

Tracking Roboter FT18

Florian Miegel, Elektrotechnik und Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—Untersuchungsgegenstand dieses Papers ist ein LEGO-Roboter, der FT18, dem ein Menschenverfolgungs-Algorithmus zugrunde liegt. Mithilfe einer Logitech-C270-Webcam werden die Bilder auf eine Zielfarbe untersucht. Ketten und der mobil gelagerte Kopf (Kippstuhl) werden so angesteuert, dass das Ziel in der Bildmitte verbleibt, während der Roboter auf das Ziel zufährt. Zusätzlich werden Anwendungsbereiche für assistive Roboter im Dienstleistungssektor definiert.

Schlagwörter—Aktives Sehen, Bildverarbeitungssystem, Color Space Thresholding, Mensch-Roboter-Interaktion, Service-Roboter, Ziel-Tracking

I. EINLEITUNG

IN einer Zeit, die durch den demographischen Wandel geprägt ist, besteht heutzutage trotz technischen Fortschritts ein Fach- und Pflegekräftemangel. In der Industrie wird der technische Fortschritt durch wirtschaftliche Interessen vorangetrieben. Roboter eignen sich zur Kompensation des Fachkräfte- und Personal mangels. Um die Automatisierung im Dienstleistungssektor weiterführend zu etablieren, müssen die Maschinen außerhalb des sekundären Sektors weiterentwickelt werden. Ziel ist also das Lösen von Problemen im sozialen Sektor mithilfe der Robotik. Als Lösungsansatz wurde daher der Roboter FT18 im Rahmen des Lego-Mindstorms-Projektes entwickelt.

Die frühesten wissenschaftlichen Auseinandersetzungen mit der Thematik reichen bis in die 1980er Jahre zurück. Die Relevanz des „aktiven Sehens“ [1] wird 1988 schon analysiert. Eine weitere Schwierigkeit besteht im Extrahieren der relevanten Informationen aus den Datenmengen, die beim aktiven Sehen aufgenommen werden. Die Rechenleistung soll dementsprechend auf das Extrahieren relevanter Informationen konzentriert werden und irrelevante Informationen sollen ausgeblendet werden [2]. Diese relevanten Informationen werden bei FT18 als Farben definiert. Der Roboter bedient sich also einer renommierten Methode der Farbsegmentierung, nämlich des „Color Space Thresholding“ [3].

II. VORBETRACHTUNGEN

Um im Dienstleistungssektor Arbeiten zu übernehmen, reicht das aktive Sehen [1] allein natürlich nicht aus. Durch Kombination mit anderen Funktionen können allerdings unterstützende Funktionen wahrgenommen werden.

A. Assistenzbot Flo

Mit ähnlichen Zielen wurde im Jahr 2000 „Flo“ für den Bereich der Alterspflege entwickelt [4]. Eine fahrbare Plattform, ausgestattet mit zwei Kameras, 16 Ultraschallsensoren,

Onboard-PCs und ausgefeilten Algorithmen, um Arbeiten der Pflegekräfte unterstützen zu können. Problematisch sind hier Baukosten, der Stand der Technik und die „soziale Kompetenz“, also die Probleme der Bedienung durch Laien bei Spracherkennung und Benutzeroberfläche.

B. Assistenzbot SPENCER

Im Rahmen eines aktuellen Projektes wird State-of-the-Art-Technologie in SPENCER verbaut, einer Service-Plattform, die im Flughafen Anwendung finden soll [5]. Die wissenschaftlichen Auseinandersetzungen mit der Thematik können als Zielvision für den LEGO-Tracking-Roboter angenommen werden. Neben Personenerkennung werden hier natürlich von Kartografierung bis zur Analyse von Gruppendynamiken keine Funktionen ausgelassen. Die optimierte Programmierung im Bereich der Personenerkennung wird in der Ergebnisdiskussion als Vorbild genutzt werden.

C. Tracking Roboter FT18

Flo und SPENCER sind zwei von zahlreichen wissenschaftlichen Projekten im Bereich der Robotik, welche verschiedene Technologiestadien abbilden. Die Funktion, die durch den Tracking-Roboter FT18 realisiert werden soll, ist das Erkennen und Verfolgen eines Ziels durch die Fähigkeit des Sehens und die Fortbewegung über elektronische Antriebe.

III. HAUPTTEIL

A. Mechanik

Das Grundgerüst des Tracking-Roboters wurde als Kettenfahrzeug ausgelegt, um eine möglichst hohe Manövrierfähigkeit zu gewährleisten. Durch das kompakt-stabile Design mit weit nach unten verlagertem Schwerpunkt werden Vibrationen bei der Bewegung ausreichend kompensiert. Eine Webcam ist auf einem Kippstuhl befestigt. Dieser Kippstuhl ist durch einen Motor in einem festgelegten Bereich ansteuerbar. Außerdem ist ein Ultraschallsensor zur Hinderniserkennung im Einsatz. Dem Roboter wurde intern ein Koordinatensystem zugrunde gelegt, dabei wird die Vorwärtsbewegung als Bewegung in x-Richtung festgelegt. Die z-Achse deutet vom Mittelpunkt des Roboters nach oben (siehe Abbildung 1).

B. Elektronik und Programmierung

Die Sensorik und Aktorik von FT18 wird durch einen NXT, einen Steuerungscomputer der Lego-Mindstorms Produktserie, angesprochen. Programmiert wurde der Computer mit Hilfe von MATLAB R2016a.

Der Start der grafischen Benutzeroberfläche leitet die Initialisierung des Roboters ein. Der Startbefehl gibt die dargestellte Befehlskette frei (siehe Abbildung 2).

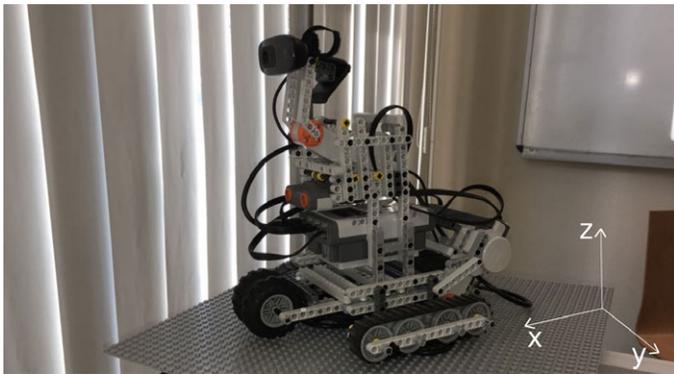


Abbildung 1. Trackingroboter

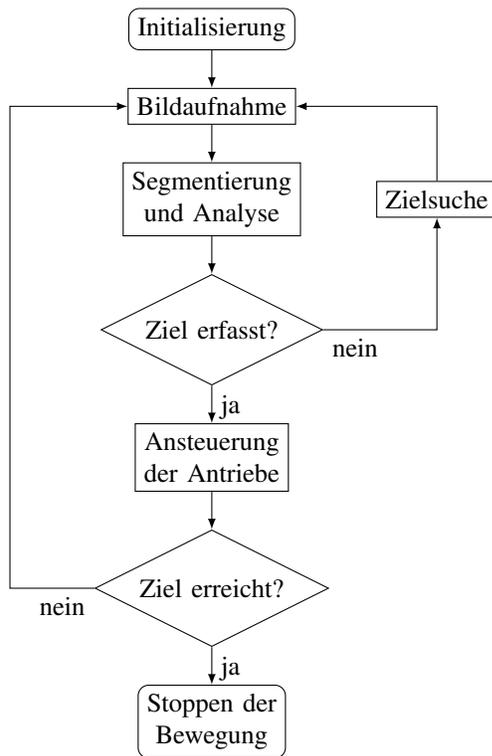


Abbildung 2. Programmablauf

1) *Bildverarbeitung*: Die Webcam Logitech-C270 ist für 30 fps ausgelegt. Drei dieser Bilder werden pro Sekunde abgefragt und ausgewertet (siehe Abbildung 3 links). Ein aufgenommenes Bild wird nach der Methode des „Color Space Thresholding“ [3] gefiltert und auf einen Farbbereich reduziert (siehe Abbildung 3 rechts). Auf der Basis wissenschaftlicher Untersuchungen wurde das HSV-Farbspektrum als sehr effektive Grundlage der Farbsegmentierung verwendet [6].

Nach vollendeter Segmentierung wird das Bild auf binäre Informationen, „Zielfarbe“ und „Nicht-Zielfarbe“, in den einzelnen Bildpunkten reduziert. (siehe Abbildung 4 links). Diese Informationen werden gewichtet und daraus ein „Zielmittelpunkt“ errechnet, der das Bild in vier Segmente mit der jeweils gleichen Anzahl an Farbpixeln zerlegt (siehe Abbildung 4 rechts).



Abbildung 3. Farbsegmentierung

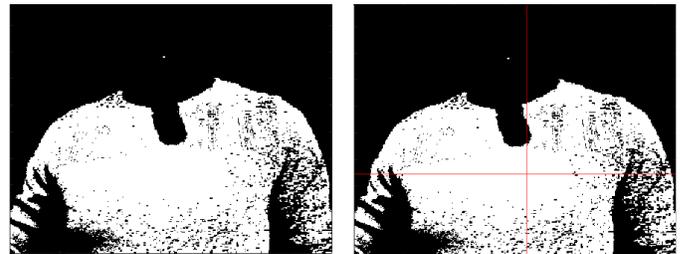


Abbildung 4. Binärdaten

2) *Zielerkennung*: Um die erforderliche Rechenleistung zu minimieren, muss ein möglichst einfacher Algorithmus zur Bildauswertung genutzt werden: Wenn die Gesamtanzahl an Farbpixeln einen Schwellenwert überschreitet, wird der Trackingprozess eingeleitet. Wird der Schwellenwert unterschritten, so wird der dargestellte Prozess der Zielsuche eingeleitet (siehe Abbildung 5).

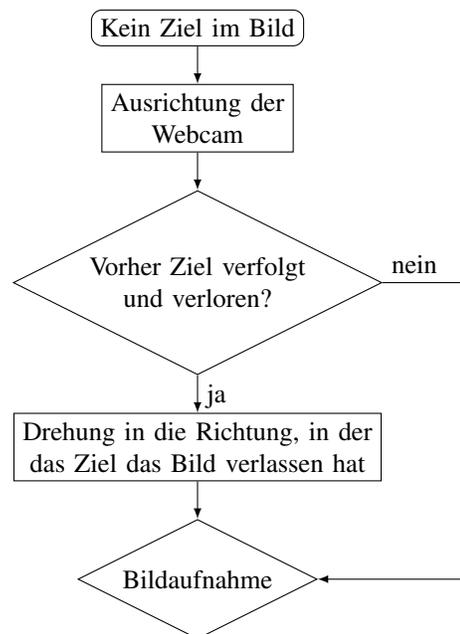


Abbildung 5. Zielsuche

3) *Regelung der Antriebe*: Die Linse der Webcam ist nah an die Rotationsachse des Roboters angeglichen worden, sodass der Bildmittelpunkt als Referenzpunkt eingesetzt werden kann. Demnach kann aus der Differenz der Koordinaten von Bildmittelpunkt und Zielmittelpunkt ein Fehler in

y-Richtung und ein Fehler in z-Richtung errechnet werden. Um aktives Sehen [1] zu gewährleisten, muss die Kamera auf den Bildbereich mit den meisten relevanten Informationen ausgerichtet werden.

Die Motorenregelung wird in Abhängigkeit von der Größe des Fehlers gestuft. Insgesamt gibt es drei Regelungsstufen. Bei großem Fehler, der dritten Regelungsstufe, bleibt eine der Ketten stehen und die andere Kette wird mit einem, von dem Fehler linear abhängigen, Spannungswert angesteuert. Ist der Fehler relativ gering, so werden beide Ketten angesteuert und eine Drehung erfolgt durch unterschiedliche Ansteuerung der Motoren. Wie auf der höchsten Regelungsstufe ist auch hier eine lineare Abhängigkeit von der Größe des Fehlers implementiert. Bei Stufe 1 unterschreitet der Fehler einen Schwellenwert und beide Antriebe werden mit maximaler Spannung versorgt.

Die Drehung des Kippstuhls ist weniger komplex. Ist das Ziel zu weit vom Bildmittelpunkt entfernt, wird die Kamera um einen konstanten Winkel nach oben bzw. nach unten korrigiert. Die Endlagen des Kippstuhls werden bei der Initialisierung des Roboters automatisch berechnet.

4) *Ziel:* Beendet wird der Verfolgungsvorgang durch den „Stop“-Befehl oder durch Erreichen des Ziels, was durch das Unterschreiten einer Distanzschranke des Ultraschallsensors realisiert wird. Mit dem Erreichen des Ziels hat der Roboter seine Aufgabe erfüllt

5) *Bedienung:* Gesteuert wird der Roboter mit Hilfe einer grafischen Nutzeroberfläche. Die „Start“- und „Stop“-Befehle können über diese Oberfläche eingegeben werden. Außerdem können diverse auftretende Störungen quittiert werden (siehe Abbildung 6).

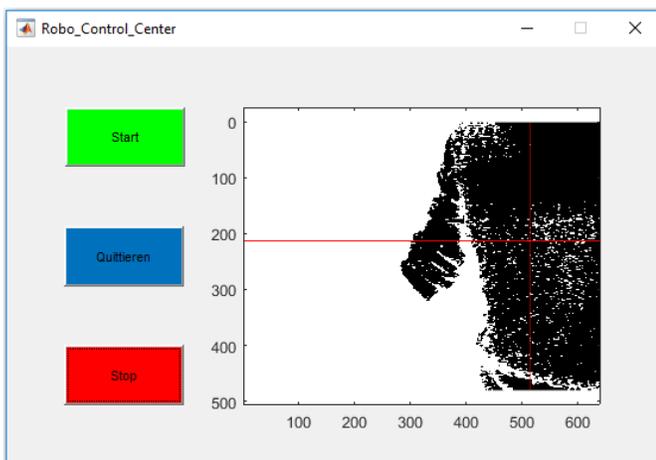


Abbildung 6. Grafische Nutzeroberfläche

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Der entwickelte Trackingroboter FT18 erfüllt seine vordefinierte Funktion im Rahmen eines studentischen Projektes unter konstanten Lichtbedingungen und anderweitig unter Laborbedingungen.

Allerdings ist die Programmierung nicht auf die vorhandene Rechenleistung von Mikroprozessor des NXTs und der CPU des Computers angepasst. Die Begrenzung auf drei ausgewertete Bilder pro Sekunde löst starke Überschwingungen bei der Richtungsvorgabe aus, die im gegebenen Zeitrahmen nur durch eine Verlangsamung des Regelprozesses kompensiert wurden. Eine Veränderung der Lichtverhältnisse führt zu starkem Bildrauschen (siehe Abbildung 3), welches zum Verlust des Zieles führen kann. Zur Verminderung des Rauschens ist eine stärkere Einschränkung des Farbbereichs [7] denkbar. Um das Problem zu umgehen, können auch RGB-D-Daten und HOG-Daten erfasst werden, bei denen eine Bildtiefenanalyse, eine Analyse des Bodens und der Größe der im Sichtbereich vorhandenen Objekte und eine Untersuchung der Objekte im Speziellen durchgeführt werden [5], [8]. Im Vergleich mit diesem technisch fortgeschrittenen Algorithmus, mit dem SPENCER Personen erkennt, ist die Verwendung des „Color Space Thresholding“ störanfälliger, aber weniger rechenintensiv.

Ein letzter Kritikpunkt ist die Funktionsarmut. Die Fähigkeit ein Ziel zu erkennen und zu verfolgen reicht nicht aus, um einfachste Unterstützungsarbeiten außerhalb von Laborbedingungen zu übernehmen. Selbst als mobiler „Packesel“ ist er nicht geeignet, da ohne starke Geschwindigkeitseinbußen ein Beladen mit Alltagslasten nicht möglich ist.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Im Rahmen des Lego-Mindstorms-Projektes wurde ein Lego-Roboter errichtet, der die Fähigkeit der Zielerkennung, Zielfixierung und der Zielverfolgung besitzt. Die mechanischen Ressourcen wurden bei der Errichtung des Roboters fast vollständig ausgelastet und harmonieren mit der einprogrammierten Funktionalität. Das Grundmodell des Roboters ist auf vielen verschiedenen Ebenen um Funktionen und Hardware erweiterbar. Die stark begrenzte mechanische Belastbarkeit der LEGO-Bausteine begrenzt allerdings mögliche Einsatzgebiete stark. Zum Erlernen der Programmierung einer Erkennungssoftware könnte ein Baukasten mit den nötigen Materialien und Bauanleitung in Bildungseinrichtungen verwendet werden.

Um sich mit hochintelligenten Robotern, wie den Zylonen [9], biomechanischen Daleks [10] und Weiteren, wie sie die Filmindustrie zu bieten hat, vergleichen zu können, reicht selbst eine Erweiterung um State-of-the-Art-Technologie [5] nicht aus. Es muss noch erhebliche wissenschaftliche Arbeit in die Robotik-Branche investiert werden, um Roboter zu entwickeln, die zuverlässig Menschen im Dienstleistungssektor unterstützen können.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] BAJCSY, Ruzena: Active perception. In: *Proceedings of the IEEE* 76 (1988), Nr. 8, S. 966–1005
- [2] CROWLEY, James L. ; BEDRUNE, Jean M. ; BEKKER, Morten ; SCHNEIDER, Michael: Integration and control of reactive visual processes. In: *European Conference on Computer Vision* Springer, 1994, S. 47–58
- [3] BRUCE, James ; BALCH, Tucker ; VELOSO, Manuela: Fast and inexpensive color image segmentation for interactive robots. In: *Intelligent Robots and Systems, 2000.(IROS 2000). Proceedings. 2000 IEEE/RSJ International Conference on* Bd. 3 IEEE, 2000, S. 2061–2066
- [4] ROY, Nicholas ; BALTUS, Gregory ; FOX, Dieter ; GEMPERLE, Francine ; GOETZ, Jennifer ; HIRSCH, Tad ; MARGARITIS, Dimitris ; MONTEMERLO, Michael ; PINEAU, Joelle ; SCHULTE, Jamie u. a.: Towards personal service robots for the elderly. In: *Workshop on Interactive Robots and Entertainment (WIRE 2000)* Bd. 25, 2000, S. 184
- [5] TRIEBEL, Rudolph ; ARRAS, Kai ; ALAMI, Rachid ; BEYER, Lucas ; BREUERS, Stefan ; CHATILA, Raja ; CHETOUANI, Mohamed ; CREMERS, Daniel ; EVERS, Vanessa ; FIORE, Michelangelo u. a.: Spencer: A socially aware service robot for passenger guidance and help in busy airports. In: *Field and service robotics* Springer, 2016, S. 607–622
- [6] SURAL, Shamik ; QIAN, Gang ; PRAMANIK, Sakti: Segmentation and histogram generation using the HSV color space for image retrieval. In: *Image Processing, 2002. Proceedings. 2002 International Conference on* Bd. 2 IEEE, 2002, S. II–II
- [7] SIDENBLADH, Hedvig ; KRAGIC, Danica ; CHRISTENSEN, Henrik I.: A person following behaviour for a mobile robot. In: *Robotics and Automation, 1999. Proceedings. 1999 IEEE International Conference on* Bd. 1 IEEE, 1999, S. 670–675
- [8] JAFARI, Omid H. ; MITZEL, Dennis ; LEIBE, Bastian: Real-time RGB-D based people detection and tracking for mobile robots and head-worn cameras. In: *Robotics and Automation (ICRA), 2014 IEEE International Conference on* IEEE, 2014, S. 5636–5643
- [9] LARSON, Glen A. ; THURSTON, Robert: *Battlestar Galactica*. Berkley Trade Pub, 1978
- [10] PARSONS, Paul: *The Science of Doctor Who*. Icon, 2006