

# Projektbericht

## Bullet Time

Patricia Geiß (750457)

Michaela Klefenz (752270)

Mirko Schöber (750498)

Christian Schuhknecht (750149)

Paula Stepien (750091)

Studiengang Optotechnik und Bildverarbeitung

Hochschule Darmstadt

Projekt 2

Prof. Dr. Ralph Neubecker

15.08.2019

## Inhalt

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Einleitung.....                                   | 2  |
| 2     | Prüfobjekt.....                                   | 2  |
| 3     | Ideen und Vorüberlegungen .....                   | 3  |
| 3.1   | Ideen zur Bildverarbeitung.....                   | 3  |
| 3.2   | Vorüberlegungen zur Bildverarbeitung mit OCR..... | 3  |
| 3.3   | Ideen zur Mechanik.....                           | 3  |
| 3.4   | Vorüberlegungen zum Aufbau .....                  | 3  |
| 4     | Aufbau .....                                      | 4  |
| 4.1   | Förderband.....                                   | 5  |
| 4.2   | Motor und Netzteil.....                           | 5  |
| 4.3   | Heber.....  | 6  |
| 4.4   | Kamera und Objektiv.....                          | 7  |
| 4.5   | Beleuchtung.....                                  | 8  |
| 5     | Klassifikationsalgorithmus.....                   | 10 |
| 5.1   | Vorüberlegungen.....                              | 10 |
| 5.1.1 | Template Matching .....                           | 10 |
| 5.1.2 | Neuronale Netze und Deep Learning .....           | 10 |
| 5.2   | Aktueller Algorithmus (OCR) .....                 | 10 |
| 5.2.1 | Online und offline.....                           | 10 |
| 5.2.2 | Einziehen der Bilder.....                         | 11 |
| 5.2.3 | OCR und Klassifizierung.....                      | 11 |
| 5.3   | Auftretende Probleme .....                        | 11 |
| 6     | Letzter Stand und Ausblick.....                   | 12 |
| 6.1   | Ausblick .....                                    | 12 |
| 7     | Anhang .....                                      | 13 |

# 1 Einleitung

Im Rahmen dieses Projektes soll eine Lösung gefunden werden, mit der man Batterien vom Typ AA von Akkus des gleichen Typs unterscheiden kann. Eine weitere Aufgabe besteht darin sowohl Akkus als auch Batterien nach ihrer chemischen Zusammensetzung zu sortieren.

Für die Lösung der Aufgabe soll die Bildverarbeitung im Vordergrund stehen. Eine Idee zur mechanischen Umsetzung wurde als Prototyp realisiert und ist für den Einsatz in der Industrie ausbaufähig.

In den folgenden Abschnitten des Dokuments wird Batterien synonym auch für Akkus verwendet.

# 2 Prüfobjekt

Als Testobjekte werden Batterien und Akkus vom Typ AA unterschiedlicher Hersteller verwendet. Diese weisen eine genormte Form auf, mit einer Erhebung am Pluspol. Die Aufschriften unterscheiden sich jedoch voneinander im Design, wodurch es stellenweise durch glänzende Aufdrucke zu Reflexionen kommen kann. Die von den Herstellern gewählten Schriftarten sind ebenfalls unterschiedlich und müssen bei der Entwicklung eines Algorithmus berücksichtigt werden.



Abbildung 1 Verschiedene Batterien und Akkus vom Typ AA

Da ein Teil der Aufgabe darin besteht eine Sortierung anhand der chemischen Zusammensetzung vornehmen zu können, wurden die unterschiedlichen Arten von Batterien und Akkus in der folgenden Tabelle zusammengetragen.

| Primärzellen (Batterie) |                | Sekundärzellen (Akkus) |                |
|-------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| Zusammensetzung         | Volt pro Zelle | Zusammensetzung        | Volt pro Zelle |
| Alkali-Mangan           | 1,5            | Alkali-Mangan          | 1,5            |
| Lithium                 | 2,9 - 3,6      | Bleioxid/Blei          | 2              |
| Lithium-Eisensulfid     | 1,5            | Lithium-Ionen          | 3,7            |
| Natrium-Nickel-Chlorid  | k.A.           | Lithium-Polymer        | 3,7            |
| Nickel-Oxyhydroxid      | 1,5            | Natrium-Nickelchlorid  | k.A.           |
| Quecksilberoxid-Zink    | 1,35           | Nickel-Cadmium         | 1,2            |
| Silberoxid-Zink         | 1,55           | Nickel-Eisen           | 1,2-1,9        |
| Zink-Chlorid            | 1,5            | Nickel-Metallhydrid    | 1,2            |
| Zink-Kohle              | 1,5            | Nickel-Wasserstoff     | 1,5            |
| Zink-Luft               | 1,5            | Silber-Zink            | 1,5            |
|                         |                | Zink-Brom              | 1,76           |

Tabelle 1 Auflistung der verschiedenen chemischen Zusammensetzungen von Batterien und Akkus

## 3 Ideen und Vorüberlegungen

### 3.1 Ideen zur Bildverarbeitung

Eine Idee zur Bildverarbeitung ist der Vergleich der Aufnahmen mit dazugehörigen Referenzbildern. Hierzu wird die Differenz zwischen dem aufgenommenen Bild der Batterie / des Akkus und einem Referenzbild gebildet. Stimmen die Bilder exakt überein, ist das Ergebnisbild entweder komplett schwarz oder weiß. Auftretende Fehler werden in der jeweils anderen Farbe angezeigt. Treten zu viele Fehler auf, stimmt die Batterie / der Akku nicht mit der Referenz überein und es wird mit dem nächsten Referenzbild verglichen. Damit das so funktionieren kann, müssten die Referenzbilder der neuen Modelle aufgenommen werden wozu immer dieselben Rahmenbedingungen sowohl für die Referenzbilder als auch für die später aufgenommenen Bilder benötigt werden.

Eine weitere Idee ist die Schrifterkennung mit OCR und der Software HALCON. Probleme, die auftreten können, sind Reflexe auf der Oberfläche, die falsche Erkennung von Buchstaben und die verschiedenen Schriftarten auf den Batterien / Akkus, die gut oder gar nicht erkannt werden.

### 3.2 Vorüberlegungen zur Bildverarbeitung mit OCR

Eine homogene Beleuchtung minimiert bzw. kompensiert Reflexionen auf der Oberfläche, sodass Teile der Schrift nicht verdeckt werden. Ein guter Kontrast zwischen Schrift und Hintergrund ist für die Schrifterkennung notwendig. Die Sortierung der Batterien / Akkus findet anhand der Merkmale durch das OCR statt.

### 3.3 Ideen zur Mechanik

Die ersten Ideen zur Mechanik beinhalten eine Kamera, die von oben auf die Batterie / den Akku schaut. Diese/dieser wird rotiert, um die gesamte Mantelfläche aufzunehmen. Um das Objekt unterhalb der Kamera zu positionieren, soll ein Förderband eingesetzt werden. Eine verstellbare Barriere stoppt die Batterie / den Akku, sodass sie von der Kamera erfasst werden kann. Wichtig ist, dass die Barriere das Objekt während der Drehung stabilisiert und scharfe Bilder aufgenommen werden können.

### 3.4 Vorüberlegungen zum Aufbau

Eine erste Überlegung ähnelt dem Aufbau eines Pfandautomaten. Das Objekt wird auf zwei in einem Winkel angeordneten Laufbändern unter die Kamera transportiert. Ein kleines Rad wird von unten an die Batterie / den Akku herangefahren und rotiert diese/diesen. Nach der Bildaufnahme wird das Objekt durch weitere Förderbänder über der jeweiligen Box positioniert und die Förderbänder fahren auseinander, sodass die Batterie / der Akku hindurch fällt. Nicht erkannte Objekte werden bis an das Ende gefahren und dort in einer extra Box gesammelt. Von Nachteil könnte eine mögliche Kollision der Förderbänder mit dem Rad für die Rotation sein. Abbildung 2 zeigt den überlegten Aufbau mit den Laufbändern (1), dem Testobjekt (2), der Kamera (3) und dem Rad für die Rotation (4) der Batterie. Da dieser Aufbau schwer zu realisieren ist, wurde die Idee verworfen und ein einfacherer Aufbau entworfen.

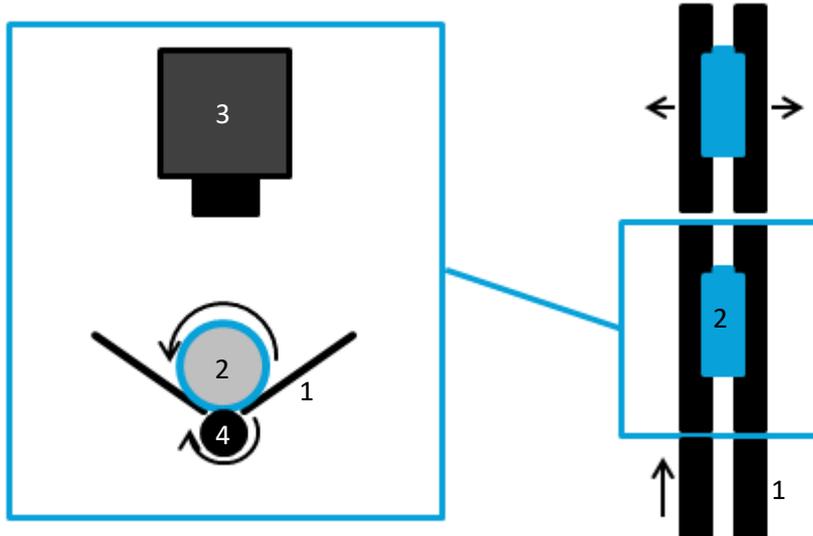


Abbildung 2 Skizze des Aufbaus nach der Vorüberlegung mit im Winkel zueinander angeordneten Laufbändern (1), dem Testobjekt (2), der Kamera (3) und dem Rad für die Rotation (4) der Batterie

#### 4 Aufbau

Der Aufbau der Testvorrichtung besteht neben Kamera, Objektiv und Beleuchtung auch aus Komponenten zum teilautonomen Fördern und Rotieren der Batterien. Abbildung 3 zeigt den kompletten Projektaufbau.

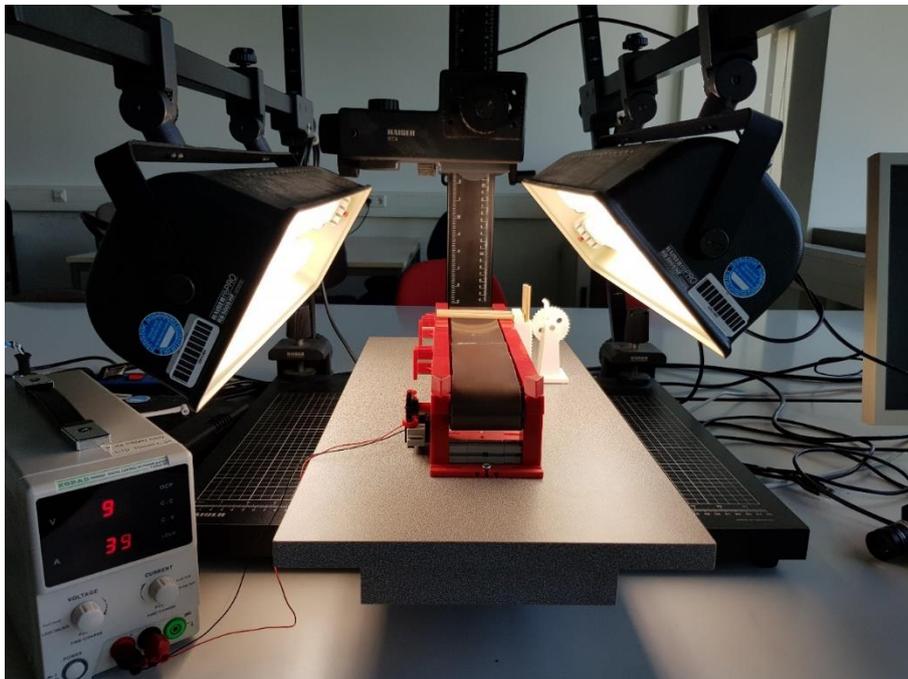


Abbildung 3: Projektaufbau mit 2 parallel zueinander ausgerichteten Modulleuchten an einem Repröstander montiert, dem Förderband mit glatter Förderoberfläche und der Hebevorrichtung zur lokalen Drehung der Batterien.

Die einzelnen Teile werden nun detaillierter vorgestellt.

#### 4.1 Förderband

Das verwendete Förderband wie es in Abbildung 4 zu sehen ist, wurde größtenteils so vorgefunden und weiterentwickelt. Zu dem Grundgerüst aus nicht näher spezifizierbaren Fischertechnik-Teilen wurde eine Schicht dünnen, glatten, dunklen Kartons hinzugefügt, der die ansonsten raue Oberfläche des Förderbandes glättet und für eine flüssigere Bewegung der Batterien sorgt.

Des Weiteren wurde der Motor ausgetauscht (siehe Abbildung 4.2 Motor und Netzteil) und die im Bild sichtbare Hebevorrichtung installiert.

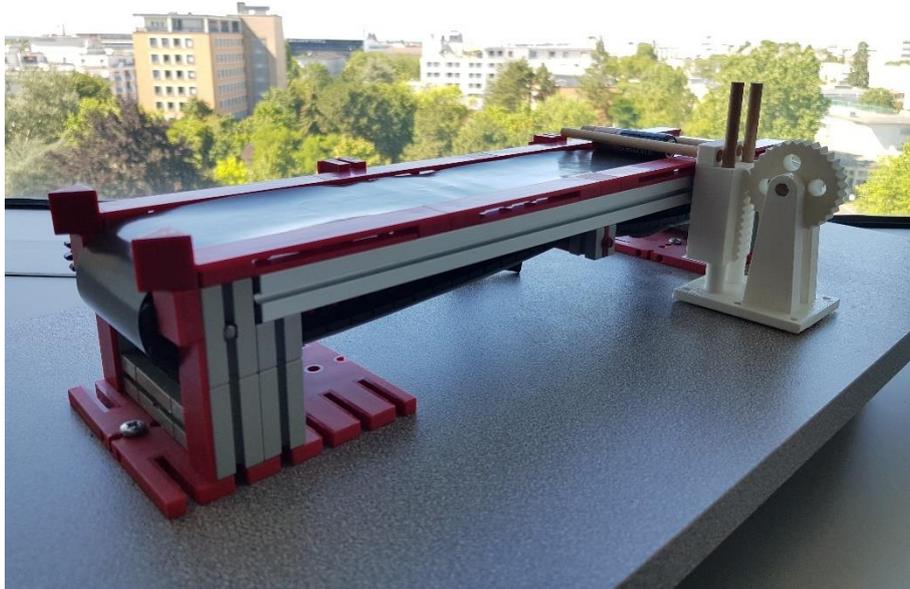


Abbildung 4: Förderband mit glattem Karton und Hebevorrichtung (weiß).

#### 4.2 Motor und Netzteil

An das Förderband war zu Anfang bereits ein 9V DC Motor von Fischertechnik montiert, der ein proprietäres Netzteil hatte. Dieser Motor war nach Montage des Karton jedoch zu schwach um das Band, vor allem bei langsamen Geschwindigkeiten, mit konstanter Geschwindigkeit zu bewegen. Daher wurde bei Fischertechnik ein 24V DC Motor bestellt. Dieser ist deutlich leistungsstärker als sein Vorgänger, bei gleicher Größe. Mit dem neuen Motor kann das Band sehr langsam und konstant laufen. Um das Band anzutreiben, wird die Drehbewegung des Motors mit Schneckengewinden zwei Mal übersetzt. Der Motor ist in Abbildung 5 nach Montage zu sehen.

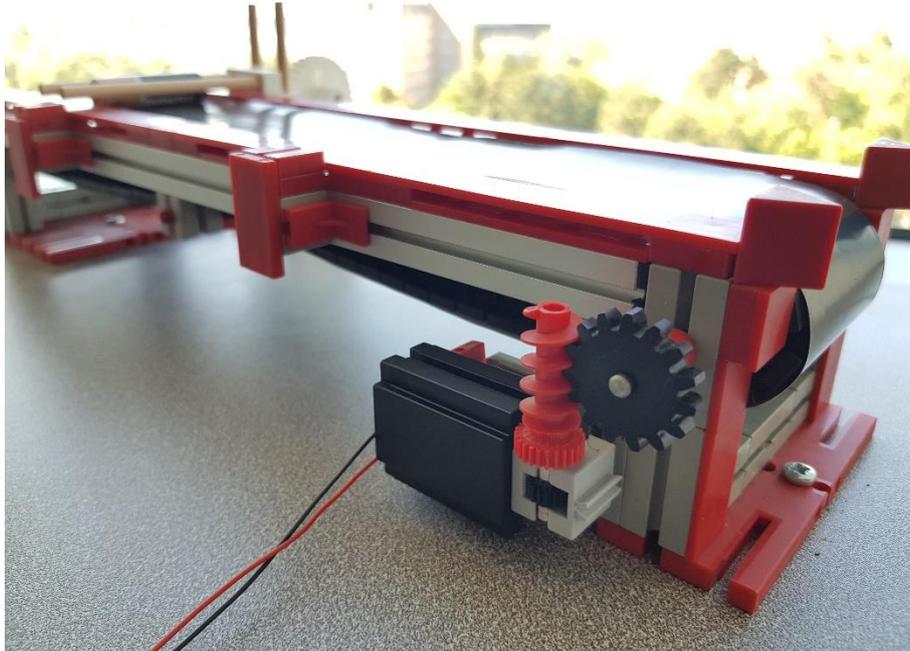


Abbildung 5: An das Förderband montierter 24V DC Motor von Fischertechnik.

Ein Netzteil von Fischertechnik ist für diesen Motor nicht erhältlich, so wird auf ein Netzteil aus dem Bestand der Hochschule zurückgegriffen. Das in Abbildung 6 zusehende Netzteil ist das Korad KD6005D, welches Spannungen bis zu 60V und Ströme bis zu 5A erzeugen kann. Für den Einsatzzweck sind diese Kenndaten mehr als ausreichend.

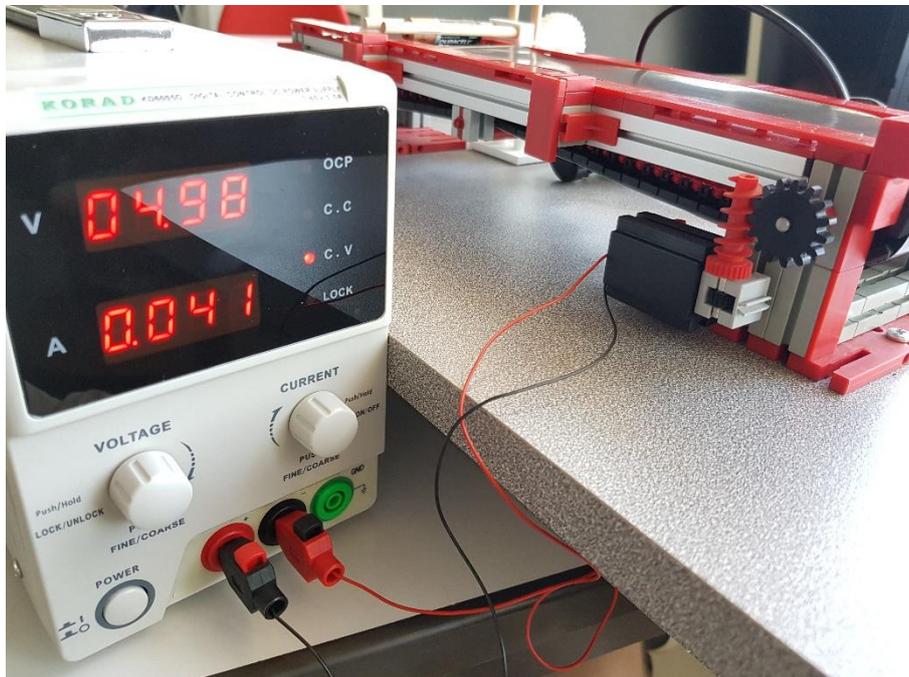
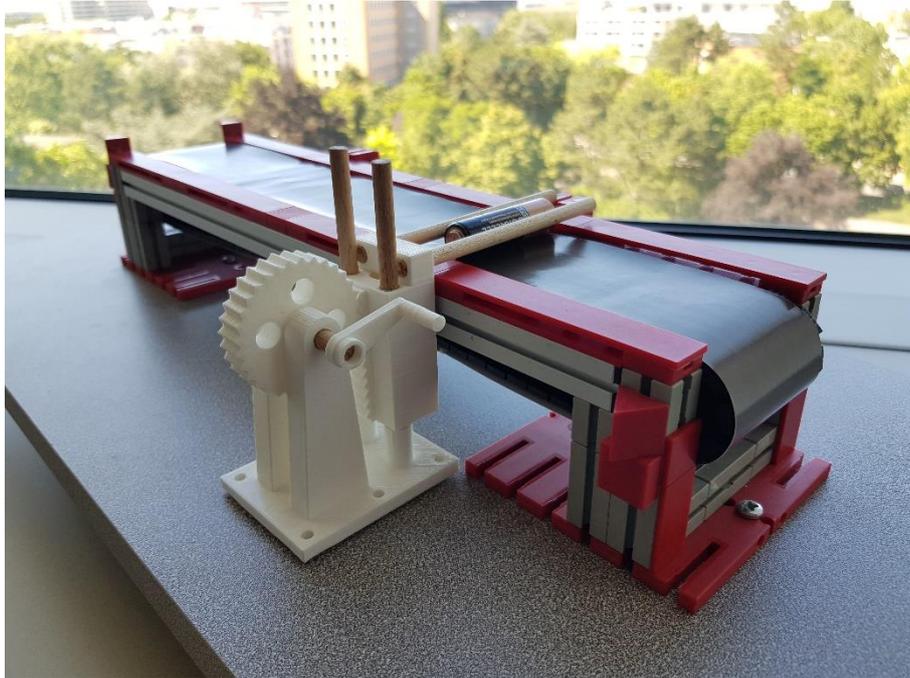


Abbildung 6: An 24V-Motor angeschlossenes Netzteil KORAD.

### 4.3 Heber

Um die Batterien unter der Kamera drehbar anzuhalten, ist eine Vorrichtung nötig. Diesen Zweck erfüllt im Projektaufbau der Heber, der in Abbildung 7 nochmals gezeigt wird.



*Abbildung 7: Hebevorrichtung (weiß) neben das Förderband montiert für das Halten und Drehen einer Batterie an einer Stelle.*

Der Heber wurde in Autodesk Fusion 360 gestaltet. Er besteht aus 6 Einzelteilen, die entweder über 6 mm Holzstangen verbunden werden oder ineinandergreifend sind. Die einzelnen Teile wurden mit Ultimaker Cura in G-Code umgewandelt und mittels Schmelzschtichtungsverfahren (FDM) mit einem privaten 3D-Drucker unter Verwendung des Materials PLA gedruckt.

Dreht man an der Kurbel wird die Drehbewegung mittels Zahnrades und Zahnstange in eine horizontale Bewegung umgewandelt. Mit dieser wird der Schrankenaufsatz nach oben und unten bewegt, um Batterien unter der Kamera drehbar auf dem Band zu lagern.

#### 4.4 Kamera und Objektiv

Für die Bildaufnahme wird die Kamera iDS Ui-UI-1490LE-C-HQ zusammen mit dem Objektiv Pentax H1214-M(KP) C61232 verwendet. Die Kamera ist mit montiertem Objektiv in Abbildung 8 zu sehen.



Abbildung 8: Verwendete Kamera mit montiertem 12mm-Objektiv.

Die Kamera besitzt einen CMOS Farbsensor der mit Rolling-Shutter aufnimmt. Der Sensor hat eine Auflösung von 3840x2748 Pixeln bei einer Pixelgröße von 1,67  $\mu\text{m}$ . Über die USB 2.0 Mikro B Schnittstelle ist eine Bildrate von bis zu 3,2 fps möglich.

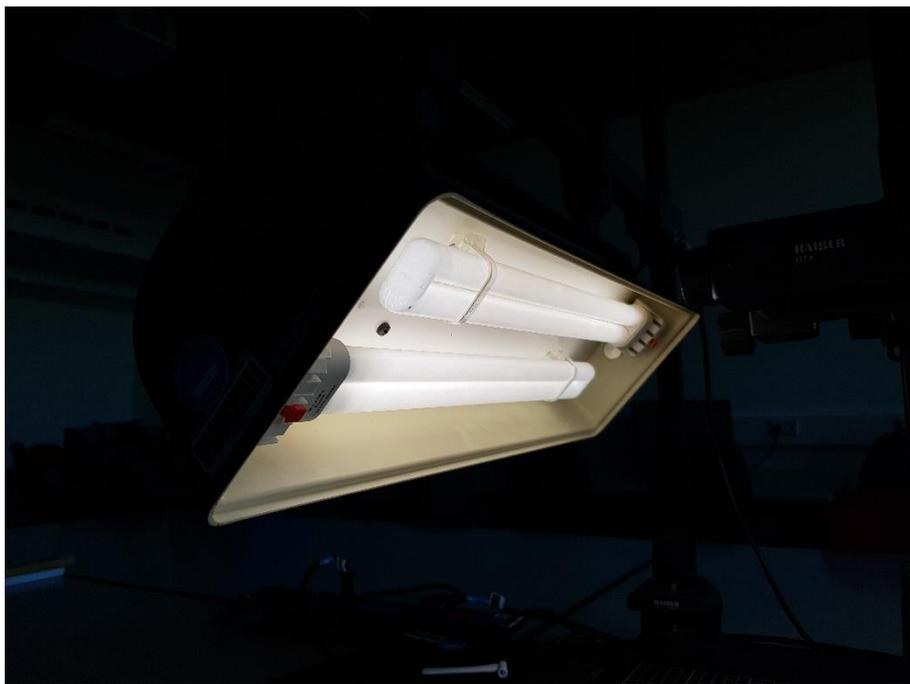
Das Objektiv hat eine Brennweite von 12 mm und eine verstellbare Blende mit einer Blendenzahl von 1,4 bis 16.

#### 4.5 Beleuchtung

Der Beleuchtungstest ergab, dass zwei gegenüber längs angebrachte Modulleuchten am geeignetsten sind, um die vorhandenen Reflexe auf der gekrümmten Oberfläche der Batterien zu minimieren. Andere Beleuchtungsarten, wie beispielsweise die Dombelichtung erzeugen Aufnahmen mit störenden Reflexen, die ohne eine Nachbearbeitung nicht ausgewertet werden können. Daher kommen zwei Modulleuchten von Kaiser REPRO RB 5005 HF, bestehend aus zwei Lampen mit je zwei Tageslichtleuchten zum Einsatz. Die Leistung beträgt 4 x 55 W. Es wird eine Farbtemperatur von 5400K erreicht. Die Lichtaustrittsfläche der Lampen beträgt 64 x 21 cm. In Abbildung 9 und Abbildung 10 ist eine der Leuchten in verschiedenen Aufnahmeverhältnissen zu sehen.



*Abbildung 9: Angeschaltete Modulleuchte an Kaiser REPRO-Ständer montiert.*



*Abbildung 10: Ausgeschaltete Modulleuchten mit sichtbaren Leuchtstoffröhren.*

## 5 Klassifikationsalgorithmus

Bei der Suche eines passenden Algorithmus zur Klassifizierung von AA-Energieträgern wurden verschiedene Ansätze ausprobiert.

### 5.1 Vorüberlegungen

Als Erstes galt es die Merkmale der verschiedenen Energieträger herauszufiltern.

Die erste Überlegung war, ob es möglich ist eine simple Klassifizierung durch verschiedene Gewichte der Batterien zu verwirklichen. Verursacht durch die unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen könnten sich die Batterien anhand ihres spezifischen Gewichtes unterscheiden lassen. Diese Überlegung war jedoch nicht nachweisbar. Damit verbleiben die Ideen und Ansätze der klassischen Bildverarbeitung.

Mithilfe einer Kamera sollen Aufnahmen gemacht werden, die durch ein bildverarbeitendes Verfahren ausgewertet werden können.

#### 5.1.1 Template Matching

Ein Ansatz war der Vergleich von Merkmalen mittels Template Matching. Dieses Verfahren bietet eine Menge an Möglichkeiten zum Suchen von gewissen Strukturen im Bild. Das Problem, welches ausschlaggebend war dieses Verfahren nicht anzuwenden ist, dass man für alle Typen von Energieträgern, die produziert werden, ein Template erstellen müsste. Der Aufwand, der sich daraus ergeben würde, wäre deutlich zu hoch für ein Projekt dieser Größe geworden.

#### 5.1.2 Neuronale Netze und Deep Learning

Der wiederkehrende Trend Bildverarbeitungsaufgaben mittels maschinellen Lernens umzusetzen stellte eine sinnvolle Idee zur Klassifizierung dar. Mittlerweile werden in der Industrie häufig Deep Learning, (Convolutional) Neuronale Netze und Support Vector Machines eingesetzt. Alle mit dem Ziel eine möglichst gute Klassifizierung zu gewährleisten, in den meisten Fällen funktioniert dies auch sehr gut. In diesem Fall kommt kein Neuronales Netz zum Einsatz aus dem Grund, da sich keine der beteiligten Personen ausreichend mit diesem Themengebiet auskennt und nicht genügend Zeit war sich in dieses Thema einzuarbeiten. Ein weiterer Grund ist das Trainieren der Netze, welches einen großen Zeitaufwand bedeutet hätte, da man auch wie beim Template Matching jedem Akku- und jedem Batterietyp eine einzelne Klasse zuweisen müsste. Das Verfahren ist allerdings nicht schlecht und sollte für größer angelegte Projekte in diese Richtung unbedingt in Betracht gezogen werden.

### 5.2 Aktueller Algorithmus (OCR)

Der momentane Algorithmus basiert auf der Texterkennung mittels Optical Character Recognition und ist in HDevelop implementiert.

Wir haben uns für die Bildverarbeitungssoftware HALCON von der Firma MVTec entschieden. Dies hatte den Grund, dass schnell und einfach verschiedene Verfahren getestet werden konnten, welche bereits in HALCON implementiert sind. Ein weiterer Grund für unsere Entscheidung war, dass alle Gruppenmitglieder den Kurs „Bildverarbeitung mit HALCON“ im 3. Semester bei Herrn Stelzl besucht haben und so jeder eine gewisse Erfahrung mit in das Projekt bringen konnte.

#### 5.2.1 Online und offline

Ein häufiges Problem in der Anfangsphase war das Wechseln zwischen dem Modus mit angeschlossener Kamera und dem Modus „aufgenommene Bilder“ aus einem Verzeichnis zu laden. Hierzu wird getestet, ob die Kamera angeschlossen ist. Ist dies nicht der Fall wird ein hinterlegtes Verzeichnis aufgerufen (Offline) und die Bilder eingelesen. Wenn jedoch der Framegrabber

angesteuert werden kann (Online) und ein Bild erfasst wird, wird dies dem Bildeinzug via Verzeichnis vorgezogen.

### 5.2.2 Einziehen der Bilder

Im Online-Modus werden vier Bilder nacheinander aufgenommen. Im Idealfall sind diese so versetzt, dass bei der Drehung der Batterie alle Seiten aufgenommen werden. Danach wird das erste Bild genommen und verarbeitet.

### 5.2.3 OCR und Klassifizierung

Das OCR-Template „Industrial\_NoRej“, welches bereits in HALCON implementiert ist, hat sich für unseren Anwendungszweck bewährt. An dem Modell wurden von uns einige Parameter eingestellt um die vielseitigen Schriften der Akku/Batterie Hersteller abdecken zu können. So zum Beispiel die minimale und maximale Buchstaben Größe. Dies ist notwendig, da die Hersteller die relevanten Daten gerne in unterschiedlichen Größen darstellen. Auch wurde der Parameter gesetzt, Zeichen wie „,“ oder „.“ zu erkennen, da z.B. eine Batterie meist ein „1,5“ aufgedruckt hat. Ein Problem des OCR ist es, dass es Zeichen nur in der richtigen Ausrichtung gut erkennt. Dies hat zur Folge, dass jedes aufgenommene Bild, bei dem nicht schon ohne Rotation etwas gefunden wurde, nochmals um 90° gedreht werden muss. Dies kostet einiges an Zeit, ist aber die einzige Möglichkeit die Vorteile des OCRs optimal zu nutzen.

Ist das OCR Modell über das Bild gelaufen, müssen die Zeichen, welche gefunden werden zu einem zusammenhängenden String konvertiert werden. In diesem String können dann Schlüsselwörter gesucht werden. Beim Suchen der Schlüsselwörter werden im String typische Wörter für den jeweiligen Typ gesucht. Ein Beispiel ist das Schlüsselwort „Ni-Cd“, dieses impliziert, dass es sich um einen Akku handelt, mit den Inhaltsstoffen Nickel und Cadmium. Findet man in dem String jedoch nur das Wort „Akku“ hat man zwar die Gewissheit, dass es sich um keine Batterie handelt, weiß jedoch nicht, ob es sich um Ni-Cd, Pb oder eine andere chemische Zusammensetzung handelt. Dies lässt sich dadurch verhindern, dass der Algorithmus beim Finden eines Oberbegriffes nicht terminiert, was jedoch zu einem weiteren Aufwand von Rechenzeit führt.

Die Klassifizierung erfolgt in dem Programm bisher nur visuell. Das heißt, man bekommt angezeigt um welchen Batterie- oder Akkutypen es sich handelt. Maschinell ist es das Ziel einen Schieber so anzusteuern, dass ähnlich wie bei der Smartie-Sortier-Maschine, die Akkus in verschiedene Behälter gestoßen werden. Dies ließe sich mittels eines OPC-UA (OPC Unified Architecture) Servers oder einer anderen Schnittstelle relativ einfach realisieren.

## 5.3 Auftretende Probleme

Ein großes Problem ist die Genauigkeit des OCR-Algorithmus. Da der Algorithmus nicht alle Zeichen richtig detektieren kann, entstehen später Probleme beim Finden von Suchwörtern. Diese müssen dann in jeglichen sinnvollen Varianten erstellt werden. Das hat den Nachteil, dass der Suchprozess deutlich langsamer und ineffizienter wird, da der OCR-String nach jedem Schlüsselwort durchsucht wird.

Ein weiteres Problem war zuerst die niedrige Auflösung (ca. 1MP) der Bilder, später dann die zu Große (ca. 10MP). Bei den niedrig aufgelösten Bildern wurden die Buchstaben nicht richtig erkannt, da diese zu verpixelt waren. Bei den großen Bildern wurden zwar die Buchstaben deutlich besser erkannt, nur sank die Performance des OCR extrem.

Ein Problem welches dringend gelöst werden müsste, ist die Klassifizierung der Energieträger. Momentan wird ein Akku einfach als Akku klassifiziert, wenn dieser Suchstring zuerst anschlägt. Das ist bei der Klassifizierung nach chemischen Elementen nicht sonderlich effizient. Sobald man aber

weitsucht, wird das ganze System signifikant langsamer, weshalb dies bisher nicht implementiert ist. In der Industrie wäre dies allerdings von Nöten.

## 6 Letzter Stand und Ausblick

Das Sortieren von Energieträgern für das Recyceln ihrer Einzelkomponenten ist mit unserem Prototyp möglich. Der Prototyp unseres Transportbandes zusammen mit der Vorrichtung, die Batterien an einer Stelle unter der Kamera drehen zu lassen, funktioniert ohne Probleme. Die Beleuchtung war für unsere Zwecke ausreichend, sollte aber weiter optimiert werden, um eine verbesserte Bildaufnahme ohne störende Einflüsse zu gewährleisten. Eine Verbesserung sollte auch die Abstimmung der einzelnen Komponenten, wie zum Beispiel der PC und die Schnittstelle, deren Übertragungsrate momentan zu gering ist, umfassen. Nach Testen der verschiedenen Transportgeschwindigkeiten in Verbindung mit dem Bildeinzug des verwendeten Programms, konnten die Schriften auf den eingezogenen Bildern durch die OCR erkannt werden. Nicht alle Wörter sind jedoch erkannt worden, so dass die Klassifizierung der einzelnen chemischen Zusammensetzungen der Energieträger noch nicht ausreichend funktioniert. Die Dauer der einzelnen Bildauswertungsschritte im Programm ist noch reduzierbar, indem beispielsweise die Ausgaben auf dem angezeigten Bild verringert werden, oder die OCR-Modelle weiter angepasst werden und so eine bessere Performance erreicht wird.

### 6.1 Ausblick

Das industrielle Recyceln von Energieträgern wird in Deutschland bisher nur von einem Betrieb in Bremerhaven mittels Röntgen-Technik in großem Maßstab realisiert. Eine Alternative dazu und realisierbare Möglichkeit der Sortierung von Energieträgern nach Inhaltstoffen mit Hilfe der Bildverarbeitung wäre damit mit unserem Projekt 2-Prototyp in der Industrie möglich.

Vor dem industriellen Einsatz sollte noch der Einsatz der Hebefunktion, die anschließende Bildaufnahme und der Weitertransport der einzelnen Batterien synchronisiert werden. Wobei die Konstruktion dieses Transportsystems und der anschließenden Sortieranlage Aufgabe von Maschinenbauern sein sollte. Eine Verbesserung der Bildqualität kann durch eine besser geeignete Beleuchtungseinrichtung erreicht werden. Um die Anzahl der klassifizierten Energieträger zu erhöhen, ist eine weitere Ausarbeitung des Programmes notwendig. Das Testen unter realen Bedingungen in einer industriellen Anlage wird dabei zeigen, welche Probleme noch auftreten.

In Zukunft werden weitere Energieträger-Typen mit anderen Herstellerangaben eingebunden werden müssen. Eine Erweiterung des Bildverarbeitungssystems auf andere Batterietypen ist jederzeit möglich, vorausgesetzt die mechanischen Komponenten werden auch darauf abgestimmt. Rechteckige Batterien und Knopfzellen können momentan mit diesem Aufbau nicht getestet werden.

Damit ist ein Beitrag zu einem verbesserten Umweltschutz durch das Recycling von Batterien nach ihrer chemischen Zusammensetzung und das Wiederverwerten dieser Inhaltstoffe im Materialkreislauf gewährleistet.

## 7 Anhang

- \* Code zur Detektion und Klassifizierung von Energieträgern V.12
- \* On/Offline System
- \* Prüfen jeder Seite des Akkus + Rotationsproblem

\*Synchroner Einzug

ImageNumber:=0

\*Wenn Kamera nicht genutzt werden soll, hier Verzeichnis eintragen:

BildPfad:= 'XXXXXXX'

\*Framegrabber Parameter:

Online:=true

ExposureTime:= 15

StartRow:= 1096

StartColumn:= 688

ImageWidth:= 2584

ImageHeight:= 1102

AkkuDrehung:= 3

try

```
open_framegrabber ('uEye', 1, 1, ImageWidth, ImageHeight, StartRow, StartColumn,  
'default', 8, 'default', -1, 'false', 'default', '1', 0, -1, AcqHandle)
```

```
Online:=true
```

catch (Exception)

```
Online:=false
```

endtry

if (Online==false)

```
list_image_files(BildPfad,'default', [], ImageFiles)
```

else

```
* open_framegrabber ('uEye', 1, 1, ImageWidth, ImageHeight, StartRow, StartColumn,  
'default', 8, 'default', -1, 'false', 'default', '1', 0, -1, AcqHandle)
```

```
set_framegrabber_param(AcqHandle, 'exposure', ExposureTime)
```

endif

dev\_get\_window(WindowHandle)

while (true)

```
if(Online==true)
```

```
if(AkkuDrehung==3)
```

```
gen_empty_obj(LiveImages)
```

```
for JedeSeite:=0 to 3 by 1
```

```
grab_image (Image, AcqHandle)
```

```
concat_obj(LiveImages, Image, LiveImages)
```

```
wait_seconds(0.2)
```

```
endfor
```

```
AkkuDrehung:= 0
```

```
endif
```

```
*Nutzen des Bildes (1-4), Seiten des Akkus
```

```
select_obj(LiveImages, Image, AkkuDrehung+1)
```

```
AkkuDrehung:= AkkuDrehung+1
```

```
else
```

```
try
```

```
read_image(Image, ImageFiles[ImageNumber])
```

```
*Bildgröße verringern, um Verarbeitung zu beschleunigen,
```

```
Genauigkeitsverlust
```

```
zoom_image_factor(Image, Image, 0.5, 0.5, 'bilinear')
```

```
catch(Exception4)
```

```
dev_disp_text('Neue Bilder eingeben!', 'window', 'top', 'left',
```

```
'black',[],[])
```

```
break
```

```
endtry
```

```
endif
```

```

Klassifiziert:=false

*Read OCR Model
read_ocr_class_mlp ('Industrial_NoRej', OCRHandle)
create_text_model_reader ('auto', OCRHandle, TextModel)

*Set OCR Parameters
set_text_model_param (TextModel, 'polarity', 'both')
set_text_model_param (TextModel, 'min_char_height', 'auto')
set_text_model_param (TextModel, 'max_char_height', 'auto')
set_text_model_param(TextModel, 'return_separators','true')

*Rotationen des Bildes
for rot:=0 to 3 by 1

    *Bild drehen
    if(rot>=1)
        rotate_image(Image, Image, 90, 'constant')

    endif

    *Finden des Texts im Bild
    find_text (Image, TextModel, TextResult)
    get_text_object (TextLines, TextResult, 'all_lines')

    get_text_result (TextResult, 'class', SingleCharacters)
    FinalString:=''
    for j:=0 to |SingleCharacters|-1 by 1
        FinalString:= FinalString+ SingleCharacters[j]
    endfor

    *Schlüsselwörter
    SuchWoerterAkku:=['Nickel-Cadmium'+NiMh', 'NiMH', 'Ni-Mh', 'NiCd',
'NiCd', 'NjCd', 'PB', 'HR6', '1.2', '1.2V', '1.2', 'Akku', 'AKKU', 'Akkumulator', 'AKK', 'Akku']
    SuchWoerterBatterie:=['Alkaline', 'Alka', 'line', 'ALKAL',
'ALKALINE', '1.5V', '15V', '1.5', 'LR6']

    *Klassifizierung: Batterie
    if(Klassifiziert==false)
        for x:=0 to |SuchWoerterBatterie|-1 by 1
            tuple_strstr(FinalString, SuchWoerterBatterie[x], StringPositionBatterie)
            if(StringPositionBatterie != -1)
                rot:=3
                dev_disp_text('Batterie', 'window', 'top', 'left', 'green', [], [])
                Klassifiziert:=true
                set_display_font(WindowHandle, 20, 'mono', 'true', 'false')
                dev_disp_text('  Nächste \n Batterie oder Akku', 'window', 'center',
'center', 'red', [], [])
                stop()
                AkkuDrehung:=3
                break

            endif
        endfor
        tuple_regexp_match(FinalString, '([0-9])+[.]?([0-9])[vV]', Matches)
    endif

    *Klassifizierung: Akku
    for x:=0 to |SuchWoerterAkku|-1 by 1
        tuple_strstr(FinalString, SuchWoerterAkku[x], StringPositionAkku)
        if(StringPositionAkku != -1)
            rot:=3
            dev_disp_text('Akku', 'window', 'top', 'left', 'red', [], [])
            Klassifiziert:=true
            *Akku Klassifizierung (Ni-Mh, Ni-Cd, etc.)
            if(x==0 or x==1 or x==2)

```

```

        dev_disp_text('Ni-Mh', 'window', 30, 'left', 'red', [], [])
    endif
    if(x==3 or x==4 or x==5 or x==5)
        dev_disp_text('Ni-Cd', 'window', 30, 'left', 'red', [], [])
    endif

    set_display_font(WindowHandle, 20, 'mono', 'true', 'false')
    dev_disp_text('    Nächste \n Batterie oder Akku', 'window', 'center',
    'center', 'red', [], [])
    stop()
    AkkuDrehung:=3
    break

    endif
endfor

if(Klassifiziert == false)
    dev_disp_text('Nicht Identifiziert', 'window', 'top', 'left', 'blue', [], [])
endif

endif

ImageNumber:=ImageNumber+1

endwhile
if(Online==true)
    close_framegrabber (AcqHandle)
endif

```