

Inhaltsverzeichnis

1. EINFÜHRUNG

**1.1. Problemstellung und Umstände**

**1.2. Unsere Lösung für das Problem**

2. ART UND WEISE DES VORGEHENS

3. UMSETZUNG

**3.1. Das Entwickeln eines Roboters**

3.1.1. Prototyp 1

3.1.2. Prototyp 2

3.1.3. Prototyp 3

3.1.4. Prototyp 4

3.1.5. Prototyp 5

3.1.6. Prototyp 6

**3.2. Hardware und Software des EV3**

3.2.1. Die Hardware

3.2.2. Die Software

**3.3. Die Applikation**

3.3.1. Verbindung von Smartphone und EV3

3.3.2. Weitere Funktionen der Applikation

**3.4. Einbindung des Kinect v2 Sensors**

3.4.1. Die Hardware

3.4.2. Die Software

4. ERGEBNISSE

5. GENUTZTE BIBLIOTHEKEN

6. DISKUSSION

**6.1. Probleme bei der Umsetzung**

**6.2. Weiterentwicklungsmöglichkeiten**

5.2.1. Optimierung der Hardware

5.2.2. Optimierung der Software

7. DANKSAGUNG

8. QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:

Abbildung 2:

Abbildung 3:

Abbildung 4:

Abbildung 5:

Abbildung 6:

Abbildung 7:

Abbildung 8:

Abbildung 9:

Abbildung 10:

1. EINFÜHRUNG

* 1. **Problemstellung und Umstände**

Der demographische Wandel unserer Gesellschaft ist gekennzeichnet von sinkenden Geburtszahlen, erhöhter Lebenserwartung und Auflösung von traditionellen Familienstrukturen. Ältere und körperlich eingeschränkte Menschen sind vermehrt auf sich alleine gestellt und auf Unterstützung angewiesen.

Dabei ist das Transportieren schwerer Gegenstände, wie zum Beispiel Einkäufe, oftmals ein Problem von großer Bedeutung. Aufgrund dieser Umstände können vor allem alleinlebende, körperlich eingeschränkte Menschen sich nicht mehr selbst versorgen und sind auf Unterstützung zum Beispiel durch Haushaltshilfen angewiesen, welche viel Geld kosten, das selten aufgebracht werden kann.

Auch moderne Online-Dienstleistungen in Form von Lieferservices entsprechen häufig nicht den Bedürfnissen älterer Menschen, da diese sich in den wenigsten Fällen ausreichend mit Computern auskennen oder keinen Internetzugang besitzen.

* 1. **Unsere Lösung für diese Problematik**

Um das Problem, welches das Tragen von schweren Einkäufen oder Ähnlichem darstellt, zu lösen entschieden wir uns einen Roboter zu konstruieren welcher diese Aufgabe übernehmen sollte. Dieser sollte, um für die meist technikunerfahrene ältere Generation leicht handhabbar zu sein, autonom und somit ohne weitere manuelle Steuerung, seinem Besitzer folgen und sonst nur durch Sprachbefehle gesteuert werden. Außerdem muss der Roboter sich den Gegebenheiten, wie zum Beispiel variablen Geschwindigkeiten unterschiedlicher Menschen anpassen können. Dazu kommen noch einige weitere Grundvoraussetzungen, die es zu beachten gibt, wie beispielsweise eine geeignete Höhe der Tragefläche, um ein anstrengendes Bücken des Besitzers zu vermeiden.

2. ART UND WEISE DES VORGEHENS

Um alle Erforderlichkeiten, die für einen guten Roboter nötig sind, zu erfüllen, planten wir eine ganze Reihe von verschiedenen Modellen, wobei die verwendete Technik und Software sich, auf Basis der vorherigen Modelle, immer weiter verbessern sollte.

Durch dieses System setzten die ersten Prototypen noch auf sehr einfache Technik sowie Mechanik und es fehlten einige der oben genannten Funktionen.

Dabei testeten wir verschiedene Arten der Fortbewegung und der Positionsbestimmung und nutzten verschiedene Programmiersprachen und Bibliotheken, bis wir uns für eine finale Methodik entschieden.

Mit der Zeit sollten außerdem noch einige weitere, zusätzliche Funktionen hinzukommen, um den Nutzern des Roboters den Alltag zusätzlich zu erleichtern.

Nach dem Bau eines Prototyps erstellten wir ein passendes Programm, immer an die Fähigkeiten des gegenwärtigen Roboters angepasst. Dabei teilten wir das gesamte Projekt in mehrere Themenbereiche ein, welche sich jeweils mit einer einzelnen Thematik befassen. Dies sorgte sowohl für einen besseren Überblick, als auch für die Möglichkeit sich genauer mit einzelnen Problemen zu beschäftigen. Eine solche Vorgehensweise braucht zwar viel Zeit, überzeugt jedoch mit durchdachteren Ergebnissen und einer klaren und effizienten Strukturierung.

3. UMSETZUNG

**3.1. Das Entwickeln eines Roboters**

Bei der Entwicklung der Prototypen gingen wir wie oben beschrieben vor (siehe 2.). Das bedeutet, dass wir insgesamt sechs Prototypen entwickelten, um uns einem optimalen Roboter schrittweise anzunähern. Beim Material setzten wir aufgrund der hohen Flexibilität und akzeptabler Stabilität auf die „LEGO-Technic“ Bauteile.

3.1.1. Prototyp 1:

Unser erstes Konstrukt war nicht viel mehr als ein simples Fahrgestell. Es konnte durch seine zwei gefederten Ketten, welche ohne Getriebe direkt an je einen Motor angebunden waren, nur sehr langsam und nur geradeaus fahren. Daran diesen zu programmieren war nicht einmal zu denken, da noch kein Computer verbaut war, welchen man hätte programmieren können.

3.1.2. Prototyp 2:

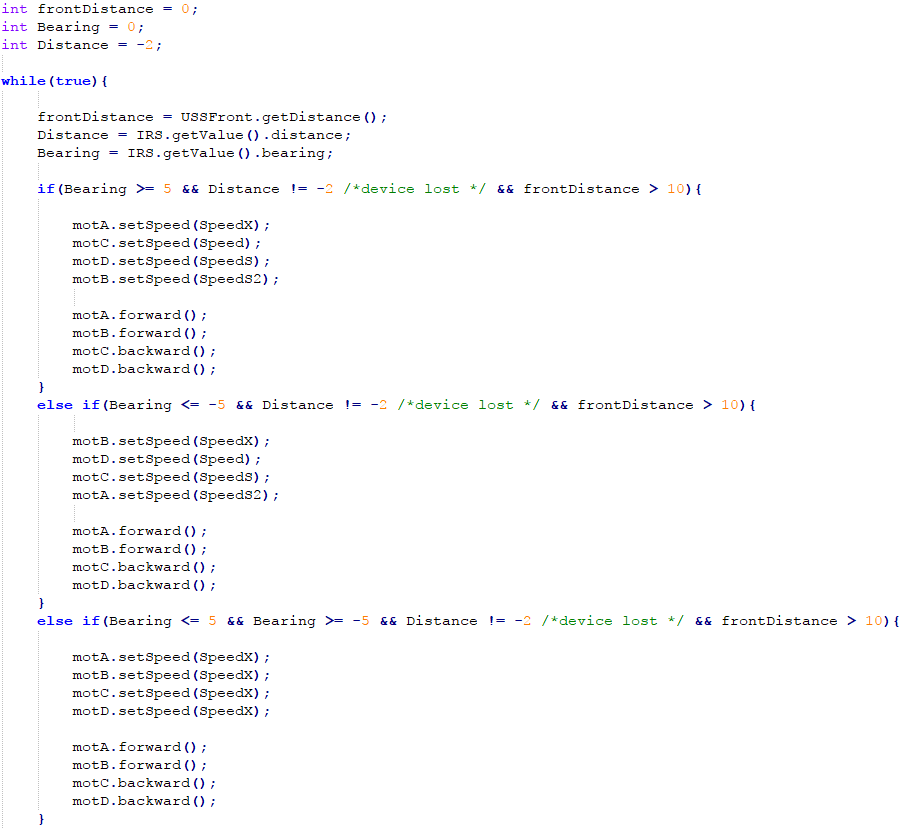
Bei unserem zweiten Modell tauschten wir die Ketten gegen Räder aus, bauten einen EV3 (siehe 3.2.1.) ein und fügten ein pneumatisches Grundsystem (elektronische Pumpe, Drucklufttank, einige Kolben) hinzu mit dem wir weitere Funktionen, wie eine verschließbare Klappe für den Einkaufskorb umsetzen wollten. Dieser Prototyp konnte sich dann, mithilfe eines kleinen, in der grafischen LEGO Umgebung erstellten Programm, grundlegend bewegen. Da allerdings, noch keine Sensoren verbaut waren, war er weder in der Lage Objekten auszuweichen, noch einer Person zu folgen.

3.1.3. Prototyp 3:

Bei dem dritten Prototyp unseres Projekts versuchten wir erstmals den Roboter Treppen steigen zu lassen. Wir setzten dabei auf ein System, bei dem sich der Roboter durch vier an den Seiten angebrachte Arme auf Höhe einer Treppenstufe stemmt. Dazu konnte dieser alle Arme nach oben und nach unten schwenken. Zum Fahren waren alle vier Arme nach unten geklappt, sodass die angebrachten Räder auf dem Boden auflagen. Das dafür entwickelte Programm sollte dafür sorgen, dass der Roboter zuerst an eine Stufe heranfährt, anschließend seine vorderen Arme nach oben schwenkt und auf dieser ablegt. Danach sollte sich derselbe Vorgang für die beiden hinteren Arme wiederholen. Dieses Modell scheiterte letztendlich aufgrund der mangelnden Stabilität des Baumaterials und der zu geringen Kraft der Motoren, welche nötig gewesen wäre, um den Roboter anzuheben.

3.1.4. Prototyp 4:

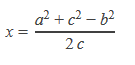
Nachdem wir das Treppensteigen nun nicht mehr fortführten, beschlossen wir uns bei Modell 4 einem Problem zu widmen auf das wir zuvor noch nicht geachtet hatten - die Höhe der Tragfläche. Wir entschieden uns für eine Höhe von 80 cm, damit der Besitzer des Roboters sich nicht bücken muss, um seinen Einkauf zu entnehmen. Dazu entwickelten wir einen Roboter, dessen Fahrgestell dem Prinzip des Gestells des zweiten Prototyps glich, jedoch mit der Veränderung, dass diesmal ein großer Aufbau darauf gesetzt war auf dessen höchsten Punkt sich der Korb für die Einkäufe befand. Außerdem versuchten wir das erste Mal die Position des Besitzers zu bestimmen. Hierbei setzten wir auf einen Lego Infrarot-Sensor, welcher am Roboter befestigt war und eine dazugehörige Fernbedienung, die beim Besitzer getragen durchgehend Signale senden sollte, anhand derer die ungefähre Richtung und Distanz zwischen Sensor und Sender ermittelt werden kann. Da die dazu nötige Programmierung bereits die Möglichkeiten der Lego-Software überfordern würde, entschieden wir uns auf dem Roboter die auf Linux basierende JavaVM „LeJOS“ zu installieren um nun in Java weiter arbeiten zu können. Mit der Programmierung des Roboters agierte dieser in Ordnung, verlor jedoch oft das Signal der Fernbedienung oder ortete sie an einer vollständig falschen Position. Außerdem war, da weder ein Getriebe noch eine Lenkung eingebaut war, das Fahrverhalten, trotz exakter Software, sehr ungenau.



3.1.5. Prototyp 5:

Um die Genauigkeit, welche den 4. Prototypen zum Scheitern gebracht hatte, zu verbessern entschieden wir uns, das seit dem 2. Prototypen nahezu gleich gebliebene Fahrgerüst vollständig neu zu konstruieren und eine Lenkung einzubauen. Außerdem brachten wir nun zwei Infrarot-Sensoren an, welche beide die Distanz zur Fernbedienung bestimmen sollten. Anhand der beiden Distanzen und der Distanz der Sensoren zum Mittelpunkt des Roboters lassen sich mithilfe der Vektorrechnung zwei Schnittpunkte berechnen, wobei der im positiven Bereich liegende Schnittpunkt der Position der Person in einem Koordinatensystem entspricht. Dazu verwendeten wir ein Programm auf Basis der folgenden Terme:







wobei:

a = Radius von Kreis A

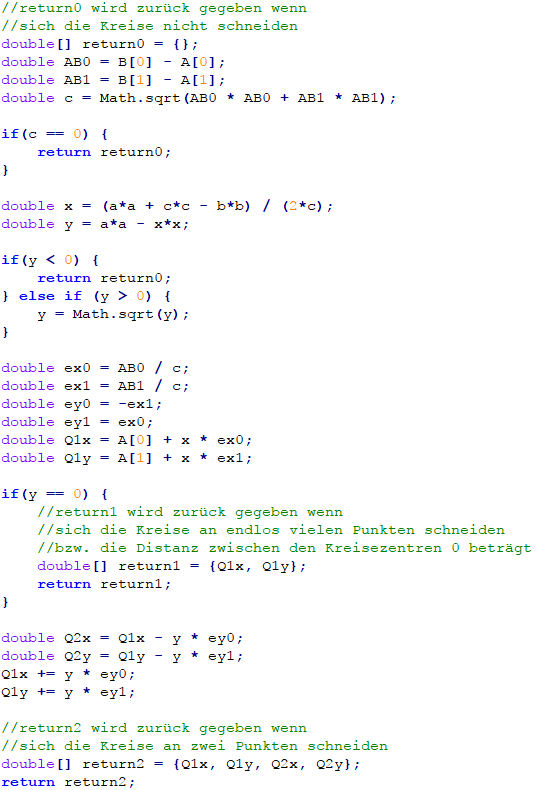
b = Radius von Kreis B

c = Abstand der Kreiszentren

x = X-Abstand der beiden Schnittpunkte zum Ursprung

y = Y-Abstand der beiden Schnittpunkte von der X-Achse

Dieses sah dann aus wie folgt:



Jedoch stellte nach einigen Testläufen mit der neuen Software heraus, dass auch diese aufgrund der zu hohen Ungenauigkeit noch nicht geeignet war um final verwendet zu werden.

3.1.6. Prototyp 6:

Bei unserem sechsten und zum Zeitpunkt des Wettbewerbs aktuellen Prototyp veränderten wir nahezu alles. Die Infrarot-Sensoren wurden von einem Microsoft Kinect Sensor (siehe 3.4.) der zweiten Generation abgelöst. Weiterhin wurde der Aufbau des Roboters massiv verändert, da nun ein Laptop auf ihm befestigt werden musste, um die Daten des Sensors in Echtzeit auswerten zu können. Des Weiteren setzen wir nun auf ein vollständig neues Lenksystem, bei dem die hinteren Räder sich kontinuierlich drehen, während die vorderen Motoren der Lenkung dienen.

Der verwendete Sensor ist in der Lage, durch Ultraschallwellen die vor ihm liegende Umgebung zu scannen und verfügt außerdem über eine Kamera. Mit dem Sensor ist es möglich, eine Person zu verfolgen, indem die Bilddaten nach Personen durchsucht werden (genaueres: siehe ebenfalls 3.4.). Er ist über ein USB-Kabel mit dem angebrachten Laptop verbunden. Durch eine dauerhafte Datenübertragung via WLAN steht der Laptop mit den anderen Geräten in Kontakt.

**3.2. Hardware und Software des EV3**

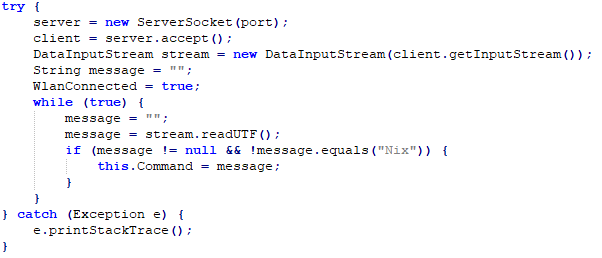
3.2.1. Die Hardware

Der EV3, ein kleiner Computer hergestellt von LEGO, stellte sich für unser Projekt als durchaus passend heraus. Mit seinem Set verfügt der Besitzer über eine vielfältige Auswahl von sowohl Motoren, welche wir zu der Fortbewegung des Roboters nutzten, als auch Sensoren, welche nur bei Prototyp 1-5 eine Rolle spielten. Durch diese Komponenten war eine gute Grundlage geschaffen.

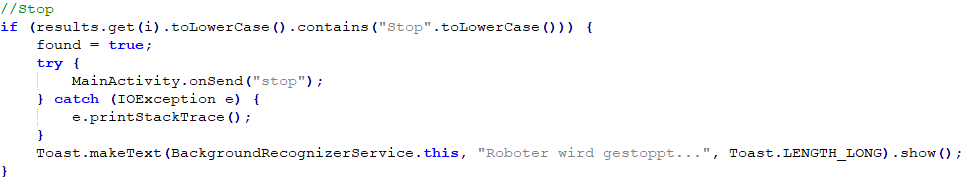
3.2.2. Die Software

Das Ansprechen der Motoren und Sensoren sowie ein sicherer Datenaustausch zwischen dem EV3 und weiteren Geräten wurden möglich, indem wir die jeweiligen Programme in der Programmiersprache Java schrieben. Zwar war schon eine vorgefertigte, graphische Oberfläche zu der Programmierung speziell für EV3s vorhanden, jedoch ist diese nicht auf größere Projekte mit mehreren verbundenen Geräten ausgelegt, weshalb wir damit nicht arbeiten konnten. Um geschriebenen Code auch verarbeiten zu können, wurde ein neues Betriebssystem namens „leJOS“ auf dem EV3 installiert. Dabei handelt es sich um eine „Java Virtual Machine“, welche durch Linux agiert und extra für den EV3 vorgesehen ist.

Die implementierte Bibliothek „leJOS EV3“ fügt die nötigen Funktionen und Klassen in Java ein, welche beispielsweise das ansteuern der Motoren ermöglichen.

Das Programm des EV3s besteht darin die Position des Besitzers auf der X-Achse zu erhalten, diese auf Basis des FOVs (eng. **F**ield **O**f **V**iew) des Kinect-Sensors in einen Winkel umzurechnen und diesem zu folgen. Außerdem muss er auf Befehle, welche er vom Smartphone erhält, reagieren. Die Daten des Sensors erhält er via WLAN, während er die Daten des Handys über Bluetooth empfängt.

**3.3. Die Applikation**

Ein Grundkonzept unseres Projekts ist die einfache Handhabung des Roboters auch für Menschen, welche sich nicht ausreichend mit Computern auskennen. Daher entwickelten wir eine Applikation für Smartphones, welche Sprachbefehle erkennt und an den Roboter weitergibt. Dieser sollte dem Befehl entsprechend reagieren. Dazu nutzten wir die im Android System integrierte Sprachverarbeitung und ließen diese nach einigen „Hotwords“ suchen. Hier beispielsweise nach dem Wort „Stop“:

3.3.1 Verbindung von Smartphone und EV3

Um die erkannten Begriffe an den EV3 weiterzugeben, richteten wir eine Verbindung via Bluetooth zwischen dem EV3 und dem Handy ein, welche jedes Mal, wenn die Applikation gestartet wird, neu initialisiert wird. Bisher zur Steuerung des Roboters nutzbare Begriffe sind:

* „Stop“
* Der Roboter wird gestoppt
* „Weiter“
* Der Roboter fährt weiter

Die Befehle zum Steuern des Roboters sind auch durch Buttons auf der Startseite der Applikation ausführbar.

3.3.2. Weitere Funktionen der Applikation

Nachdem nun ohnehin eine Applikation auf dem Smartphone des Benutzers installiert werden muss, beschlossen wir diese mit weiteren Funktionalitäten auszustatten.

Mit der Spracherkennung als Grundlage integrierten wir eine Einkaufsliste, welche vollständig durch Sprache gesteuert und bei Bedarf vorgelesen werden kann. Die Sprachsteuerung inkludiert zu diesem Zeitpunkt das Hinzufügen und Entfernen von Produkten, das Leeren der Liste und das vollständige Vorlesen der Liste. Diese Funktionen sind ebenfalls über die graphische Oberfläche der App verfügbar.

Ebenfalls auf Basis der Spracherkennung entwickelten wir eine Notruffunktion, welche, nachdem sie in den Einstellungen in der App konfiguriert wurde, bei einer dabei festgelegten Phrase eine SMS an eine ebenfalls

dort definierte Nummer sendet. 

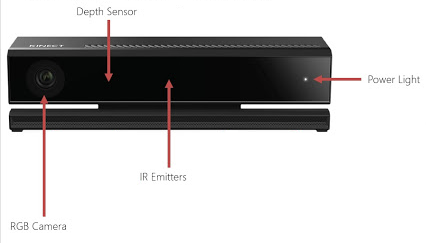
**3.4. Einbindung des Kinect v2 Sensors**

3.4.1. Hardware

Die hier verwendete zweite Version des Kinect – Sensors von Microsoft verfügt über einige Sensoren, welche gut zum Erkennen von Objekten in der näheren Umgebung eingesetzt werden können.

Dazu zählen:

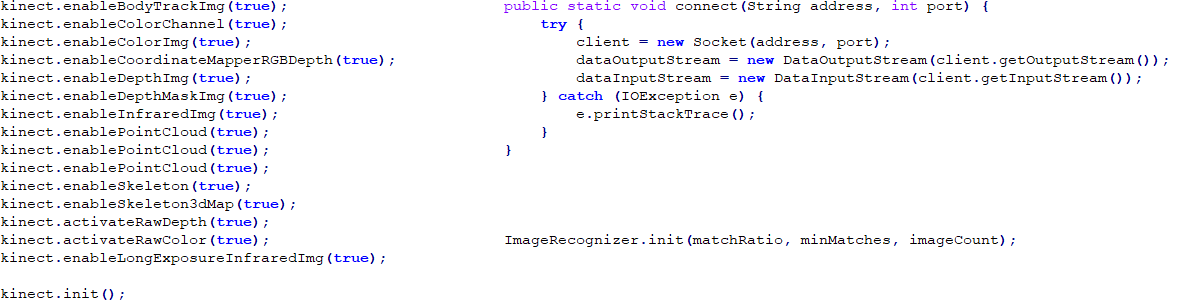
* ein Tiefensensor
* Dieser Sensor fungiert durch die von ihm gesendeten Ultraschallwellen – anhand der Zeit, wie lange die Wellen benötigen um zum Sensor zurück zu gelangen erstellt der Computer eine dreidimensionale Karte
* Eine Kamera
* Die 1080p Farbkamera sendet in einer Geschwindigkeit von 30Hz Daten an den Computer
* Die Infrarot Emitter
* Diese Komponente ermöglicht es dem Computer auch bei schlechter Beleuchtung gute Bilder von der Umgebung



3.4.2. Software

Die Software gliedert sich fünf wichtige Teile ein.

Im ersten Teil, dem Setup, werden die verschiedenen Datenströme des Sensors aktiviert und dieser

initialisiert. Desweiteren wird eine Verbindung mit der App auf dem Smartphone hergestellt, sowie die die Bildverarbeitungsklasse initialisiert.

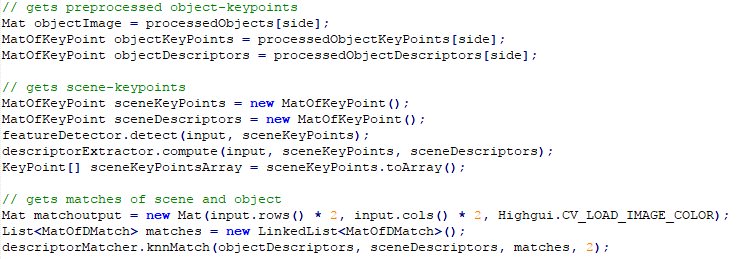
Zu Beginn des zweiten Teils wird der Besitzer des Roboters dazu aufgefordert sich langsam im Kreis zu drehen. Dabei werden in Intervallen von 1,875 Sekunden insgesamt acht Bilder aufgenommen. Um keine Objekte im Hintergrund sondern die Person zu verfolgen wird der Hintergrund dieser Bilder anhand der Tiefendaten entfernt, sodass nur noch die Person auf dem Bild verbleibt. Die verarbeiteten Bilder werden in einem Array gespeichert und in dieser Form an die Klasse zur Bildverarbeitung übergeben. Diese extrahiert aus den Bildern auf Basis eines SURF-Algorithmus (eng. „**S**peeded **U**p **R**obust **F**eatures“) die Identifikationsmerkmale der Person und speichert diese zwischen, sodass sie später verwendet werden können, um den Besitzer zu identifizieren.



Nun folgt eine Endlosschleife, welche sich in die restlichen drei Teile gliedert.

Zunächst wird in der Schleife das Farbbild vom Sensor abgerufen.

Auf diesem wird nun auf Basis der vorher aus den Bildern gesammelten Identifikationsmerkmale nach dem Besitzer gesucht und sofern dieser gefunden wurde, seine Position auf der X-Achse bestimmt. Die Verarbeitung des Bildes passiert parallel, wobei für jedes der im zweiten Teil erstellten Bilder ein einzelner Thread erstellt wird, welcher dieses mit dem aktuellen Farbbild abgleicht. Das Ergebnis des Threads mit den meisten Übereinstimmungen wird weiter verwendet.



Nach der Bestimmung der Position wird diese über einen „DataOutputStream“ an den EV3 gesendet.

Der Source-Code aller Programme ist unter <https://github.com/vincentscode/jugend-forscht>/ zu finden.

4. ERGEBNISSE

**Pro:**

* Günstiger als zB Haushaltshilfe / keine weiteren Kosten nach Kauf
* Sprachbefehle
* Kann auch größere Lasten transportieren
* passt sich an variierende Geschwindigkeiten an
* digitale Einkaufsliste → kann nicht vergessen werden

**Contra:**

* Benötigt Smartphone & durchgehende Internetverbindung
* Kann noch keine Treppen steigen

5. GENUTZTE BIBLIOTHEKEN

Folgende Bibliotheken für die Programmiersprache Java nutzen wir:

* OpenCV 2.4.3 ([https://opencv.org](https://opencv.org/))

→ Eine Bibliothek zur Bildverarbeitung

* KinectPV2 (<https://github.com/ThomasLengeling/KinectPV2>)

→ Eine Bibliothek zum Ansprechen des Kinect-Sensors

* Processing 2 ([https://processing.org](https://processing.org/))

→ Eine Bibliotke, genutzt von KinectPV2

* JOGl (JavaOpenGl) (<https://jogamp.org/jogl/www/>)

→ Eine Bibliothek zur Visualisierung von Bildern, genutzt von Processing 2

* Gluegen (<https://jogamp.org/gluegen/www/>)

→ Eine Bibliothek, genutzt von JOGl

* LeJOS EV3 (<http://www.lejos.org/ev3.php>)

→ Eine Bibliothek zur Steuerung des EV3s

6. DISKUSSION

**5.1. Probleme bei der Umsetzung**

- weil nicht mehr LEGO-Software → Java lernen (vollständig selbst) → Anfangs unerfahren

**-** LEGO nicht für derartige Projekte gedacht → zB Motoren werden mit der Zeit immer ungenauer

**-** Wenig Dokumentation oder Bibliotheken für Kinect-Sensor v2 → Keine Vergleichbaren Projekte (nur auf Basis des v1)

**5.2. Weiterentwicklungsmöglichkeiten**

5.2.1. Optimierung der Hardware

Im Bezug auf die Weiterentwicklung des Projekts haben wir viele Ideen. Die meisten davon konnten wir bisher allerdings noch nicht umsetzen, da diese einiges mehr an Geld zur Entwicklung benötigen würden, als wir derzeit zur Verfügung haben. Im Folgenden listen wir Einige auf.

Als wichtigste Verbesserung des Roboters sehen wir den Austausch des jetzigen Materials gegen ein serienmäßig hergestelltes Hartplastik-Chassis. Dies wäre bei einer seriellen Herstellung jedoch ohnehin Normalfall. Durch diese Veränderung wäre durch eine drastisch erhöhte Stabilität auch eine noch höhere Traglast denkbar.

Eine weitere Optimierung wäre durch ein austauschen der Motoren gegen Leistungsstärkere mölich. Durch einige Umbauten ähnlich den Armen bei Prototyp 3 könnte der Roboter so auch Treppensteigen.

Dadurch, dass unser Projekt einen Prototyp darstellt, werden einige Teile verbaut, an deren Stelle in der Produktion sparendere und günstigere Komponenten verwendet werden könnten. Zum Bespiel könnten der Laptop und der Raspberry durch ein leistungsstarkes SoC (System on a Chip) ausgetauscht werden, wodurch die Kosten für ein Display, übermäßig viel RAM, eine Grafikkarte und vieles mehr gespart würden. Außerden könnte man leistungsstärkere Akkus verbauen, welche zu einer längeren Benutzbarkeit führen würden.

5.2.2. Optimierung der Software

Momentan stellt unser Programm zur Verarbeitung der Daten des Kinect Sensors noch ein Problem dar. Um es effizient nutzen zu können, benötigt der der Computer einen starken Prozessor.

Eine Optimierung des Programms liegt darin, die Verarbeitung des Datenflusses auf die GPU zu verlagern, da diese Prozesse optimal für unser Projekt verarbeitet.

Bei unserem Projekt spielt die genaue Erkennung der richtigen Person sowie deren Verfolgung eine große Rolle.

Da momentan nur Daten der Farbkamera vom Roboter genutzt werden ist eine genaue Ortung des Besitzers nicht ganz vorhanden.

6. DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchten wir allen Personen danken, welche uns auf unserem Weg zum finalen Projekt geholfen haben.

Insbesondere danken wir Lukas Justen für seine Hilfe bei der Programmierung einer Bluetoot-Verbindung zwischen EV3 und Smartphone.

Des weiteren bedanken wir uns bei Herrn Ossmann für seine Unterstützung im Laufe der letzten Jahre, sowie für die Betreung dieses Projekts.

7. QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS

OpenCV 2.4.3 Java-Dokumentation: <https://docs.opencv.org/java/2.4.3/>

Android Tutorials Deutsch, The Morpheus Tutorials: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLNmsVeXQZj7qShNeVpdDAQedIq2n8BvqC>

Android Speech Recognition as a service on Android 4.1 & 4.2, Stackoverflow: [http://stackoverflow.com/questions/14940657/android-speech-recognition-as-a-service-on-android-4-1-4-2/14950616#14950616](http://stackoverflow.com/questions/14940657/android-speech-recognition-as-a-service-on-android-4-1-4-2/14950616" \l "14950616)

Android Developer Webseite: <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth.html>

Bluetooth zwischen Raspberry Pi und Android, IT in der Hosentasche: <http://it-in-der-hosentasche.blogspot.de/2014/03/bluetooth-zwischen-raspberry-pi-und.html>

LeJOS EV3 Dokumentation: <http://www.lejos.org/ev3/docs/>

KinectPV2 Bibliothek, Thomas Lengling: <https://github.com/ThomasLengeling/KinectPV2>

Ausreißer in Arrays finden, Colingorrie: [http://colingorrie.github.io/outlier-detection.html#iqr-method](http://colingorrie.github.io/outlier-detection.html" \l "iqr-method)