

Entwicklung eines portablen Abschreksystems gegen unliebsame Kleintiere

Studienarbeit

des Studiengang Technische Informatik- IT-Automotive
an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Stuttgart

von

Levin Müller

28. Mai 2023

Bearbeitungszeitraum
Matrikelnummer, Kurs
Ausbildungsfirma
Betreuer

zeitraum
7994341, TINF20-ITA
softwareinmotion GmbH, Schorndorf
Prof. Dr. Janko Dietzsch
Janko.Dietzsch@dhbw-stuttgart.de

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich meine Studienarbeit mit dem Thema: *Entwicklung eines portablen Abschrecksystems gegen unliebsame Kleintiere* selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Welzheim, 28. Mai 2023

Levin Müller

Zusammenfassung

Abstract normalerweise auf Englisch. Siehe: http://www.dhbw.de/fileadmin/user/public/Dokumente/Portal/Richtlinien_Praxismodule_Studien_und_Bachelorarbeiten_JG2011ff.pdf (8.3.1 Inhaltsverzeichnis)

Ein „Abstract“ ist eine prägnante Inhaltsangabe, ein Abriss ohne Interpretation und Wertung einer wissenschaftlichen Arbeit. In DIN 1426 wird das (oder auch der) Abstract als Kurzreferat zur Inhaltsangabe beschrieben.

Objektivität soll sich jeder persönlichen Wertung enthalten

Kürze soll so kurz wie möglich sein

Genauigkeit soll genau die Inhalte und die Meinung der Originalarbeit wiedergeben

Üblicherweise müssen wissenschaftliche Artikel einen Abstract enthalten, typischerweise von 100-150 Wörtern, ohne Bilder und Literaturzitate und in einem Absatz.

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Abstract> Abgerufen 07.07.2011

Diese etwa einseitige Zusammenfassung soll es dem Leser ermöglichen, Inhalt der Arbeit und Vorgehensweise des Autors rasch zu überblicken. Gegenstand des Abstract sind insbesondere

- Problemstellung der Arbeit,
- im Rahmen der Arbeit geprüfte Hypothesen bzw. beantwortete Fragen,
- der Analyse zugrunde liegende Methode,
- wesentliche, im Rahmen der Arbeit gewonnene Erkenntnisse,
- Einschränkungen des Gültigkeitsbereichs (der Erkenntnisse) sowie nicht beantwortete Fragen.

Quelle: http://www.ib.dhbw-mannheim.de/fileadmin/ms/bwl-ib/Downloads_alt/Leitfaden_31.05.pdf, S. 49

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Aufgabenstellung	2
2 Aufgabenstellung	3
3 Grundlagen	5
3.1 Stand der Technik in der Tierversorgung	5
3.2 Computer Vision	7
3.3 Komponenten	9
Literatur	14

Abkürzungsverzeichnis

BB	Bounding-Box
CNN	Convolutional Neural Network
DNN	Deep Neural Network
ML	Machine Learning
PWM	Pulsweitenmodulation
R-CNN	Region-based Convolutional Neural Network
RPN	Region-Proposal-Network
SVM	Support-Vector-Machine
YOLO	You-Only-Look-Once

Abbildungsverzeichnis

1.1	Verwüsteter Garten	1
-----	------------------------------	---

Tabellenverzeichnis

3.1	Vergleich dreier Elektromotortypen für die Verwendung im Zielsystem.	
	Quelle: [5]	12

1 Einleitung

In diesem Kapitel sollen die Beweggründe, sowie die geplante Vorgehensweise zur Entwicklung eines portablen Abschrecksystems gegen unliebsame Kleintiere erläutert werden.

1.1 Motivation

Der Anstieg der Waschbärenpopulation in vielen Teilen Deutschlands hat zu Schäden in Gärten, Parks und Friedhöfen geführt. Auch der eigene Garten ist davon leider nicht unversehrt geblieben, was in Abbildung 1.1 zu sehen ist. Die üblichen Mittel wie Ultraschall- und Blitzlicht- Abschrecksystemen scheinen nur von sehr kurzer Dauer einen Erfolg zu bieten. Angesichts dessen ist die Entwicklung eines effektiven Abwehrsystems gegen Waschbären von entscheidender Bedeutung, um weitere Schäden zu minimieren.



Abbildung 1.1: Ein durch Waschbären verwüsteter Garten

1.2 Zielsetzung

Das Ziel der Arbeit ist es, ein Abschreckssystem zur Fernhaltung von Mardern und Waschbären von privaten Grundstücken zu entwickeln. Im System soll eine Kombination von üblichen Abschreckungsmitteln aus den Baumarkt, einschließlich eines kleinen Wasserwerfers eingebaut sein. Darüber hinaus soll es aus Gründen der einfachen Anwendbarkeit portable an jeglichen Stellen im heimischen Garten aufgebaut werden können. Um zu verhindern das das Abschreckssystem unschuldige Passanten unter Beschuss nimmt, muss das System zwischen Mensch und Tier unterscheiden können.

1.3 Aufgabenstellung

Um die geplanten Ziele zu erfüllen, sind drei Kernelemente herauszuarbeiten. Zum einen soll das System portable sein, das heißt es muss sich selbst mit Energie für einen längeren Zeitraum versorgen können. Dazu bedeutet es die Wasserwerfer-Komponente auch mit Energie und Wasser versorgen zu können. Deshalb muss zusätzlich zur Energieversorgung ein Konzept für die Wasserversorgung erarbeitet werden. Zum anderen darf es nicht zu sperrig werden, damit es problemlos überall im Garten platziert werden kann. Hier könnten Abstriche hingenommen werden, falls die restlichen Funktionalitäten wie die eigenständige Energieversorgung oder den Einbau eines "Wasserwerfers"gewährleistet werden kann.

Der Hauptteil der Arbeit liegt aber bei der Unterscheidung zwischen einem tierischen Eindringling und einem menschlichen Passanten. Hierfür bieten sich Bilderkennungssoftware an die einen Eindringling von einem Passanten unterscheiden können.

Basierend darauf soll ein Prototyp entwickelt werden, der möglichst all die Voraussetzungen erfüllen kann. Dieser Prototyp soll dazu dienen die Funktionsweise des Abschrecksystems im konzeptionellen Anwendungsfall zu demonstrieren und zu veranschaulichen.

2 Aufgabenstellung

1. Auswahl der Hardware und Bibliotheken (Wasserpumpe, Kamera, Energieversorgung und Management, Rust-Crates).
2. Einarbeitung Opencv, Tensorflow und Rust alternativen (wenn in rust nicht vorhanden).
3. Hardwaretechnische Realisierung und Implementierung der einzelnen Hardwarecontroller. Eventuell Auslagerung der Motoransteuerung (Zielsystem) auf Arduino → Einfacherer Wechsel Pi/Jetson da nur Vertikaler und Horizontaler Winkel gestellt werden müssen.

Hardware:

- (Demo?) Raspberry Pi 3b (PI 4 CM + IO/Jetson) + Google Coral USB accelerator
 - Unbestimmte Menge an Kabel
 - 1-2 Baugleiche Kameras (NoIR da Einsatz bei Nacht/unbeleuchtete Umgebung)
 - vielfältige 3D-Drucke Gehäuse/Zielsystem etc.
 - Energieversorgung:
12V kleine Autobatterie
Solarpanel
 - Schrittmotoren/E-Motoren für Zielsystem (mit Positionssensor oder „einlernen“)
 - Pumpe mit Schläuche
 - Tonwiedergabe (+Verstärker?)
 - Lichtwiedergabe (Blitzlicht)
 - Relais für einschalten der Aktoren
MOSFETS durch nicht konstante Energiequelle (Batterie/Solaranlage) nicht direkt möglich
4. Demo- und Testentwicklung der Bildverarbeitungssoftware.
Batterie/Solar/PI 3 + Kamera in kleine Box für frühzeitiges erhalten von Real-World-Daten

5. Weiterentwicklung und Testen in der freien Wildbahn.
Alles zusammen in PI 4 + USB Coral oder Jetson

3 Grundlagen

3.1 Stand der Technik in der Tierverschreibung

Um unliebsame Besucher aus dem Garten, Haus oder Auto zu verschreiben gibt es viele Geräte auf dem Markt. Zu diesen gehört ein großes Sortiment von Ultraschall-Tierschreck-Systemen, Sprinkleranlagen und verschiedenen Varianten von Weidezäunen. Um einen bestmöglichen Erfolg der Verschreibung zu bieten, sollen die Geräte an den Umschlagsorten der Tiere platziert werden.

Die einzelnen Systeme und deren Vor- und Nachteile werden in den nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben.

3.1.1 Ultraschall-Tierschreck

Eine gängige Variante des Ultraschall-Tierschrecks ist der Marderschreck. Der Marderschreck wird in dem Motorraum eines Fahrzeugs platziert und soll verhindern, dass der Marder Schläuche und Kabel durchbeißt. Er verspricht das Fernhalten und Verschreiben der Tiere durch aussenden eines Hochfrequenztons. Der Ton hat dabei eine Frequenz von 17 bis 45 kHz. Für die Tiere ist dieser Frequenzbereich besonders unangenehm. Erwachsene Menschen nehmen diese Töne aber kaum bis gar nicht wahr. [3]

Daher werden auch für den heimischen Garten diese Geräte gerne eingesetzt. Da sie aber nicht länger über die Autobatterie und der Lichtmaschine mit Energie versorgt werden, sind sie häufig an eine kleine Batterie und einem Solarpanel angeschlossen. Die gängigen Varianten eines Ultraschall-Tierschrecks für die Gartenverwendung haben zudem ein eingebautes Blitzlicht. Bei Nacht wird das Tier durch kurze Lichtimpulse zusätzlich beim Durchqueren des Gartens gestört und der Erfolg zur Verschreibung von nachtaktiven Tieren erhöht sich.

Die Tiere, insbesondere Waschbären, gewöhnen sich allerdings an das Licht und dem Hochfrequenzton. Daher hält der Erfolg der Vergrämung oft nur wenige Wochen an. Ultraschallgeräte können aber auch Probleme bereiten. Die eigenen Haustiere und auch Kleinkinder nehmen den Hochfrequenzton ebenso wahr. Da die Geräte auf jegliche Bewegung reagieren, kann es sein dass der Ultraschall-Tierschreck vor Betreten des Gartens

deaktiviert werden muss, damit die Haustiere und Kinder sich im Garten aufhalten können.[8]

3.1.2 Automatische Sprinkleranlage

Eine andere Variante von Abschrecksystem ist der Einsatz von Sprinkleranlagen. Durch das Beschießen mit Wasser werden die Tiere besonders gut gestört. Der automatische Sprinkler wird über einen Bewegungsmelder ausgelöst und versprüht großflächig Wasser im Zielbereich. Nach eigener Erfahrung hat eine automatische Sprinkleranlage eine höhere Erfolgsquote, um ungewollte Besucher aus dem heimischen Garten zu vertreiben, aber sie kann durch den Bewegungsmelder auch unbeabsichtigt von einem selbst ausgelöst werden.[8]

Der Nachteil bei diesem System ist, dass der Sprinkler direkt mit einem Gartenschlauch verbunden werden muss. Dadurch treten deutliche Einschränkungen in der Positionierung des Abschrecksystems auf, da ein Wasseranschluss mit ausreichend Druck und Volumenstrom an ihm befestigt sein muss. Zusätzlich fällt der Druck und der Volumenstrom mit zunehmender Länge des Gartenschlauches ab, wie in den Artikel *1/2 Zoll vs. 3/4 Zoll Gartenschlauch – Wann benötigt man welchen und welche Unterschiede gibt es?* aufgefallen ist. Der Author hat in diesem Artikel zwei verschiedenen Gartenschläuche und deren Druck- und Volumenstromverlust gemessen. Bei dem Test des Gartenschlauches mit 1/2 Zoll Durchmesser war nach zwei Metern bereits eine Reduzierung des Volumenstroms auf 62% zu beobachten.

Selber noch überprüfen und bestätigen

Angenommen ein eingesetzter Sprinkler hätte eine Düse mit einer Öffnung von 1,5 Millimeter in einer Höhe von einem Meter befestigt, so hätte die Reduzierung den Zielbereich von knappen 10 Metern auf 6 Meter reduziert. Ein Sprinkler hätte somit mit zunehmender Entfernung proportional zum Volumenstrom an Reichweite verloren.

Ein anderer Punkt, der bei diesen Anlagen häufig vernachlässigt wird, ist die Verschwendung von Trinkwasser. Vor allem in Zeiten des Energie- und Wassersparens versucht man Verschwendungen zu minimieren. Einige Landkreise sind in den letzten Jahren in den Dürreperioden sogar so weit gegangen, dass das Rasensprengen aus eigener Quelle von 12 bis 18 Uhr verboten worden ist. Durch diese Maßnahmen erhofft man sich besser durch Dürreperioden zu kommen. Ein automatischer Rasensprinkler, der Trinkwasser verwendet sollte daher vermieden werden, um Dürreperioden nicht noch schlimmer zu machen.[6]

3.1.3 Weidezaun

Der Weidezaun ist häufig das letzte Mittel um die Tiere aus dem Garten zu bekommen. Der Zaun wird um den Garten herum aufgebaut und sämtliche Durchgänge, an denen die Tiere in den Garten eindringen können, sollen ebenfalls mit dem Zaun blockiert werden. Wenn das Getier nun versucht durch diese Zugänge in den Garten einzudringen, wird der Eindringling von dem Zaun einen schwachen elektrischen Schlag abbekommen.

Ein Waschbär wird durch diesen Schlag in absehbarer Zeit es nicht noch einmal versuchen denselben Zugang zu verwenden. Häufig suchen die Tiere stattdessen einen anderen Zugang in den Garten. Wenn die Tiere keinen anderen Zugang zum Garten finden, wenden sie sich vom Grundstück ab. In unregelmäßigen Abständen überprüfen die Tiere allerdings ob die Blockade immer noch besteht. Der Weidezaun muss daher ständig eingeschaltet und gewartet werden.[8]

Der Weidezaun hat von den genannten Systemen die höchste Effektivität, wenn es um die Vertreibung der Tiere geht. Durch die Blockierung sämtlicher Zugänge besteht allerdings ein sehr hoher Installationsaufwand. Zusätzlich müssen weitere Elemente, wie Gartentore installiert werden, da sonst auch die Zugänge für den Menschen blockiert sind. Das gesamte System wird somit schnell teuer, weshalb der Weidezaun auch als letztes Mittel betrachtet wird.

3.2 Computer Vision

Computer Vision beschäftigt sich damit Computern das „Sehen“ zu ermöglichen. Schon jahrzehntelang versuchen dies Wissenschaftler zu erreichen. Heutzutage sind sie schon sehr weit gekommen. Computer Vision findet in der Logistik, dem autonomen Fahren, Gesichtserkennung und bei noch vielen anderen Bereichen große Zuwendung. Ziel davon ist es Analysen, Verarbeitung und Interpretationen von Bildern und Videos durch einen Computer möglich zu machen, damit eine Maschinen visuelle Informationen so verstehen kann wie wir Menschen es tun. [9]

3.2.1 Object Detection

Object Detection ist eine Anwendung der Computer Vision, die es ermöglicht, Objekte in einem Bild oder Video zu erkennen und zu lokalisieren. Object Detection-Systeme verwenden Algorithmen, die auf Machine Learning (ML)- und Deep Neural Network (DNN)-Techniken

basieren, um Objekte in Bildern oder Videos zu erkennen und zu klassifizieren. Das erkannte Objekt wird mittels einer Bounding-Box (BB) aus dem Bild extrahiert.

Bild rein

Um diese Detektion zu erhalten gibt es verschiedene Basen und Architekturen von Object Detections Systemen, die im folgenden beschreiben sind. [9]

3.2.2 Two-Stage-Detectors

Eins der frühen Modelle die diese Technik verwendet hat ist das Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN). Es werden hierfür zwei große Schritte angewendet. Weshalb das R-CNN und ähnliche Modelle als *two-stage-Detectors* bezeichnet werden.

Der erste Schritt bei diesen Modellen ist es mittels eines Region-Proposal-Network (RPN) rechteckige Regionen in einem Bild zu bestimmen. Das RPN schlägt hierbei eine Unterteilung des Eingabebildes in verschiedene Regionen vor. Das R-CNN-Netzwerk lässt sich dabei 2000 Regionen vorschlagen. Aus diesen Regionen werden anschließend im zweiten Schritt die Features eines Eingabebildes durch ein Convolutional Neural Network (CNN) extrahieren. Im Falle von R-CNN werden die Features mittels einer Softmax-Schicht und einer Support-Vector-Machine (SVM) ausgewertet und Objekte detektiert.

Dabei sollte die Anzahl der Regionen vernünftig klein sein, damit das nachfolgende extrahieren und klassifizieren in einer absehbaren Zeit erfolgt. Dieser zusätzliche Zeitaufwand, der für das RPN aufgewandt wird, ist zudem auch ein Nachteil gegenüber anderen Ansätzen. Die Two-Stage-Detektoren erhalten dadurch zwar eine höhere Genauigkeit in der Lokalisierung und Klassifizierung, benötigen aber auch mehr Zeit.[2]

3.2.3 One-Stage-Detectors

One-Stage Detektoren sind einer der neueren Ansätze Object-Detection zu realisieren. Sie basieren auf der menschlichen Natur und gehen von einer Single-Shot Erkennung aus. Dafür wenden sie entgegen den Two-Stage-Detektoren keinen Region-basierten Algorithmus an. Stattdessen unterteilen sie ein Eingabebild in ein $S \times S$ großes Gitternetz. Auf den Gitter-Boxen wird daraufhin eine Klassifizierung und Lokalisierung vorgenommen.

Dies war auch der erste Ansatz in der You-Only-Look-Once (YOLO)-Architektur. Durch diesen Ansatz ist das YOLO-V1 Modell entgegen den Two-Stage-Detektor Faster R-CNN laut den Autoren in [1] neun mal schneller bei der Detektierung. YOLO-V1 ist aber deutlich schlechter, da deutlich weniger Objekte richtig detektiert worden sind. In Version 2 wird daher statt einem Gitternetz die Anchor-Boxen verwendet. Anchor-Boxen haben

keine einheitliche Größe. Sie sind rechteckige Boxen, welche in verschiedenen Größen und Seitenverhältnissen angewendet werden. Die Anchor-Boxen werden auf einer Reihe von vordefinierten Positionen über ein Eingabebild verteilt.

Bei diesem Ansatz wird die Detektierung durch die Anchor-Boxen ermöglicht, ohne einen Verlust der Geschwindigkeit zu verursachen. Die Version 2 von YOLO enthält noch andere Anpassungen, die die Anzahl an richtigen Detektionen weiter erhöht hat. [1]

Es gibt noch weitere nicht Anchor oder Gitter betriebene Architekturen, wie die *CenterNet* oder *CornerNet*-Architektur. Diese ermitteln den Mittelpunkt eines Objektes oder deren Kanten. Sie erhöhen die Präzession eines Detektors, benötigen aber wiederum mehr Ausführungszeit.[10]

3.2.4 Tiefenberechnung

Für das Zielsystem ist es nötig den Abstand vom Objekt zur Zielvorrichtung zu ermitteln. Heutzutage gibt es ML basierte Techniken diese mit jeglicher Kamera durchzuführen.

Die meisten Lebewesen und wir Menschen haben aber eine andere Möglichkeit dreidimensionale Strukturen zu erfassen und wahrzunehmen. Dabei setzen wir Menschen auf unsere zwei Augen. [Stereo Vision] umfasst sich mit dem Bereich das binokulares Sehen von uns Menschen Computern zu ermöglichen.

Dabei werden zwei Kameras verwendet um, die gleichzeitig ein *linkes* und ein *rechtes* Bild aufnehmen. Die Kameras stehen dabei um eine kleine *Baseline* voneinander entfernt.

Der Prozess für die Tiefenbestimmung ist einfach. Für jeden Punkt im *linken* Bild wird zuerst der dazu passende Punkt im *rechten* Bild ermittelt, was als *stereo matching* bezeichnet wird. Aus der *Baseline* und den Differenzpunkten des Punktes und den Koordinaten in den einzelnen Bildern kann anschließend die Tiefeninformationen gewonnen werden. [7]

3.3 Komponenten

Für die Realisierung eines portablen Abschrecksystems werden Aktoren und Komponenten benötigt, welche in diesem Kapitel beschrieben werden.

3.3.1 Aktoren

Das Abschrecksystem umfasst verschiedene Aktoren, die zur Vertreibung unliebsamer Kleintiere eingesetzt werden. Im Folgenden sind die Funktionen und Anforderungen der Aktoren sowie gegebenenfalls benötigte Zusatzelemente aufgelistet.

Tonwiedergabe

Waschbären, Marder und andere Tiere empfinden Hochfrequenzöne als äußerst unangenehm. Laut Westfalia [11] können Frequenzen im Bereich von 20 bis 40 kHz und ein Schalldruck von mindestens 100 dB bereits erfolgreich dazu beitragen, Waschbären zu vertreiben.

Gemäß den Informationen aus [4] entspricht ein Watt Leistungsaufnahme bei einem Meter Abstand vom Lautsprecher in etwa einem Schalldruck von 90 dB. Da die meisten Mikrocontroller nicht genug Leistung liefern können, um einen Lautsprecher mit höheren Leistungsanforderungen anzusteuern, wird ein Verstärker benötigt. Zusätzlich ist es erforderlich, dass das Abschrecksystem einen möglichst großen Radius abdecken kann, wodurch ein höheres Leistungsvermögen als die angegebenen 100 dB erforderlich wird.

Lichtimpulse

Zusätzlich ist es sinnvoll Blinklichter zur visuellen Abschreckung einzusetzen. Da die meisten unliebsamen Tiere nachtaktiv sind, kann durch den stroboskopischen Effekt eine Vertreibung des Tieres erreicht werden. [8]

Auch hier können Mikrocontroller nicht das nötige Leistungsvermögen erbringen. Daher wird eine externe Energieversorgung und Schaltlogik benötigt.

Wasserversorgung

Wie in Kapitel 3.1.2 beschrieben, haben sich Sprinkleranlagen als wirksam bei der Vertreibung von Tieren erwiesen. Da das System jedoch tragbar sein soll, ist es nicht möglich, einen Wasserschlauch anzuschließen. Zusätzlich muss der Wasserdruck ausreichend sein, um die Tiere in einem Radius von 10 Metern zu erfassen.

Daher ist es erforderlich, eine Pumpe in das System einzubauen, die sowohl ausreichenden Druck als auch ausreichendes Pumpvermögen bietet. Die Pumpe muss ebenfalls von einer externen Stromversorgung und Schaltlogik gesteuert werden, da ein gezielter und leistungsstarker Einsatz erforderlich ist.

Zielaktuatorik

Für die Zielaktuatorik ist ein Zwei-Aktoren Zielsystem notwendig, welches horizontales und vertikales Ansteuern von Zielwinkel ermöglicht. Elektromotoren eignen sich sehr gut für diese

feinfühliges Ansteuern. Allerdings gibt es große Unterschiede zwischen den verschiedenen Motortypen. Einige davon sind in folgender Tabelle 3.1 beschrieben.

Motortyp	Vorteile	Nachteile
Schrittmotor	<ul style="list-style-type: none">• Einfache und präzise Ansteuerung möglich. Sie werden daher auch bei CNC-Fräsen und 3D-Drucker verwendet.• Besitzen ein hohes Haltemoment.• Berechnung der Position auch in der Open-Loop Steuerung möglich, da sie eine exakte Strecke pro Ansteuerungsschritt ermöglichen.	<ul style="list-style-type: none">• Da sie einen inkrementellen Positionierung über die Schrittweite haben, müssen sie eventuell mit einem Getriebe unteretzt werden. Zum Beispiel würde bei einer Schrittweite von $1,8^\circ$ beim Radius von 10 Metern pro Schritt 35 Zentimeter zurückgelegt werden.• Des Weiteren kann es beim Zielvorgängen zu kurzzeitigen hohen Drehzahlen kommen. Der Schrittmotor verliert bei hohen Drehzahlen an Drehmoment und kann einzelne Schritte auslassen oder sogar stoppen.

Fortsetzung auf nachfolgender Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite

DC-Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Ansteuerung über Pulsweitenmodulation (PWM). • Hohes Drehmoment bei niedriger Drehzahl. 	<ul style="list-style-type: none"> • H-Brücke nötig, da die Energie nicht über einen herkömmlichen Mikrocontroller geliefert werden kann. • Motorsteuerung und Regelung notwendig. • Sensoren werden benötigt, da eine Open-Loop Ansteuerung nur sehr geringe Genauigkeit bietet.
Servomotor	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Direkte Regelung nötig, da sie eine integrierte Closed-Loop Regelung haben. • Sie können dynamisch auf hohe Belastung reagieren. • Durch die Closed-Loop Regelung haben sie eine hohe Genauigkeit und keine zusätzlichen Bauelemente oder Treiberbauteile sind nötig. 	<ul style="list-style-type: none"> • Häufig haben die erhältlichen Servomotoren nur einen geringen Positionsradius von 180°. • Da sie konstant versuchen eine Sollposition zu erreichen kann es zu Jitter im System kommen.

Tabelle 3.1: Vergleich dreier Elektromotortypen für die Verwendung im Zielsystem. Quelle: [5]

3.3.2 Strömungslehre

Pumpe → Nötigung anständiger Berechnung des Zielsystem

$$v = Q/A \quad (3.1)$$

$$\Delta p = \frac{\lambda \times L \times \rho \times Q^2}{2 \times A^2} \quad (3.2)$$

mit Bernoulligleichung:

$$\frac{v_1^2 \times \rho}{2} + p_1 = \frac{v_2^2 \times \rho}{2} + p_2 + \frac{\lambda \times L \times \rho \times Q^2}{2 \times A^2} \quad (3.3)$$

da zunächst bei Hausleitung Druck ca. 4 Bar für p_1

3.3.3 3D-Druck

Literatur

- [1] Hamid R. Alsanad u. a. „YOLO-V3 based real-time drone detection algorithm“. In: *Multimedia Tools and Applications* 81 (2022), S. 26185–26198. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12939-4>.
- [2] Md. Shohel Arman u. a. „Detection and Classification of Road Damage Using R-CNN and Faster R-CNN: A Deep Learning Approach“. In: *Cyber Security and Computer Science*. Hrsg. von Touhid Bhuiyan, Md. Mostafijur Rahman und Md. Asraf Ali. Springer International Publishing, 2020, S. 730–741. ISBN: 978-3-030-52856-0. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-52856-0>.
- [3] bussgeldkatalog.org. *Marderschreck Vergleich 2022: Aktuelle Empfehlungen im Überblick*. 2022. URL: <https://testsieger.bussgeldkatalog.org/marderschreck/>.
- [4] Plattenspieler Guru. „Wie viel Leistung sollte ein Verstärker haben?“ In: (2023). URL: <https://www.plattenspieler-guru.de/wie-viel-leistung-sollte-ein-verstaerker-haben/>.
- [5] Helen. „DC Motor vs Stepper Motor vs Servo Motor - Which to choose?“ In: (2019). URL: <https://www.seeedstudio.com/blog/2019/04/01/choosing-the-right-motor-for-your-project-dc-vs-stepper-vs-servo-motors/>.
- [6] Raja Kraus. *Mitteldeutsche Landkreise reagieren auf Wasserknappheit*. 2022. URL: <https://www.mdr.de/nachrichten/deutschland/panorama/trockenheit-wasserentnahmeverbot-100.html>.
- [7] Hamid Laga u. a. *3D Shape Analysis : Fundamentals, Theory, and Applications*. John Wiley & Sons, Incorporated, 2019. ISBN: 9781119405191. URL: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/dhbw-stuttgart/detail.action?docID=5625418>.
- [8] Christine Riel. *So können Sie Waschbären vertreiben*. URL: <https://www.gartenjournal.net/waschbaer-vertreiben>.
- [9] Richard Szeliski. *Computer Vision*. Springer Vieweg, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-34372-9>.
- [10] Juan Terven und Diana Cordova-Esparza. *A Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 to YOLOv8 and Beyond*. 2023. arXiv: 2304.00501 [cs.CV].

- [11] Westfalia. „Maßnahmen, um Waschbären aus Haus und Garten zu vertreiben bei Westfalia Versand Deutschland“. In: (2023). URL: https://www.westfalia.de/static/informationen/ratgeber/garten/tiere_im_garten/waschbaeren_vertreiben.html.