LICHTWERKSTATT | JENA
OPEN PHOTONICS MAKERSPACE

WIRTSCHAFT
HOCHSCHULE MAINZ
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Projekthandbuch:

„Expressi – Kaffee-Liefer-Bot“

Modul: Hands-on Innovation
SoSe 2019

Vorgelegt bei: Prof. Oliver Mauroner
David Zakoth

expressi

Inhalt

1 Einleitung 4
1.1 Leitfaden 4
1.2 Aufbau Projektleitfaden 5
2 Themenfindung 5
2.1 Team 5
2.2 Themenfindung im Projekt 6
2.3 Logistik 4.0 Robotik und autonome Logistik 7
2.4 Anwendungsbeispiel 1: Warentransport per Straßenbahn 8
2.5 Anwendungsbeispiel 2: Roboter Uni- Campus 9
2.6 Probleme bei der Themenfindung 11
3 Projektziele 12
3.1 Projektbeschreibung 12
3.2 Zielbeschreibung und Risiken 13
4 Anfangsphase 14
4.1 Einführung in Arduino Uno 14
4.2 Baukasten SEEED GROVE und Einführung in die Programmierung 14
4.3 Bauanleitung eXpressi 16
4.4 Materialliste 21
4.5 Schwierigkeiten 24
5 Arbeitsphase 25
5.1 Business Model Canvas 25
5.2 Value Propositions 28
5.3 Customer Segments 30
5.4 Revenue Streams 32
6 Endphase 33
6.1 Endphase im Projekt 33
6.2 Prototyp und Potential Einschätzung 34
7 Zusammenfassung der Erkenntnisse 35
8 Quellen 36
9 Literaturverzeichnis 37
10 Abbildungsnachweis 38
11 Anhang 40

1 Einleitung

1.1 Leitfaden

Im Rahmen der Vorlesung Hands-on Innovation soll ein Innovationsprojekt in einem Team erarbeitet werden. Das Ziel der Vorlesung ist, die Angst vor neuen Technologien zu reduzieren und die Tech-Affinität zu erhöhen. Praxisrelevante Kompetenzen sollen im Zuge dessen ebenfalls ausgebaut werden, beispielsweise durch Problemlösungen, interdisziplinäres Denken und Teamarbeit.

Basierend auf der allgemein wachsenden Bedeutung von „Technologie Know-how“ und einem großen Eigeninteresse an innovativen, neuartigen Lösungen haben sich vier Studenten der Hochschule Mainz in einem Team zusammengefunden, um das praxisorientierte Technologie-Projekt umzusetzen. In diesem Projektleitfaden wird beispielhaft durch die Vorstellung des Projekts „eXpressi“ sowie einer kritisch reflektierten Stellungnahme zum Vorgehen bei dessen Bearbeitung eine allgemeingültige Hilfestellung gegeben. Während der Durchführung wurde das Projekt durch Prof. Dr. Oliver Mauroner sowie Herrn David Zakoth (MA) unterstützt und begleitet.

Dieser Leitfaden soll zukünftigen Arduino-Begeisterten eine Art Anleitung und Hilfestellung bei ihrer Projektarbeit geben. Zudem sollen darin Mechanismen aufgezeigt werden, die dazu dienen, Fehler frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden. Dabei teilt sich die Ausarbeitung in unterschiedliche Bereiche auf, die sich einerseits mit dem Projekt Arduino, der Entwicklung eines möglichst funktionstüchtigen Prototyps, und andererseits der Modellierung eines Business Models zur Prüfung des späteren Nutzens der Innovation auseinandersetzen. Im Kern wird findet eine Auseinandersetzung mit technologischen Aspekten und zeitgemäßen Lean-Startup Konzepten statt. Der Fokus des Projekts liegt auf der autodidaktischen Erarbeitung bisher fremder Themen und dem „Eintauchen“ in die zugrundeliegenden Funktionsweisen vieler alltäglicher Anwendungen.

1.2 Aufbau Projektleitfaden

Der Aufbau des Leitfadens sieht es vor, das Projekt zeitlich in 5 Phasen zu unterteilen.

- Themenfindung
- Projektzielsetzung
- Anfangsphase
- Arbeitsphase
- Endphase

Abschließend werden in einem eigenen Kapitel die Erkenntnisse zusammengefasst.

2 Themenfindung

2.1 Team

Das Team rund um die Herausforderung Hands-on Innovation besteht aus Marius Becher und Oliver Lehmann, 2 Teilzeitstudenten, die im gleichen Unternehmen arbeiten und den 2 Vollzeitstudenten Markus Schlichter und Matthias Hercher.

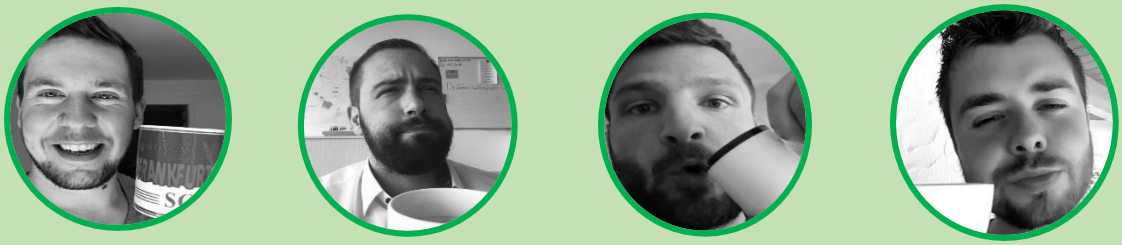


Abbildung 1: Die Köpfe hinter eXpressi: Marius Becher, Oliver Lehmann, Markus Schlichter, Matthias Hercher (v.l.n.r.)

Die Teamzusammenstellung gestaltete sich sehr schnell und unkompliziert. Gleich zu Beginn wurde mit Hilfe eines strukturierten Brainstormings ein innovativer Teamname gesucht und festgelegt, mit dem sich jeder gut identifizieren konnte. Wir entschieden uns letzten Endes für eXpressi. Um

die Basis für eine gute Zusammenarbeit sicherzustellen, wurde unmittelbar danach ein E-Mail-Verteiler eingerichtet, eine WhatsApp Gruppe erstellt sowie ein Dropbox-Ordner angelegt. Nachdem der Teamname gefunden und die interne Infrastruktur geschaffen war, wurde die entscheidende Phase der Ideen- und Themenfindung eingeleitet.

2.2 Themenfindung im Projekt

Ziel der Themenfindung für die Projektgruppe ist die Einigung auf ein realisierbares, für alle Projektteilnehmer motivierendes und innovatives Thema.

Die Schule liegt bei allen Teammitgliedern ein paar Jahre zurück und somit entwickelte sich schnell eine lebhafte Diskussion über das Thema Innovation und das Credo „es gibt doch bereits alles“. Wir sprachen über Onlineshops, Drohnen, Plattformen und damit einhergehende Probleme. Schnell kamen wir auf das Thema „Probleme beim Online-Versand“ zu sprechen. Konkret ging es um eine Falschlieferung, die Matthias erhalten hatte. Der Postbote hatte zwei Pakete vertauscht. Dabei fiel uns auf, dass jeder bereits solch eine negative Erfahrung erlebt hat. Wir diskutierten darüber, wie man dieses Problem beseitigen könnte und was es diesbezüglich schon alles gibt. Markus nannte als Beispiel, dass die Deutsche Post Roboter einsetzt, um Postboten das Tragen der auszuliefernden Ware zu erleichtern. Wir nahmen eine intensive Recherche zu diesem Thema auf, aber wollten eine bessere, weitreichendere Lösung als einen Roboter, der nur zur Entlastung des Postboten dient. Was wäre, wenn der Postbote komplett ersetzt werden würde? Wir sprachen über die Vorteile, die diese Idee mit sich bringt. Die Fehlerquote von Falschzustellungen würde zum Beispiel sinken bzw. wegfallen, 24/7 Anlieferungen wären möglich und Personalkosten könnten gespart werden. Auf der anderen Seite haben wir die damit einhergehenden Nachteile, insbesondere hinsichtlich einer konkreten Umsetzung, diskutiert. Die komplette Infrastruktur müsste angepasst werden. Aber auch Themen wie Diebstahl, Kostenrahmen und „wollen die Menschen das überhaupt?“ standen im Raum. Nach einer lebhaften Diskussion kamen wir zu dem Schluss, dass wir den Postboten nicht ersetzen wollen. Das Thema Innovation in der Logistik interessierte uns aber weiterhin. Oliver und Marius erzählten von einem wichtigen Geschäftsmeeting und wie unangenehm es ist, während des Gesprächs aufzustehen, um sich einen Kaffee zu holen. Jeder von

uns kennt eine solche Situation und wir überlegten, ob mit unserer Roboter-Idee dieses „Problem“ gelöst werden kann. Jedes Teammitglied beurteilte diese Problematik als sehr spannende und geeignete Herausforderung. Schnell kamen uns viele Ideen, wie wir unseren Roboter als Kaffee-Boten in Unternehmen integrieren könnten. Somit war das Thema gefunden. Doch wie sollte unser Roboter heißen? Neue Technologien verlangen neue Namen. Wir wollen sofort eine positive Assoziation beim Kunden wecken: Wir kamen auf den Namen eXpressi. Somit war das Produktkonzept definiert und es konnte losgehen. Doch bevor wir starteten, beschäftigten wir uns mit dem Thema Logistik 4.0 und welche Anwendungsbereiche es schon gibt, um möglicherweise einen Nutzen aus bestehenden Produkten für uns zu generieren.

2.3 Logistik 4.0 Robotik und autonome Logistik

Im weiteren Sinne beschreibt Logistik 4.0 die Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Bereich des Transport- und Versorgungswesens sowie die Unterstützung und Mitgestaltung der Digitalisierung und Automatisierung durch unternehmens- und funktionsübergreifende Koordinationsaufgaben der Logistik. (Scherf 2019)

Logistik 4.0 impliziert somit die Vernetzung und Integration logistischer Prozesse innerhalb und außerhalb von Handelsunternehmen. Das Spektrum der Aufgaben reicht dabei von Bereichen der Produktionsanlagen bis hin zur dezentralen Echtzeitsteuerung logistischer Netzwerke. Als Ausgangspunkte fungieren in dieser Perspektive Mensch und Material. Darüber hinaus sind Assistenzsysteme wie Geräte mit autonomer Intelligenz und Entscheidungsfähigkeit als auch Kameras, Detektoren und selbstfahrende Autos von zentraler Bedeutung für die reibungslose Integration der Prozessketten. (Scherf 2019)

Resultierende aus der rudimentären Beschäftigung mit dem Thema Logistik 4.0 entwickelte sich das Interesse, konkrete Anwendungsbeispiele zu finden. Wo könnte ein Use-Case für einen Arduino Prototypen sinnvoll erscheinen und wie sehen bisher noch wenig betrachtete Bereiche aus? Dabei wird das Thema Robotik bewusst nicht zu weit gefasst und es werden keine, über die Robotik

hinausgehenden allgemeinen Aspekte der Digitalisierung und Automatisierung, in die Analyse einbezogen.

2.4 Anwendungsbeispiel 1: Warentransport per Straßenbahn

Das erste gefundene Beispiel ist das Pilotprojekt der Frankfurter Verkehrsgesellschaft und des Paketdienstleister Hermes gemeinsam den Warentransport per Straßenbahn zu testen. Relevante Aspekte des Projektes war die Synthese zweier Probleme: Einerseits prägen inzwischen unzählige Paketlieferdienste das Bild vieler Innenstädte. Ein Problem, das nicht nur fehlenden Parkraum und Haltemöglichkeiten außerhalb der zweiten Reihe betrifft, sondern allgemein zum Verkehrskollaps vieler Großstädte beiträgt. Eine Situation, die sich angesichts rasant zunehmender Onlinebestellungen und Transportaufkommen noch verstärken wird. Andererseits fahren die U-Bahnen und Transportmittel des ÖPNV in der Kernarbeitszeit, also zu den gewöhnlichen Lieferzeiten, oftmals unter geringer Auslastung. Diese Vakanzen zu nutzen, hat sich das Pilotprojekt vorgenommen.

Anfang April prüften die Projektpartner den Einsatz einer „Logistiktram“ in der Frankfurter Innenstadt, wie Marco Seibert, Depotleiter von Hermes in Frankfurt berichtet. (FAZ.net 2019) In der Testphase wurden zwei Trams pro Tag mit Paket-Kisten beladen durch Frankfurts Innenstadt gefahren. Die Ladungen der Kisten wurden auf der zurückgelegten Strecke an den jeweiligen Haltestellen auf Fahrradkuriere verteilt und dann bis an die Haustüren gebracht. In der ersten Testphase befanden sich aus Sicherheits- und Koordinationsgründen keine Fahrgäste an Bord.

Nach acht Testfahrten mit je 50 Paketen sind die Initiatoren optimistisch das System noch praxistauglicher gestalten zu können und es zeitnah in einen Regelbetrieb umsetzen zu können. Offene Fragen bei dem Projekt sind die Kompatibilität der Bahnen und die Koordination der so genannten letzten Meile. (FAZ.net 2019)

Der Fall der Transporttram bestätigt die Idee im Bereich einer Logistikleistung weitere Überlegungen für das Innovationsprojekt anzustellen. Wir glauben, dass noch enormes Potential in diesem Bereich besteht. Innovative Ideen sind also gefragt. Wir suchten nach einem ähnlichen Produkt wie

unserem Roboter und gelangten unter Anregung von Prof. Mauroner zu einem Roboter auf einem US-Campus.

2.5 Anwendungsbeispiel 2: Roboter Uni- Campus

Die Lieferroboter des kalifornischen Start-ups Kiwi haben den Universitätscampus der US-amerikanischen Eliteeinrichtung Berkley zum Testfeld personalisierter Zustellung gemacht. Auch wenn es zuweilen Berichte über ähnliche Pilotprojekte in deutschen Metropolen gibt, ist die Anzahl der kleinen autonomen Lieferroboter in Berkely deutlich höher. Sie fungieren sowohl als Pizza als auch als Paketbote, dabei konzentriert sich das Start-up Unternehmen Kiwi vorerst auf die geografische Ausdehnung des Campusgeländes. Die Roboter fahren täglich in einem Zeitfenster von 11 bis 19 Uhr und sind über eine App vom Nutzer buchbar. Die Kunden können über die zugehörige Kiwi-App eine Bestellung auswählen und abschicken. In der Regel steht der autonom fahrende Helfer innerhalb der nächsten 30 Minuten vor der Tür. Der verriegelte Deckel des Kiwi Bot lässt sich über einen Code der App öffnen. Und dann finden sich im Stauraum des Roboters Burritos, Cola oder Sandwiches, die die Nutzer beispielsweise in den umliegenden Restaurants geordert haben. Die Gebühr für den Service beträgt zurzeit 3,80 US-Dollar, aber geplant ist, dass die Roboter später auch außerhalb des Uni Geländes aktiv werden und somit variable Preise nach Strecke abgebucht werden können. Die erste Lieferung mit den kleinen Helfern fand im März 2017 statt, bislang wurden laut eines Berichts von TechCrunch 10.000 Bestellungen ausgefahren. (Richter 2019)

Abbildung 2: Campus Lieferroboter Doordash – eine Version des Kiwi Bot

Den Wettbewerb will das Unternehmen durch zwei Merkmale bestimmen: Erstens sollen die Mini-Roboter nicht allein unterwegs sein, wenn sie Produkte ausliefern. Das Unternehmen arbeitet noch an anderen Liefer-Maschinen, die gemeinsam mit dem niedlichen Assistenten für die Auslieferung der Bestellungen sorgen sollen; beispielsweise ein autonom fahrendes Lastenfahrrad, das mehrere Roboter gemeinsam transportieren kann und eine Art Kellner-Roboter, der die Bestellungen von der Küche zum wartenden Transport-Fahrrad bringt. Die Produkterweiterungen sind laut Herstellerangaben bereits in der Testphase. Der Bot soll dann nur auf den letzten Hunderten Metern bis zur Tür des Kunden fahren. Durch eine Differenzierung der modularen Lieferkette will Kiwi die Effizienz der Auslieferungen steigern, damit der Roboter ohne Leerlauf arbeitet und weniger ungenutzte Zeit auf dem Gehweg verbringt. Der Kiwi-Roboter bietet gegenüber seinen Konkurrenten den Vorteil kompakter Ausmaße und somit höherer Agilität. Was dazu beiträgt, dass er weniger Platz auf den Fußgängerwegen in Anspruch nimmt. Denn die Entwicklung und Nutzung der Roboter, die meist auf den Fußgängerwegen fahren, kennt auch kritische Gegenstimmen. Selbst im technologieaffinen San Francisco erlegte die Verwaltung den Bot-Startups auf, Lieferroboter nur mit einer Lizenz der Stadt nutzen zu können. Grund sei die Sorge um die Sicherheit der Fußgänger. (Richter 2019)

2.6 Probleme bei der Themenfindung

Anhand dieser beiden Anwendungsbeispiele stellt sich die Frage, wie innovativ die Idee eines Lieferbots überhaupt ist und wie der Innovationsgrad festzustellen ist. Der Innovationsgrad definiert kurz gesagt wie „neu“ eine Innovation ist. Im Sinne der Diffusionstheorie nach Everett M. Rogers beziehungsweise Geoffrey Moore stehen Markttauglichkeit und Verbreitungshürden im Kern der neuen Idee.(Rogers 2003) Der graduelle Unterschied gegenüber dem bisher bekannten Zustand soll in Bezug auf den Wert einer Innovation mess- und bewertbar gemacht werden. Die Bewertung von Innovationen im Kontext der Neuartigkeit kann sowohl nach Einführung der „Novität“ als auch im Vorfeld eines Innovationsvorhabens durchgeführt werden: Wurde ein neues Produkt, eine Dienstleistung oder ein neuer Prozess eingeführt, kann im Nachhinein bewertet werden, welchen Innovationsgrad die Neuheit hat. (Lead Innovation Management 2019)

Diese theoretische Grundlage soll bei der Erörterung, wie sich innerhalb des vorgegebenen zeitlichen wie technischen Rahmens ein Anwendungsfall für einen Arduino Prototypen finden lässt, helfen. Die Begeisterung seitens der Teammitglieder für ein kleines und mobiles Fahrzeug – eventuell der genuinen „Jungsgruppe“ und deren Kindheitserinnerungen geschuldet – hat seinen Anteil dazu beigetragen entsprechende Anwendungsfelder aus dem SeeedGrove System zu suchen. Insbesondere der Anreiz sich eigenständig und in einzelnen Schritten der genauen Funktionsweise eines teilautonomen Bots zu nähern, schien allen im Team interessant. Welche Aufgabe dieser selbstfahrende Bot haben soll, ergab sich unter anderem unter Bezugnahme der aktuellen Meldungen von Liefer- und Logistikautomatisierung. (siehe Kap. 7)

Der konkrete Nutzen des gewählten Line Follower Systems ergab sich aus der Rücksprache mit Prof. Mauroner, da sich eine Anwendung finden musste, die im zeitlichen Rahmen des Seminars auch umsetzbar ist.

3 Projektziele

3.1 Projektbeschreibung

Wo stehen wir?			
Ausgangssituation / Projektkontext:	Szenario: Gut besuchter Meeting Raum in einem Unternehmen. Ein spannendes Thema lässt keine Pausen zu. Ein Teilnehmer würde sich jetzt gerne einen Kaffee holen, will die Diskussion aber nicht stören…		
Kundenanforderungen:	• Der Kunde wünscht eine unkomplizierte Kaffeelieferung in den Meeting Raum. • Ohne das Meeting zu stören wünscht er eine einfache Bestellweise über eine App • Den gewünschten Kaffee (bspw. Großer Milchkaffee) kann er so einfach bestellen. Des Weiteren kann er die genaue Anlieferzeit angeben. • Die Bezahlung will er ganz einfach über die App ausführen.		
WARUM? → Wirkung und Nutzen			
Wirkungen / Projektnutzen:	• Positive Wirkung auf die Kunden, die zu einem Meeting eingeladen werden. Aber auch eigene Mitarbeiter würden den eXpressi positiv zur Kenntnis nehmen. • Meetings könnten mit weniger Unterbrechungen geführt werden. • Eine positive Stimmung würde erzeugt werden. • Imagegewinn für die Firma. Da es sich sowohl bei den Kunden als auch bei den Mitarbeitern positiv herumsprechen würde.		
Bis WANN? → Meilensteine und Termine			
Projektstart:	17.04.2019	**Projektende:**	19.06.2019
Projektstartereignis:	Vorlesung: Einführung in Arduino-Elektronik, Baukasten und Programmierung	**Projektendereignis:** Prototyp & Geschäftsmodell	Präsentation
Meilensteine:	1. Idee auf Geschäftsfeld prüfen und Feasibility-Analyse 2. Prototyp bauen & programmieren 3. Business Model Canvas entwickeln und Präsentation konzipieren		

3.2 Zielbeschreibung und Risiken

WAS soll konkret erreicht werden? → Ziele und Inhalte	
Projektgesamtziel:	• Erstellung eines Prototyps von einem Transport-Roboter, der aufbauend auf der Ardiuno-Plattform programmiert wird. • Der Roboter soll zur Veranschaulichung einen Weg zurücklegen. • Dabei soll versucht werden, einen Kaffeebecher zu transportieren. • Eine Business Model Canvas soll eine valide Grundlage der Geschäftsidee vermitteln
Teilziele →	**Messbare Ergebnisse**
Arduino Installation	• Anpassen der Standardfreeware auf die Anforderungen
Bauteile verbauen	• 3D Druck sowie andere Komponenten verbauen
Strecke abfahren	• Funktion unter Beweis stellen
Platte mit 3-D Drucker auf unseren Arduino zuschneiden	• Mit Tinkercad.com erstellte Becherhalterung digital generieren und in Absprache mit D. Zakoth drucken
Transport Kaffeebecher	• Testphase mit unterschiedlichen Bechern & Füllmengen
Nicht-Ziele / Nicht-Inhalte:	• Nicht im Ziel enthalten, ist der „Andockvorgang“ mit einem Kaffeeautomaten. • Auch die Entwicklung einer App ist nicht vorgesehen.
Projektrisiken:	• Kaffee könnte bei Anlieferung kalt sein. • Wie wird sichergestellt, dass nichts verschüttet wird? • Wie öffnet der Roboter Türen? • Können Sammelbestellungen aufgegeben werden? • Könnten Mitarbeiter gestört werden? • Kann die Last getragen werden?
Gegenmaßnahmen:	• Langsame Geschwindigkeit. • Eigene interne Straßen festlegen. • Transportplatte auf Kaffeebecher zuschneiden & Becher arretieren

4 Anfangsphase

4.1 Einführung in Arduino Uno

Die Arduino Plattform ist ein Open Source Hard- wie Software Physical Computing Angebot. Bei dem zur Verfügung gestellten Modell Arduino UNO RD3 handelt es sich um die neueste Version des E/A Boards, das über digitale sowie analoge In- und Outputs erweitert werden kann. Der Mikrocontroller, der aus einem Halbleiterchip mit einem Prozessor (Recheneinheit) sowie einer so genannten Peripheriefunktion besteht, ist im Fall des Arduino UNO ein 8-Bit Atmel AVR Microkontroller.

Die Idee der Gründer der Arduino Plattform war es, eine einfache und leicht verständliche Hardwarelösung zu entwickeln, die es ermöglicht, sich ohne Vorkenntnisse spielerisch dem Thema Programmieren zu nähern. Dabei fußt das System in zweierlei Hinsicht auf einer Open Source Konzeption. Einerseits ist die Hardware-Komponente so aufgebaut, dass eine möglichst universelle Kompatibilität mit weiteren Hardwarekomponenten (Sensoren, Display, Soundboards usw.) gewährleistet ist. Die Hardware ist neben den genannten Komponenten noch durch modulare Shields für Anwendungsfelder wie Motorenbetrieb oder vergleichbarem zu erweitern. Andererseits sind alle Quellcodes der Software über die Plattform frei verfügbar und zu vielen Erweiterungen werden Standardanwendungen als Programmiercode mitgeliefert. Das Softwareangebot basiert auf einer integrierten Entwicklungsumgebung (IDE) mit den Java-Programmierungen in C und C++.

Weitere Informationen zur Architektur der Software, sowie allgemeine Einführungen finden sich unter den jeweiligen Kapiteln bei (Bartmann 2017; Brühlmann 2012; Monk 2012; Schmidt 2015; Timmis 2012) .

4.2 Baukasten SEEED GROVE und Einführung in die Programmierung

Wie bereits unter Kapitel 4.1 erwähnt, bestehen zum Arduino Uno System zahlreiche modulare Erweiterungen, die die technische Konstruktion des Systems erleichtern sollen. Eine dieser Sys-

temlösung ist das Seeed Grove Starter Kit. Hierbei handelt es sich um ein standardisiertes Baukastensystem, das mit universal kompatiblen Steckconnectoren das experimentelle Arbeiten mit dem Arduino erleichtern soll. Die Komponenten basieren auf einem reversiblen Steckprinzip bei dem die üblicherweise notwendigen Löt- und Drahtverbindungen durch eine Schlüssel - Schlossprinzip ersetzt werden. (s. Abbildung 3)

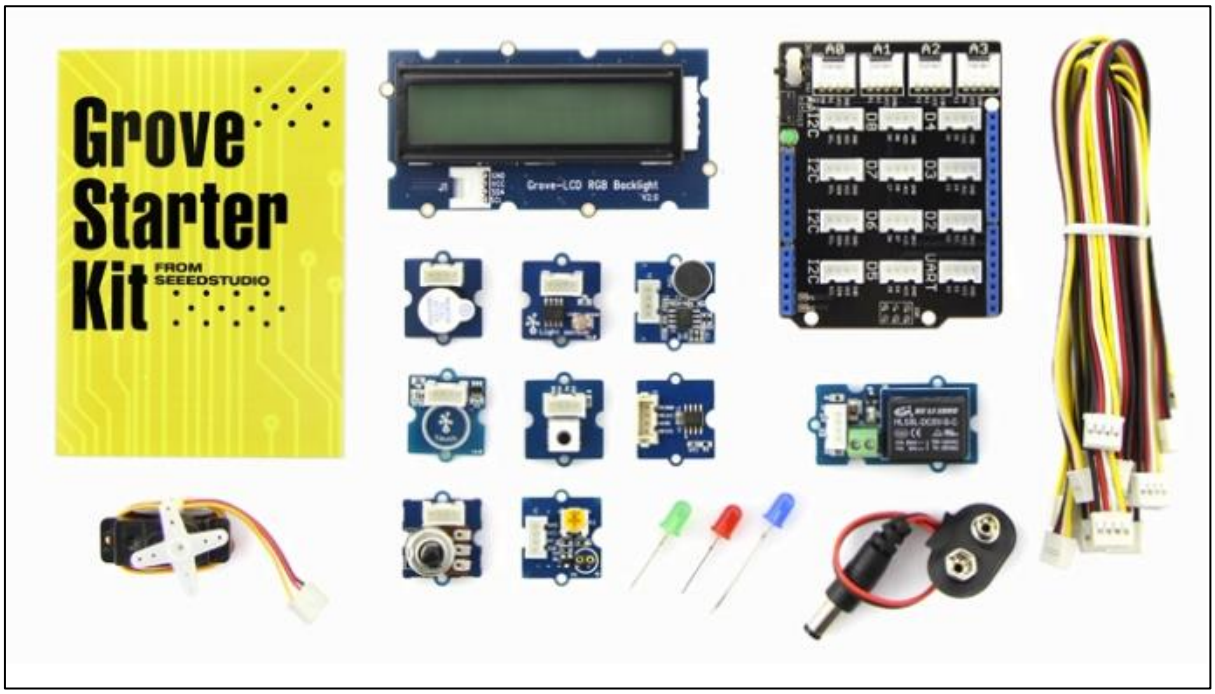


Abbildung 3: Beispiel für ein Starter Kit mit unterschiedlichen Steckverbindungen

Die Hardware wird somit deutlich anwenderfreundlicher und erleichtert das *Prototyping*. Mit dem SeedStudio bietet der Betreiber zusätzlich eine Programmieroberfläche, die einen barrierefreien Einstieg in das Programmieren der einzelnen Anwendungen ermöglicht. Zu den verfügbaren Komponenten des SeeedGrove Angebotes gehören jeweils Open Source Programmiercodes, die erste Funktionsweisen der Sensoren veranschaulichen. Die verfügbare Software ist über eine offene Architektur angelegt und frei adaptierbar. Neben der Open Source Plattform bietet SeeedGrove noch ein offenes Forum, das den unmittelbaren Austausch mit anderen Anwendern bietet. Darüber hinaus sind weitere Online Tutorials und Anleitungen zu Beispielprojekten frei zugänglich. Erweitert wird dieser Austausch durch ein eigens Wiki, eine Projektübersicht und eine Tauschplattform namens Bazaar.

Das Programmieren mit dem SeeedStudio basiert auf den erwähnten frei verfügbaren Quellcodes. (siehe Abbildung 4)

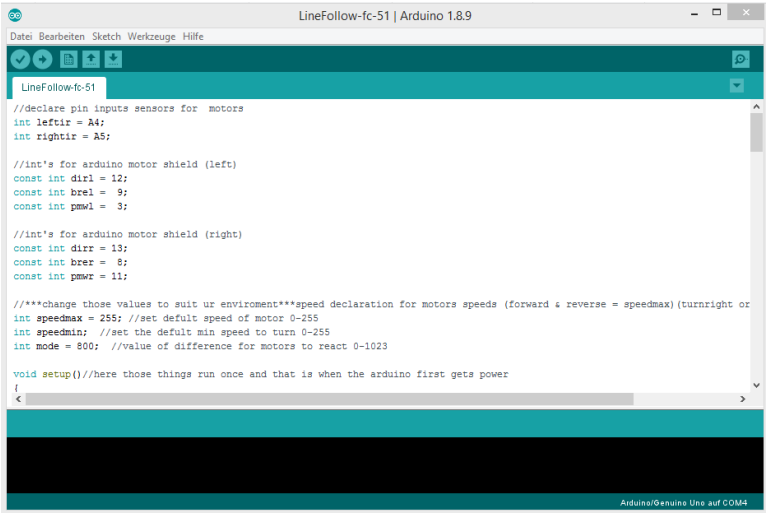


Abbildung 4: Screenshot des SeedStudio Programming Graphical User Interface

Für die meisten der Komponenten bestehen über die Anwendungsbeispiele noch so genannte Bibliotheken, die das Fundament der Programmierung darstellen und gesondert in das SeeedStudio implementiert werden müssen. Zur erleichterten Anwendbarkeit sind viele skalierbare Parameter der Programmiercodes zudem noch in gesonderten Anleitungen gelistet. Ein Beispiel hierfür wäre die Einstellung unterschiedlicher Zeittaktungen von Sensoren.

4.3 Bauanleitung eXpressi

Der eXpressi ist ein einfacher Roboter mit zwei Rädern, dessen Chassis sich entweder aus einem Stück Karton zurechtschneiden oder über die Verwendung von Fertigbauteilen der unterschiedlichen Anbieter konfigurieren lässt. (siehe Abbildung 5, 6) Der eXpressi Line Follower (Linienverfolger) kann in dieser einfachsten Version mit nur zwei Lichtsensoren einer (z.B. mit schwarzem Isolierband) am Boden aufgeklebten Linie folgen.

Derzeit ruckelt der eXpressi noch relativ stark, was auf die verwendete Version des Arduino Sketch mit einem On/Off-Algorithmus zurückzuführen ist. Bei einer festgestellten Abweichung von der

Linie wird diese direkt und mit partieller Ansteuerung des jeweiligen Motors korrigiert. Die programmierte Abweichungstoleranz führt dazu, dass der Motor mit voller Kraft zum Gegensteuern aktiviert wird. Ein neuer Arduino Sketch mit ansatzweiser Verwendung eines PID-Regler-Algorithmus ist inzwischen verfügbar, jedoch ist bei nur zwei Lichtsensoren das Ausbalancieren des Korrekturprozesses eher schwierig, da zu wenig Informationen über die Position der Linie vorliegen.

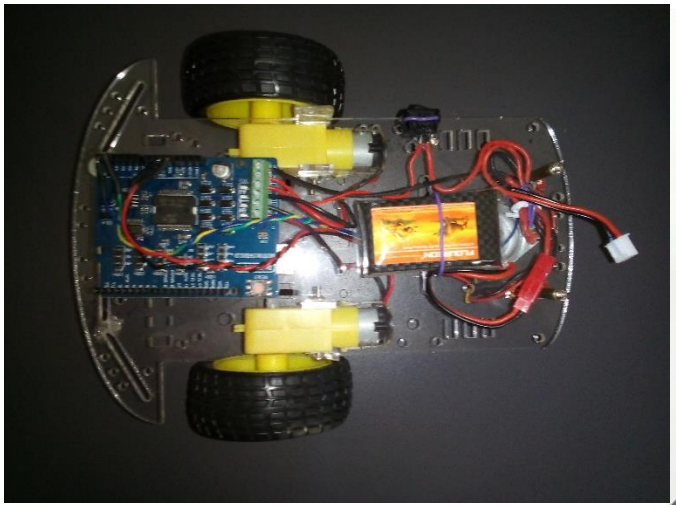


Abbildung 5: Arduino Line Follower (Plexiglaschassis)

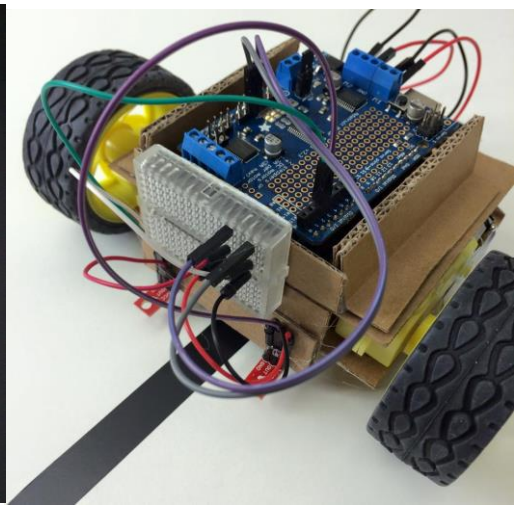


Abbildung 6: Arduino Line Follower (Kartonchassis)

Hinweise zum Aufbau:

Das Chassis des eXpressi lässt sich in der verwendeten Variante relativ unkompliziert aus der Materialliste zusammensetzten. (siehe Tabelle 1) Das Plexiglaschassis verfügt über eine Vielzahl an Vorbohrungen, die eine individuelle Platzierung und Montage der Komponenten erleichtert. Bei dem Aufbau des eXpressi war der Großteil der verwendeten Teile bereits auf einen kompatiblen Einsatz ausgelegt. Auf das Plexiglasschassis können sowohl die beiden Getriebemotoren als auch das vordere Steuerungsrad (Stützball) verschraubt werden. Weitere Teile, wie der Arduino Uno und die Einheiten Schalter, Akku und Kabelbaum, können wahlweise über doppelseitiges Klebeband oder Verdrahtung am Chassis fixiert werden.

Der Arduino selbst ist über eine Steckverbindung mit dem Deek-Robot Motor Shield verbunden. Durch die verwendete ältere Version des Motor Shields sind die Kabel zu denen Komponenten

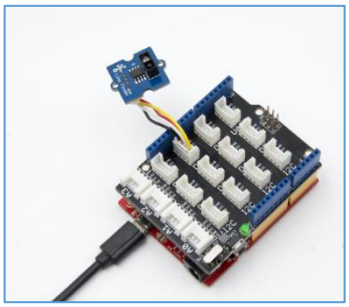
noch manuell arretiert. Die Liniensensoren Sparkfun Line Sensor Breakout - QRE1113 (Analog) sind gleich dem Motor, dem Akku und der beiden Getriebemotoren mit einer Lötverbindung versehen.

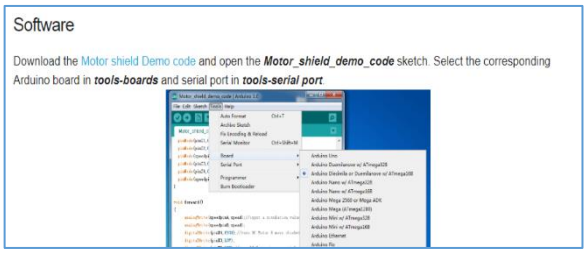
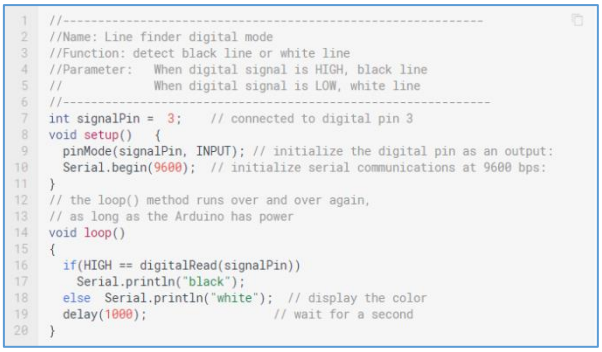
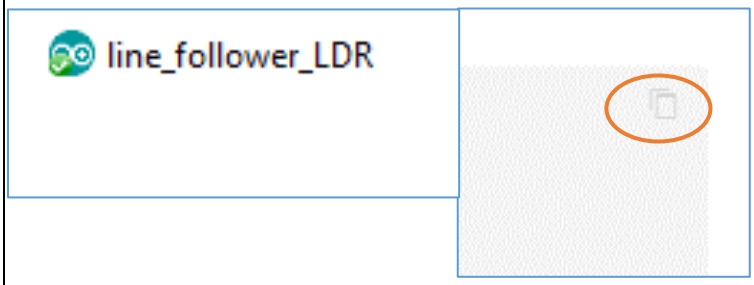
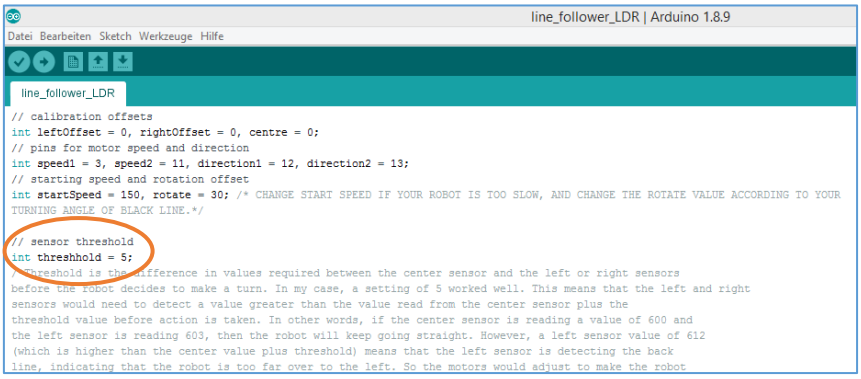
Die beiden Liniensensoren werden vorne über jeweils einen Spacer angeschraubt. Zwischen den Sensoren sollte ca. 2 cm Abstand sein, der Abstand der Sensoren vom Untergrund sollte ca. 8-10 mm betragen. Der optimale Abstand für gute Messwerte kann über den seriellen Monitor mittels Testmessungen ermittelt werden.

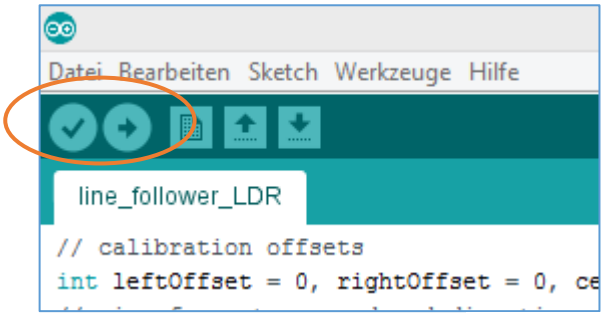
Die Verkabelung des Bots ist denkbar einfach:

1. Batteriepack an den Power-Anschluss des Motor Shield
2. Die beiden Getriebemotoren an die Ports M1 und M2 des Motor Shield. Sollte sich ein Motor in die falsche Richtung drehen, können einfach die Anschlusskabel vertauschen werden.
3. Die beiden Sparkfun Line Sensoren benötigen 5V und GND vom Motor Shield. Die Datenleitungen kommen an die Digitalpins 2 und 3.
4. Dann folgend den Code aufspielen

Aufspielen und Anpassen der Software:

	Beschreibung	Bild
1	Zum Aufspielen des benötigten Programmiercodes muss zuerst der Arduino SMD R3 über die USB-Schnittstelle an den PC angeschlossen werden.	 Abbildung 7

2	Als nächstes wird der zugehörige Quellcode zum Arduino Motor Shield (Deek Robot) Rev3 samt Bibliothek von der Website des Anbieters SeedStudio gedownloadet.	 Abbildung 8
3	Neben dem Motor Shield (Deek Robot) Rev3 Codes können direkt die Programmiercodes für die Sparkfun Line Sensor Breakout - QRE1113 (Analog) gedownloadet werden.	 Abbildung 9
4	Nun müssen die Codedateien im Format .ino (Arduino file) in das SeeedStudio eingelesen/implementiert werden. Alternativ können die Codes auch per Drag & Drop in die IDE eingefügt werden.	 Abbildung 10
5	Als nächstes wird über den seriellen Monitor der Arduino IDE ein Wert für die Weiß/Schwarz-Grenze SENSOR_THRESHOLD ermittelt und eingestellt. (siehe Anhang)	 Abbildung 11

6	Als letzten Schritt wird die überprüfte Datei auf den Arduino überspielt/hochgeladen.	 Abbildung 12

Hinweis zur Funktionsweise der Sensoren:

Bei den Sparkfun Line Sensoren handelt es sich um Infrarot-Detektoren, die aus einer Infrarot LED Diode und einer Photo Diode bestehen. Die reflektierten Lichtwellen, die auf weißen und schwarzen Untergrund unterschiedlich absorbiert/reflektiert werden, dienen als Steuerungsgrundlage für

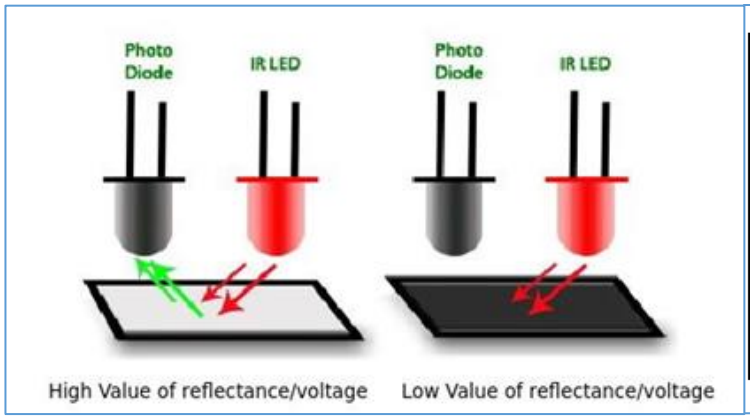


Abbildung 13: Funktionsweise des Linesensors

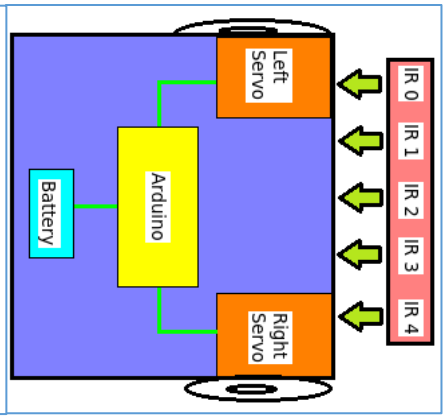


Abbildung 14: vereinfachtes Steuerungsschema

den Bot (siehe Abbildung 13). Der gemessene Wert führt in der Programmierung dazu, dass bei einem Wert für Schwarz der jeweilige Servomotor angesteuert wird, um in die jeweils entgegengesetzte Richtung den Fahrtkurs zu korrigieren (siehe Abbildung 14). Das bedeutet der schwarze Streifen dient als Korrekturwert für die beiden Sensoren und wird durch seitliches Gegensteuern gemieden. Theoretisch kann somit mit einer umgekehrten Wertdefinition der Sensoren aus dem schwarzen Fahrstreifen auch ein weißer gemacht werden. Je nach späterem Untergrund/Boden kann der eXpressi umprogrammiert werden.

4.4 Materialliste

Komponente	Bild	Beschreibung nach Hersteller (Nachweis über Shop-Link)	Preis p.E. in Euro	Ressource
Arduino SMD R3	Abbildung 15	Der Arduino Uno SMD R3 ist ein Mikrocontroller Board, basierend auf dem ATmega328. Er besitzt 14 digitale Input/Output Pins (von denen 6 als PWM Output nutzbar), 6 analoge Inputs, einen 16 MHz Keramik Resonator, eine USB Verbindung, einen Power Jack, einen ICSP Header und einen Reset Button. Er besitzt alles Nötige, um den Mikrocontroller zu betreiben.	19,90	Shop
Arduino Motor Shield (Deek Robot) Rev3	Abbildung 16	Das Arduino Motor-Shield basiert auf dem L298 (Datenblatt), einem Brückentreiber für die Steuerung von induktiven Lasten wie Relays, Magnete, Gleichstrom- und Schrittmotoren. Das Arduino Motor-Shield ermöglicht die Steuerung von zwei Gleichstrommotoren, wobei die Drehzahl und die Drehrichtung unabhängig von beiden Motoren kontrolliert werden kann. Ebenfalls möglich ist die Messung des Stromverbrauchs jedes einzelnen Motors. Das Shield ist kompatibel mit den TinkerKit, das heisst es können schnell und einfach Projekte durch das Anschliessen eines TinkerKit-Moduls erstellt werden.	23,80	Shop
Wheel 65mm (Rubber Tire, Pair)	Abbildung 17	These are a pair of basic, 65mm wheels with black rubber tires. These wheels are the same ones designed to fit onto DAGUs right angle gear motors utilized in the Magician Chassis and RedBot Kit. With these wheels you will	3,15	Shop

		be able to get almost any beginners robot project moving.		
Pololu Ball Caster	Abbildung 18	This ball caster kit includes a two-part black ABS housing, a 1” diameter POM (also know as acetal or by the brand name Delrin) plastic ball, and three ABS rollers. When assembled, the ball caster is capable of rolling in any direction with low friction, making it suitable for use as a third contact point for wheeled, differential-drive robots weighing up to around ten pounds.	3,76	Shop
LiPo Akku 1000mAh	Abbildung 19	Dieser Polymer-Lithium-Ionen-Akku mit einer Ausgangsspannung von nominal 3,7 V (1000mAh) verfügt über einem standard 2-poligen JST-PH-Anschluss (2 mm Raster).	5,80	Shop
(2x) DC Gearbox Motor - "TT Motor" - 200RPM - 3 to 6VDC	Abbildung 20	These durable (but affordable!) plastic gearbox motors (also known as 'TT' motors) are an easy, low-cost way to get your projects moving. This is a TT DC Gearbox Motor with a gear ratio of 1:48, and it comes with 2 x 200mm wires with breadboard-friendly 0.1" male connectors. Perfect for plugging into a breadboard or terminal blocks.	3,15	Shop
(2x) Sparkfun Line Sensor Breakout - QRE1113 (Analog)	Abbildung 21	This version of the QRE1113 breakout board features an easy-to-use analog output, which will vary depending on the amount of IR light reflected back to the sensor. This tiny board is perfect for line sensing applications and can be used in both 3.3V and 5V systems.	3,20	Shop

Pololu 5" Robot Chassis RRC04A Transparent Clear	Abbildung 22	The 5" robot chassis RRC04A is an 1/8" acrylic chassis that provides a base for our micro metal gearmotors, extended brackets, and 42×19mm wheels. The robot chassis has many mounting holes that let you mount a variety of robot components to it. With a diameter of only five inches, this acrylic chassis is great for building robots capable of navigating tight spaces.	6,80	Shop
Kippschalter Ein - Aus	Abbildung 23	This is a heavy duty SPST toggle switch - your basic on/off toggle. Rated for 2A at 250V or 4A at 125V. Includes a face plate and two threaded nuts for mounting. Works great with our missile switch cover.	2,38	Shop
Messing Spacer	Abbildung 24	10x M3x50mm Innen/Innengewinde Messing Hex Pattsituation PCB Säule Abstandhalter	5,34	Shop
Lasergecuttete Schichtholzplatte mit eXpressi-Logo und Halterung für die Kaffeebecher	Abbildung 25	Der Entwurf für die Halterung wurde mit der Freeware Tinkercad.com entwickelt und im .svl-Format in einen Lasercutter gegeben. Die Aussparungen entsprechen den üblichen Bechergrößen.	k.A.	Shop

Tabelle 1: Materialliste eXpressi

4.5 Schwierigkeiten

Beim eXpressi Lieferbot haben sich – wie bereits oben angesprochen – einige Herausforderungen in Bezug auf die verwendete Hardware ergeben. Da das verwendete Motor Shield sowie der Arduino einer älteren Version entspringen, bedurfte es in der verfügbaren Software einzelner Korrekturen. Die Anpassungen ließen sich jedoch dank verfügbaren Online-Tutorials und der Hilfe eines Experten durchführen. Bei dem verwendeten Programmiercode ließ sich trotz mehrfacher Versuche die Referenzzeit für den Start der neuen Schleife zur Weiterfahrt auf der schwarzen Linie nicht verändern. Es liegt die Vermutung nahe, dass der gefundene Code eventuell an dieser Stelle über einen Schreibschutz verfügt. Wegen der Befürchtung, den kompletten Code in seiner Formatierung zu verändern und somit die Funktionsweise des Bots zu riskieren, wurde letztlich auf eine Anpassung verzichtet. In Bezug auf die Montage der Sensoren per Lötung sowie des gecutteten Tassenhalters hat sich ausreichender Materialersatz als nützlich erwiesen. Die Lötenden der Photosensoren Sparkfun Line Sensor Breakout benötigen eine ruhige und erfahrene Hand bei der Verdrahtung.

5 Arbeitsphase

5.1 Business Model Canvas

eXpressi benötigt ein funktionierendes Geschäftsmodell um sich etablieren und vor allem langfristig halten zu können. Die Business Model Canvas (BMC) unterstützt dabei die Elemente eines erfolgreichen Geschäftsmodells zu ordnen und in ein skalierbares System zu bringen. Die BMC hilft, den Fokus darauf zu richten, was das Geschäft wirklich antreibt – das Gehör für die Kundenwünsche. Hierbei zeigt sich auch in der Abgrenzung, welche Tätigkeiten weniger relevant sind oder gar einer erfolgreichen Geschäftsmodellierung im Weg stehen können. Diese neuen Bausteine decken die wichtigsten Bereiche eines Unternehmens ab: Kunden, Angebot, Infrastruktur und finanzielle Überlebensfähigkeit. (Osterwalder et al. 2015) Im Zentrum des Interesses steht bei der BMC die komprimierte visuelle Darstellung der relevanten Aufgabenfelder. Zu Beginn kann dieser hürdenlose (lean) Zugang zu der Geschäftsdefinition dabei helfen, assoziativ wie qualitativ die anfängliche Idee auf ihren Nutzen für den Kunden oder Markt zu testen. Die BMC unterstützt dabei die richtigen Fragen zu stellen, um einerseits den Kundennutzen zu konkretisieren und andererseits die Geschäftsidee iterativ weiterzuentwickeln.

Die neun Felder wurden für die eXpressi Canvas in einer quantitativen Erstauswahl bearbeitet. Im Bereich der Key Partnership hat sich bereits eine *Tipping Strategie*[1] etabliert. (Lei und Slocum 2013) Für die Anwendung der späteren eXpressi Lieferbots erscheint eine enge Kooperation mit Kaffeeautomatenherstellern und - aufstellern sinnvoll. Somit gilt der Vertriebs- wie Funktionsfokus dieser Gruppe. Angebunden an die Kundennetzwerke und Produkte der Hersteller (bspw. Dallmayr, WMF, Lavazza et.) kann der eXpressi eine Erweiterung des bestehenden Segments an Kaffeeautomaten in Unternehmen sein. Die zweite relevante Gruppe an Partnern wird die, die zum Aufbau der Prototyen wie der Individuallösungen beiträgt. (siehe Anwendungsbeispiel Kap. 6.2) Insbeson-

[1] Mit der Tipping Strategie ist ein Anknüpfen an bestehende Geschäftsmodelle gemeint, wobei sich der Mehrwert des eigenen Angebotes an die Infrastruktur eines anderen Anbieters knüpft. Ein Beispiel hierfür wäre Paypal, die als Bezahldienst erst durch die Bekanntheit von eBay wachsen konnten; siehe auch Gawer 2011.

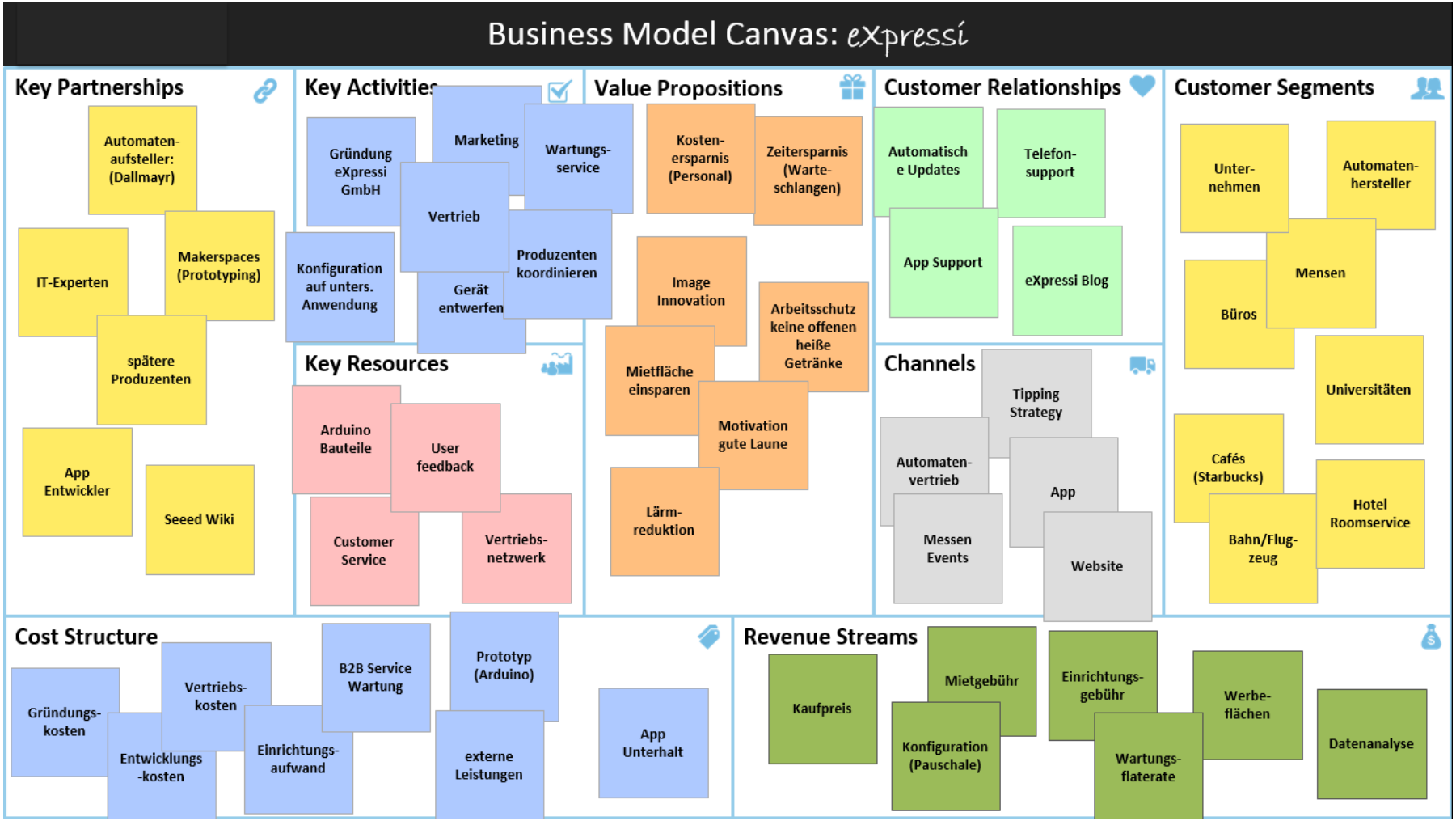
dere die Zusammenarbeit mit IT-Entwicklern für die App und Konfiguration der Systeme wird entscheidend. Das fertige Produkt soll nach Erlangen der Serienreife von externen Produzenten kommen.

Angeschlossen an das Spektrum von Partnerschaften ergibt sich die Zusammenschau der Aufgabenfelder im Bereich der *Key Activities*. Trotz der Kooperationsstrategie mit den Automatenherstellern muss die Vermarktung der Idee, sowie die Kommunikation des innovativen Imagezugewinns bei den späteren Kunden vorrangig behandelt werden. Aus der Anpassung an die jeweiligen Kunden resultiert unter anderem der Aufbau eines Wartungs- und Vertriebsnetzwerks.

Die versprochene Wertschöpfung (Value Proposition), die Zielgruppen (Customer Segments) und die Frage nach der Monetarisierung der Geschäftsidee (Revenue Streams) soll im Anschluss genauer betrachtet werden.

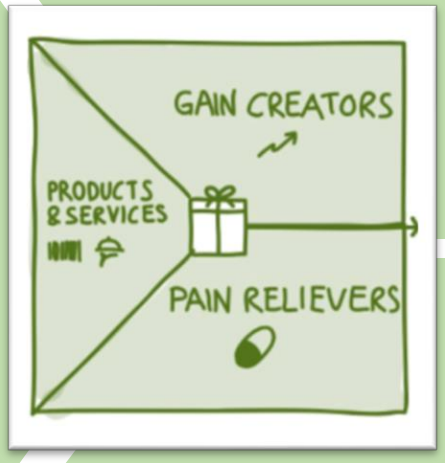
Die Beziehung zu dem Kundenstamm und der Ausbau des Netzwerkes soll über die Kommunikations- und Vertriebskanäle geschehen. Auf Seiten unternehmenseigener Kommunikation stehen die App der mobilen Anwendungen, der Webauftritt und die gewählten Akquisemaßnahmen, wie beispielsweise Büroausstattermessen oder Hotelverbandstagungen. Geteilte oder externe Maßnahmen binden an die Kooperation mit den Automatenaufstellern. Hier gilt es ein belastbares Verhältnis zu schaffen, das beiderseitigen Geschäftsinteressen entspricht. Da der eXpressi für die Hersteller als Zugewinn und nicht zur Kannibalisierung des Marktanteils dient, wird hier ein entsprechendes Vertragswerk wichtig sein.

Die Kostentreiber für das Unterfangen eXpressi werden zu Beginn die Entwicklungskosten sowie alle relevanten Kosten bis zum Markteintritt sein. Unter einem laufenden Betrieb und nach einer Etablierung am Markt werden Kosten für die externe Produktion, die Weiterentwicklung und das Wartungsfeld die kritischen Größen sein. Um diese Kosten zu decken, müssen die Erlösmodelle sorgfältig geprüft und weiterentwickelt werden.


Business Model Canvas: eXpressi
Key Partnerships
Automaten-aufsteller: (Dallmayr)
IT-Experten
Makerspaces (Prototyping)
spätere Produzenten
App Entwickler
Seeed Wiki
Key Activities
Gründung eXpressi GmbH
Marketing
Wartungs-service
Vertrieb
Konfiguration auf unters. Anwendung
Produzenten koordinieren
Gerät entwerfen
Key Resources
Arduino Bauteile
User feedback
Customer Service
Vertriebs-netzwerk
Value Propositions
Kosten-ersparnis (Personal)
Zeitersparnis (Warte-schlangen)
Image Innovation
Arbeitsschutz keine offenen heiße Getränke
Mietfläche einsparen
Motivation gute Laune
Lärm-reduktion
Customer Relationships
Automatische Updates
Telefon-support
App Support
eXpressi Blog
Channels
Tipping Strategy
Automaten-vertrieb
App
Messen Events
Website
Customer Segments
Unter-nehmen
Automaten-hersteller
Mensen
Büros
Universitäten
Cafés (Starbucks)
Hotel Roomservice
Bahn/Flug-zeug
Cost Structure
Gründungs-kosten
Vertriebs-kosten
B2B Service Wartung
Prototyp (Arduino)
Entwicklungs-kosten
Einrichtungs-aufwand
externe Leistungen
App Unterhalt
Revenue Streams
Kaufpreis
Mietgebühr
Einrichtungs-gebühr
Werbe-flächen
Konfiguration (Pauschale)
Wartungs-flaterate
Datenanalyse

5.2 Value Propositions

- eXpressi ermöglicht es unseren Kunden ihre Arbeitseffizienz zu steigern, in dem er **Wartezeiten** an Kaffeeautomaten abschafft.
- Dabei steigert sich auch **Image** des Unternehmens durch einen spielerischen Umgang mit Innovationen.
- Die Sekretärin wird nicht mehr zum „Kaffee-Trägerin“ degradiert und postulierte flache Hierarchien werden Realität.



- Der Lieferbot erleichtert einen reibungslosen Arbeitsalltag für die Mitarbeiter im Unternehmen
- Die individuellen Ausbaustufen des Chassis ermöglichen eine Werbebotschaft der Corporate Brand des Unternehmens (Innovationsbild)

- eXpressi hilft dem Unternehmen seine Mietflächeneffizienz zu steigern, da der Lieferbot auch aus „entlegeneren“ Gebäudeteilen agieren kann
- Die Kosten für mehrere Kaffeeautomaten in den einzelnen Abteilungen, sowie die Wartung werden zentralisiert
- Durch den verschlossenen Transport der Behälter trägt der Lieferbot zur Sicherheit am Arbeitsplatz bei.
- Lärm von und an Automaten im Flur wird reduziert
- z.B. Hotels können kritische Personalkosten in der Nachtschicht einsparen

Abbildung 26: Value Proposition aus der BMC

Die Value Proposition gilt als zentrales Element der BMC, da hier festgelegt wird, wo der Mehrwert für den Kunden liegt. Die Abbildung 26 zeigt übersichtlich unsere Ideen bezüglich der Value Proposition. Im Folgenden soll geklärt werden, wie sich diese ersten Ergebnisse zusammensetzen.

Zu jedem Kundensegment gehört ein passendes Werteversprechen. Dieses sollte auf die Bedürfnisse des Kundensegments perfekt abgestimmt sein. Im Folgenden soll auf die Fragestellungen eingegangen werden:

- Für welches Problem wollen unsere Kunden eine Lösung haben?
- Welchen Mehrwert bieten wir unseren Kunden?
- Welche Kundenbedürfnisse wollen wir erfüllen?

Wer kennt es nicht, das nervige Warten am Kaffeeautomaten? Mit dem eXpressi könnte dieses Problem behoben werden. Durch den einfachen Bestellvorgang spart der Kunde nicht nur Zeit, sondern kann auch konzentrierter seiner Arbeit nachgehen. Es müssen nicht ständig Kaffeepausen gemacht werden und Meetings könnten schneller und effizienter durchgeführt werden. Aber auch die Kostenersparnis hinsichtlich des Personals sollte erwähnt werden. Der eXpressi würde langfristig zu Kostenersparnissen führen. Aber der größte Mehrwert bietet sich für die Kunden bei Anlieferung des Kaffees. Eine positive Stimmung wird über den eXpressi vermittelt und auch die genaue Anlieferzeit kann problemlos durch die App erfolgen. Unserer Ansicht nach würde das die Motivation der Beteiligten erhöhen und eine motivierte Person ist leistungsfähiger. Gerade in Zeiten der Digitalisierung können Unternehmen mit dem eXpressi ihre Innovationskraft unter Beweis stellen. Letztlich geht es auch um einen spielerischen Umgang mit Digitalisierungsmaßnahmen. Wie eingangs beschrieben, gehen Fachverbände von einem sukzessiv steigenden Grad an Automatisierung der Arbeitswelt aus, was in vielen Fällen seitens der Belegschaft zu Skepsis und gar Ängsten vor dem Arbeitsplatzverlust führt. Mit einer „soften“ Heranführung an die Vorteile dieses Prozesses kann eXpressi zu einem Imagezugewinn führen. Wir sind davon überzeugt, dass der eXpressi für positive Schlagzeilen sorgen wird.

5.3 Customer Segments

Am Anfang aller Überlegungen stand der Nutzen, der durch den eXpressi für den Kunden entsteht. Also wen will eXpressi mit der Idee ansprechen? Folglich sind die zu beantwortenden Fragen in diesem Kapitel:

- Für wen schaffen wir mit unserem Angebot einen Wert?
- Wer sind unsere wichtigsten Kunden?

Mit eXpressi sollen Unternehmen angesprochen werden, die im klassischen stationären Bürobetrieb arbeiten. Dabei erfolgt keine Eingrenzung auf einzelne Branchen. Grundvoraussetzung ist allerdings, dass die räumlichen Rahmenbedingungen erfüllt sind. Durch Kaffeeautomatenhersteller, die sowohl als Kunden als auch als Partner gesehen werden können, soll diese Verbindung zu den Unternehmen hergestellt werden.

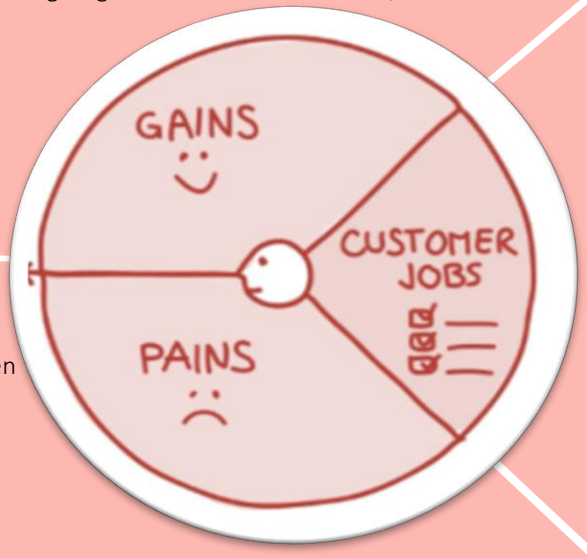
In der nächsten Phase sollen Mensen und Universitäten mit der Idee angesprochen werden. Eine genaue Zielgruppendefinition oder intensivere Marktforschung wirkt obsolet, da sich einerseits die Kundennetzwerke der Automatenhersteller als Anknüpfungspunkt betrachten lassen und andererseits der direkte Vertrieb an private Kunden. Dennoch richtet sich der Fokus vor allem auf Unternehmen, die eine hohe Tech-Affinität aufweisen und offen für neue kreative Ideen sind. Auch Startup Unternehmen sollen angesprochen werden.

In einer dritten Phase wäre es vorstellbar moderne Kaffeeketten wie beispielsweise Starbucks den eXpressi als Imageträger (jung & kreativ) wie auch als Einsparmöglichkeit gezielt anzubieten. Des Weiteren könnte in dieser Expansionsstrategie in Hotels der Roomservice mit dem eXpressi ergänzt werden. Gerade innovative Hotels mit einer jungen Kundschaft sollen angesprochen werden. Aber auch Flughäfen könnten den eXpressi nutzen, um die eigenen Mitarbeiter zu entlasten.

Es zeigt sich also, dass eine breite Zielgruppendefinition nicht zum Nachteil sein muss, weil prinzipiell ein sehr großes Potential für den Lieferbot besteht. Die getroffene generalistische Kundenprognose spiegelt nicht zuletzt die eingangs beschriebene Ausgangssituation unzähliger Anwendungsgebiete für smarte bis autonome Logistiklösungen.

Für unsere Kunden (Unternehmen, Automatenhersteller, Mensen, Hotels, Cafés) erfüllt eXpressi mehrfache Wertsteigerung:

- Erleichterung des Arbeitsalltags
- Imagezugewinn beim Arbeitnehmer/Endkunden



eXpressi unter-stützt den Kunden bei vielen *J-t-b-d*

Bequemer Zugang zum Kaffee ohne Wartezeit

Lange Wartezeiten

Weite Wege

Teure Mietfläche

Leere Automaten

Langweilige Kaffeeküchen im dunklen Eck

Abbildung 27: Customer Segment in der BMC

5.4 Revenue Streams

Abbildung 28: Revenue Streams

Die primäre Einnahmequelle soll durch den Verkauf des eXpressi erfolgen. Eine vereinfachte Preiskalkulation führte zu einem Herstellpreis von 200€. Da es in Deutschland noch keine direkten Wettbewerber gibt und weitere Entwicklungskosten anfallen werden, richtet sich der erste Listenpreis an einem Wert 799 €[2]. Dieser Preis beinhaltet allerdings noch nicht die Inbetriebnahme. Hier würden weitere Kosten für das Einrichten der Linienstruktur und eines Probelaufs in Höhe von 200€ anfallen. Würde ein Unternehmen den eXpressi auf mehreren Ebenen erwerben, würden wir hier natürlich einen Mengenrabatt gewährleisten. Dies aber in Absprache mit den Kaffeeautomatenherstellern, da deren Automaten mit dem eXpressi kompatibel eingerichtet werden müssen. Wünscht ein Unternehmen eine Sonderanfertigung – wenn beispielsweise das Unternehmen Lufthansa den eXpressi im Flugzeugchassis oder ähnlich ausgeführt haben möchte – würden individuelle Extrakosten anfallen. (siehe Abbildung 29)

Abbildung 29: Anwendungsbeispiele für Kundenversionen mit Chassis in Form von Firmenlogos, Produkte oder Maskottchen

Die Lieferzeit würde dem Kunden bei der Abgabe des Kostenangebotes mitgeteilt werden. Da das Segment eine preiswerte Alternative anbieten soll, kann der eXpressi auch mit einer Mietgebühr

[2] Der Einstiegspreis richtet sich nach vergleichbaren Produkten und deren Preisakzeptanz am Markt. Wenngleich eXpressi eine B2B Ausrichtung hat, sind Preise von Mährobotern als Referenz heranzuziehen. Die bessren Modelle liegen hier bei ca. 500 € und mehr; vergleiche hierzu: https://www.amazon.de/s?k=m%C3%A4hroboter&__mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&ref=nb_sb_noss, zu letzte aufgerufen am 18.06.2019.

ausgeliehen werden. Bei Reklamationen bietet eXpressi einen telefonischen Support an. Eine Wartungsflatrate ist mit der Inbetriebnahme im Preis enthalten. Werbung würde zu Beginn mit Kooperation der Kaffeeautomatenhersteller erfolgen, um eine gewisse Bekanntheit zu erlangen. Darüber hinaus soll der Kundenstamm über spezielle Messen und Firmenevents erweitert werden. Nutzungsbezogene Datenanalyse könnten weitere Informationen generieren und bei der Weiterentwicklung hilfreich sein. Dies könnte gezielt genutzt werden, um den eXpressi zu optimieren. Wie die Akzeptanz seitens der Kunden bei dem angesetzten Preis wirklich ist, bleibt für die erste Verkaufsphase abzuwarten. Mit der Überzeugungskraft eines innovativen und imagefördernden Produktes sollen auch unsere Kunden angesprochen werden.

6 Endphase

6.1 Endphase im Projekt

Die abschließende Phase im Projekt stellt die Vorbereitung und Durchführung der Projektpräsentation dar. Hier ist die zentrale Frage:

- Wie sollen wir den Nutzen und die Funktion des eXpressi EnergielieferBots möglichst eindrucksvoll und zugleich prägnant dem Publikum vorstellen?

Nach unterschiedlichen Ideen und Ansätzen kamen wir auf den Konsens die beschriebene Situation einer Besprechung nachzustellen und den eXpressi-Prototypen als Kaffeelieferant zu präsentieren. Dabei war die Herausforderung binnen zehn Minuten nicht nur den Liefervorgang zu simulieren, sondern die zusammengetragenen Informationen zur BMC anschaulich vorzustellen. Nachdem sich einige Szenarien als entweder zu lang oder nur schwer umsetzbar darstellten, fiel die Wahl auf eine seriöse, aber auch durchaus humoristische Kurzpräsentation der Ergebnisse. Immerhin werden nicht nur in Filmen und viralen Videos (z.B. Disneys Wall-e) kleine Roboter gerne mit einem sympathischen Image aufgeladen, sondern auch die formulierte Innovation Value Proposition legt einen spielerischen Zugang zu neuen Technologien nahe. Darüber hinaus entschieden wir uns, die

Präsentation mit einer persönlichen Note zu versehen. Neben der Entscheidung das Team explizit vorzustellen, haben Oliver Lehmann und Marius Becher in ihrem Betrieb den eXpressi einmal ihren Kollegen präsentiert. Unter anderem kam hier neben einem ersten Stimmungsbild zur Idee auch ein Feedback in Sachen Kaffeewartezeiten, das den Mehrwert von eXpressi unterstreicht.

6.2 Prototyp und Potential Einschätzung

Abbildung 30: Prototyp des eXpressi

Der fertige Prototyp des eXpressi kann als erste Demonstration der Funktionsweise sowie des ungefähren Aussehens betrachtet werden. Das Ergebnis der Konstruktion bis zu diesem Punkt lässt sich zwar schon als funktionstüchtig bezeichnen, aber die beschriebenen Hürden in der Steuerung über lediglich zwei Photoioden zeigt noch Schwachstellen. Aus diesem Grund ist das Potential des fertigen eXpressi noch als begrenzt zu sehen. Ein weiterentwickeltes Modell, das dann folglich nicht mehr auf der modularen Bauweise des Arduino-Systems fußt, könnte die leider noch zahlreichen Fehler ausmerzen. Somit ist der erste Prototyp auch nur als ein solcher zu verstehen. In einer produktionstauglichen Version wäre es sicherlich nützlich Sensoren zu verbauen, die nicht nur zwischen schwarz und weiß differenzieren, sondern einzelne Farbewerte des Spektralbereichs messen. Mit einer solchen Variante könnte der eXpressi auf unterschiedlichen Bahnen navigieren und vor allem im späteren Einsatz mehrerer eXpressi würde sich die Koordination einfacher gestalten.

7 Zusammenfassung der Erkenntnisse

Die Erkenntnisse des gemeinsamen Projektes Hands-on Innovation sind nicht als ein Katalog an Aspekten zu verstehen, die über das Semester zusammengetragen werden konnten. Viel mehr hat das Projekt rund um eXpressi einige grundlegenden Einsichten gefördert. Sich eigenständig mit Grundlagen von Software und Hardware auseianderszusetzten und auf einfachstem Niveau ein Grundverständnis für die Funktionsweise von mittlerweile alltäglichen Anwendungen zu arbeiten, war das Ziel. Dabei soll und kann dieser Perspektivwechsel dabei helfen sich Gedanken über Innovationen und nützliche Anwendungen zu machen. Im konkreten Fall von eXpressi hat sich gezeigt, dass sich aus der einfachen Bauweise eines spielerischen Line Followers viele Anwendungsfelder „spinnen“ lassen. Eine freie assoziative Näherung an eine Produktinnovation, wie sie nicht zuletzt auch in dem Workshop zum Design Thinking gezeigt wurde, kann dabei unterstützen, quantitativ Ideen zum Thema zu finden. Auf der anderen Seite hat die Einführung und Auseinandersetzung mit der Thematik Lean Start-Up und Business Model Canvas gezeigt wie Geschäftsmodellierungen in zeitgemäßem Sinne aussehen. Die gefundenen Ideen auf ihren Nutzen hin zu prüfen, schien im ersten Moment als selbstverständlich. Doch wie sich erwiesen hat, entlarvt eine so fundmentale, fast schon banal erscheinende Nutzenanalyse viele Vorschläge als wenig realistisch. Über die neuen Felder der BMC konnte auch im Fall von eXpressi geklärt werden, dass zwar ein gewisses Potential in der Idee steckt, doch Einsparmöglichkeiten und theoretische Konstrukte oftmals als unrealistisch einzuschätzen sind.

Abschließend lässt sich jedoch festhalten, dass die Beschäftigung mit dem Projekt sowie die unterschiedlichen Einblicke des Seminars von dem Besuch im Makers Space über den IBM Workshop bis zur 3D-Druck Aufgabe viel Freude bereitet haben. Die Möglichkeit solche Geräte und Techniken live und in Farbe zu erleben, hat durchaus Lust auf weitere Beschäftigung mit dem Thema geweckt.

8 Quellen

- http://wiki.seeedstudio.com/Grove_System/ ; zuletzt geprüft am 19.06.2019.
- https://www.sparkfun.com/products/945/functions3; zuletzt geprüft am 19.06.2019.
- https://www.editho.de/kaffeeautomaten-aufsteller/; zuletzt geprüft am 14.06.2019.
- http://www.dallmayr-gastronomieservice.de/; zuletzt geprüft am 14.06.2019.
- https://www.arduino.cc/; zuletzt geprüft am 14.06.2019.

9 Literaturverzeichnis

Bartmann, Erik (2017): Mit Arduino die elektronische Welt entdecken. 3., komplett überarbeitete Neuauflage. Bonn: Bombini Verlags GmbH.

Brühlmann, Thomas (2012): Arduino. Praxiseinstieg ; [behandelt Arduino 1.0 ; komplett in Farbe. 2. Aufl. Heidelberg, Hamburg: mitp Verl.-Gruppe Hüthig Jehle Rehm.

FAZ.net (Hg.) (2019): „Logistiktram“:Warentransport per Straßenbahn. Online verfügbar unter https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/frankfurter-logistiktram-absolviert-testphase-16183269.html, zuletzt geprüft am 19.06.2019.

Gawer, Annabelle (2011): What Managers Need to Know about Platforms. In: *European Business Review* Fall 2011.

Lead Innovation Management (Hg.) (2019): Was ist der Innovationsgrad? Online verfügbar unter //www.lead-innovation.com/blog/innovationsgrad, zuletzt geprüft am 19.06.2019.

Lei, David; Slocum, John W. (2013): Tipping Points of Business Strategy. Hoboken: Taylor and Francis. Online verfügbar unter http://gbv.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1112397.

Monk, Simon (2012): 30 Arduino Selbstbau-Projekte. Arduino-Projekte mit LEDs und Licht ; Arduino-Projekte mit Sensoren ; Arduino-Projekte mit Sound ; … und viele weitere interessante Anleitungen. Haar bei München: Franzis (Know-how ist blau Ardunio).

Osterwalder, Alexander; Pigneur, Yves; Bernarda, Greg; Smith, Alan (2015): Value Proposition Design. Entwickeln Sie Produkte und Services, die Ihre Kunden [wirklich] wollen ; beginnen Sie mit… ; [die Fortsetzung des Bestsellers Business Model Generation! 1. Aufl. Frankfurt am Main: Campus-Verlag. Online verfügbar unter http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783593429786.

Richter, Kim (2019): Dieser Roboter beliefert hungrige Studenten. ngin Mobility Mag, 08.06.2019. Online verfügbar unter https://ngin-mobility.com/artikel/lieferroboter-kiwi-berkeley-uni/, zuletzt geprüft am 19.06.2019.

Rogers, Everett M. (2003): Diffusion of innovations. Fifth edition, Free Press trade paperback edition. New York, London, Toronto, Sydney: Free Press (Social science). Online verfügbar unter http://www.loc.gov/catdir/bios/simon052/2003049022.html.

Scherf, Jonas (2019): Was ist Logistik 4.0? Alles zum Thema Digitalisierung & Logistik. MM Logistik Das Portal für Industrie und Handel. Online verfügbar unter https://www.mm-logistik.vogel.de/was-ist-logistik-40-alles-zum-thema-digitalisierung-logistik-a-692722/, zuletzt geprüft am 17.06.2019.

Schmidt, Maik (2015): Arduino. Ein schneller Einstieg in die Microcontroller-Entwicklung. 2. Aufl. s.l.: dpunkt (Edition Make).

Timmis, Harold (2012): Arduino in der Praxis. Die wichtigsten Anleitungen zur Arduino-Programmierung ; Arduino-Projekte mit Bluetooth steuern ; Arduino-Projekte mit Xbox-Controller steuern ; mit Fehlermeldungen via GSM-Messaging arbeiten. Haar bei München: Franzis (Know-how ist blau).

10 Abbildungsnachweis

Abbildung	Nachweis	Zuletzt geprüft am
Logo	Eigene Darstellung in Anlehnung an: https://thenounproject.com/term/self-driving-car/29693/	27.05.2019
BMC	Eigene Darstellung erstellt mit https://www.starting-up.de/gruenden/businessplan/business-model-canvas.html	17.06.2019
1	Eigene Darstellung; erstellt am	16.06.2019
2	https://ngin-mobility.com/artikel/lieferroboter-kiwi-berkeley-uni/	20.06.2019
3	https://www.seeedstudio.com/Grove-Starter-Kit-for-Arduino-p-1855.html	17.06.2019
4	Eigene Darstellung; erstellt am	12.06.2019
5	Eigene Darstellung; erstellt am	12.06.2019
6	https://store.nerokas.co.ke/index.php?route=product/product&product_id=1204	17.06.2019
7	https://circuit.pk/product/arduino-uno-r3-smd-in-pakistan/	17.06.2019
8	Screenshot, eigene Darstellung; erstellt am	17.06.2019
9	Screenshot, eigene Darstellung; erstellt am	17.06.2019
10	Screenshot, eigene Darstellung; erstellt am	17.06.2019
11	Screenshot, eigene Darstellung; erstellt am	17.06.2019
12	Screenshot, eigene Darstellung; erstellt am	17.06.2019
13	https://www.sparkfun.com/products/945/functions3	17.06.2019
14	https://www.electroschematics.com/4129/photodiode-design-note/	17.06.2019
15	https://www.exp-tech.de/plattformen/arduino/4392/arduino-uno-smd-r3	19.06.2019
16	https://www.exp-tech.de/module/motorsteuerung/schrittmotoren/4194/arduino-motor-shield-rev3	19.06.2019
17	https://www.exp-tech.de/plattformen/robotik/sonstige/6536/wheel-65mm-rubber-tire-pair?c=1022	19.06.2019
18	https://www.exp-tech.de/plattformen/robotik/sonstige/6607/pololu-ball-caster-with-1-plastic-ball?c=1022	19.06.2019
19	https://www.exp-tech.de/zubehoer/batterien-akkus/lipo-akkus/5801/lipo-akku-1000mah-3.7-v-2-mm-jst	19.06.2019

20	https://www.exp-tech.de/motoren/dc-motoren/8859/dc-gearbox-motor-tt-motor-200rpm-3-to-6vdc?c=1197	19.06.2019
21	https://www.exp-tech.de/sensoren/sonstige/6086/sparkfun-line-sensor-breakout-qre1113-analog	19.06.2019
22	https://www.exp-tech.de/plattformen/robotik/sonstige/4882/pololu-5-robot-chassis-rrc04a-transparent-clear	19.06.2019
23	https://www.exp-tech.de/zubehoer/tasterschalter/4371/kippschalter-ein-aus	19.06.2019
24	https://www.amazon.de/sourcingmap%C2%AE-M3x50mm-Innengewinde-Pattsituation-Abstandhalter/dp/B013U39QSU/ref=pd_day0_hl_60_13?_encoding=UTF8&pd_rd_i=B013U39QSU&pd_rd_r=9ef32aa3-8a9f-11e9-a56d-6f22ef8a7fea&pd_rd_w=ClyS7&pd_rd_wg=othHd&pf_rd_p=2201c3c9-4bbe-45b3-9e49-7948d9b16246&pf_rd_r=KKCCS8KXXAS773FHRB3T&psc=1&refRID=KKCCS8KXXAS773FHRB3T	20.06.2019
25	Eigene Darstellung; erstellt am	21.06.2019
26	Vorlesungsskript 05 Business Model Prof. Dr. Oliver Mauroner, Slide 27	
27	Vorlesungsskript 05 Business Model Prof. Dr. Oliver Mauroner, Slide 27	
28	https://bmcintroduction.wordpress.com/revenue-streams/	19.06.2019
29	Frosch: http://www.euro-kat.de/ff-kat/FF_Data/Erdal/2520.htm Opel Kapitän: https://picclick.de/Opel-Kapit%C3%A4n-Modellauto-143%C2%A0-323745609601.html Flugzeug: https://www.worldshop.eu/de/product/Lufthansa	20.06.2019
30	Eigene Darstellung; erstellt am	21.06.2019

11 Anhang

Verwendeter Programmiercode:

```
#define lights 9

int LDR1, LDR2, LDR3; // sensor values

// calibration offsets

int leftOffset = 0, rightOffset = 0, centre = 0;

// pins for motor speed and direction

int speed1 = 3, speed2 = 11, direction1 = 12, direction2 = 13;

// starting speed and rotation offset

int startSpeed = 150, rotate = 30; /* CHANGE START SPEED IF YOUR ROBOT IS TOO SLOW, AND
CHANGE THE ROTATE VALUE ACCORDING TO YOUR

TURNING ANGLE OF BLACK LINE.*/


// sensor threshold

int threshhold = 5;

/*Threshold is the difference in values required between the center sensor and the left or right
sensors

before the robot decides to make a turn. In my case, a setting of 5 worked well. This means that
the left and right

sensors would need to detect a value greater than the value read from the center sensor plus
the

threshold value before action is taken. In other words, if the center sensor is reading a value of
600 and

the left sensor is reading 603, then the robot will keep going straight. However, a left sensor
value of 612

(which is higher than the center value plus threshold) means that the left sensor is detecting the
back

line, indicating that the robot is too far over to the left. So the motors would adjust to make the
robot
```

turn to the right to compensate.

The threshold value will vary depending on the contrast between your floor (or whatever surface

you use) and the black line. This may need to be adjusted to ensure the robot only turns when it has

detected enough of a difference between floor and line to ascertain it had moved too far left or right.*/

```
// initial speeds of left and right motors

int left = startSpeed, right = startSpeed;

// Sensor calibration routine

void calibrate() {

for (int x=0; x<10; x++) { // run this 10 times to obtain average

digitalWrite(lights, HIGH); // lights on

delay(100);

LDR1 = analogRead(0); // read the 3 sensors

LDR2 = analogRead(1);

LDR3 = analogRead(2);

leftOffset = leftOffset + LDR1; // add value of left sensor to total

centre = centre + LDR2; // add value of centre sensor to total

rightOffset = rightOffset + LDR3; // add value of right sensor to total

delay(100);

digitalWrite(lights, LOW); // lights off

delay(100);

}

// obtain average for each sensor

leftOffset = leftOffset / 10;

rightOffset = rightOffset / 10;

centre = centre /10;
```

```
// calculate offsets for left and right sensors
leftOffset = centre - leftOffset;
rightOffset = centre - rightOffset;
}
void setup()
{
// set the motor pins to outputs
pinMode(lights, OUTPUT); // lights
pinMode(speed1, OUTPUT);
pinMode(speed2, OUTPUT);
pinMode(direction1, OUTPUT);
pinMode(direction2, OUTPUT);
// calibrate the sensors
calibrate();
delay(3000);
digitalWrite(lights, HIGH); // lights on
delay(100);
// set motor direction to forward
digitalWrite(direction1, HIGH);
digitalWrite(direction2, HIGH);
// set speed of both motors
analogWrite(speed1,left);
analogWrite(speed2,right);
}
void loop() {
// make both motors same speed
left = startSpeed;
right = startSpeed;
```

```
// read the sensors and add the offsets
LDR1 = analogRead(0) + leftOffset;
LDR2 = analogRead(1);
LDR3 = analogRead(2) + rightOffset;
// if LDR1 is greater than the centre sensor + threshold turn right
if (LDR1 > (LDR2+threshhold)) {
left = startSpeed + rotate;
right = startSpeed - rotate;
}
// if LDR3 is greater than the centre sensor + threshold turn left
if (LDR3 > (LDR2+threshhold)) {
left = startSpeed - rotate;
right = startSpeed + rotate;
}
// send the speed values to the motors
analogWrite(speed1,left);
analogWrite(speed2,right);
}
```