

Entwicklung eines portablen Abschreksystems gegen unliebsame Kleintiere

Studienarbeit

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

von

Levin Müller

30. 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, 30. 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 Tiervertreibung	5
3.2 Computer Vision	7
3.3 Komponenten	10
4 Umsetzung	15
4.1 Bilderkennung und -Verarbeitung	15
4.2 Hardwarerealisierung	15
4.3 Dreidimensionales Zielsystem	20
4.4 Kostenaufstellung	20
5 Reflexion und Ausblick	22
Literatur	23

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
3.1	Beispiele für Objekt Erkennung und Bounding-Box. Quelle: [15]	8
3.2	(a) Epipolare Linie, die einen Lichtstrahl entspricht und (b die entsprechende epipolare Linien auf der Epipolarebene. Quelle: [15])	10
4.1	Schaltbild der Abschreckleuchten mit Ansteuerung	17
4.2	Diagramm der Fördermenge gegenüber des Drucks. [14]	18

Tabellenverzeichnis

3.1	Vergleich dreier Elektromotortypen für die Verwendung im Zielsystem.	
	Quelle: [9]	13

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 Prototype 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. [6]

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.[13]

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.[13]

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.[11]

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.[13]

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. [15]

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 den Bild extrahiert.

Beispiele für Objekterkennungen sind in Abbildung 3.2.1 abgebildet.

Um diese Detektion zu erhalten gibt es verschieden Basen und Architekturen von Object Detections Systemen, die im folgenden beschreiben sind. [15]

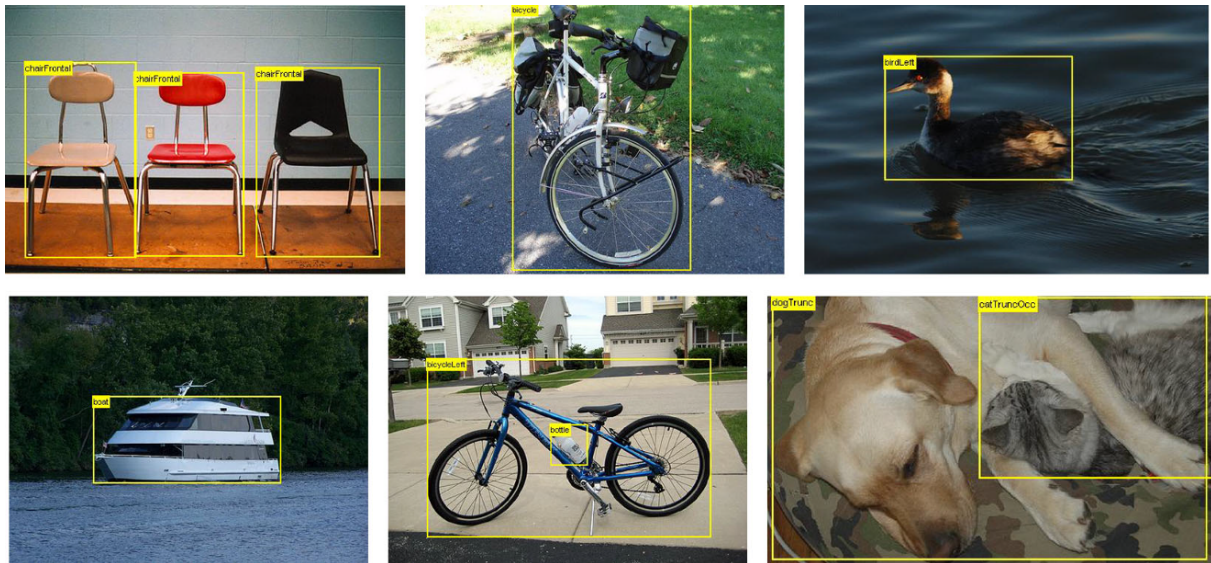


Abbildung 3.1: Beispiele für Objekt Erkennung und Bounding-Box. Quelle: [15]

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 einen 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.[5]

3.2.3 One-Stage-Detectors

One-Stage Detektoren sind einer der neueren Ansätze Object-Detection zu realisieren. Sie basieren auf die menschliche 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.[16]

3.2.4 Tiefenberechnung

Für das Zielsystem ist es nötig den Abstand vom Objekt zur Zielvorrichtung zu ermitteln. Heutzutage gibt es ML-basierte Techniken, die die Abstandsermittlung mit jeglicher Kamera durchzuführen können, aber es gibt einfachere und ältere Methode die Abstand zu einem Objekt zu bestimmen.

Die meisten Lebewesen und wir Menschen haben eine einfache 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, um auch Computern es zu ermöglichen dreidimensional zu sehen.

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

Der Prozess zur Bestimmung der Tiefe erfolgt dann durch die Verwendung der epipolaren Geometry und Triangulation. Dabei betrachtet man einen Punkt im *linken* Bild und den

entsprechenden Punkt im *rechten* Bild. Da die Kameras auf einer Höhe zueinander stehen, muss der Punkt nur auf der x-Achse, entlang der epipolaren Linie der beiden Kameras gesucht werden. Das ermitteln der passenden Punkte wird dabei als *stereo matching* bezeichnet. Aus der *Baseline* und den Differenzpunkten zwischen den Koordinaten der einzelnen Bildern kann anschließend die Tiefeninformationen gewonnen werden. Das beschreiben Konzept ist in Abbildung 3.2.4 zu sehen.

Bei der Methode wird das Triangulieren zwischen den Punkten verwendet. [12]

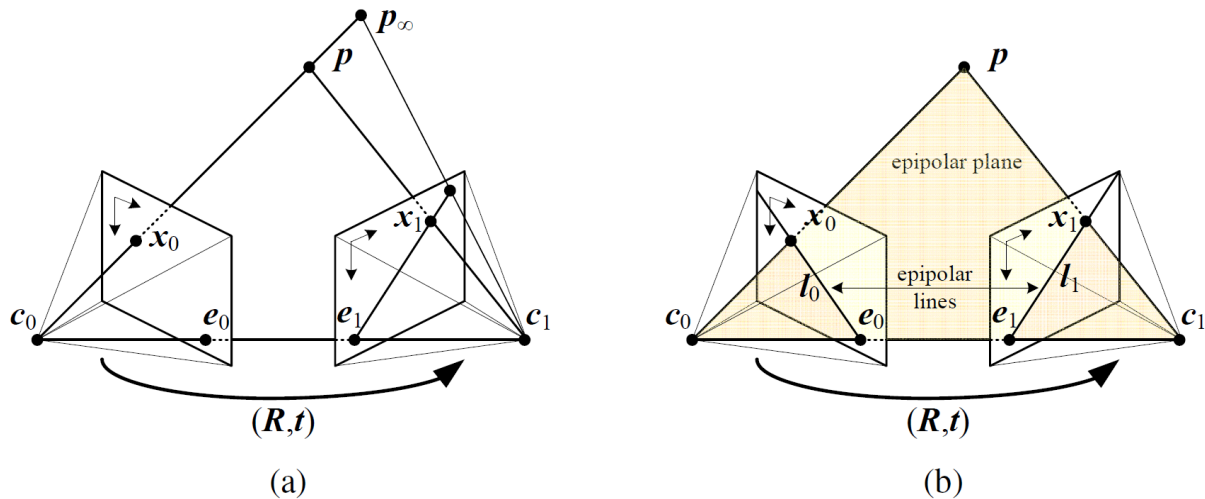


Abbildung 3.2: (a) Epipolare Linie, die einen Lichtstrahl entspricht und (b) die entsprechende epipolare Linien auf der Epipolarebene. Quelle: [15]

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 [18] 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 [8] 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. [13]

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

Hinzu kommt das die Motoren in ein dreidimensionales Zielsystem eingebaut werden. Daher sollte die Form und Größe ebenfalls betrachtet werden, da der Platz gering ist.

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 untersetzt 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: [9]

3.3.2 Sensorik

Der Aufgabenstellung entsprechend benötigt das System lediglich zwei optischen Sensoren, die in der Lage sind Bilder auch in der Nacht aufzunehmen.

Je nach Wahl der Aktoren können weitere Sensoren, wie Winkel- oder Stromsensoren im System verbaut sein. Da ein leistungsfähiger Mikrocontroller für die Object Detection verwendet werden soll, ist ein Temperatursensor für die Überwachung und zum Schutz vor Überhitzung zu empfehlen.

3.3.3 3D-Druck

Eine Realisierung eines vollständigen Prototyps des Abschrecksystems benötigt viel Zeit und Teile, die auf dem Markt nicht immer erhältlich, nicht auf den Anwendungsgebiet zugeschnitten oder sehr teuer sind.

Daher werden für das Abschrecksystem Einzelteile mittels CAD-Modellen und dem 3D-Drucker der DHBW hergestellt. Das ermöglicht eine schnelle auf dem Anwendungsgebiet zugeschnittene Herstellung von Einzelteilen zu günstigen Kosten.

Zudem hat die Firma softwareinmotion einen eigenen 3D-Drucker, der in den Praxisphasen für die Studienarbeit verwendet werden kann. Der Weg zur DHBW für das Abholen der 3D-Drucke wäre in den Praxisphasen nur schwer möglich gewesen.

Die CAD-Modelle werden mit der Autodesk Software *Fusion 360* erstellt.

4 Umsetzung

4.1 Bilderkennung und -Verarbeitung

4.1.1 Object Detection

Training

Deployment

4.1.2 Benchmarks

4.1.3 Erkennung durch Kontur-tracking

4.1.4 Verbesserung der Bildqualität

4.1.5 Tiefenberechnung

4.2 Hardwarerealisierung

Für einen optimalen Vertreibungseffekt werden verschiedene Aktoren im System verbaut. Die einzelnen Geräte werden alle über eine externe Energieversorgung, beziehungsweise Batterie betrieben. Bei der Wahl der Batterie, ist ein wichtiges Kriterium, wie lange das System ohne Energiezufuhr funktionsfähig bleibt.

Dabei wurde berücksichtigt, wie viel das System im Normalverbrauch ohne Einschalten der Aktoren verbraucht. Eine grobe Schätzung ergab, dass das System ungefähr 10 ± 2 Watt pro Stunde verbrauchen würde. Aus diesem Grund fiel die Wahl auf eine 50 Ah Autobatterie von *BlackMax* [2] gefallen. Diese Batterie bietet ausreichend Kapazität, um das System über zwei Tage mit Energie zu versorgen.

Ein weiterer Entscheidungsgrund für die Autobatterie ist der Strombedarf der Geräte. Wie nachfolgend beschrieben, kann die Wasserpumpe im laufenden Zustand bis zu 16 Ampere Strom beziehen. Viele leichte und kleine Batterien könnten langfristig durch diese

Belastung Schaden nehmen. Da Autobatterien eine hohe Belastungsgrenze haben und hohe Ströme ermöglichen, sind sie daher für den Prototypen besser geeignet.

Für die Unterbringung aller Teile wird eine 40x55x30 cm große Aluminiumkiste verwendet. Die Aluminiumkiste ist witterungsbeständig, und die Wärmeentwicklung im Inneren kann weitestgehend vernachlässigt werden. Aluminium hat nämlich eine gute Temperaturleitfähigkeit und kann somit einen Wärmestau verhindern. Dabei ist auch der Empfehlung aus einem *Autodesk Instructables*-Projekt folge geleistet worden. In diesem Projekt wurde eine bewegungsausgelöste „Wasserpistole“ aufgebaut. Allerdings war bei dem *Instructables*-Projekt eine Vertreibung von Rehen vorgesehen, die sonst die Rosen im Garten aufgeessen hätten. Das Ziel dieser Arbeit ist es aber Waschbären und andere Kleintiere zu vertreiben, daher sind hier noch weitere Aktoren eingebaut. Zudem ist das *Instructables*-Projekt nicht autark und portable, da es mit Strom und Wasser mittels Hausanschluss versorgt worden ist. [7]

Die eingebauten Bauteile werden nachfolgend beschrieben.

4.2.1 Blitzlicht

Für den Einsatz eines Abschrecklichtes mit Blitzlichtfunktion werden zwei LED-Scheinwerfer der Marke *NAIZY* verwendet. Die Scheinwerfer sind für den Einsatz als Erweiterungsleuchten für Geländefahrzeuge gedacht. Sie sind wasserdicht und für den Außeneinsatz geeignet. Mit 1600 Lumen und grellweißem Farbton erzielen sie einen hohen stroboskopischen Effekt, mit dem die Tiere abgeschreckt werden. Aufgrund dieser Charakteristiken und des geringen Energieverbrauchs von 18 Watt sind sie für das Abschrecksystem sehr gut geeignet. [4]

Die beiden LED-Scheinwerfer sind an den beiden oberen Ecken der Box befestigt. Sie werden mit Transistoren durch den Mikrocontroller gesteuert. Um einen Gewöhnungseffekt zu vermeiden, sind die Scheinwerfer mit 0,5 bis 10 Hz beschaltet. Die Frequenz und Schaltung der Scheinwerfer wird dynamisch angepasst. Im Schaltbild aus Abbildung 4.2.1 wird die Verwendung eines MOSFET-Treiberbausteins erkennbar. Der Treiber ermöglicht das Beschalten der Scheinwerfer mit höherer Leistung, als es mit dem Arduino möglich wäre. Der Treiber verfügt über eine zusätzliche Masse-Leitung, die mit dem Arduino verbunden ist. Dadurch ist es möglich den Strom zu schalten, auch wenn der Signalgeber und *DC-Out* nicht die selbe Masse haben. [3]

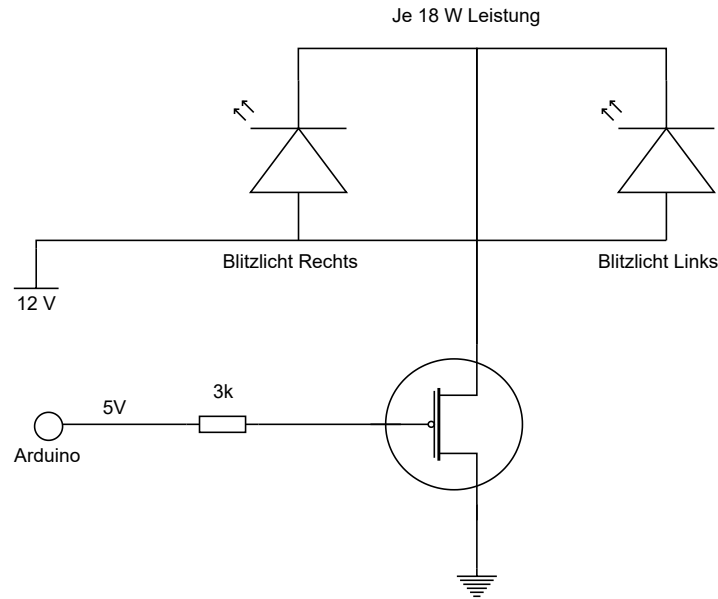


Abbildung 4.1: Schaltbild der Abschreckleuchten mit Ansteuerung

4.2.2 Pumpe

Auch wenn die Aluminiumkiste witterungsbeständig ist, schützt sie nur mäßig vor kühlen Temperaturen. Dabei können viele Wasserpumpen Schaden nehmen wenn sie über den Winter draußen sind. Bei Membranpumpen ist dies ein kleineres Problem. Die zu den Oszillationsverdrängerpumpen angehörige Pumpenart sind außerdem sehr wartungsfreundlich und außerordentlich robust. Sie können daher selbst schwierigen Bedingungen und Temperaturumschwüngen leicht standhalten.

Ihre Funktionsweise beruht darauf den *Schöpfraum* periodisch zu vergrößern und zu verkleinern. Dadurch erzielen sie ihre Pumpwirkung und werden durch ihre Robustheit, Ölfreiheit (keine Verschmutzung der zu fördernde Flüssigkeit oder Gas) und Wartungsfreundlichkeit auch in chemischen Laboranwendungen verwendet. [10] Die eingesetzte Pumpe von *SEAFLO* hat eine maximale Fördermenge von 17 Liter pro Minute und kann dabei bis zu 16 Ampere Strom aufnehmen. Auch bei dieser Leistungsaufnahme von über 190 Watt können die MOSFET-Treiber, die zum An- und Ausschalten der LED-Scheinwerfer verwendet werden, genutzt werden. Sie sind angegeben mit einer Dauerbelastung von 15 Ampere und mit Kühlung auch 30 Ampere. [3, 14]

Aus dem Diagramm in 4.2.2 ist zu entnehmen, dass die Pumpe eine minimale Fördermenge von 5 Litern pro Minute hat. Demnach kann die Austrittsgeschwindigkeit des Wassers berechnet werden. Hierfür wird lediglich die Fördermenge und der Querschnitt des Laufs benötigt. Die Austrittsgeschwindigkeit kann aber nicht mit der Gleichung 4.1 entnommen werden, da demnach eine Geschwindigkeit von mehr als 16900 Meter pro Sekunde erreicht würden.

$$v = Q/A \quad (4.1)$$

4.2.3 Mikrocontroller

4.2.4 Ansteuerung

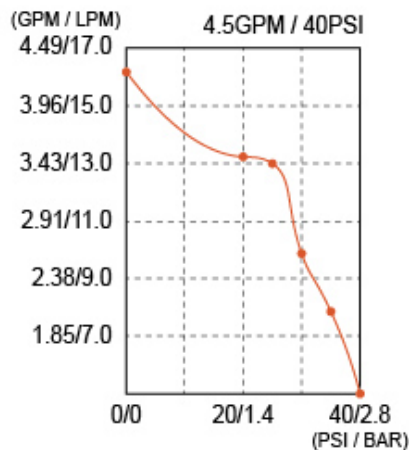


Abbildung 4.2: Diagramm der Fördermenge gegenüber des Drucks. [14]

Verkabelung, Aufbau, Herausforderungen, spezielle Lösungen

Auswahl PI -> Liefermangel Erstidee Multiplexer um zeitverzögerung zu reduzieren -> schlechte Kritik

Zweite Idee usb-> von vornerein "komplexer/durchzeitkacke -> irgendwie auch teuer

Dritte Idee esp32-CAM Module -> Hohe Latenzen und Zeitsynchronitätsaufwand

Viertens -> compute model + I/O shield auch teuer aber 2 csi Anschlüsse

5. Jetson mit 2 CSI Anschlüssen -> teuer und noch mehr Liefermangel

4.2.5 Wasserversorgung

integrierte Pumpe → Soll portable sein

Alternativ: Gartenschlauch mit Ventilsteuerung

Pumpe

Orientierung Gartenschlauch/Sprinkler: Durchfluss in etwa 20L/min; Druck bis 4 Bar; Düsenspritze ca. 1-2mm Durchmesser

Pumpe: Membranpumpe → Gleichbleibende Fördermenge bei hohen Druckunterschieden (Pumpe 1-4 Bar). Druck Vernachlässigen und Strömungslehre

mit Fördermenge berechnen. Membranpumpe haben Druckschalter → wie ist ein/ausschaltverfahren? Delay etc. Auswahl Verwendung von Ventil zum Durchschalten oder von Versorgungsspannung der Pumpe???

Problem beim Druckventil:

Bei leerem Tank schaltet die Pumpe nicht ab, daher muss Schaltung über Versorgung der Pumpe durchgeführt werden.

Die Pumpe arbeitet unter hoher Last. Kurzer Test bei Düsendurchmesser 1.5 mm zeigte eine Fördermenge von ca. 5 Liter pro Minute. Zudem ist durch die turbulente Strömung eine zu hohe Streuung des Wasserstrahl verursacht worden (Durchmesser 70 cm). Das Tier würde daher nur ein „tröpfeln“ wahrnehmen mit geringen Störungsfaktor.

Normale Pumpe: Komplexer durch kennlinie → Berechnung des inneren Drucks nötig und Interpolation dieser. (Meiste Pumpen haben schon bei 1-2 Bar Probleme → Druckventil schaltet Pumpe aus.

Wassertank

Integriert oder Schlauch zu extern. Vor-/Nachteile Entscheidung?

Integriert:

Vollständig portable

;schwerer, Dichtigkeitsproblem

Extern:

Bedingt portable, einfacher zu realisieren, Systembetrachtung geringer

Wasserversorgung muss am Einsatzort möglich sein, Lange Strecken und Höhen für Pumpe nicht gut.

4.3 Dreidimensionales Zielsystem

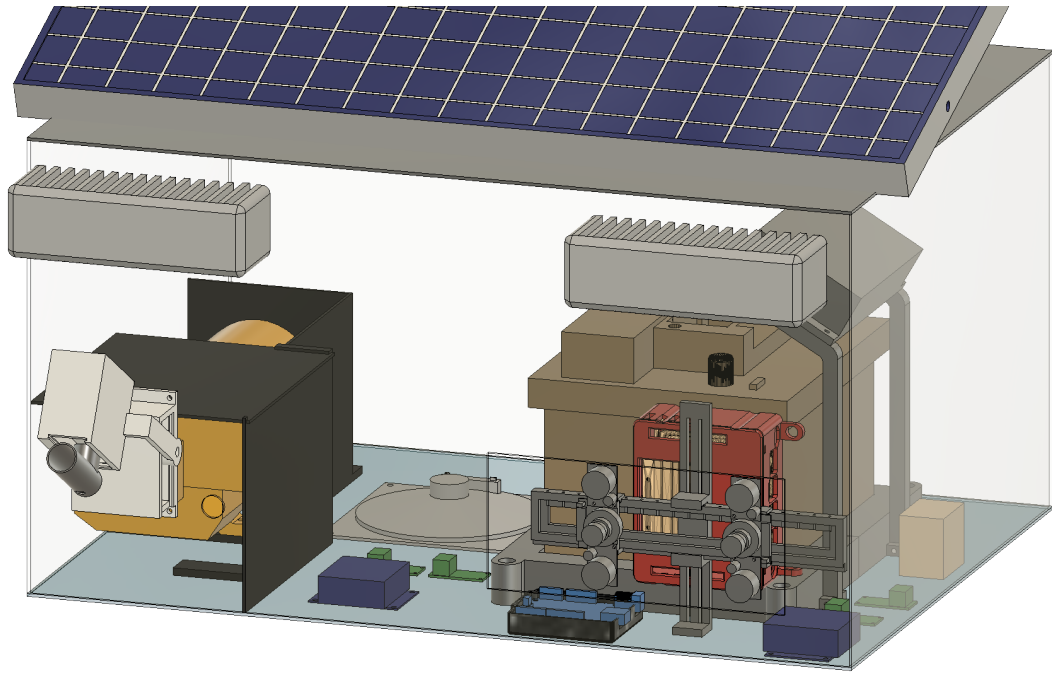
→ Entscheidung Servo/DC?

Mit Vision Schwerpunkt der Arbeit teils/ganz
in HW-Realisierung?

4.4 Kostenaufstellung

Bauteil	Gesamtpreis in € (inkl. Mwst.)	Beschreibung
LED-Scheinwerfer	11.99	Die effizienten LED-Scheinwerfer sind für die Anwendung als Erweiterungsleuchten für das Fahrzeug gedacht. [4] Da die LEDs den hohen Belastungen beim Einsatz am Fahrzeug standhält, werden sie den Anforderungen an einem portablen Abschreckssystem gerecht. Sie werden als Blitzlicht für das Abschreckssystem verwendet.
Membranpumpe	73.35	Membranpumpen sind bei einfachen und kostengünstigen Anwendungen vertreten. Durch den geringen Verschleiß und einfache Wartbarkeit werden sie häufig in Frisch- und Abwasseranwendungen eingesetzt. [17] In der Arbeit wird die Pumpe wegen ihrem geringen Verschleißes und Anschaffungskosten verwendet.
Solarpanel	69.99	Das Solarmodul wird verwendet um die Portabilität und Autarken Eigenschaften der Abschrecksystems zu gewährleisten. Solange Sonnenlicht am Einsatzort verfügbar ist, kann das Abschreckssystem mit ausreichend Energie versorgt werden um die unliebsamen Kleintiere zu erkennen.

Fortsetzung auf nachfolgender Seite



Fortsetzung von vorheriger Seite

Autobatterie	59.90	Kombiniert mit dem Solarmodul versorgt die Batterie das Abschreckssystem mit der nötigen Energie. Tagsüber wird sie mithilfe des Solarmoduls aufgeladen, während sie Nachts das System mit Energie versorgt. [2]
Diverse Kleinteile	25 + X	Diverse Kleinteile werden in der Arbeit verwendet. Auch die Transistoren, die verwendet werden um die verschiedenen Aktoren an- und auszuschalten fallen unter dieser Kategorie. Aber auch die Räder, Schläuche, Kabel, Steckverbindungen und Schrauben werden hier miteinberechnet. Zusätzlich kommen die, für das Abschreckssystem angefertigten 3D-gedruckten Elemente hinzu.
Aluminiumkiste	109 DM	Die Aluminiumkiste ist Witterungsfest und besitzt eine gute Wärmeableitung. Alle Aktoren und Gerätschaften können in ihr vor Witterungsbedingungen geschützt untergebracht werden.

5 Reflexion und Ausblick

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: [10.1007/s11042-022-12939-4](https://doi.org/10.1007/s11042-022-12939-4).
- [2] amazon. *Autobatterie 12V 50Ah 480A/EN BlackMax Starter*. URL: https://www.amazon.de/Autobatterie-12V-440-BlackMax-ersetzt/dp/B01M4JDLZ2/ref=sr_1_2?__mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=1J6NCJAA6BK2P&keywords=bleiakku%2B12v%2B50ah&qid=1667134113&qu=eyJxc2MiOiIyLjkwIiwicXNhIjojMS4zMCIzInFzcCI6IjAuMDAifQ%3D%3D&prefix=bleiakku%2B12v%2B50ah%2Caps%2C105&sr=8-2&th=1.
- [3] amazon. *CQUANZX 5 STÜCKE DC 5 V-36 V 15 A 400 W Dual-Hochleistungs-MOSFET-Triggerschalter-Antriebsmodul 0-20 kHz PWM-Anpassung Elektronische Schaltersteuerplatine: Amazon.de: Gewerbe, Industrie Wissenschaft*. 2022. URL: https://www.amazon.de/CQUANZX-Dual-Hochleistungs-MOSFET-Triggerschalter-Antriebsmodul-PWM-Anpassung-Elektronische-Schaltersteuerplatine/dp/B07VRCXGFY/ref=sr_1_6?__mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=ZTG49FQ3EVNJ&keywords=RLB3036PBF+MOSFET&qid=1669628922&sprefix=rlb3036pbf+mosfet%2Caps%2C76&sr=8-6.
- [4] amazon. *NAIZY 2 x 18 W LED Work Light Square Offroad Floodlight Work Light*. URL: https://www.amazon.de/gp/product/B09MQG1W7Q/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o08_s04?ie=UTF8&psc=1.
- [5] 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>.
- [6] bussgeldkatalog.org. *Marderschreck Vergleich 2022: Aktuelle Empfehlungen im Überblick*. 2022. URL: <https://testsieger.bussgeldkatalog.org/marderschreck/>.
- [7] Dlf.Mytya. „Auto-tracking Water Blaster : 9 Steps - Instructables“. In: (2018). URL: <https://www.instructables.com/Auto-tracking-Water-Blaster/>.
- [8] Plattenspieler Guru. „Wie viel Leistung sollte ein Verstärker haben?“ In: (2023). URL: <https://www.plattenspieler-guru.de/wie-viel-leistung-sollte-ein-verstaerker-haben/>.

- [9] 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/>.
- [10] Karl Jousten und Jürgen Dirscherl. „Oszillationsverdrängerpumpen“. In: *Handbuch Vakuumtechnik*. Hrsg. von Karl Jousten. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018, S. 1–20. ISBN: 978-3-658-13403-7. DOI: [10.1007/978-3-658-13403-7_13-1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-13403-7_13-1).
- [11] Raja Kraus. *Mitteldeutsche Landkreise reagieren auf Wasserknappheit*. 2022. URL: <https://www.mdr.de/nachrichten/deutschland/panorama/trockenheit-wasserentnahmeverbot-100.html>.
- [12] 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>.
- [13] Christine Riel. *So können Sie Waschbären vertreiben*. URL: <https://www.gartenjournal.net/waschbaer-vertreiben>.
- [14] Seaflo. *SEAFLO Washdown Pumps for Boats | 17.0 LPM 12V Quick Connect On Demand Diaphragm Water Pump*. 2023. URL: <http://www.seaflo.com/en-us/product/detail/608.html>.
- [15] Richard Szeliski. *Computer Vision*. Springer Vieweg, 2022. DOI: [10.1007/978-3-030-34372-9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-34372-9).
- [16] Juan Terven und Diana Cordova-Esparza. *A Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 to YOLOv8 and Beyond*. 2023. arXiv: [2304.00501](https://arxiv.org/abs/2304.00501) [cs.CV].
- [17] Gerhard Vetter. „Stand und Trends bei der Entwicklung leckfreier oszillierender Verdrängerpumpen“. In: *Chemie Ingenieur Technik* 57.3 (1985), S. 218–229. DOI: <https://doi.org/10.1002/cite.330570306>. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cite.330570306>.
- [18] 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.