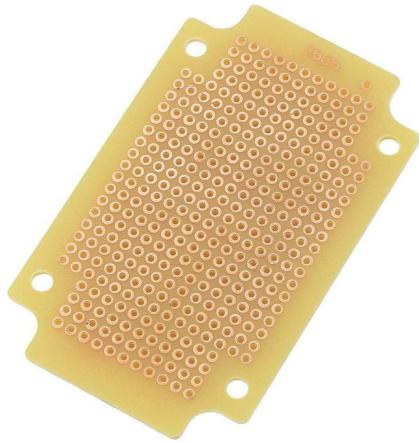


Abbildung 53: Experimentierplatine zur Befestigung des Netzteils (Conrad Electronic SE, 2008)

Des Weiteren wird zum Schutz des Netzteils vom Hersteller die Verwendung eines Varistors empfohlen. Diese spannungsabhängigen Widerstände schützen das Netzteil vor Spannungsspitzen aus dem Netz. Wird eine kritische Spannung überschritten, wird ihr Widerstand geringer und der durch den Varistor fließende Strom steigt schnell an. Da der Varistor parallel zum Netzteil geschaltet ist, steigt der gesamte fließende Strom an und die Sicherung löst aus, bevor Schäden am Netzteil entstehen können. Die Firma EPCOS ist der führende Hersteller solcher Varistoren und ihr Scheibenvaristor S20K230 könnte für das Netzteil genutzt werden. Abbildung 54 zeigt dieses Modell. Allerdings wird dies

für den Prototyp (vgl. Kapitel 2.4) zunächst nicht notwendig sein, sondern eher später in der realen Anwendung des iCurb. (EPCOS AG, 2007)



Abbildung 54: Scheibenvaristor Überspannungsschutz am Netzteil (EPCOS AG, 2007)

RECOM Electronic gibt außerdem an, dass das Netzteil mit einer 1A Sicherung abgesichert sein muss (RECOM Electronic, 2014). Diese ist für das Smart Parking Board ohnehin notwendig (vgl. Kapitel 5.1.1) und wird daher gemeinsam für die beiden Bauteile eingesetzt. In der Grafik in Abbildung 55 ist verdeutlicht, wie Netzteil, Sicherung und optional der Varistor angeschlossen werden sollen.

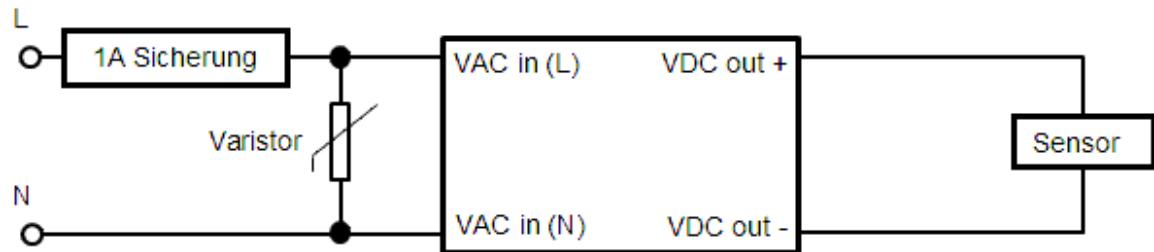


Abbildung 55: Anwenderschaltung des Netzteils (RECOM Electronic, 2014)

6.2 Leitungsschutzschalter

Das Smart Parking Board und das Netzteil müssen beide gegen Überlast und Kurzschluss abgesichert werden (vgl. Kapitel 5.1.1 und 6.1). Dies muss innerhalb des iCurb erfolgen, da die zentrale Sicherung der Transformatorenstation am Ende der Bordsteinreihe auf das Erdkabel mit Leiterquerschnitt 16mm² ausgelegt ist (vgl. Kapitel 4.3). In diesem Kabel kann ein sehr viel höherer Strom fließen als es für das Smart Parking Board ertragbar wäre. Daher muss in dem Bereich des 230V Kabels, also nach der Abzweigmuffe

(vgl. Kapitel 4.3), eine zweite Sicherung für den geringeren Strom vorhanden sein. Bis zu dieser Sicherung muss ein Kabel mit ebenfalls 16mm² Leiterquerschnitt gewählt werden. Anschließend können kleinere Querschnitte gewählt werden, da keine hohen Ströme mehr vorkommen können. Man wählt für die Anwendung eine 1A Sicherung bei einer Spannung von 230VAC. Diese sichert den gesamten folgenden Bereich im Gehäuse ab, also Netzteil und Smart Parking Board (vgl. Kapitel 6.1 und Kapitel 5.1.1). Die einfachste Art von Sicherungen sind Schmelzsicherungen. Diese beinhalten einen dünnen Draht, der bei zu hohem Strom schmilzt und so die Verbindung zu den Bauteilen unterbricht. Schmelzsicherungen für 1A sind in Abbildung 56 abgebildet.



Abbildung 56: Schmelzsicherung 1A (Conrad Electronic SE, 2014, b)

Da diese Funktionsweise aber nicht reversibel ist und die Sicherung nach jedem Auslösen getauscht werden muss, eignet sich diese Lösung nicht für den iCurb. Ein Leitungsschutzschalter hingegen, wie er in jedem Haushalt zu finden ist, ist bis zu 20.000-mal zu verwenden. Diese Sicherung gibt es von mehreren Anbietern. Es wird der Leitungsschutzschalter 5SL6501-7 von Siemens aus Abbildung 57 gewählt. Dieser schaltet bei Strömen über 1A ab und wird mit 230VAC betrieben. Nach DIN EN 60898 müssen Leitungsschutzschalter ein Bemessungsvermögen von 6kA aufweisen. Diese Richtlinie wird von dem gewählten Produkt auch erfüllt (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2012) (Siemens AG, 2013, S. 2). Es wird ein zweipoliger Leitungsschutzschalter bevorzugt, da dieser den Leiter und auch den Nullleiter absichert und somit das ganze System zuverlässig schützt. Zwischen -25°C und +45°C kann er betrieben werden. Die Leitungsschutzschalter sind in der Regel für die Montage auf einer Hutschiene konzipiert, so auch das gewählte Modell. Da aber nur eine Schutzart von IP20 und damit kein Schutz gegen Feuchtigkeit vorliegt muss der Leitungsschutzschalter auch in einem Gehäuse untergebracht werden (Siemens AG, 2013, S. 2).



Abbildung 57: Leitungsschutzschalter von Siemens (Siemens AG, 2013)

Zur Vereinfachung des gesamten Aufbaus kann er ebenfalls in das Gehäuse des Smart Parking Boards integriert werden (vgl. Kapitel 5.3). Sollte dies wegen der Positionierung des Sensors nicht möglich sein, kann auch ein separates Gehäuse genommen werden. In Abschnitt 5.3 sind diese beiden Alternativen schon beschrieben. In jedem Fall muss der Leitungsschutzschalter in einem Gehäuse befestigt werden und dies geschieht über eine eingeklebte Hutschiene, auf die die Sicherung aufgeschoben werden kann. Die Maße der Sicherung sind 90x36x76mm. Da die Tiefe von 76mm sehr groß ist und mit dem zusätzlichen Platzbedarf für das Gehäuse der Platz im iCurb zu knapp wird, muss die Sicherung an der Seitenwand im Gehäuse angebracht werden und nicht wie das Smart Parking Board und das Netzteil an der Rückwand (Siemens AG, 2013, S. 1). Abbildung 59 verdeutlicht die Position und Befestigung des Leitungsschutzschalters im Gehäuse (vgl. Kapitel 5.3). Damit es zu keiner Kollision mit der inneren Kontur des Gehäuses kommt wird ein Abstandhalter benötigt, der die Hutschiene an eine höhere Position bringt. Dies kann ein einfacher rechteckiger Kunststoffblock sein, mit einer Höhe von 10mm, der unter die Hutschiene geklebt wird.

Ein wichtiger Punkt, der zu beachten ist, sind die unterschiedlichen Leiterquerschnitte an der Sicherung. Am Eingang liegen Leiter mit einem Querschnitt von 16mm² vor, da diese Kabel noch zusammen mit dem 400V Kabel abgesichert werden müssen. Am Ausgang der Sicherung kann man nun Kabel mit einem

Querschnitt von nur $0,75\text{mm}^2$ verwenden. Diese Kabel werden nur mit einem sehr geringen Strom und maximal mit 230V belastet. Außerdem befinden sie sich ausschließlich im Inneren des Gehäuses und sind keinen mechanischen Belastungen oder Umwelteinflüssen ausgesetzt. Da die Sicherung Leiter mit Querschnitten zwischen $0,75\text{mm}^2$ und 35mm^2 aufnehmen kann stellt dies keine Schwierigkeit dar (Siemens AG, 2013, S. 2).

An diesen Leitungsschutzschalter werden, wie bereits erwähnt, der Leiter und der Nullleiter angeschlossen. Der Schutzleiter (PE) liegt an dieser Stelle auch vor, muss aber nicht weiter zur Sensorik geführt werden. Daher kann er mittels einer Durchgangsklemme, die ebenfalls auf die Hutschiene der Sicherung geschoben wird, abgeklemmt werden. Eine solche Klemme ist beispielsweise die Durchgangsklemme UK10N von Phoenix Contact aus Abbildung 58. Sie kann Leiter bis zu einem Querschnitt von 16mm^2 aufnehmen und auf einer Hutschiene mit $35 \times 7,5\text{mm}$ montiert werden (PHOENIX CONTACT, 2014, a).



Abbildung 58: Durchgangsklemme um den Schutzleiter abzuklemmen (PHOENIX CONTACT, 2014, a)

Die nachfolgende Abbildung 59 zeigt auch, wie die Klemme aus Abbildung 58 vor den Leitungsschutzschalter auf die Hutschiene geschoben wird.

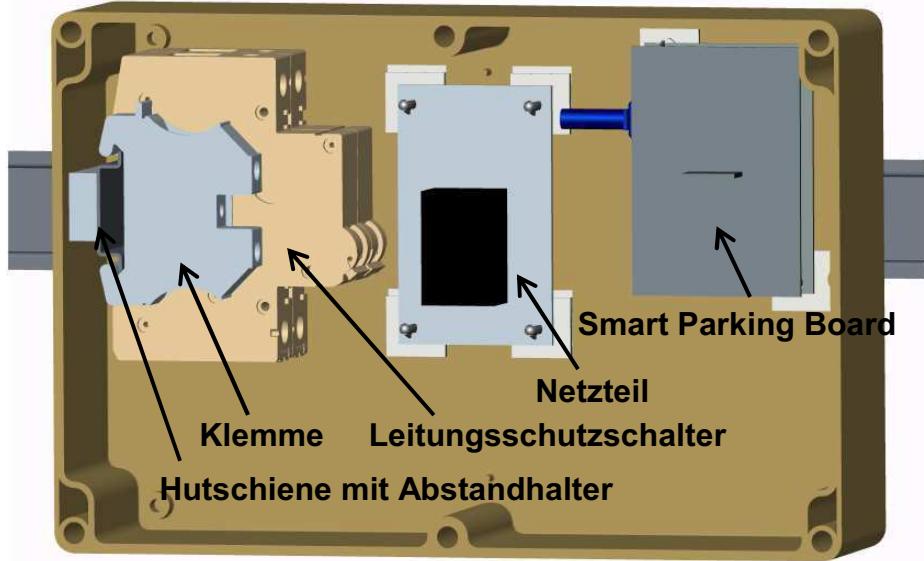


Abbildung 59: Leitungsschutzschalter und Durchgangsklemme im Gehäuse mit Netzteil und Smart Parking Board (eigene Konstruktion)

6.3 Kabelführung und Anschlüsse

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die Komponenten der vorangegangenen Kapitel im Gehäuse, also Leitungsschutzschalter (vgl. Kapitel 6.2), Netzteil (vgl. Kapitel 6.1) und Smart Parking Board (vgl. Kapitel 5.1.1), an das 230V Kabel aus der Abzweigmuffe angebunden werden und wie sie untereinander verbunden sind. In Abbildung 60 ist der Ausgangspunkt dieser Betrachtung dargestellt. Aus dem 400V-Erdkabel im unteren Teil des iCurb, mit den beiden CEE-Steckverbindern an den Enden, werden innerhalb der Abzweigmuffe 230V abgezweigt, die anschließend in einem weiteren Erdkabel zum Gehäuse geführt werdenen.

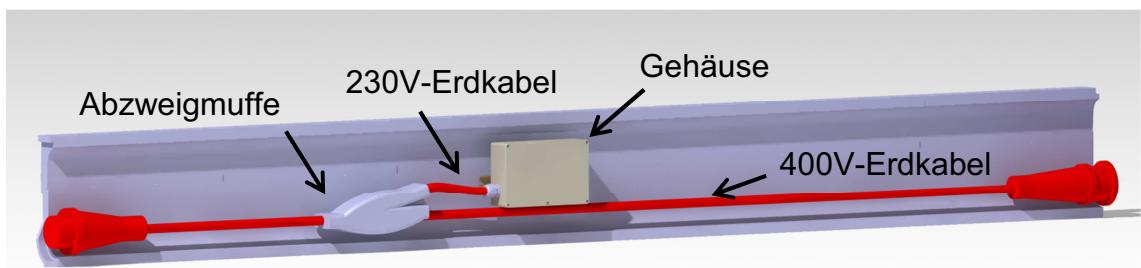


Abbildung 60: Darstellung der Bereitstellung der 230V am Eingang zum Gehäuse (eigene Konstruktion)

Um das Kabel in das Gehäuse zu führen, ohne Wasser oder Verschmutzungen mit ins Innere zu bringen, benötigt man eine Kabelverschraubung. Eine solche Verschraubung stellt beispielsweise das Produkt VG MK32-K 68 der Firma Weidmüller aus Abbildung 61 dar. Diese Kabelverschraubung aus Polyamid besitzt die Schutzart IP68 und ist somit absolut wasserdicht. Kabel bis zu einem Durchmesser von 25mm können mit ihr verbunden werden, was ausreichend ist, da das gewählte Kabel einen Außendurchmesser von nur 20mm besitzt (Lapp Kabel, 2014, a). Die Verschraubung ist mit einem metrischen Gewinde M32 ausgeführt und zwischen -30°C und +80°C ohne Bedenken einsatzfähig (Weidmüller Interface, 2013, a).



Abbildung 61: Kabelverschraubung von Weidmüller (Weidmüller Interface, 2013, a)

In diese Verschraubung wird das gesamte Kabel, einschließlich der Ummantelung, eingeführt und im Inneren des Gehäuses können dann die einzelnen Leiter aus der Ummantelung herausgetrennt werden, da keine Umwelteinflüsse mehr zu befürchten sind. Sie liegen nun einzeln vor und besitzen nur noch die gewöhnliche Kunststoffisolation. In dieser Form werden die Leiter zunächst zur Sicherung geführt. Abbildung 62 zeigt ein Schema dieser Kabelführung. Der Leiter (schwarz) und der Nullleiter (blau) werden an den 1+N-poligen Leitungsschutzschalter (vgl. Kapitel 6.2) angeschlossen und der Schutzleiter (grün-gelb) endet an der Durchgangsklemme (vgl. Kapitel 6.2), wo er abgeklemmt wird.

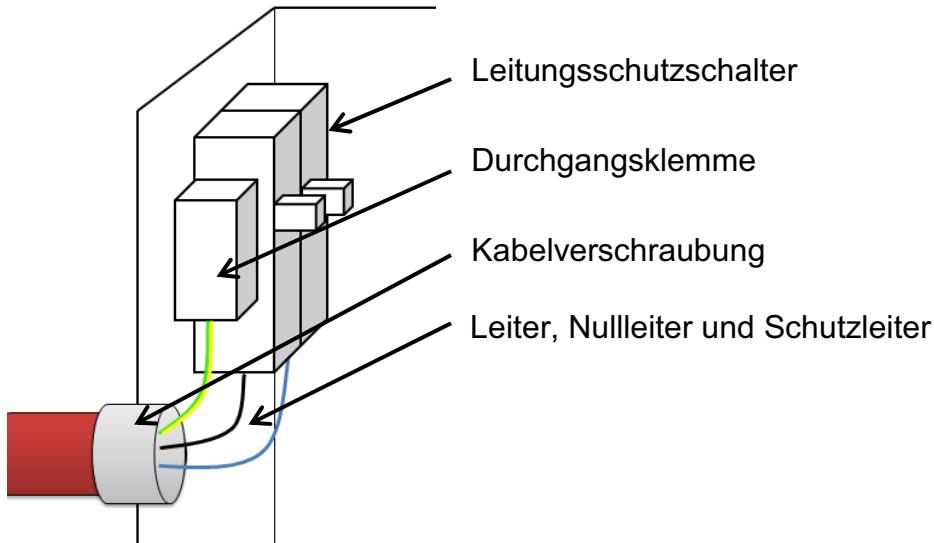


Abbildung 62: Kabelführung zur Sicherung ausgehend von der Kabelverschraubung (eigene Darstellung)

Am Ausgang der Sicherung liegen dann nur noch der Leiter und der Nullleiter vor und werden zum Netzteil weitergeführt. Dieses ist, wie in Abschnitt 6.1 beschrieben auf einer Platine montiert und daher müssen die Einzeladern zunächst dort angeschlossen werden. Der Strom fließt dann auf der Unterseite der Platine zum Netzteil weiter. Der Anschluss der Kabel an die Platine kann über Leiterplattenklemmen realisiert werden. Diese Klemmen werden, analog zu Abbildung 63, auf die Platine gesteckt, der Draht wird an der Oberseite angeschlossen und die Klemme leitet den Strom an die Unterseite der Platine. Von dort aus werden das Netzteil und gegebenenfalls zuvor der Varistor (vgl. Kapitel 6.1) angeschlossen. Die Leiterplattenklemmen müssen so ausgesucht werden, dass sie zu dem Raster der Platine und zu den Leiterquerschnitten passend sind. Die Platine muss ein Rastermaß von 2,54mm haben, dies ist durch das Netzteil schon vorgegeben (vgl. Kapitel 6.1). Also können entweder Klemmen für ein Raster von 2,54mm oder für den doppelten Abstand von 5,08mm benutzt werden. Die Klemmen für Raster mit 2,54mm sind nur für Leiterquerschnitte bis $0,5\text{mm}^2$ erhältlich. Da die Ausgänge der Sicherung aber nur für Leiterquerschnitte größer als $0,75\text{mm}^2$ ausgelegt sind, können diese nicht verwendet werden. Es muss also auf die größeren Klemmen für Rastermaße von 5,08mm zurückgegriffen werden, denn diese sind auch für Querschnitte von $0,75\text{mm}^2$ passend. Die Leiterplatten-Anschlussklemmen EMKDS

1,5/2–5,08 von Phoenix Contact aus Abbildung 63 können beispielsweise eingesetzt werden (PHOENIX CONTACT, 2014, b).

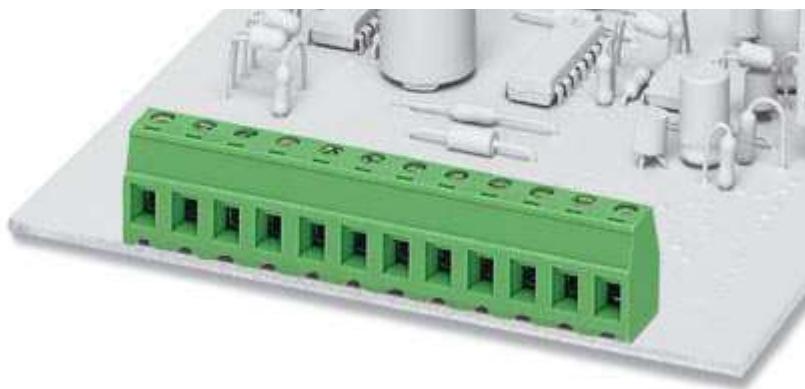


Abbildung 63: Leiterplattenanschlussklemme Phoenix Contact (PHOENIX CONTACT, 2014, b)

Als Verbindungskabel zwischen der Sicherung und dem Netzteil können also Einzeladern mit einem Querschnitt von 0,75mm² gewählt werden. Die flexiblen Leitungen H05V-K von Lapp Kabel sind dafür geeignet. Die Leiter sind aus Kupfer und besitzen eine Isolation aus PVC. Man nimmt aus Sicherheitsgründen, um eine Verwechslung auszuschließen, für den Leiter ein schwarzes Kabel und für den Nullleiter ein blaues (Lapp Kabel, 2006). Abbildung 64 zeigt, wie ein solches Kabel aussehen kann.



Abbildung 64: Anschlussleitung vom Typ H05V-K mit PVC Isolierung (Lapp Kabel, 2014, c)

Anschließend nimmt man die gleichen Leitungen um noch das Netzteil mit dem Smart Parking Board zu verbinden. An der Platine kommen wieder die Leiterplattenklemmen aus Abbildung 63 zum Einsatz. An der unteren Platine des Smart Parking Boards werden die Kabel an der in Abbildung 65 gezeigten Stelle angeschlossen.

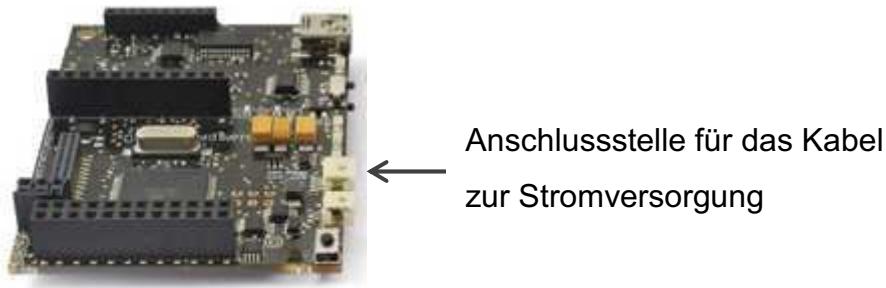


Abbildung 65: Stromanschluss am Smart Parking Board (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2013, f)

Damit sind alle Bauteile, die sich im Gehäuse befinden an die Stromversorgung angeschlossen. Die Abbildung 66 zeigt das Gehäuse und alle Komponenten im Inneren. Von links sind dies die Kabelverschraubung mit dem 230V-Erdkabel, die Klemme für den Schutzleiter, der Leitungsschutzschalter, das Netzteil mit Platine und das Smart Parking Board. Außerdem sind schematisch die Kabelverläufe von Leiter (schwarz), Nullleiter (blau) und Schutzleiter (grün-gelb), wie zuvor beschrieben, dargestellt.

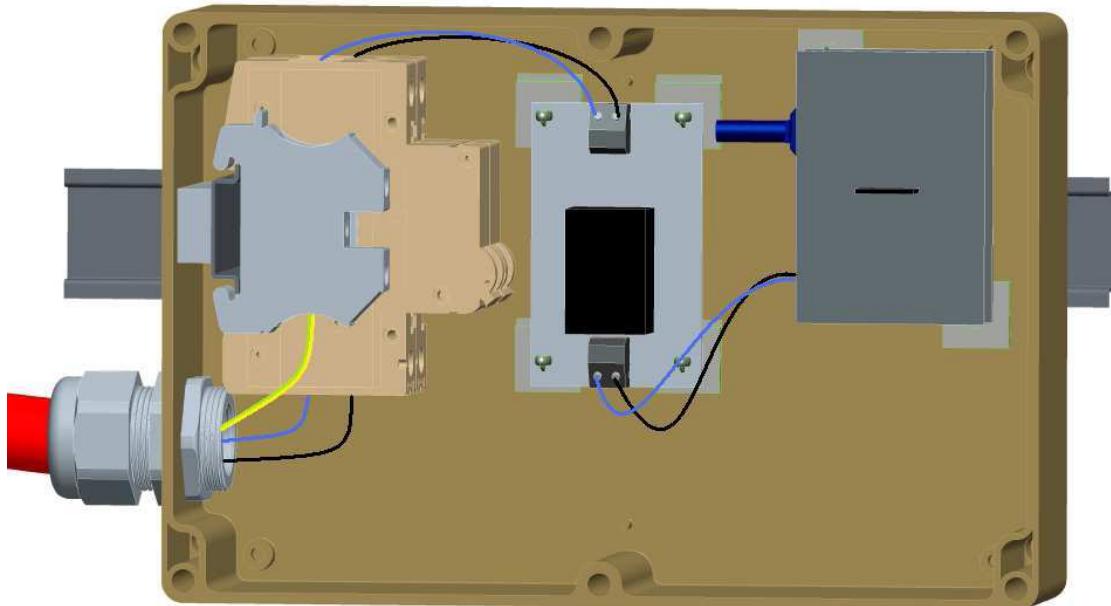


Abbildung 66: Komponenten im Gehäuse und Kabelverläufe (eigene Konstruktion)

7 Aufbau des iCurb

In diesem Kapitel wird die Zusammenstellung des iCurb beschrieben. Dies beinhaltet die Ausstattung des iCurb mit sämtlichen genannten Bauteilen aus den vorangegangenen Kapiteln und die Erstellung eines Moduls aus sechs solcher Bordsteine. In jedem Modul mit einer Länge von drei Metern, also bestehend aus sechs iCurbs mit jeweils 500mm Länge, müssen alle Bauteile an der richtigen Position und mit uneingeschränkter Funktionsfähigkeit untergebracht werden, so wie es die im jeweiligen Kapitel erläuterten Eigenschaften der Komponenten erfordern. Mit Hilfe von Abbildungen der CAD-Modelle und -Baugruppen soll der Aufbau anschaulich dargestellt werden.

7.1 Stromversorgung iCurb

Im ersten Schritt wird das 400V-Erdkabel in den Bordstein verlegt (vgl. Kapitel 4.2). Dies kann durch seitliches Einziehen des Kabels erfolgen, durch eine Bohrung in der Vorderseite des Unterteils oder, bei abgenommenem Oberteil, durch Einlegen von oben. Die Abbildung 67 zeigt die drei Möglichkeiten. In der Regel enthalten alle iCurbs einer Reihe ein solches Kabel.

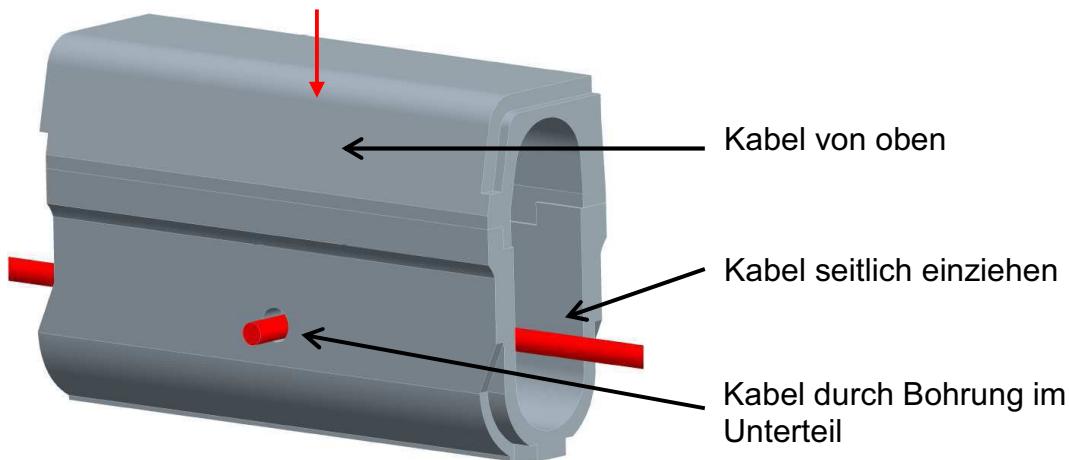


Abbildung 67: Bohrung zur Kabeldurchführung im iCurb (eigene Konstruktion)

Es sollte immer nur ein Modul, also der Abschnitt für einen Parkplatz, mit einem

zusammenhängenden Kabelabschnitt ausgestattet werden. Durch die Zerteilung des Kabels in kleinere Abschnitte reduziert sich der Aufwand der Reparatur, wenn es an einer Stelle einen Defekt am Kabel gibt. Im Anwendungsfall könnte eine Zerteilung im Abstand von drei Metern zu fein sein, da die Kosten für die Verbindungsstecker dann sehr hoch würden. Dann sind die Kabelabschnitte größer und damit auch wirtschaftlicher zu wählen. An den beiden Enden eines Moduls sind jeweils ein Stecker und eine Kupplung angebracht um die Bordsteine mit dem nachfolgenden Abschnitt zu verbinden. Im Idealfall ist es bei der Neuinstallation einer Reihe von iCurbs dann nur nötig die jeweiligen CEE-Stecker und –Kupplungen zu verbinden und die gesamte Reihe an das Stromnetz anzuschließen. Dies hat den Vorteil, dass alle anderen Komponenten bereits vor dem Einbau montiert werden können und von der Montage dann nicht mehr beeinträchtigt werden, da niemand mehr mit ihnen in Berührung kommen muss. Abbildung 68 zeigt ein solches geschlossenes Modul aus sechs iCurbs.



Abbildung 68: Geschlossenes Modul aus sechs iCurbs mit Verbindungssteckern an beiden Enden (eigene Konstruktion)

Jedes Modul, das Ladetechnik versorgt oder Komponenten zur Informationsverarbeitung enthält, muss eine oder mehrere Abzweigmuffen enthalten (vgl. Kapitel 4.4). Diese werden an das 400V-Kabel angeschlossen und erzeugen am Ausgang der Abzweigung durch Abgreifen von nur einem der drei Leiter eine Spannung von 230V. Diese kann zum einen wieder aus dem iCurb herausgeführt werden (vgl. Kapitel 4.3) und dann zur Versorgung einer Ladesäule verwendet werden oder sie wird innerhalb des iCurb noch weiter transformiert und schließlich zum Betrieb des Smart Parking Boards (vgl. Kapitel 5.1.1) genutzt. Je nach Anwendungsfall greift man auf unterschiedliche Formen der Abzweigmuffe zurück. Für die Versorgung von Komponenten innerhalb des iCurb, wie beispielsweise des Smart Parking Boards, benutzt man eine Y-förmige Muffe. Für Komponenten außerhalb des iCurb, wie beispielsweise einer

Ladesäule, ist jedoch eine T-förmige Muffe die bessere Wahl. Abbildung 69 zeigt die beiden genannten Arten von Abzweigmuffen und ihren Einbau im Unterteil des iCurb. Benötigt die vorhandene Ladetechnik 400V, was beispielsweise bei einer Induktionsschleife der Fall sein kann, wird durch Abgreifen aller drei Leiter des 400V-Kabels an der Abzweigmuffe die gesamte Spannung weitergegeben.

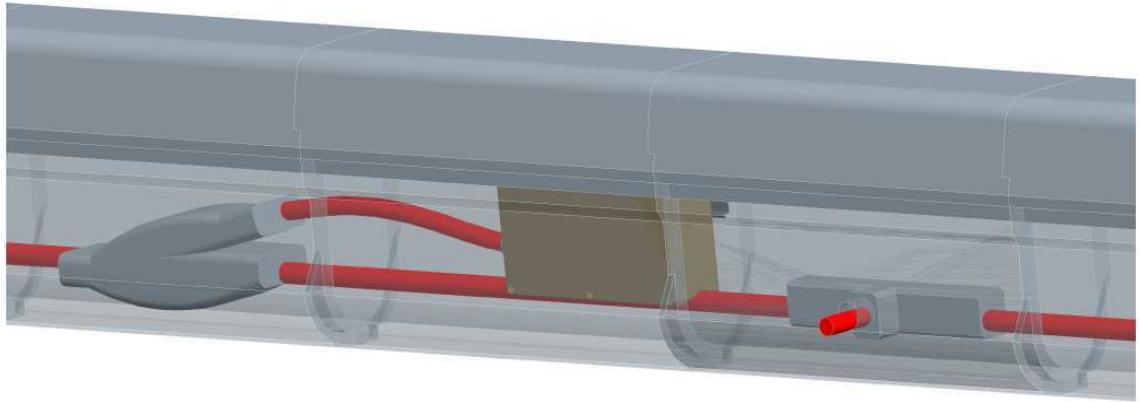


Abbildung 69: Y-Abzweigmuffe (links) und T-Abzweigmuffe (rechts) im iCurb (eigene Konstruktion)

Soll das Kabel den iCurb wieder verlassen, wird es durch eine Bohrung am unteren Teil des iCurb, wie in Abbildung 69 rechts gezeigt, unterirdisch zur entsprechenden Anschlussstelle, unter der Straße oder am Gehweg, geführt.

Damit keine Verschmutzungen aus dem Erdreich in den iCurb gelangen, sollte diese Durchführung des Kabels abgedichtet werden. Dafür eignen sich Universalabdichtungen für Kabel wie sie beispielsweise von der Firma Hauff angeboten werden. Abbildung 70 zeigt eine solche Dichtung für Kabeldurchführungen, die sich durch ihre geteilten Segmente schnell und flexibel an den vorliegenden Kabeldurchmesser anpassen kann. Die Variante mit einem Kernbohrungsdurchmesser von 80mm ist für Kabel zwischen 6 und 41mm Durchmesser gemacht und damit für das gewählte Kabel im iCurb mit einem Außendurchmesser von 25mm passend (Hauff-Technik, 2014) (Lapp Kabel, 2014, a).



Abbildung 70: Universaldichtung für Kabeldurchführungen (Hauff-Technik, 2014)

Abschließend stellt Abbildung 71 die Baugruppe aus Erdkabel (400V und 230V), CEE-Stecker und –Kupplung, Abzweigmuffe für das Smart Parking Board und Gehäuse der Sensorik und Elektronik dar. Sie befinden sich alle innerhalb des iCurb, deshalb sind die Bordsteine hier im Schnitt dargestellt. Alle diese Komponenten werden benötigt um die iCurbs mit Strom zu versorgen und den Strom somit an seinen jeweiligen Bestimmungsort zu bringen.

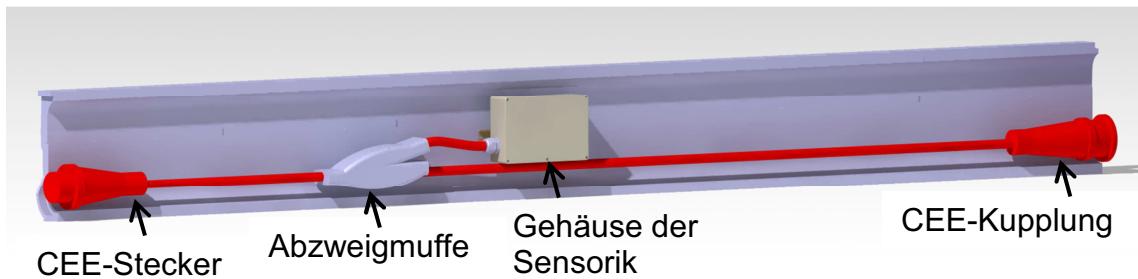


Abbildung 71: Baugruppe zur Stromversorgung des iCurb (eigene Konstruktion)

7.2 Smart Parking Board

Bevor das Gehäuse wie in Abbildung 71 im iCurb befestigt wird, muss es mit sämtlichen Bauteilen ausgestattet werden, da später nur wenig Platz zur Verfügung steht und der Zugang kaum möglich ist. Das Smart Parking Board wird auf der rechten Seite des Gehäuses angebracht und so weit wie möglich an den oberen Rand gesetzt. So hat das XBee, das sich an der linken Seite der Platine befindet und eine Antenne besitzt, genug Platz zur linken Seite hin. Außerdem wird der Sensor auf der Platine des Smart Parking Boards damit oberhalb des Erdniveaus angebracht, was eine bessere Funktionsweise mit

sich bringt (vgl. Kapitel 5.1.1). Der Ausschnitt im Inneren des Gehäuses mit dem Smart Parking Board ist in Abbildung 72 dargestellt.

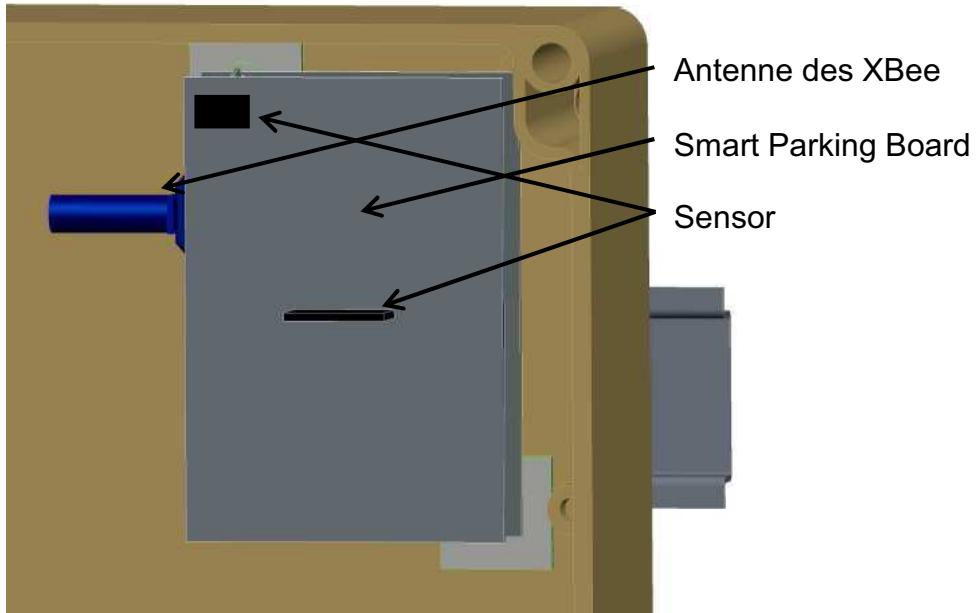


Abbildung 72: Position des Smart Parking Boards im Gehäuse (eigene Konstruktion)

Zur Befestigung werden zunächst die Halter durch die zwei Bohrungen gesteckt und rasten dort ein. Dann kann die obere Platine mit der unteren verbunden werden und beide werden gemeinsam auf den Boden des Gehäuses geklebt. Abbildung 73 zeigt im Detail die Ausführung der Befestigung durch die Platinen-Halter.

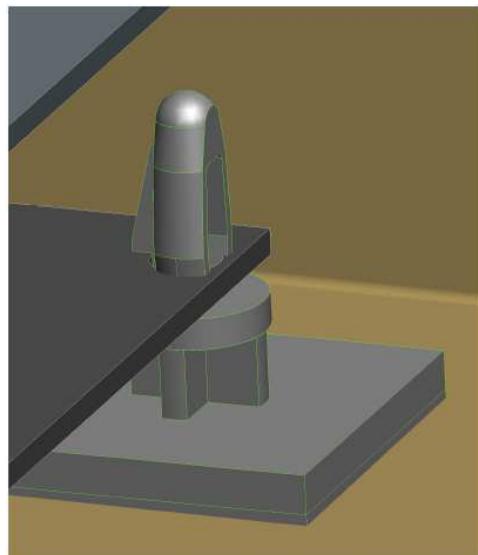


Abbildung 73: Befestigung der Platine des Smart Parking Board durch den Halter der Firma Richco (eigene Konstruktion) (Richco, 2014)

Unabhängig davon, ob für das Smart Parking Board ein eigenes Gehäuse gewählt wird oder er zusammen mit dem Netzteil und dem Leitungsschutzschalter untergebracht wird (vgl. Kapitel 5.3), bleibt die Position immer so, wie sie oben beschrieben und abgebildet ist.

7.3 Stromversorgung der informationsverarbeitenden Bauteile

Um das Smart Parking Board an die Stromversorgung, das heißt an das 230V-Kabel aus der Abzweigmuffe, anschließen zu können, benötigt man eine Bohrung von 32,2mm Durchmesser an der linken Seitenwand des Gehäuses, in die die Kabelverschraubung mit Außengewinde M32 eingesetzt wird (Weidmüller Interface, 2014). Durch diese Verschraubung, wie sie in Abbildung 74 gezeigt ist, ist der Durchgang des Kabels ins Gehäuse wasserdicht ausgeführt. Im Inneren wird die Ummantelung des Erdkabels entfernt und die Leitungen werden einzeln, und nur noch von ihrer Kunststoffisolierung umgeben, zu den Anschlussstellen der Sicherung geführt.

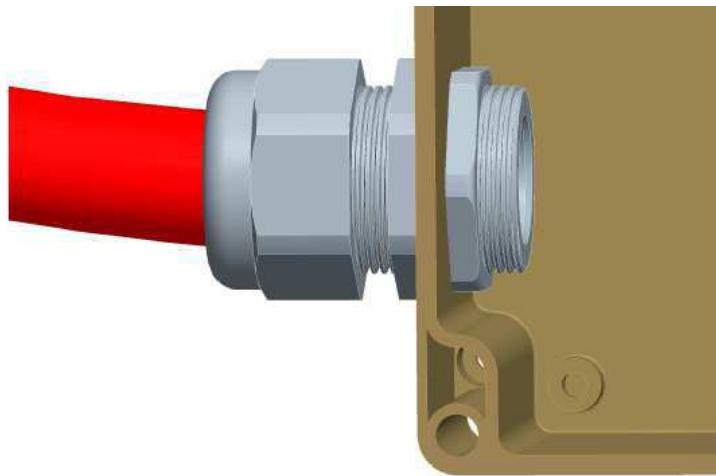


Abbildung 74: Kabelverschraubung am Gehäuse (eigene Konstruktion) (Weidmüller Interface, 2013, a)

Für die Montage des Leitungsschutzschalters und der Durchgangsklemme wird an der linken Seitenwand des Gehäuses eine Hutschiene angeklebt. Dort können die Bauteile direkt aufgeschoben werden. Abbildung 75 zeigt die befestigten Bauteile und die Verkabelung. Leiter (schwarz) und Nullleiter (blau) werden an den Leitungsschutzschalter angeschlossen und der Schutzleiter wird

an der Durchgangsklemme abgeklemmt und endet an dieser Stelle. Zur besseren Positionierung des Leitungsschutzschalters, kann es notwendig sein, unter der Hutschiene einen Abstandhalter von 10mm Höhe anzubringen. Diese Funktion kann ein beliebiger Kunststoffquader erfüllen.

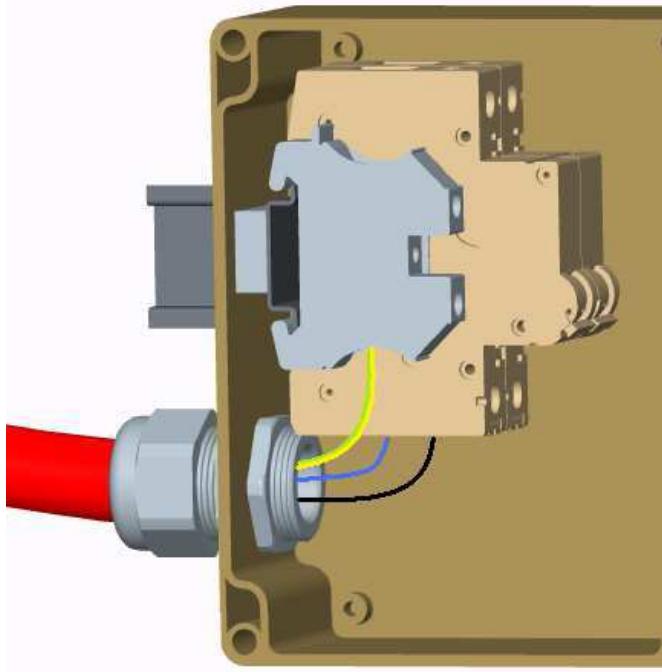


Abbildung 75: Leitungsschutzschalter und Klemme für den Schutzleiter mit schematischer Verkabelung (eigene Konstruktion) (Siemens AG, 2013) (Weidmüller Interface, 2013, b)

Das Netzteil bzw. die Platine, auf der es aufgesteckt ist, werden analog zum Smart Parking Board mit Platinen-Haltern ausgestattet und dann am Boden des Gehäuses festgeklebt (vgl. Abbildung 73). Das Netzteil wird zwischen dem Leitungsschutzschalter und dem Smart Parking Board, also in der Mitte des Gehäuses angebracht. Um Leiter (schwarz) und Nullleiter (blau), die aus dem Leitungsschutzschalter kommen, an das Netzteil anschließen zu können, müssen Anschlussklemmen auf dessen Platine sein (vgl. Kapitel 6.3). Anschließend können die Leitungen auf der Unterseite der Platine mit den Pins des Netzteils verbunden werden. Abbildung 76 zeigt den Abschnitt des Netzteils mit allen Komponenten und einer schematischen Darstellung der Kabel.

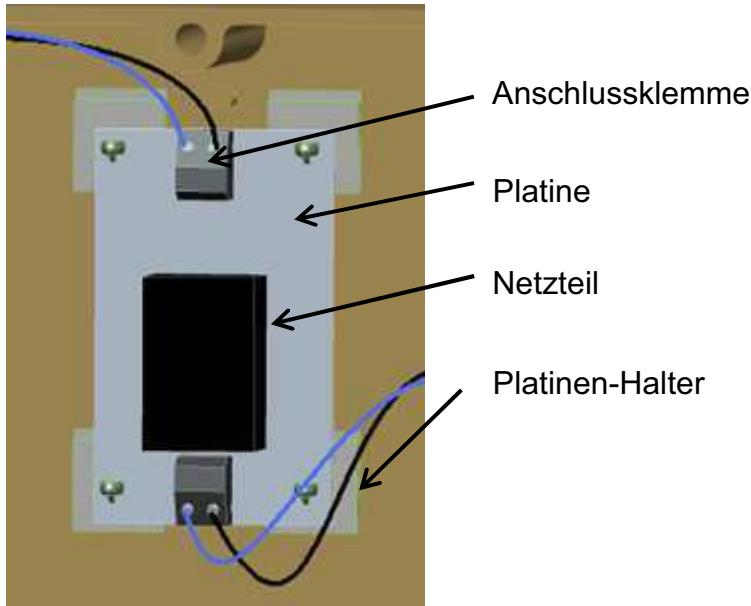


Abbildung 76: Netzteil auf Platine mit Anschlussklemmen und schematischer Verkabelung (eigene Konstruktion)

Geht man davon aus, dass alle Komponenten in einem Gehäuse angeordnet werden können, sieht der gesamte Aufbau aus, wie in der Baugruppe aus Abbildung 77 abgebildet. Man findet dort von links das 230V-Erdkabel, die Kabelverschraubung, die Hutschiene mit einer Klemme für den Schutzleiter und dem Leitungsschutzschalter, das Netzteil auf der Platine mit Anschlussklemmen und das Smart Parking Board mit XBee. Die Verkabelung im Inneren des Gehäuses und der Anschluss des 230V-Kabels sollten schon vor Montage des Gehäuses im iCurb vorgenommen werden, da der Zugriff zu einem späteren Zeitpunkt erschwert ist.

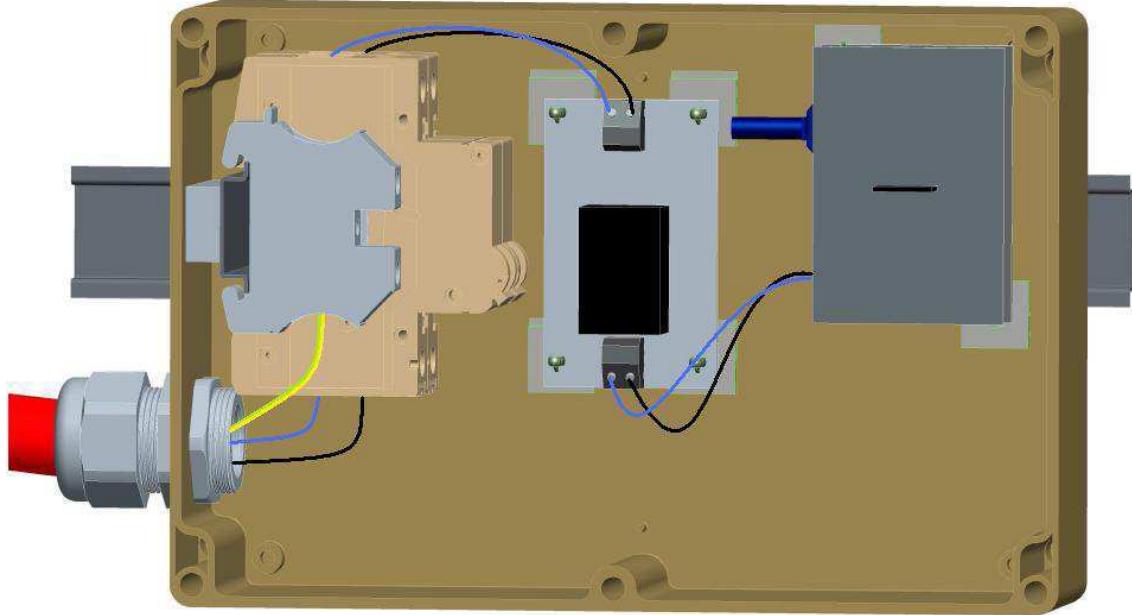


Abbildung 77: Gesamtausstattung des Gehäuses (eigene Konstruktion)

7.4 Gesamtaufbau des iCurb

Nachdem das Gehäuse, wie in Kapitel 7.2 und 7.3 beschrieben, mit dem Smart Parking Board und den Komponenten zur Stromversorgung ausgestattet ist, muss es selbst im iCurb montiert werden. Zunächst wird der Deckel des Gehäuses mit den mitgelieferten Schraubverbindungen auf dem Unterteil befestigt und aufgrund der PUR-Dichtung dazwischen entsteht somit eine wasserdichte Verbindung und die Bauteile im Inneren des Gehäuses sind geschützt (vgl. Kapitel 5.3). Um das Gehäuse an der Innenwand des iCurb anbringen zu können, muss zunächst die Hutschiene dort befestigt werden (vgl. Kapitel 5.4). In der Abbildung 78 ist dies am unteren Teil des Bordsteins erfolgt.

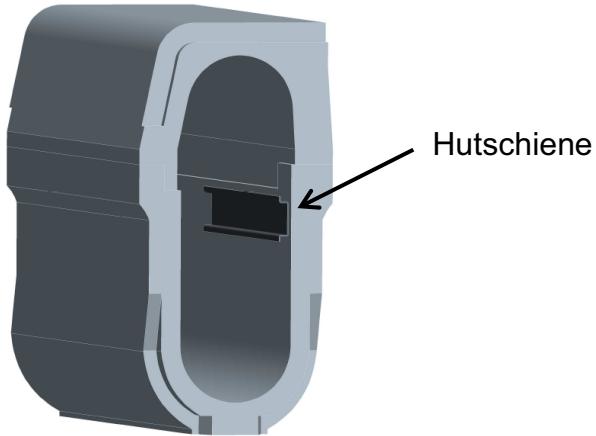


Abbildung 78: Hutschiene im Unterteil des iCurb befestigt (eigene Konstruktion)

Durch Schrauben oder Kleben wird die Montage der Schiene durchgeführt. Beim Schrauben müssen dazu zuvor Bohrungen oder Gewindesteinsätze in den iCurb integriert werden. Anschließend wird das Gehäuse mit vier Schrauben auf den Adaptern (vgl. Kapitel 5.4) befestigt und die Verbindungen werden mit Usit-Ringen abgedichtet (vgl. Kapitel 5.4). Wie in der Abbildung 78 ersichtlich, reicht die Hutschiene nicht über die gesamte Länge des Bordsteins. Deshalb kann das Gehäuse von oben in den iCurb eingelegt und dann mit Hilfe der Adapter seitlich auf die Schiene aufgeschoben werden. Abbildung 79 verdeutlicht dieses Vorgehen.

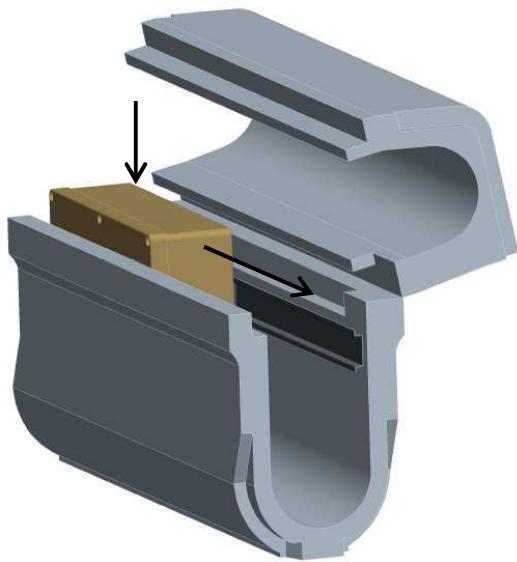


Abbildung 79: Einbau des Gehäuses in den iCurb (eigene Konstruktion)

Die Adapter sollten so auf der Rückseite des Gehäuses befestigt werden, dass es nach der Montage aus dem Unterteil herausschaut und bis ins Oberteil

hineinragt. So kann realisiert werden, dass sich der Sensor auf dem Smart Parking Board am Ende oberhalb des Erdniveaus befindet (vgl. Kapitel 5.1.1) und die Hutschiene kann sich trotzdem im Unterteil befinden, was aus Platzgründen die bessere Lösung darstellt. Ist das Gehäuse im iCurb untergebracht, kann das 230V-Kabel an die Abzweigmuffe und somit an das 400V-Kabel im unteren Teil des iCurb angeschlossen werden. Damit ist das Smart Parking Board an die Stromversorgung angeschlossen und funktionsbereit. Es ergibt sich die in Abbildung 80 dargestellte Baugruppe.

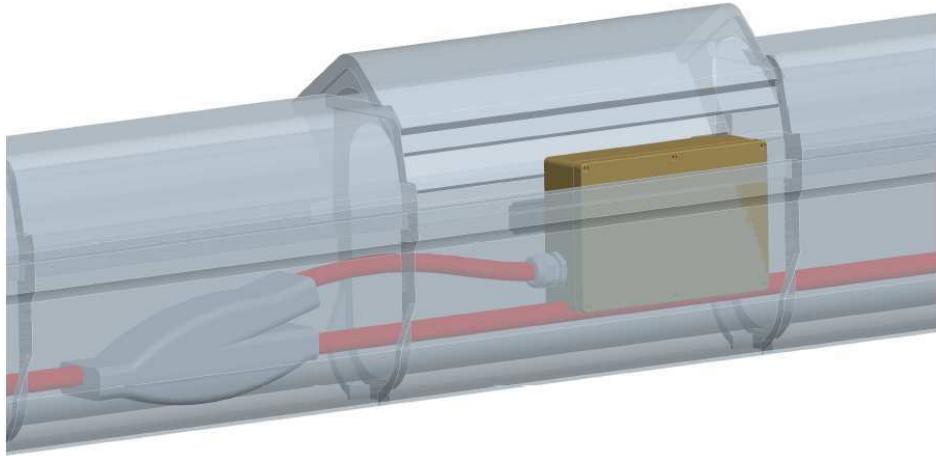


Abbildung 80: Komponenten im Gehäuse an die Stromversorgung angeschlossen (eigene Konstruktion)

Abschließend zeigt die Abbildung 81 den gesamten Aufbau eines iCurb Moduls. Die hier gezeigte Baugruppe wird eingesetzt, um einen Parkplatz zu überwachen. Also wird sie zur Realisierung des geplanten Prototyps (vgl. Kapitel 2.4) in dieser Form umgesetzt werden. Sie beinhaltet alle zuvor genannten Komponenten. Im Anhang finden sich ein Schema zu diesem Gesamtaufbau mit einer Nummerierung aller enthaltenen Komponenten sowie eine entsprechend nummerierte Auflistung der Bauteile. Außerdem sind zu dieser Bauteileübersicht alle Hersteller und mögliche Lieferanten im Anhang aufgeführt.

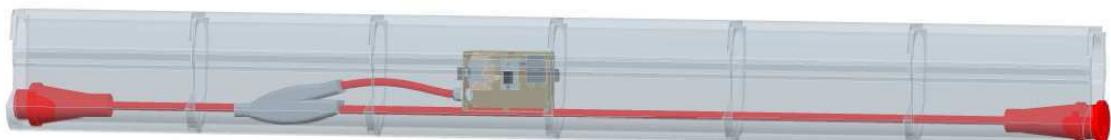


Abbildung 81: Gesamtaufbau aus sechs iCurbs für die Überwachung eines Parkplatzes (eigene Konstruktion)

8 Zusammenfassung und Ausblick

Das Konzept des iCurb wird entwickelt, um die Parkplatzsuche in Innenstädten zu erleichtern. Parkplatzsensoren und Kommunikationseinheiten müssen funktionsfähig an den Parkplätzen installiert werden, um freie Stellplätze ermitteln und die Informationen an die Autofahrer weitergeben zu können. Eine weitere Anwendung dieser Konzeption besteht in der Parkplatzüberwachung der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Eine bessere Steuerung der Ladestationen und den ihr zugeordneten Parkplätzen wird so erreicht und damit können elektrisch betriebene Fahrzeuge für den Nutzer attraktiver gemacht werden.

Die Wahl eines Bordsteins, als Träger für die dafür nötige Informations- und Kommunikationstechnik, hat sich nach der Analyse aller nötigen Komponenten als gerechtfertigt erwiesen. In dem Hohlraum des umgestalteten Bordsteins, dem iCurb, können die erforderlichen elektrischen und elektronischen Bauteile untergebracht werden. Sie befinden sich damit in unmittelbarer Nähe zum Parkplatz und sind trotzdem vor schadhaften Einflüssen der Umwelt geschützt. Die Erläuterungen und Konstruktionen in den vorangegangenen Kapiteln haben gezeigt, wie eine mögliche Zusammenstellung des iCurb aussehen kann. Die Konstruktion des Bordsteins, als Ausgangspunkt der Betrachtungen, wird in Kapitel 3 erläutert. Die angefertigte Konstruktion entspricht den Anforderungen an den Bordstein als Begrenzungselement von Fahrbahnen ebenso wie den Ansprüchen, die die informationsverarbeitenden Komponenten im Inneren an diesen Bordstein stellen. Die Hauptfunktion des iCurb ist es, den Parkplatzsensor funktionsfähig und sicher aufzunehmen. Dazu bedarf es in erster Linie einem Anschluss des iCurb an die örtliche Stromversorgung. Dies erfolgt über die Verlegung eines strapazierfähigen Erdkabels im Inneren des Bordsteins. Dieses Kabel wird über das Niederspannungsnetz versorgt und führt 400V in den Bordstein und entlang der Straße bis zum Einsatzort, was ein Parkplatzsensor, eine Ladesäule oder eine Induktionsschleife sein kann. Für den Betrieb von Ladetechnik wird 230V benötigt, was mittels einer Abzweigmuffe von dem

Erdkabel abgegriffen wird. Diese Spannung kann anschließend direkt aus dem Bordstein heraus geführt werden, ohne dass weitere Bauteile benötigt werden. Wird aber in dem betrachteten Bordstein ein Parkplatzsensor betrieben, muss die Spannung weiter transformiert werden, denn das eingesetzte Smart Parking Board, also Parkplatzsensor und Kommunikationsmodul XBee, benötigt nur eine Spannung von 5V. Nach der Abzweigmuffe werden die 230V also zu einem Netzteil geführt, wo sie auf 5V reduziert werden. Um das Netzteil und das Smart Parking Board vor Überlast und Kurzschluss zu schützen wird zwischen das Netzteil und die Abzweigmuffe ein Leitungsschutzschalter für 1A geschaltet. Das Smart Parking Board und das Netzteil sind auf Platinen montiert und besitzen eine sehr geringe Schutzart. Sie werden daher in einem wasserdichten Gehäuse mit Hilfe von klebbaren Haltern befestigt. Da auch der Leitungsschutzschalter für die Montage in einer trockenen Umgebung konzipiert ist, muss er ebenfalls in dieses Gehäuse integriert werden. Aufgrund seiner großen Tiefe wird er seitlich an der Seitenwand des Gehäuses auf einer aufgeklebten Hutschiene befestigt. Durch diese gemeinsame Montage wird auch die Kabelverlegung vereinfacht. Über eine Kabelverschraubung gelangen die Leitungen wasserdicht vom Erdkabel aus der Abzweigmuffe in das Innere des Gehäuses. Dort können die Leitungen dann einzeln, ohne Ummantelung und nur noch durch ihre Isolation geschützt, an die dortigen Bauteile angeschlossen werden. Ist es gewünscht, zur Visualisierung der Informationen des Parkplatzsensors, LED-Profile an der Außenseite des iCurb anzubringen, dann kann der Anschluss des LED-Steuergerätes und des Netzteils analog zum Anschluss des Smart Parking Boards erfolgen. Die 230V, die am Ausgang der Abzweigmuffe vom 400V Kabel vorliegen, müssen in diesem Fall vom Netzteil der LEDs auf 12V transformiert werden. Durch ein nachfolgendes Steuergerät können verschiedene Farben der LEDs realisiert werden, um den Status des Parkplatzes anzuzeigen. Aus Platzgründen kann in einem iCurb von einem Meter Länge nur eine Abzweigmuffe und damit entweder das Smart Parking Board oder ein LED-Profil installiert werden. Da ein Netzteil aber mehrere LED-Profile versorgen kann und ein Parkplatz in der Regel bis zu drei iCurbs besitzt, stellt dies keine Schwierigkeit dar.

So sind schließlich alle informationsverarbeitenden Bauteile funktionsfähig im

iCurb untergebracht. Es besteht eine Anbindung an das Stromnetz sowie eine Verbindung der Komponenten untereinander. Sie sind gegen Überlast und Kurzschluss abgesichert und gegen Umwelteinflüsse geschützt. Die Positionierung aller Bauteile ist im Bordsteininneren möglich und es wurde für alle eine Befestigungsmöglichkeit gefunden. Dabei wurde auf die Eigenschaften der jeweiligen Bauteile stets Rücksicht genommen.

Das vorgestellte Konzept ist für die Verwendung der iCurbs im Straßenverkehr ebenso geeignet wie für einen prototypischen Aufbau. Bei der Anwendung innerhalb der öffentlichen Infrastruktur werden zahlreiche iCurbs verwendet, da oftmals eine Reihe von Parkplätzen mit der Technik der Fahrzeugerkennung ausgestattet werden soll. Bei einem Aufbau für einen einzelnen Parkplatz werden nur sechs Bordsteine der eigenen Konstruktion verwendet. Dadurch können an manchen Stellen Vereinfachungen vorgenommen werden. Dies wird in den Kapiteln 4.3, 4.4 und 5.3.1 in Bezug auf die betroffenen Bauteile erläutert.

Der iCurb soll im weiteren Verlauf des Projekts, zunächst im Rahmen des Prototyps, in Betrieb genommen werden. Die Parkplatzüberwachung soll an einem Parkplatz des Fraunhofer Instituts in Stuttgart simuliert werden. Für diesen Aufbau wird die eigene Konstruktion des iCurb noch nicht eingesetzt, da dies einen zu großen Aufwand bedeuten würde, sondern ein vergleichbarer Bordstein der Firma MEA, wie er in Kapitel 3.1 gezeigt ist. Der Bordsteinkörper wird daher zunächst eine andere Form besitzen, als in den Abbildungen in Kapitel 7 gezeigt. Der bezogene Bordstein wird aber an die Gegebenheiten so angepasst, dass alle Komponenten dort gleichermaßen untergebracht werden können. Es werden drei iCurbs mit je einem Meter Länge an dem ausgewählten Parkplatz installiert. Bei den beiden äußeren Bordsteinen werden Ober- und Unterteil unlösbar miteinander verbunden sein. Nur der mittlere iCurb wird ein lösbares Oberteil besitzen, um jederzeit Zugriff auf das dort befindliche Smart Parking Board und die zugehörigen elektrischen und elektronischen Bauteile zu haben.

In Zukunft kann der iCurb zur Erleichterung der Parkplatzsuche in Innenstadtbereichen mit hoher Verkehrsbelastung herangezogen werden. Auch im Zuge von Smart City Projekten (vgl. Kapitel 3.4.2), wie sie weltweit in zahlreichen Städten

durchgeführt werden, kann der iCurb zum Einsatz kommen. Durch die integrierte informationsverarbeitende Technik zur Parkplatzsteuerung hilft er dabei, den Verbrauch von fossilen Brennstoffen zu verringern und die Lebensqualität in den Innenstädten zu verbessern. Außerdem ermöglicht er eine schnellere Erschließung neuer Ladestationen und die Implementierung von induktiver Ladetechnik. Somit leistet er einen wichtigen Beitrag in der Modernisierung der heute bestehenden Infrastruktur und hilft dabei, Informations- und Kommunikationstechnologien in die Abläufe im Straßenverkehr zu integrieren.

9 Literaturverzeichnis

- ABB STOTZ-KONTAKT GmbH. (Juli 2010). *Kabel- und Leitungsdimensionierung*. Abgerufen am 16. Februar 2014 von [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/edc51e83d85231d8c1257845002a4a8f/\\$file/2cdc400027d0101.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/edc51e83d85231d8c1257845002a4a8f/$file/2cdc400027d0101.pdf)
- Abraxas Stone Experts GmbH. (2013). *Naturstein Information*. Abgerufen am 10. Dezember 2013 von <http://www.naturstein-information.de/>
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Juli 2007). *Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz*. Berlin.
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (April 2013). *Deutsches Stromnetz ist 1,8 Millionen Kilometer lang*. Abgerufen am 19. Dezember 2013 von <http://www.bdew.de/internet.nsf/id/20130412-pi-deutsches-stromnetz-ist-18-millionen-kilometer-lang-de>
- Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg. (Fassung 2006 Ausgabe 2005). Entwurfsrichtlinie Nr.3, Einfassung von Straßenverkehrsflächen.
- Betonwerk Lintel. (2013). *Hochbordsteine HB 15/25 und HB 15/30*. Abgerufen am 15. November 2013 von <http://www.lintel.cc/de/serienprogramm/bordsteinprogramm/hochbordsteine/>
- BFT International. (November 2011). *Multifunktionales Bordsteinsystem*. Abgerufen am 12. 12 2013 von http://www.bft-international.com/de/artikel/bft_2011-11_Multifunktionales_Bordsteinsystem_1284360.html
- Bund der Energieverbraucher. (2013). *Stromnetz*. Abgerufen am 11. Februar 2014 von http://www.energieverbraucher.de/files_db/1245741926_5188__12_medi um.jpg
- Bundesministerium für Umwelt, N. u. (01. Oktober 2010). *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*. Abgerufen am 15. November 2013 von <http://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/kurzinfo-verkehr/>
- Bundesministerium für Umwelt, N. u. (01. Mai 2011). *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*. Abgerufen am 15. November 2013 von <http://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/elektromobilitaet/>
- CarTFT.com e.K. (2013). *DIN-RAIL (HUTSCHIENE) ADAPTER F. M350 GEHÄUSE*. Abgerufen am 23. Februar 2014 von <http://www.minipc.de/catalog/il/1061>
- Cellpack GmbH. (Januar 2014). *Niederspannungsgarnituren*. Abgerufen am 16. Februar 2014 von <https://ep-webcatalog.cellpack.com/suchen/Niederspannungsgarnituren;jsessionid=D0CBA1B466602E632B6231E99697A5AD>
- click-licht.de. (2014, a). *HR-Line Aluminium, eloxiert, Komplettset IP67, 1 Meter RGB, fertig konfektioniert*. Abgerufen am 21. Februar 2014 von

- <http://www.click-licht.de/HR-Line-Aluminium-eloxiert-Komplettset-IP67-1-Meter-RGB-fertig-konfektioniert>
- click-licht.de. (2014, b). *Flexibler LED Stripe IP67, 12V, 10 W/m 5 m Rolle, RGB, 5050 LED*. Abgerufen am 21. Februar 2014 von <http://www.click-licht.de/Flexibler-LED-Stripe-IP67-12V-10-W-m-5-m-Rolle-RGB-5050-LED-120-30-LED-per-Meter>
- click-licht.de. (2014, c). *LED Netzteile & Zubehör*. Abgerufen am 27. März 2014 von <http://www.click-licht.de/LED-Netzteile-Zubehoer>
- Conrad Electronic SE. (2008). *Experimentier-Platine (L x B) 76.5 mm x 46.5 mm Rastermaß 2.54 mm*. Abgerufen am 27. Februar 2014 von <http://www.conrad.de/ce/de/product/530099/Experimentier-Platine-L-x-B-765-mm-x-465-mm-Rastermass-254-mm?ref=searchDetail>
- Conrad Electronic SE. (2014, a). *Hutprofil-Tragschiene*. Abgerufen am 23. Februar 2014 von <http://www.conrad.de/ce/de/product/743134/Hutprofil-Tragschiene-Passend-fuer-Tragschienenmontage-NS-35-75-PERF-2000MM-Phoenix-Contact-Inhalt-2-m?queryFromSuggest=true>
- Conrad Electronic SE. (2014, b). *Feinsicherung 6.3 mm x 32 mm 1 A 250 V Träge -T- ESKA 632317 Inhalt 10 St.* Abgerufen am 27. Februar 2014 von <http://www.conrad.de/ce/de/product/523965/Feinsicherung-63-mm-x-32-mm-1-A-250-V-Traege-T-ESKA-632317-Inhalt-10-St?ref=searchDetail>
- Dietz Sensortechnik. (17. September 2013). *Dietz Sensortechnik*. Abgerufen am 15. November 2013 von <http://www.dietz-sensortechnik.de/info/11.html>
- Digi International GmbH. (2014, a). *XBee® 802.15.4*. Abgerufen am 19. Februar 2014 von <http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/point-multipoint-rfmodules/xbee-series1-module#overview>
- Digi International GmbH. (2014, b). *Choosing an XBee Antenna*. Abgerufen am 27. März 2014 von <http://www.digi.com/technology/rf-tips/2007/08>
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2000). *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*. VDE-Verlag.
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (März 2013). *Norm DIN EN 1343:2013-03. Bordsteine aus Naturstein für Außenbereiche - Anforderungen und Prüfverfahren*.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Oktober 2005). *Norm DIN 483:2005-10. Bordsteine aus Beton- Formen, Maße, Kennzeichnung*.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (30. August 2010). *Norm DIN EN 1340:2010-08. Bordsteine aus Beton- Anforderungen und Prüfverfahren*.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (August 2012). *Elektrisches Installationsmaterial - Leitungsschutzschalter für Hausinstallationen und ähnliche Zwecke*. VDE-Verlag.
- Dörr, C. (2013). *Anbindung einer induktiven Ladeinfrastruktur an das Stromnetz*. Stuttgart.
- Düker, T., & Schmidt, D. N. (2013). *Verkehrsmanagement in Deutschland Band 1*. München: Grin Verlag .
- Electrodrive Burgenland. (2012). *Die Ladestation.Public 12"*. Abgerufen am 19. Dezember 2013 von http://www.energieburgenland.at/fileadmin/ElectroDrive_Bgld/Produktblat

- t_Ladestation%20Public%2012.pdf
Electronic Theatre Controls. (2010). *Farbmischung mit LEDs*. Abgerufen am 20. Februar 2014 von
https://etcconnect.com/img/whitepapers/Selador_white_paper_DE.pdf
- Elektro Krato GmbH. (2013). *Induktionsschleife*. Abgerufen am 18. Dezember 2013 von <http://www.elektro-krato.de/seiten/index.php?id=30>
- elektro-bau-montage GmbH & Co. KG. (Mai 2011). *Technisches Datenblatt Portos ES1*. Abgerufen am 27. März 2014 von http://www.ebm-os.de/files/ebm_datenblatt_portos_es1.pdf
- EPCOS AG. (Dezember 2007). *SIOV metal oxide varistors*. Abgerufen am 27. Februar 2014 von
http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/500000-524999/500746-da-01-en-Scheiben_Varistor_S20K230.pdf
- ESPI Metals. (2014). *Permalloy*. Abgerufen am 19. Februar 2014 von
<http://www.espimetals.com/index.php/online-catalog/831-permalloy>
- Fraunhofer IAO. (13. Juni 2013). Szenario iCurb. Stuttgart.
- Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart. (2013). *Bordstein für eine intelligente Infrastruktur*. Stuttgart.
- Fraunhofer ISE. (26. Juni 2013). Auskunft im persönlichen Gespräch . Stuttgart.
- Fraunhofer-Anwendungszentrum KEIM. (2013, a). *Tests des Libelium Waspmove Smart Parking Sensorboards im eCurb*. Stuttgart.
- Fraunhofer-Anwendungszentrum KEIM. (Dezember 2013, b). Auskunft im persönlichen Gespräch. Stuttgart.
- Hammond Manufacturing. (2014). *Watertight Polycarbonate - Flat Lid (1554 Series)*. Abgerufen am 22. Februar 2014 von
<http://www.hammondmfg.com/1554FLP.htm>
- Hauff-Technik. (2014). *P-CABLE BASIC SG UNIVERSALDICHTUNG FÜR KABEL*. Abgerufen am 1. März 2014 von <http://www.hauff-technik.de/produkte/ringraumdichtungen/fuer-kabel/p-cable-basic.html>
- Josef Barthelme GmbH & Co. KG. (November 2009). *Datenblatt Netzteil IP64 12V DC/24V DC*. Abgerufen am 21. Februar 2014 von
http://www.barthelme.de/products/led/datasheets/DB_NT64012030_NT64024030.pdf
- Josef Barthelme GmbH & Co. KG. (März 2012). *Gebrauchsanweisung für Chromoflex Pro Steuergerät*. Abgerufen am 21. Februar 2014 von
http://www.barthelme.de/products/led/manuals/ChromoFlex_Pro_A5_RG_B_Anleitung_V1_1_de_eng.pdf
- Josef Barthelme GmbH & Co. KG. (Juli 2013). *Datenblatt Chromoflex Pro Stripe / i350 / i700*. Abgerufen am 21. Februar 2014 von
http://www.barthelme.de/products/led/datasheets/DB_6600003X_4X_Chromoflex_Pro.pdf
- Kraftfahrt-Bundesamt. (15. Februar 2013, a). *Kraftfahrt-Bundesamt*. Abgerufen am 15. November 2013 von
http://www.kba.de/cln_031/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html?_nnn=true
- Kraftfahrt-Bundesamt. (01. Januar 2013, b). *Kraftfahrt-Bundesamt*. Abgerufen am 15. November 2013 von
http://www.kba.de/cln_031/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2013_b_umwelt_dusl_absolut.html

- KS Licht- und Elektrotechnik. (2014, a). *IP55 LED FLEXSTRIP RGB, 5m, 24V LED RGB, farbsteuerbar.* Abgerufen am 21. Februar 2014 von <http://www.ks-licht.de/products/de/LED-Technik/LED-Strips/LED-Strips-Outdoor/550713-IP55-LED-FLEXSTRIP-RGB-5m-24V-LED-RGB-farbsteuerbar.html>
- KS Licht- und Elektrotechnik. (2014, b). *LED STRIPS OUTDOOR 100 SUPERFLUX.* Abgerufen am 21. Februar 2014 von <http://www.ks-licht.de/products/de/LED-Technik/LED-Strips/LED-Strips-Outdoor/2298110-LED-STRIPS-OUTDOOR-100-SUPERFLUX.html>
- KS Licht- und Elektrotechnik. (2014, c). *PWM-Wandler 3 Kanal, 12V/24V.* Abgerufen am 27. März 2014 von <http://www.ks-licht.de/PWM-Wandler-3-Kanal-12V-24V-470509.html>
- KS Licht- und Elektrotechnik. (2014, d). *LED-Netzteil, 20W, 12V.* Abgerufen am 27. März 2014 von <http://www.ks-licht.de/LED-Netzteil20W12V-470541.html>
- Langmatz GmbH. (Januar 2008). *Stadtintegrierte Ladeinfrastruktur für die Stadt von morgen.* Abgerufen am 09. Januar 2014 von http://www.emobilbw.de/files/e-mobil/content/DE/Service/Vortraege/Session%202/Session%202_Dr_Hunscher_Stadtintegrierte%20Ladeinfrastruktur.pdf
- Lapp Kabel. (2006). *Datenblatt Einzelader H05 V-K.* Abgerufen am 28. Februar 2014 von http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/600000-624999/603024-da-01-de-ADERLEITUNG_H05V_K_1X0_75_BU_100_M.pdf
- Lapp Kabel. (April 2006). *Datenblatt Starkstromkabel NYY.* Abgerufen am 6. März 2014 von http://edgecdn.lappgroup.com/fileadmin/documents/technische_doku/datenblaetter/sonstige/DB1550030DE.pdf
- Lapp Kabel. (2014, a). *NYY-J, NYY-O.* Abgerufen am 16. Februar 2014 von <http://www.lappkabel.de/produkte/online-kataloge-shop/anschluss-und-steuerleitungen/gebaeudeinstallation/erdkabel/nyy-j-nyy-o.html>
- Lapp Kabel. (2014, b). *Fachlexikon.* Abgerufen am 11. Februar 2014 von <http://www.lappkabel.de/nc/service/wissenscenter/fachlexikon/glossary-index/K/glossary-page/2.html>
- Lapp Kabel. (2014, c). *H05V-K.* Abgerufen am 1. April 2014 von <http://www.lappkabel.de/produkte/online-kataloge-shop/anschluss-und-steuerleitungen/schalschrank-einzeladern/vielseitige-anwendungen/h05v-k.html>
- LBM Lichtleit-Fasertechnik GmbH. (2013). Angebot vom 18.12.2013.
- LBM Lichtleit-Fasertechnik GmbH. (2014). Datenblatt LED-Modul.
- Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L. (September 2013, d). *Waspmove Datasheet.* Abgerufen am 19. Februar 2014 von http://www.libelium.com/downloads/documentation/waspmove_datasheet.pdf
- Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L. (August 2013, f). *Waspmove Quickstart Guide.* Abgerufen am 28. Februar 2014 von <http://www.libelium.com/development/waspmove/documentation/>
- Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L. (Juli 2013, a). *Smart Parking Technical Guide.* Abgerufen am 18. Dezember 2013 von

- <http://www.libelium.com/downloads/documentation/smart-parking-sensor-board.pdf>
- Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L. (November 2013, b). *Meshlium Xtreme Datasheet*. Abgerufen am 18. Dezember 2013 von http://www.libelium.com/downloads/documentation/meshlium_datasheet.pdf
- Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L. (Februar 2013, c). *Smart City project in Santander to monitor Parking Free Slots*. Abgerufen am 18. Dezember 2013 von http://www.libelium.com/smart_santander_parking_smart_city/
- Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L. (2013, e). *Technical Overview*. Abgerufen am 19. Februar 2014 von <http://www.libelium.com/products/wasp mote/overview/>
- Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L. (November 2013, g). *Wireless Sensor Networks with Wasp mote and Meshlium*. Abgerufen am 27. März 2014 von http://www.libelium.com/downloads/documentation/wsn-wasp mote_and_meshlium_eng.pdf
- MEA Water Management GmbH . (2012). MEADRAIN Traffic System MEAKERB. *Technisches Datenblatt*.
- MEA Water Management GmbH . (2013). *MEA Water Management Broschüren*. Abgerufen am 10. Dezember 2013 von http://www.meadrainage.com/images/data/de/brochures/DE_MEADRAIN_Traffic.pdf
- MEAN WELL. (Juni 2011). *Datasheet DR-15 series*. Abgerufen am 27. Februar 2014 von <http://www.meanwell.com/search/DR-15/default.htm>
- MEAN WELL. (Januar 2013, a). *Datasheet LPHC 18 series*. Abgerufen am 27. Februar 2014 von <http://www.meanwell.com/search/LPHC-18/default.htm>
- MEAN WELL. (Oktober 2013, b). *Mounting Accessories*. Abgerufen am 27. Februar 2014 von <http://www.meanwell.com/webnet/search/seriessearch.html>
- MobiliSis GmbH. (2014, a). *Nutzen Sie die Vorteile der Pkw Stellplatz erfassung mit MagSense*. Abgerufen am 27. März 2014 von <http://mobilisis.eu/anwendungen/pkw-stellplatz/>
- MobiliSis GmbH. (2014, b). *Beschreibung der Komponenten*. Abgerufen am 27. März 2014 von <http://mobilisis.eu/komponenten/>
- MobiliSis GmbH. (2014, c). *Die Leistungsfähigkeit von MagSense*. Abgerufen am 27. März 2014 von <http://mobilisis.eu/home/magsense-das-system/>
- MSR-Traffic GmbH. (November 2013). *Fahrzeugerkennung an Ladestationen für Elektroautos mit Magnetfeldsensoren*. Abgerufen am 18. Dezember 2013 von <http://www.msr-traffic.de/de/traffic-management-systems/ladestationen.html>
- MSR-Traffic GmbH. (März 2014, a). *Outdoor parking mit Anbindung an das Smart City Netzwerk*. Abgerufen am 27. März 2014 von http://www.msr-traffic.de/fileadmin/Media/PDF/2014/msrt13_Datenblatt_outdoor.pdf
- MSR-Traffic GmbH. (März 2014, b). *MSR-Traffic Lösungen im Außenbereich*. Abgerufen am 27. März 2014 von <http://www.msr-traffic.de/outdoor.html>
- MULTI-BOX GmbH. (2014). *Kunststoffgehäuse - Polycarbonat-Gehäuse MBM / Deckel Grau*. Abgerufen am 22. Februar 2014 von http://www.multi-box.com/gehaeuse/kunststoff/mbm_polycarbonat_gehaeuse_deckel_grau.html

- N-ERGIE Netz GmbH. (2010). *Dem Strom auf der Spur*. Abgerufen am 19. Dezember 2013 von <https://www.n-ergie-netz.de/header/wissenswertes/strom/dem-strom-auf-der-spur.html>
- PC Electric. (2013). *CEE-Stecker und Kupplungen 16A-125A*. Abgerufen am 16. Februar 2014 von http://www.pcelectric.at/fileadmin/pce/Kataloge_PDFs/01_CEE_Stecker_und_Kupplungen_18-49.pdf
- Pepperl und Fuchs. (Juni 2013, a). *Radarsensor RMS-G-RC*. Abgerufen am 16. Dezember 2013 von http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/edb/184852_ger.pdf
- Pepperl und Fuchs. (März 2013, b). *Produktübersicht Ultraschallsensoren*. Abgerufen am 16. Dezember 2013 von http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/doct/tdoct0614h_ger.pdf
- PHOENIX CONTACT. (2014, a). *Durchgangsklemme - UK 10 N - 3005073*. Abgerufen am 28. Februar 2014 von <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/de?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=3005073&library=dede&pcck=P-15-01-02-01&tab=1>
- PHOENIX CONTACT. (2014, b). *Leiterplatten-Anschlussklemme - EMKDS 1,5/2-5,08 - 1897694*. Abgerufen am 28. Februar 2014 von <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/de?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=1897694&library=dede&pcck=P-11-01-01&tab=1>
- PmWiki. (November 2012). *Santander summary*. Abgerufen am 18. Dezember 2013 von <http://smartsantander.eu/wiki/index.php/Testbeds/Santander/>
- PolyCare Research Technology GmbH & Co. KG. (2013, a). *Was kann Polymerbeton?* Abgerufen am 10. Dezember 2013 von <http://www.poly-care.de/index.php/de/polymerbeton/was-kann-polymerbeton>
- PolyCare Research Technology GmbH & Co. KG. (2013, b). *Zahlen-Daten-Fakten*. Abgerufen am 10. Dezember 2013 von <http://www.poly-care.de/index.php/de/polymerbeton/zahlen-daten-fakten>
- RECOM Electronic. (2014). *Powerline AC/DC Converter*. Abgerufen am 27. Februar 2014 von http://www.recom-international.com/pdf/Powerline-AC-DC/RAC01_02-SC.pdf
- Richco. (2014). *LCBSBM - PCB Support, Adhesive*. Abgerufen am 23. Februar 2014 von <http://www.richco-inc.com/products/circuit-board-hardware/97-circuit-board-hardware-catalog.html?PartNum=&country=RICHCOUSA&grpcode=A1560>
- RoboSavvy. (2012). *XBee Pro Wire Antenna*. Abgerufen am 19. Februar 2014 von http://robosavvy.com/store/product_info.php/products_id/427
- Rohde, F., & Loew, T. (2011). *Smart City: Begriff, Charakteristika und Beispiele*. (W. S. Holding, Hrsg.) Abgerufen am 18. Dezember 2013 von http://www.4sustainability.de/fileadmin/redakteur/bilder/Downloads/Publikationen/WSTW/WSTW2011_Smart_City-Begriff_Charakteristika_und_Beispiele_Nr.7.pdf
- RWE Westfalen-Weser-Ems. (Februar 2010). *Einführung des TN-System bei RWE*. Abgerufen am 19. Dezember 2013 von <http://www.energiegemeinschaften.de/web/cms/mediablob/de/391786/da ta/0/2/Einfuehrung-TN-Netz.pdf>
- Sattler GmbH. (September 2013). *USIT-Ring zur zuverlässigen statischen Abdichtung*. Abgerufen am 23. Februar 2014 von <http://www.usit-ring->

- shop.de/
Siemens AG. (2013). *Produktdatenblatt 5SL6501-7*.
Signalbau Blauert. (2003). *Videoüberwachung zur Erkennung von Fahrzeugen und Personen*. Abgerufen am 16. Dezember 2013 von <http://www.poller-pilomat.de/html/videoerkennung.html>
Tyco Electronics. (Februar 2010). *Energietechnische Produkte*. Abgerufen am 16. Februar 2014
Ubitricity. (09. September 2013). *Ubitricity*. Abgerufen am 15. November 2013 von https://ubitricity.com/media/uploads/2013-09-09_ubitricity_IAA_Pressemitteilung_1.pdf
Universität des Saarlandes. (01. April 2010). *scinexx*. Abgerufen am 15. November 2013 von <http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-11459-2010-04-01.html>
Verband e'mobile. (August 2011). *Ladeinfrastruktur Elektrofahrzeuge*. Abgerufen am 16. Februar 2014 von http://www.e-mobile.ch/pdf/2011/Leitfaden_Ladeinfrastruktur_2011.pdf
Weidmüller Interface. (November 2013, a). *Product catalogue VG M32 - K 68*. Abgerufen am 28. Februar 2014 von <http://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=en&ObjectID=1772320000>
Weidmüller Interface. (2013, b). *Produktkatalog Reihenklemme*. Abgerufen am 29. März 2014 von <http://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeID=en&ObjectID=1019100000>
Weidmüller Interface. (2014). *Kabeleinführungen*. Abgerufen am 30. März 2014 von http://cmswebdav.weidmueller.de/cms/com_de/Downloads/Printmedien/Kataloge/5_Gehaeuse/1420910000_CAT5_C_DE.pdf

10 Anhang

Anhang 1: Angebot der Firma LBM Lichtleit-Fasertechnik GmbH

Anhang 2: Datenblatt der LED-Profilschiene von LBM Lichtleit-Fasertechnik GmbH

Anhang 3: Tests des Libelium Wasp mote Smart Parking Sensorboards im eCurb

Anhang 4: Angebot der Firma MULTI-BOX GmbH

Anhang 5: Schema zum Aufbau eines iCurb Moduls

Anhang 6: Bauteileübersicht für ein iCurb Modul

Anhang 7: Hersteller- und Lieferantenübersicht der Bauteile für ein iCurb Modul

Anhang 1: Angebot der Firma LBM Lichtleit-Fasertechnik GmbH



An
Frauenhofer- Institut
ABT. IAO
Frau Ade
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Deutschland

Gewerbering Ost 5b
93155 Hemau

Tel: 0 94 91/ 9 55 88-0
Fax: 0 94 91/ 9 55 88-18
info@lmb-licht.de
www.lbm-licht.de

Angebot

Com. Bordsteinkante 6x LED Lichtband	Kd-Nr 20660	Angebot-Nr 16933	Datum 18.12.2013
Versand-Art: per Spedition / Paketdienst	Vertreter: Utsch-Huber		

Pos	Art-Nr	Bezeichnung	Menge	M-Einh.	E-Preis	%	Gesamt	Mwst
1	64	Sehr geehrte Frau Ade, in der Anlage erhalten Sie das Angebot über sechs Stück LED- Lichtstreifen zu Ihrer Verwendung. Die genaue Größe der bauseits vorzuhaltenden Nut zur Montage des LED Profils ist im Detail noch zu klären.						19%
2	64	LED Netzteil 230V AC/ 12V DC Leistungsaufnahme: max.30 Watt Dimension:L/B/H:145/47/30mm Schutzart IP64 Art.Nr.B_NT64012030	2,000	Stck	40,40		80,80	19%
3	64	Chromoflex 3 Kanal für RGB- Anwendungen per Funk ansteuerbar Eingangsspannung 8-26 VDC Schutzart : IP 20 Dimension:L/B/H 182/52/22 mm	2,000	Stck	83,93		167,86	19%
4	64	LED RGB- Profilschiene IP 67 V2A Kanal 18x15x 500mm Abdeckung aus Plexiglas 3,0mm Vergussmasse: Harz UV - beständig Leistung 4,8 Watt LED pitch: 8mm	6,000	Stck	180,60		1.083,60	19%
5	64	Funk- Fernbedienung passen zu Chromoflex 3 Kanal	2,000	Stck	44,80		89,60	19%

An
Frauenhofer- Institut
ABT. IAO
Frau Ade
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Deutschland

Gewerbering Ost 5b
93155 Hemau

Tel: 0 94 91/ 9 55 88-0
Fax: 0 94 91/ 9 55 88-18
info@lmb-licht.de
www.lbm-licht.de

Seite 2 von Angebot-Nr. 16933 an Frauenhofer- Institut, Stuttgart

Pos	Art-Nr	Bezeichnung	Menge	M-Einh.	E-Preis	%	Gesamt	Mwst
6	69	anteilige Transportversicherung 2,5 %	1,000	Stck	3,55		3,55	19%

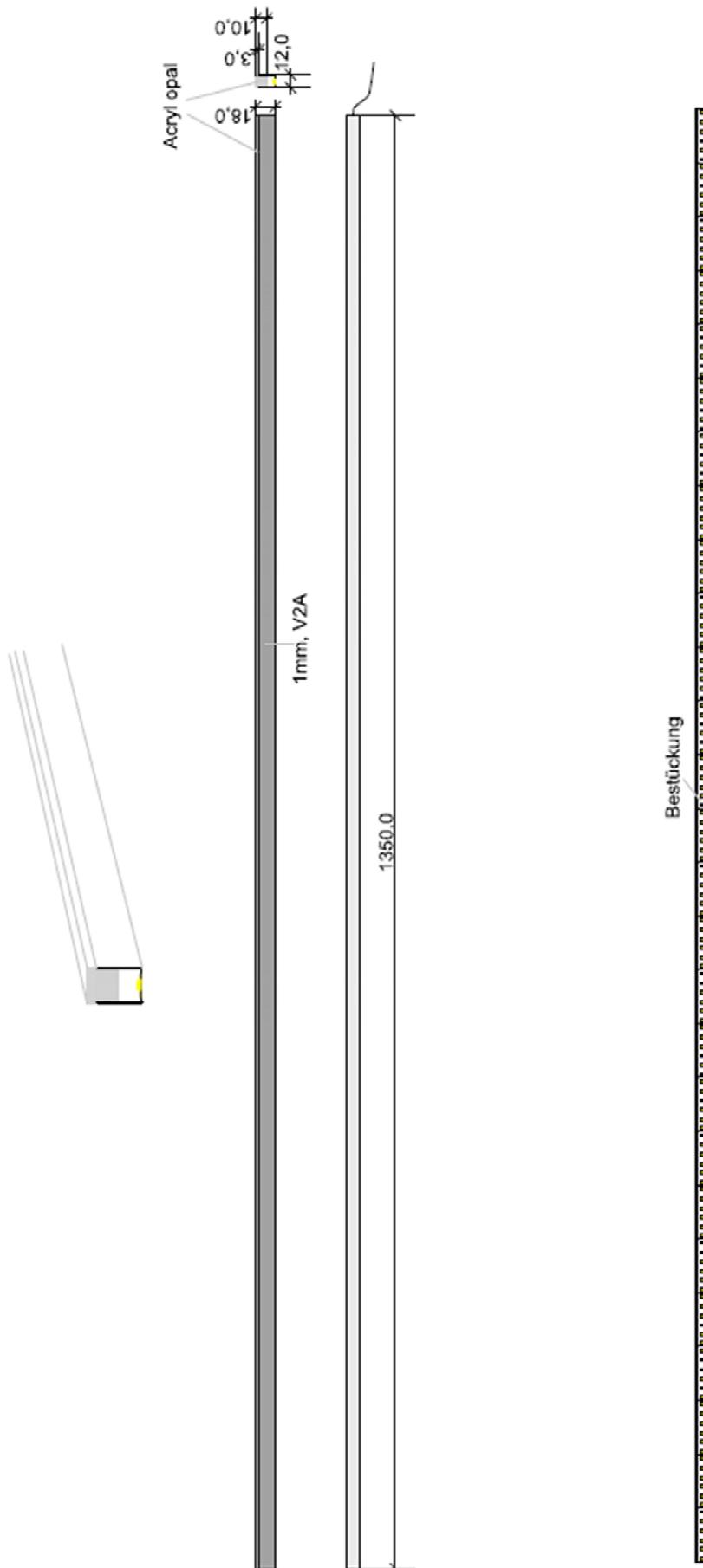
Lieferzeit: 3-4 Wochen ab Auftragseingang

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung

Mit freundlichen Grüßen
A. Bauer

	Netto	Mwst %	Mwst	Brutto
	1.425,41	19%	270,83	1.696,24
Endbetrag EUR	1.425,41		270,83	1.696,24

Anhang 2: Datenblatt der LED-Profilsschiene von LBM Lichtleit-Fasertechnik GmbH



Pos.	Men. Einh.	LED-Linienmodul V2A	162 LED SMD3528	Lichtfarben: ww, nw, kw
		Länge: 1350mm	12,9W, 12 VDC	IP65
Pos.	Men. Einh.	Benennung	Sachnummer / Norm-Kurzbezeichnung	Bemerkung

Tests des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards im eCurb

Leander John

Leander.John@iao.fraunhofer.de
leanderj@gmx.de

23.09.2013

Inhaltsverzeichnis

1 Ziele der Tests.....	3
2 Testspezifikation.....	3
2.1 Durchführung der Tests.....	3
2.1.1 Abstände des Fahrzeugs.....	3
2.1.2 Ausrichtung des WaspMote im eCurb.....	4
Test 111.....	4
Test 112.....	5
Test 121.....	5
Test 122.....	5
Test 211.....	6
Test 212.....	6
Test 221.....	6
Test 222.....	7
Test 311m.....	7
Test 311o.....	7
Test 312m.....	7
Test 312o.....	7
3 Ergebnisse der Tests.....	8
3.1 Diagramme der Messwerte.....	8
Test 111.....	8
Test 112.....	9
Test 121.....	9
Test 211.....	10
Test 212.....	10
Test 221.....	11
Test 222.....	11
Test 311m.....	12
Test 311o.....	12
Test 312m.....	13
Test 312o.....	13
3.2 Zusammenfassung der Testergebnisse.....	14
3.3 Ergebnisse für die Konstruktion des eCurb.....	14
3.4 Ergebnis bezüglich Einstellen des Schwellwertes.....	14
3.4.1 Parking-Software ändern mit WaspMote IDE	15

1 Ziele der Tests

Das Ziel der Tests des *WaspMote* Smart Parking Sensorboards ist die Erfassung der x-y-z-Werte des detektierten Erdmagnetfelds und dessen Beeinflussung durch ein sich an den eCurb nähерndes Fahrzeug. Dabei sollen die Tests zeigen, wie sich die x-y-z-Werte des Magnetfeld-sensors ändern, wenn das Sensorboard sich in verschiedenen Ausrichtungen im eCurb befindet.

Aufgrund der gemessenen Werte soll die beste Platzierung des Sensorboards im eCurb bestimmt werden. Außerdem soll der Schaltabstand in der Software des Sensorboards anhand des *PARKING_THRESHOLD* eingestellt werden.

Eine weitere Frage ist, ob eine Ausrichtungen des Sensors nach Norden einen besseren Schaltabstand bewirkt. Das heißt, ob es sinnvoll ist, bei der Konstruktion des eCurb für den Sensor eine vom *WaspMote*-Board getrennte Halterung vorzusehen, die in der Ausrichtung verstellbar ist.

2 Testspezifikation

2.1 Durchführung der Tests

Das Sensorboard wird in den unten beschriebenen Ausrichtungen im eCurb platziert. Dann wird der Sensor in der entsprechende Ausrichtung bei nicht belegtem Stellplatz kalibriert. Das Fahrzeug nähert sich mit den unten beschriebenen Abständen.

Das Sensorboard misst und überträgt per xBee-Funk einmal pro Sekunde.

Die Daten werden am PC mit der Software *HTerm* (oder *waspReceive.py*, *waspReceive.m* und *importWaspData.m*) empfangen und in einer csv-Datei gespeichert. Danach werden die Ergebnisse mit *plotWaspAxis.m* in Diagrammen dargestellt.

2.1.1 Abstände des Fahrzeugs

Die Tests werden bei folgenden Abständen des Fahrzeugs zum eCurb durchgeführt:

Langsame Näherung des Fahrzeugs zum eCurb von **250 cm** auf **5 cm** in ca. 30 Sekunden, wobei bei den Marken 200 cm, 150 cm, 100 cm und 50 cm ca. 2 Sekunden angehalten wird.

Tests des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards im eCurb

2.1.2 Ausrichtung des WaspMote im eCurb

Testreihe 1: eCurb mit Sensorboard nach Norden ausgerichtet

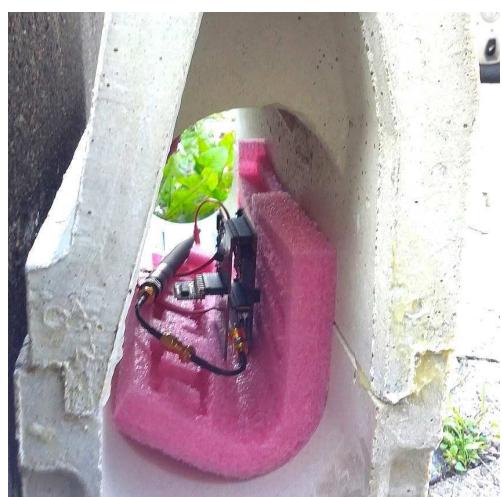
Testreihe 2: eCurb nicht ausgerichtet

Testreihe 3: Stellplatz daneben ist mit anderem Fahrzeug belegt



Abbildung 1: Durchführung der WaspMote Tests

Test 111



eCurb mit Sensorboard nach Norden
ausgerichtet (Mittelachse Richtung Norden)

WaspMote parallel zur Innenwand des eCurb
(senkrecht), vertikal

Abbildung 2: Ausrichtung Test 111

Tests des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards im eCurb

Test 112

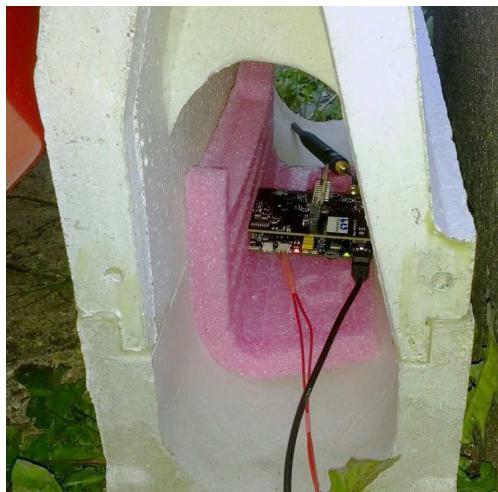


eCurb mit Sensorboard nach Norden ausgerichtet (Mittelachse Richtung Norden)

WaspMote parallel zur Innenwand des eCurb (senkrecht), horizontal

Abbildung 3: Ausrichtung Test 112

Test 121



eCurb mit Sensorboard nach Norden ausgerichtet (Mittelachse Richtung Norden)

WaspMote parallel zum Boden (waagrecht), quer im eCurb

Abbildung 4: Ausrichtung Test 121

Test 122



eCurb mit Sensorboard nach Norden ausgerichtet (Mittelachse Richtung Norden)

WaspMote parallel zum Boden (waagrecht), längs im eCurb

Abbildung 5: Ausrichtung Test 122

Tests des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards im eCurb

Test 211



eCurb mit Sensorboard nicht ausgerichtet

WaspMote parallel zur Innenwand des eCurb
(senkrecht), vertikal

Abbildung 6: Ausrichtung Test 211

Test 212



eCurb mit Sensorboard nicht ausgerichtet

WaspMote parallel zur Innenwand des eCurb
(senkrecht), horizontal

Abbildung 7: Ausrichtung Test 212

Test 221



eCurb mit Sensorboard nicht ausgerichtet

WaspMote parallel zum Boden (waagrecht),
quer im eCurb

Abbildung 8: Ausrichtung Test 221

Tests des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards im eCurb

Test 222

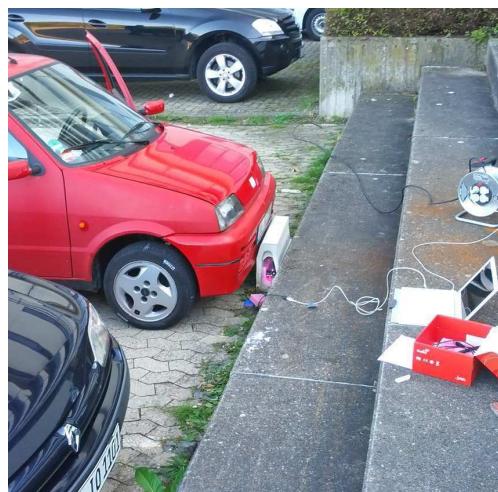


eCurb mit Sensorboard nicht ausgerichtet

WaspMote parallel zum Boden (waagrecht),
längs zum eCurb

Abbildung 9: Ausrichtung Test 222

Test 311m



Kalibrierung bei belegtem Nachbarparkplatz

Ausrichtung wie bei Test 111

Abbildung 10: Ausrichtung Test 311m

Test 311o

Kalibrierung bei freiem Nachbarparkplatz, Ausrichtung wie bei Test 111

Zuerst wird der Nachbarparkplatz belegt, dann Näherung des Fahrzeugs an den eCurb

Test 312m

Kalibrierung bei belegtem Nachbarparkplatz

Ausrichtung wie bei Test 112

Test 312o

Kalibrierung bei freiem Nachbarparkplatz, Ausrichtung wie bei Test 112

Zuerst wird der Nachbarparkplatz belegt, dann Näherung des Fahrzeugs an den eCurb

3 Ergebnisse der Tests

3.1 Diagramme der Messwerte

Die folgenden Diagramme zeigen die gemessenen x-y-z-Werte des Magnetfelds¹ über dem Abstand des Fahrzeugs zum eCurb der in [Kapitel 2](#) beschriebenen Tests.

Bei den Plots der Messwerte ist die Spanne (Maximalwert - Minimalwert) der gemessenen Magnetfeldwerte eingetragen und der Schwellwert des Schaltabstands für die *WaspMote*-Software bei 75 % der gemessenen Werte, also bei einem Abstand von ca. 60 cm.

Die Abstände des Fahrzeugs zum eCurb sind nur ungefähre Werte, da das Fahrzeug langsam an den eCurb herangeschoben wurde und die Abstände auf der Achse der Anzahl der gemessenen Werten linear zugeordnet wurden.

Es sind teilweise stufenförmige Verläufe zu erkennen, die das kurze Stoppen alle 50 cm zeigen.

Test 111

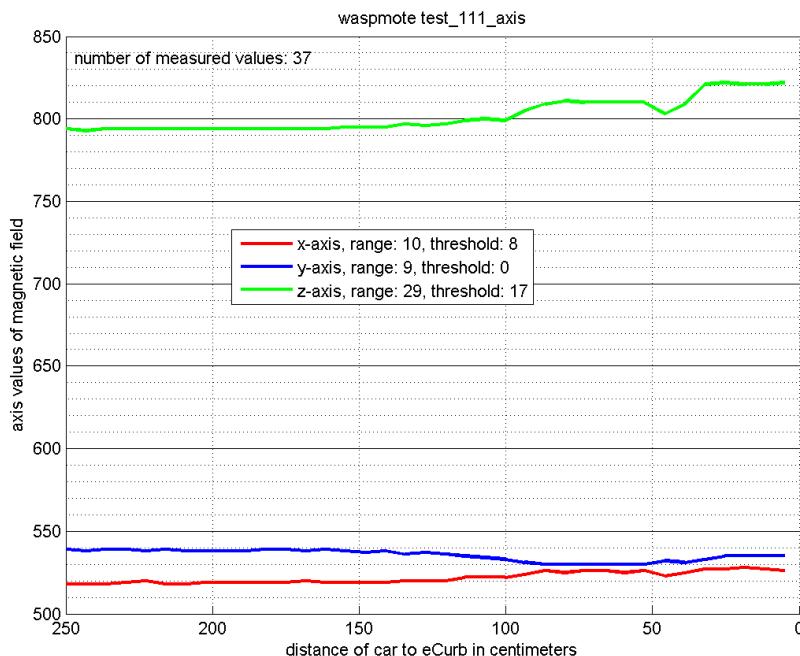


Abbildung 11: Plot der Messwerte Test 111

¹ **Hinweis:** In der Dokumentation des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards habe ich keine Angaben über die Größen und Einheiten dieser Messwerte des Magnetfeldsensors gefunden. Es werden die vom ADC aufgelösten Widerstandswerte des verwendeten AMR-Sensors sein. Gängige Auflösungen eines solchen Sensors sind im Bereich 0,2 µT pro Einheit, die Erdmagnetfeldstärke in Mitteleuropa beträgt 48 µT (siehe [hierzu](#) Bachelorarbeit Leander John).

Tests des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards im eCurb

Test 112

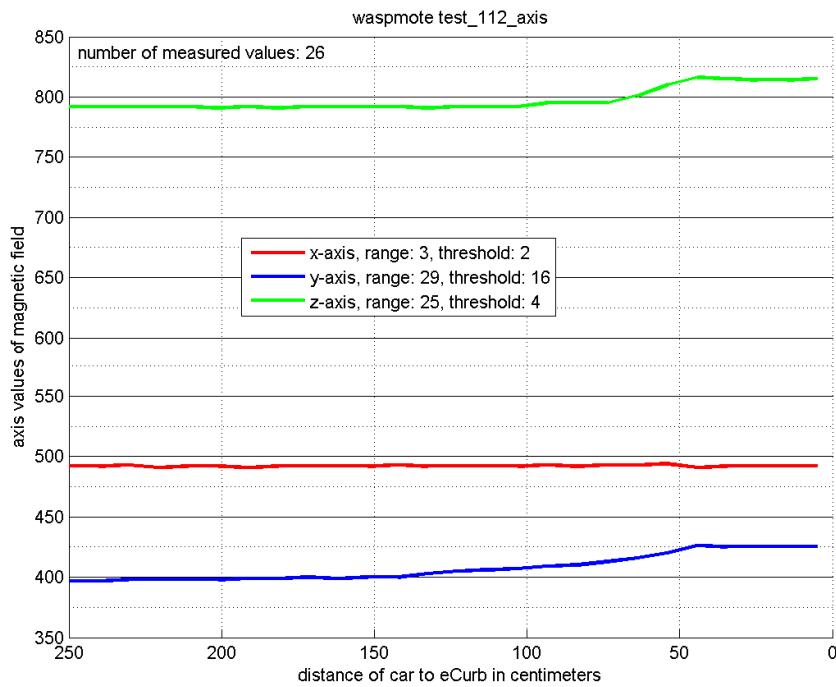


Abbildung 12: Plot der Messwerte Test 112

Test 121

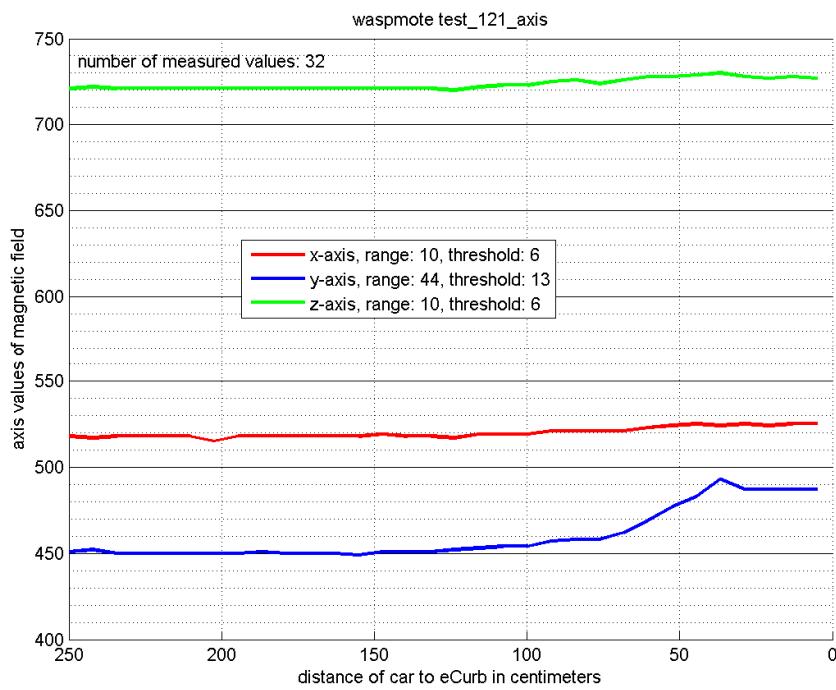


Abbildung 13: Plot der Messwerte Test 121

Tests des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards im eCurb

Test 211

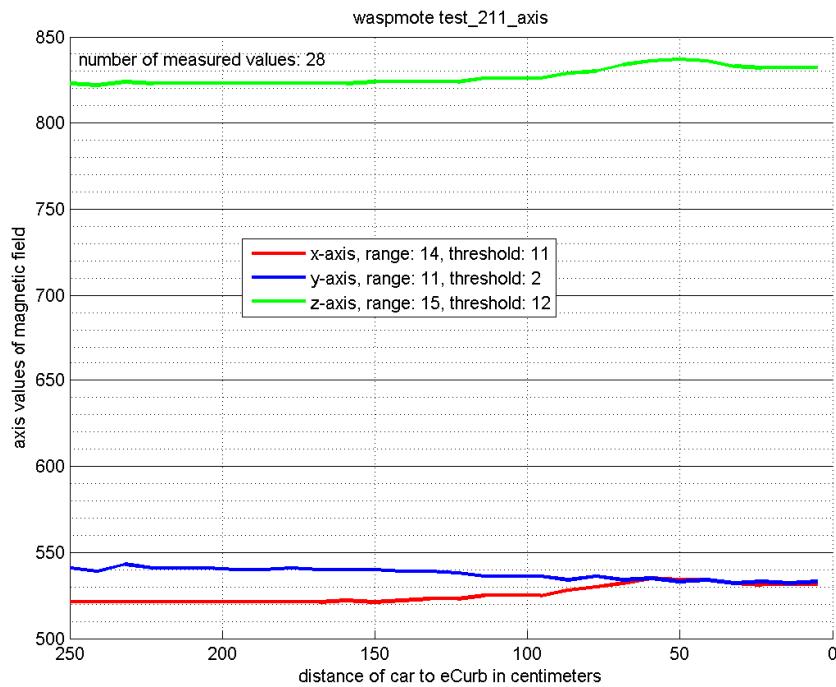


Abbildung 14: Plot der Messwerte Test 211

Test 212

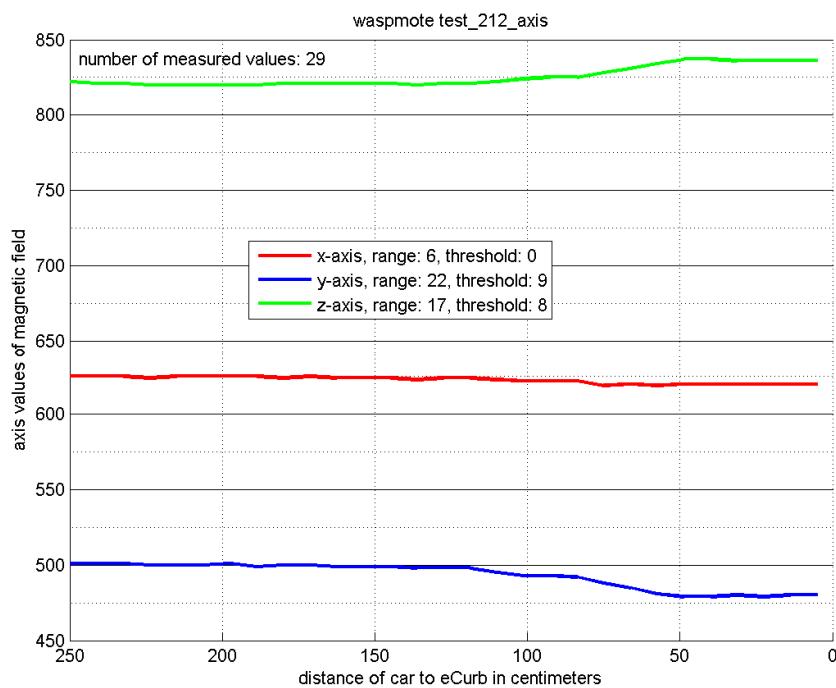


Abbildung 15: Plot der Messwerte Test 212

Tests des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards im eCurb

Test 221

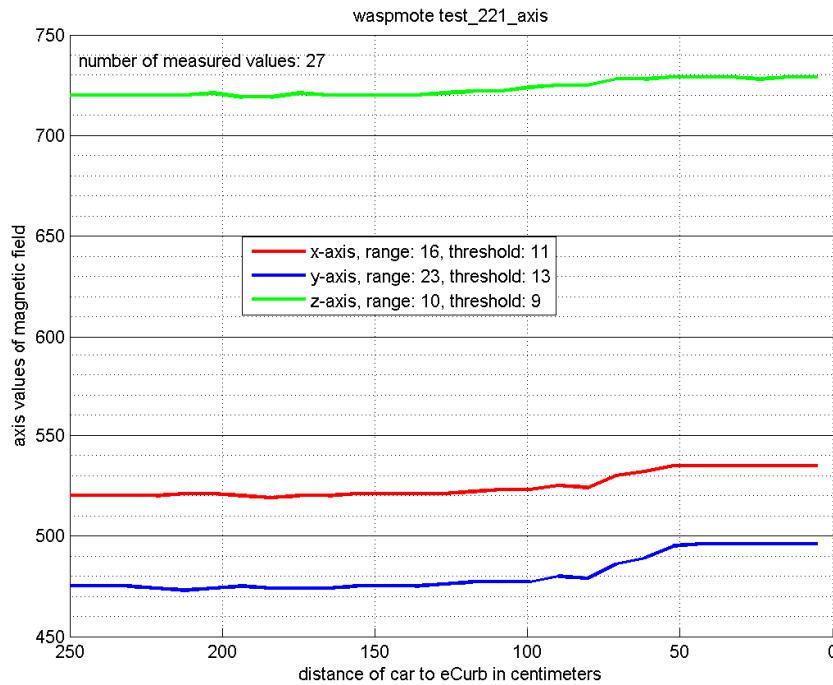


Abbildung 16: Plot der Messwerte Test 221

Test 222

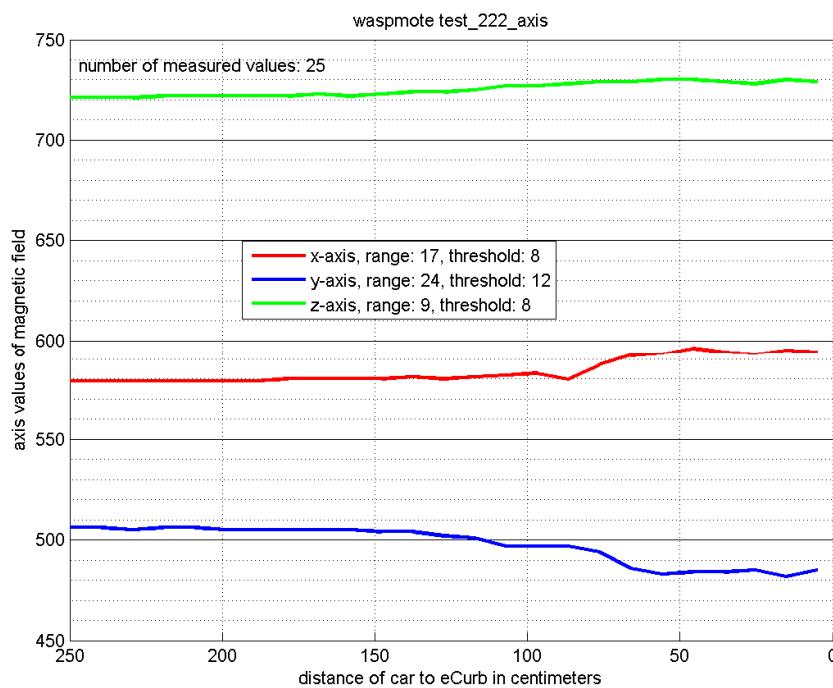


Abbildung 17: Plot der Messwerte Test 222

Tests des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards im eCurb

Test 311m

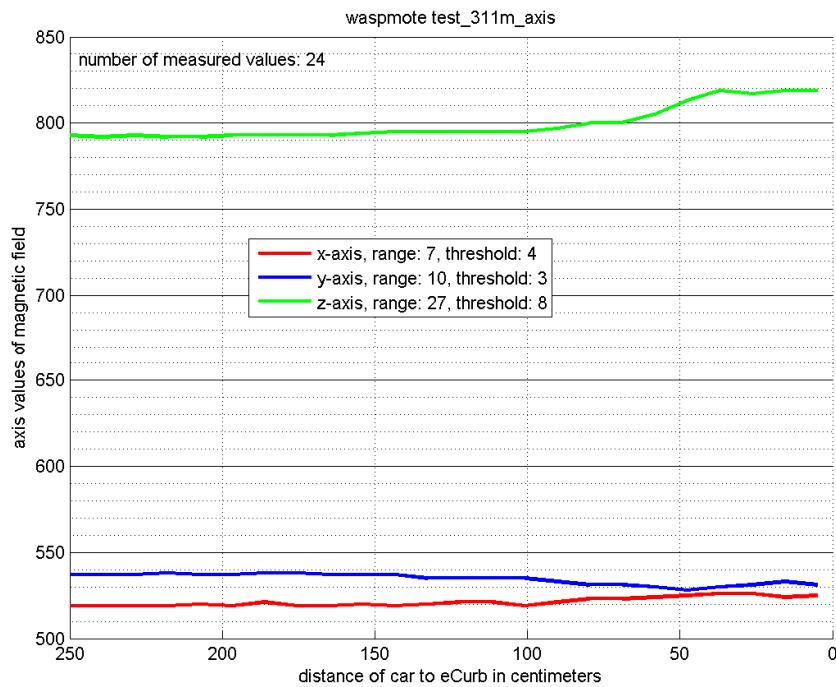


Abbildung 18: Plot der Messwerte Test 311m

Test 311o

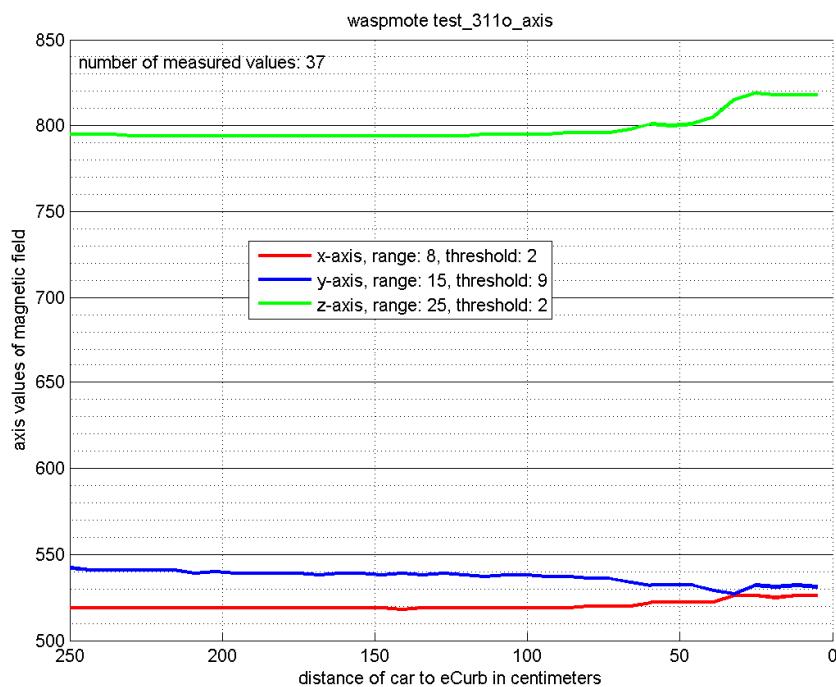


Abbildung 19: Plot der Messwerte Test 311o

Tests des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards im eCurb

Test 312m

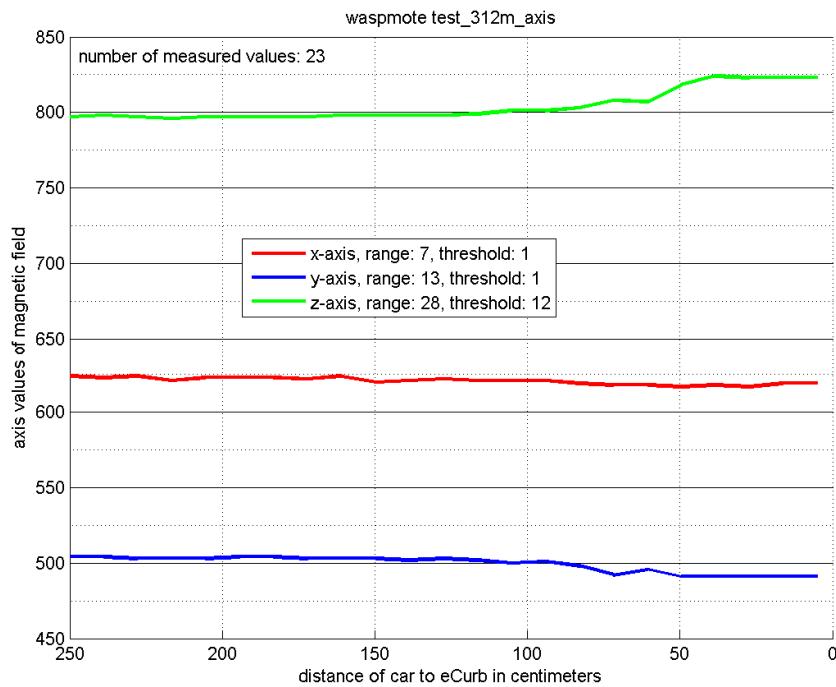


Abbildung 20: Plot der Messwerte Test 312m

Test 312o

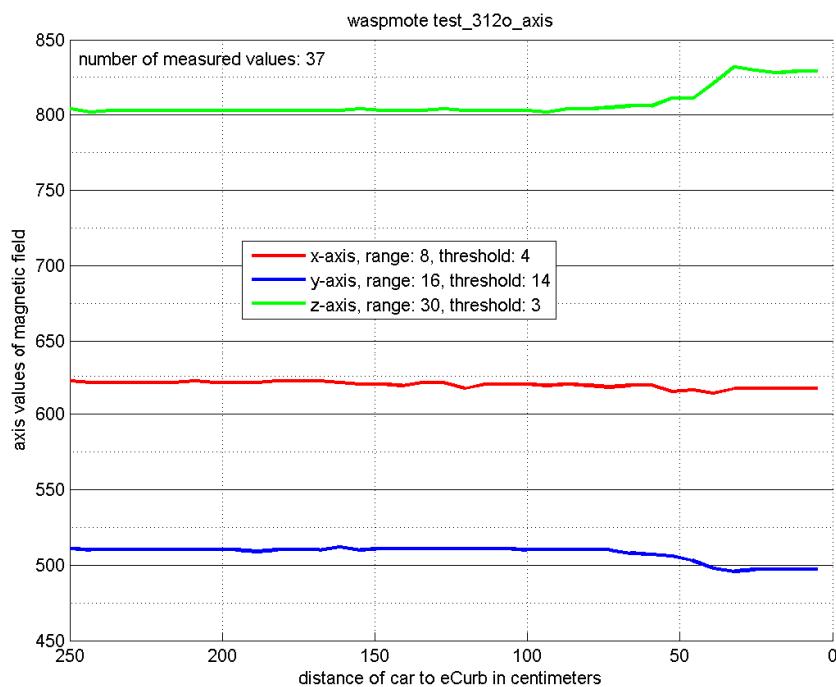


Abbildung 21: Plot der Messwerte Test 312o

3.2 Zusammenfassung der Testergebnisse

- Bei einem Abstand von 100 cm kann der Sensor ein Beeinflussen des Magnetfelds erkennen.
- Bei allen Tests ist eine Detektion des Fahrzeugs möglich, wenn sich das Fahrzeug in einem Abstand von kleiner 100 cm befindet. Eine gute Detektion ist bei einem Abstand von 60 cm möglich (Schaltabstand), also relativ nah am eCurb.
- Bei Ausrichtung des Sensorboards nach Norden kann das Fahrzeug besser detektiert werden, da für den Schaltabstand mehr Spielraum des Schwellwerts (Threshold) vorhanden ist.
Diese Ausrichtung ist aber nicht zwingend, auch bei nicht ausgerichtetem Sensor ist diese Marge ausreichend (bei einem Abstand von 60 cm).
- Der Schwellwert (*PARKING_THRESHOLD*) des gemessenen Magnetfelds zur Detektion eines Fahrzeugs im Abstand von ca. 60 cm ist durchschnittlich 10.

3.3 Ergebnisse für die Konstruktion des eCurb

Die geplante Positionierung der Halterung für das Sensorboard WaspMote parallel zur Innenwand des eCurb und horizontal (Ausrichtungen Test 112 und Test 212) ist für die Detektion eines Fahrzeugs im Abstand von ca. 60 cm zum eCurb hinreichend, dabei kann der Sensor auf dem WaspMote-Board aufgesteckt bleiben.

Eine zusätzliche nach Norden drehbare Halterung für den Sensor ist nicht notwendig, kann aber an Orten mit größeren Störungen des Magnetfelds sinnvoll sein, um den Sensor näher an der Außenwand des eCurbs zu positionieren und dort mit diesem Board eine sichere Detektion zu gewährleisten.

3.4 Ergebnis bezüglich Einstellen des Schwellwertes

Die Tests zeigen, dass für die Detektion eines Fahrzeugs im Abstand von ca. 60 cm zum eCurb der Schwellwert (*PARKING_THRESHOLD*) bei 8 bis 12 in der Software des WaspMote einzustellen ist.

Das Einstellen dieses Wertes und das Flashen auf das WaspMote wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

Tests des Libelium WaspMote Smart Parking Sensorboards im eCurb

3.4.1 Parking-Software ändern mit WaspMote IDE

Der Schwellwert zur Detektion eines Fahrzeugs mit dem *WaspMote-Sensorboard* kann anhand des *PARKING_THRESHOLD* in der Software des *WaspMote* eingestellt werden.

Die Integrierte Entwicklungsumgebung ***WaspMote Pro IDE – v03*** zum Programmieren des *WaspMote Sensorboards* kann bei Libelium heruntergeladen werden:

http://www.libelium.com/development/plug-sense/sdk_applications

Dieses Paket enthält neben der Entwicklungsumgebung *waspmote.exe*, mit der das Board geflashed werden kann, auch die Verzeichnisse des *Application Programming Interface* mit den notwendigen Libraries.

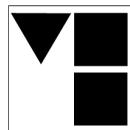
Um wirksame Änderungen an den Libraries, wie das Einstellen des *PARKING_THRESHOLD*, vorzunehmen, müssen diese Änderungen direkt an den Dateien im entsprechenden Verzeichnis des entpackten Pakets der IDE gemacht werden, da diese beim Flashen mit eingebunden werden.

PARKING_THRESHOLD ist in der Datei *WaspSensorParking.h* definiert, die sich im Verzeichnis *waspmote-pro-ide-v03-windows\libraries\SensorParking* befindet.

Der default-Wert für *PARKING_THRESHOLD* ist 20 und wurde für die Test zunächst auf 50 gestellt. Für ein Betreiben des *WaspMote* im *eCurb* ist dieser wie oben beschrieben auf 10 einzustellen. Die Funktion *estimateState()* berechnet den Belegungsstatus des Parkplatz anhand dieses Wertes (definiert in *WaspSensorParking.cpp* im selben Verzeichnis).

Parking Software für das Sensorboard ist z.B. *waspmote_parking_flashed.pde* und *waspmote_parking_leander_flashed.pde*

Anhang 4: Angebot der Firma MULTI-BOX GmbH



MULTI-BOX
THE BOX COMPANY

[MULTI-BOXGmbH-WallückerBahndamm7-32278Kirchlengern](#)

Firma Fraunhofer
IAO
Frau Lieselotte Ade
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Lieferanschrift:

Firma
Fraunhofer IAO
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

- Wallücker Bahndamm 7
- 32278 Kirchlengern
- Tel +49 (0) 5223 49 107-0
- Fax +49 (0) 5223 49 107-28
- info@multi-box.com
- www.multi-box.com

Angebot	
Belegnummer	2013-31533
Datum	11.12.2013
Kundennummer	D12827
Bitte bei allen Rückfragen angeben !	
Zuständige Vertretung: Marco Schröder Telefon 052234910715 o. 015114756734	

Versandart	Paketdienst	Bezug	Unsere UStIDNr DE811231499
Lieferbedingung	ab Werk zzgl. Verp.	Ihr Zeichen Lieselotte Ade Ihr Beleg Anfr. v. 10.12.13	Bearbeiter Maike Schöneck Ihre UStIDNr

Wir bedanken uns für Ihre o.g. Anfrage und unterbreiten Ihnen unter Zugrundelegung unserer allgemeinen Geschäftsbedingungen nachstehendes Angebot.

**** Im Auftragsfall bitte unbedingt die Belegnummer des Angebotes angeben! ****

Pos.	Artikelnr.	Bezeichnung	Menge ME	Einzelpreis	Gesamtpreis	SC
* Bitte haben Sie Verständnis, dass wir uns bei Erstaufträgen unter einem Nettowarenwert von 1.000 € vorbehalten, diese gegen Vorkasse unter Abzug von 3% Skonto abzurechnen. *						
1	0301107030	MBM 241670 RAL 7035 f.TS	1 Stk	33,51	33,51	30
2	0301105100	MBM 161275 PC-Gehäuse RAL 7035 f.TS, 160x120x75mm (LxBxH)	1 Stk	26,94	26,94	30
3	0301104400	MBM 121275 PC-Gehäuse RAL 7035 f.TS, 122x120x75mm (LxBxH)	1 Stk	21,89	21,89	30
Lieferzeit: ab Lager.						
						Zwischensumme EUR
						82,34 SC
						zzgl. MwSt
						19,00 % von 82,34
						Endsumme EUR
						97,98

Das Angebot hat eine Gültigkeit von 4 Wochen für Ihre Auftragserteilung.

Die Preise gelten für Lieferungen innerhalb der folgenden 12 Monate nach Auftragserteilung.

Es gelten unsere allgemeinen Geschäftsbedingungen, Stand 01.01.2008. Diese finden Sie auf unserer Internetseite unter www.multi-box.com. Auf Anforderung senden wir Ihnen diese gerne zu.

Die von uns genannten Liefertermine verstehen sich als abgehend.

EU-Richtlinie "RoHS": Multi-Box-eigene Produkte entsprechen den Anforderungen der v.g. Richtlinie.
Weiteres unter: www.multi-box.com/downloads.html

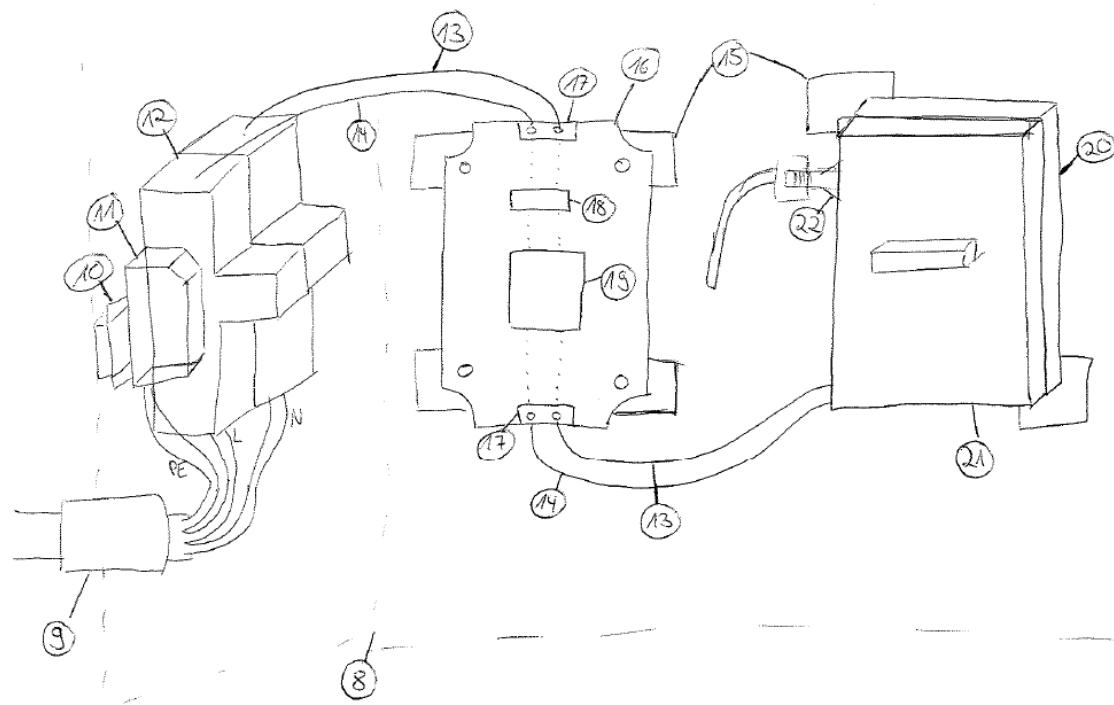
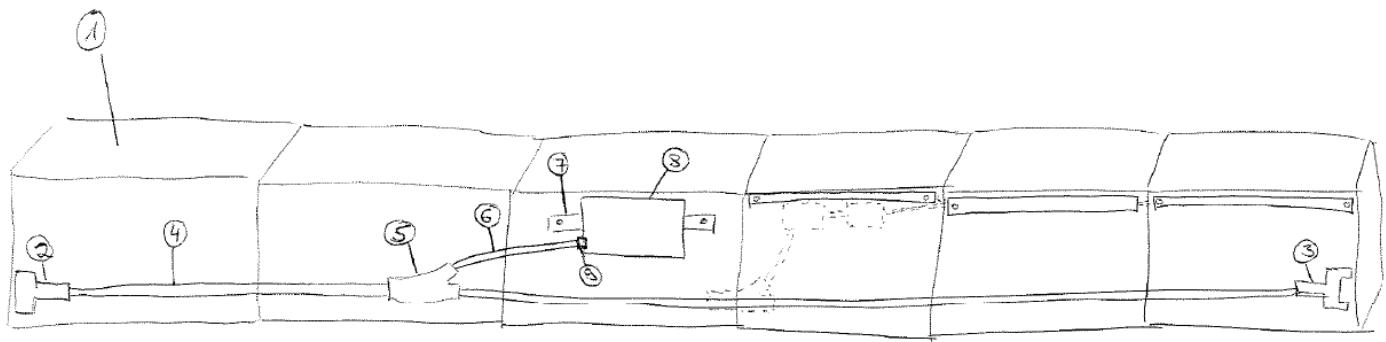
Sitz der Gesellschaft: Kirchlengern HRB 7377 Bad Oeynhausen Geschäftsführer Herbert Johanning	Sparkasse Herford Konto 180 587 123 BLZ 494 501 20 Swift-Code: WLAH DE 44 IBAN DE 39 4945 0120 0180 5871 23	Commerzbank Herford Konto 03 572 298 00 BLZ 480 800 20 Swift-Code: DRESDEFF491 IBAN DE 75 480 800 25 03 572 298 00	UST.IdNr. DE 811231499 Steuernummer 310 5763 0654
---	---	--	--

Zahlungsvereinbarungen:

Zahlung erfolgt durch	Vorkasse abzgl. 3% Skto.	
sofort	3,00 % Skonto	95,04 EUR
sofort	ohne Abzug	97,98 EUR

Sitz der Gesellschaft: Kirchlengern HRB 7377 Bad Oeynhausen Geschäftsführer Herbert Johanning	Sparkasse Herford Konto 180 587 123 BLZ 494 501 20 Swift-Code: WLAH DE 44 IBAN DE 39 4945 0120 0180 5871 23	Commerzbank Herford Konto 03 572 298 00 BLZ 480 800 20 Swift-Code: DRESDEFF491 IBAN DE 75 480 800 25 03 572 298 00	UST.IdNr. DE 811231499 Steuernummer 310 5763 0654
---	---	--	--

Anhang 5: Schema zum Aufbau eines iCurb Moduls



Anhang 6: Bauteileübersicht für ein iCurb Modul

Nr.	Bezeichnung
1	Mea Drain Traffic, Mea Kerb (iCurb)
2	CEE Stecker 63A IP67 (IP44)
3	CEE Kupplung 63A IP67 (IP44)
4	Erdkabel NYY-J 5x16 re
	Erdkabel NYY-J 5x16 rm
5	Abzweigmuffe Typ Y2V AK
6	Erdkabel NYY-J 3x16 re
7	DELTA Tragschiene 35mm x 7,5mm (2m)
7a	Schrauben zur Befestigung der Tragschiene (M6 x ca.20mm) evtl. mit Mutter/ alternativ kleben
7b	DIN Rail Adapter, 2 Stück
8	Polycarbonatgehäuse MBM 241670 240x160x70
	Polycarbonatgehäuse MBM 160x120x70 und 122x120x75 (im Falle von 2 separaten Gehäusen)
8a	Schraube zur Befestigung des Gehäuses auf den Adaptern der Hutschiene (M5 x ca. 15mm)
8b	Usit Ring M5
8c	Kleber zur Befestigung der Hutschiene im Gehäuse
9	Kabelverschraubung IP68 Klemmbereich 18-25mm
10	DELTA Tragschiene 35mm x 7,5mm (2m)
11	Reihenklemme-Schraubanschlusstechnik UIK 16
	Push-In-Schutzleiterklemme 16N-PE
12	Leitungsschutzschalter 1A 230V 1+N polig, 5SL6501-7
13	H05V-K Einzelader 1 x 0.75 mm ² Nullleiter (blau)
14	H05V-K Einzelader 1 x 0.75 mm ² (schwarz)
15	Leiterplatten-Abstandhalter selbstklebend LCBSBM-4-01A
16	Experimentier Platine 76,5mm x46,5mm Rastermaß 2,54mm
17	Leiterplatten-Anschlussklemme - EMKDS 1,5/ 2-5,08 - 1897694, Rastermaß 5,08 mm, Polzahl 2
18	Scheibenvaristor S20K230, 230 Vac
19	Netzteil 5V, 1 W Leistung, Recom International RAC01-05SC
20	W802P-SMA5 Wasp mote 802.15.4 PRO SMA 5 DBI. Base Board
21	WPARKING Wasp mote Smart Parking . Extension Board
22	WG802P-Gateway

Anhang 7: Hersteller- und Lieferantenübersicht der Bauteile für ein iCurb Modul

Nr.	Hersteller	Lieferant
1	Mea	Mea
2	PCE (Walther Werke/Mennekes)	Conrad (PCE IP67) (Bestellnr.: 614069 - 62)
3	PCE (Walther Werke/Mennekes)	Conrad (PCE IP67) (Bestellnr.: 614070 - 62)
4	Lappkabel	Lappkabel (Bestellnr.: 15500833)
	-	Mercateo (Artikel Nr.: 527-384382)
	Bayka Bayrische Kabelwerke	BayKa (Bestellnr.: 4033004)
5	Cellpack	Conrad (Bestellnr.: 423520 - 62)
6	Lappkabel	Lappkabel (Bestellnr.: 15500613)
7	Hellermann Tyton	Conrad (Bestellnr.: 545595 - 62)
7a		Baumarkt
7b		MiniPc.de
8	Multi Box	Multi Box (Artikelnr.: 0301107030) Multi Box (Artikelnr.: 0301105000 und 0301104400)
8a		Baumarkt
8b	Sattler GmbH	usit-ring-shop.de
8c		Baumarkt
9	Weidmüller	Conrad (Bestellnr.: 535472 - 62)
10	Hellermann Tyton	Conrad (Bestellnr.: 545595 - 62)
11	Phoenix Contact	Conrad (Bestellnr.: 743158 - 62)
	Phoenix Contact	Conrad (Bestellnr.: 556373 - 62)
12	Siemens	eibmarkt.com (Artikelnr.: 4001869389233)
13	Lappkabel	Conrad (Bestellnr.: 603024 - 62)
14	Lappkabel	Conrad (Bestellnr.: 603021 - 62)
15	Richco	Essentra Components (Moss Express)
16	Shin Chin Industrial CO	Conrad (Bestellnr.: 530099 - 62)
17	Phoenix Contact	Conrad (Bestellnr.: 717390 - 62)
18	Epcos	Conrad (Bestellnr.: 500746 - 62)
19	Recom	Conrad (Bestellnr.: 401785 - 62)
20	Libelium	Libelium
21	Libelium	Libelium
22	Libelium	Libelium

Ich versichere, dass ich die Arbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen angefertigt habe, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat und von dieser als Teil einer Prüfungsleistung angenommen wurde. Alle Ausführungen, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Stuttgart, 12.05.2014

Ort, Datum

Unterschrift des Studierenden

