

## Intelligente Kaugummientfernung

*Finn Burkhardt, Christian Eyring*

### Einleitung

Ausgespuckte Kaugummis sind eine der Hauptursachen für die Verschmutzung von Städten. Sie bestehen hauptsächlich aus den nicht biologisch abbaubaren Kunststoffen. Die teure Entfernung von Kaugummis wird Menschen ausgeführt. Diese Arbeit zu automatisieren und somit eine kostengünstige Reinigung zu ermöglichen, ist Ziel dieses Projektes.

### Woraus bestehen Kaugummis

Kaugummis bestehen aus Thermoplastischen Kunststoffen, welche bei Hitze verformbar sind. Da die im Kaugummi enthaltenen Stoffe bei Raumtemperatur leicht verformbar sind, könnten sie unbehandelt den Roboter verkleben. Um dies zu vermeiden muss der Kaugummi eingefroren werden.

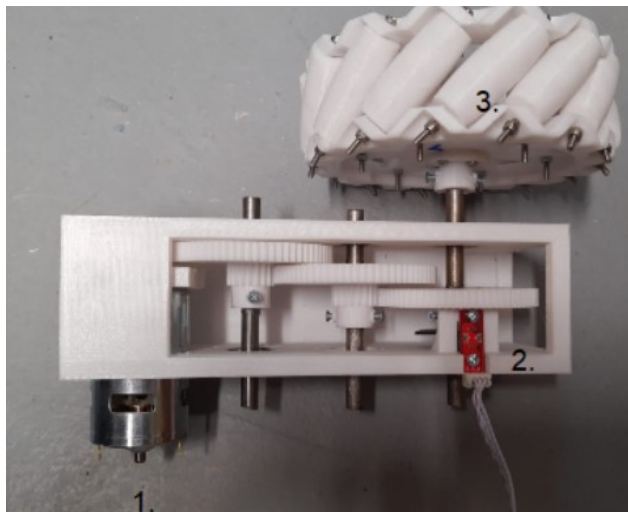
### Aufbau des Roboters

Wir haben uns entschieden, Peltier-Elemente und eine Wasserkühlung zu nutzen, um die Kaugummis vor dem Entfernen herunterzukühlen. Des Weiteren haben wir eine Vorrichtung gebaut, um die Peltier-Elemente je nach Bedarf abzusenken und anzuheben.

Die heruntergekühlte Kaumasse kann durch Reibung leicht abgetragen werden. Um diese zu erzeugen, haben wir uns entschieden eine rotierende Draht-Rundbürste zu verwenden, diese wird mit einem hohen Drehmoment auf den Kaugummi aufgesetzt, um diesen zu Staub zu zermahlen.

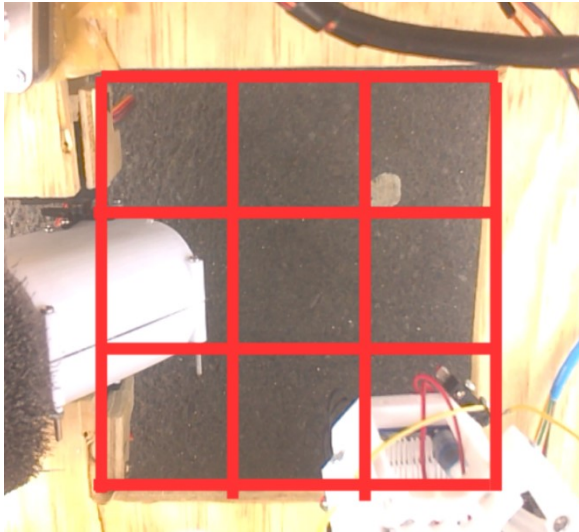
Damit der Roboter Hindernisse in seiner Umgebung vermeiden kann, haben wir acht Infrarotsensoren im vorderen Bereich angebracht.

Um nun einen möglichst kleinen Wendekreis zu generieren, haben wir uns entschieden einen omnidirektionalen Allradantrieb, das heißt einen Antrieb, der den Roboter in acht verschiedene Richtungen fahren lassen kann, ohne sich zu drehen, zu verwenden. Hierfür haben wir Mecanum-Räder und ein Getriebe mit Hilfe eines 3D-Druckers hergestellt.



### Programmierung

Um Kaugummis zuverlässig entfernen zu können, muss zunächst eine akkurate Detektion gewährleistet sein. Aufgrund der hohen Varianz in der Erscheinung von Kaugummis entschieden wir uns für die Verwendung von künstlichen Neuronalen Netzen.



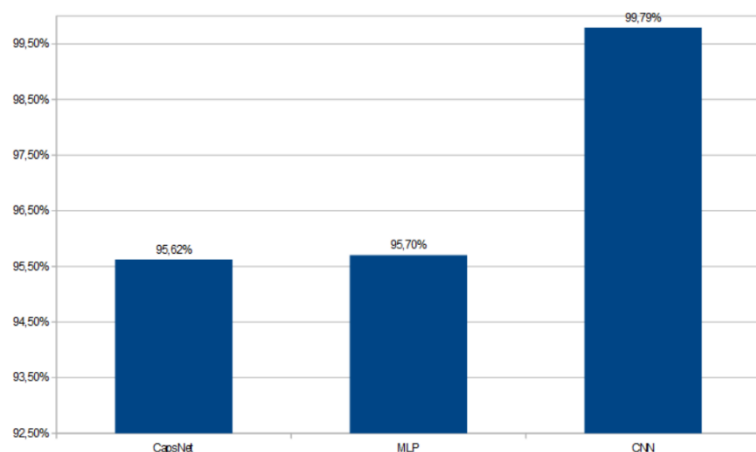
Für das Training künstlicher Neuronaler Netze werden große Mengen von Daten benötigt. Wir sammelten hierzu rund 3000 Bilder von ausgespuckten Kaugummis auf verschiedenen Untergründen. Diese Zahl konnte durch die Anwendung von Filtern, Rotationen und Spiegelungen auf 240.000 erhöht werden.

Um die Position eines Kaugummis zu ermitteln wird das Sichtfeld der Kamera in neun Bereiche unterteilt. Jeder dieser Bereiche wird anschließend auf das Vorhandensein von Kaugummis geprüft.

Wir verglichen die Leistung von drei Typen von Neuronalen Netzen. Hierbei war neben der Klassifikationsgenauigkeit auch die benötigte Rechenleistung ein entscheidendes Kriterium, da das KI-System auch auf der mobilen, im Roboter verbauten Hardware, lauffähig sein muss.

Bei einem mehrlagigen Perzeptron (MLP) handelt es sich eine der einfachsten Formen von Neuronalen Netzen und dennoch konnte bereits eine Klassifikationsgenauigkeit von 95,7 % erzielt werden.

Das Convolutional Neural Network ist ein Typ von Neuronalen Netzen des besonders gut für die Verarbeitung von Bilddaten geeignet ist. Bei der Anwendung auf den verwendeten Datensatz konnte eine Testgenauigkeit von 99,79% erreicht werden.



Bei dem Capsule Neural Network handelt es sich um einen Typ von Neuronalem Netz der 2017 von Geoffrey Hinton vorgestellt wurde und gewöhnliche CNNs in einigen Bereichen. In unserem Fall sprach jedoch nicht nur die geringe Testgenauigkeit, sondern auch die hohen Hardwareanforderungen gegen eine Verwendung in dem Roboter.

Neben dem KI-System zur Detektion von Kaugummis entwickelten wir auch eine GPS gestützten Algorithmus zur autonomen Navigation des Roboters.