Rolling Swarm

Camera Tracking

Tobias Völkel, Hans-Martin Wulfmeyer, Josefine Zeller

11. März 2020

SwarmLab

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Problemstellung

Status quo

- Erkennung der Spheros an bestimmten Positionen zu instabil
  - Ziel: Erkennungsrate verbessern
- nur 6 Farben möglich
  - Ziel: mehr erkennbare Farben identifizieren
- Trainingspipeline spärlich dokumentiert / unklar
  - Ziel: Anzahl an separaten Skripten reduzieren, Trainingsvorgehen dokumentieren
- Code teilweise deprecated
  - Ziel: nach aktuellen Framework Versionen implementieren

Änderung der Belichtungszeit

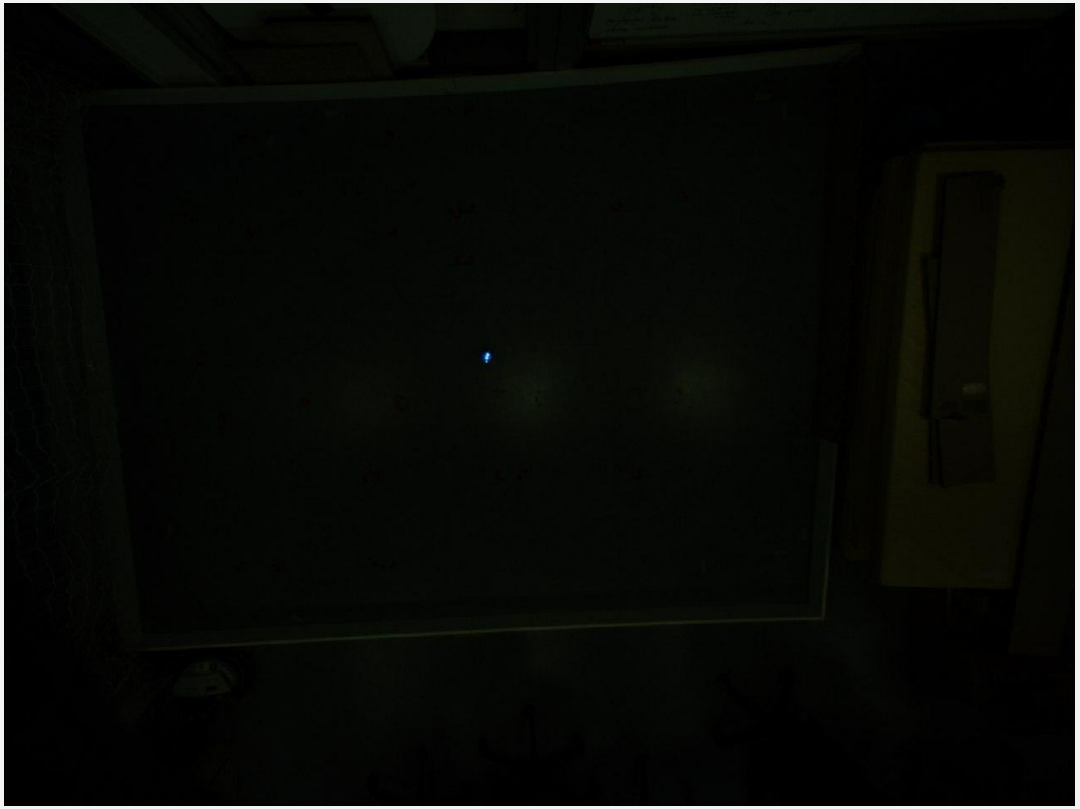
Belichtungszeit: 100000µs

SwarmLab

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Änderung der Belichtungszeit

Belichtungszeit: 14000µs



SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Änderung der Belichtungszeit

Belichtungszeit: 3000µs

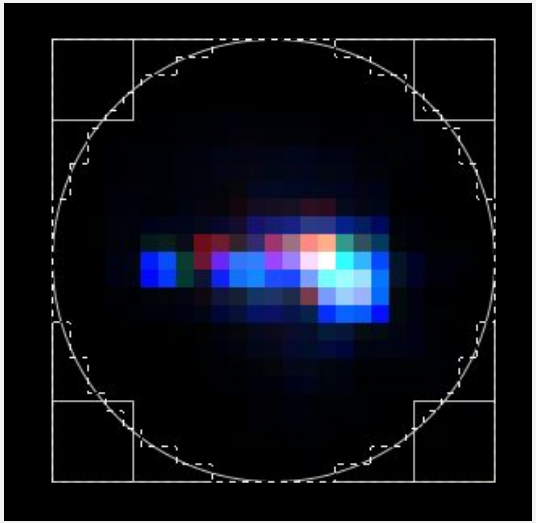
SwarmLab

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Datenbeschaffung

Aufnahmen von Spheros in der Arena

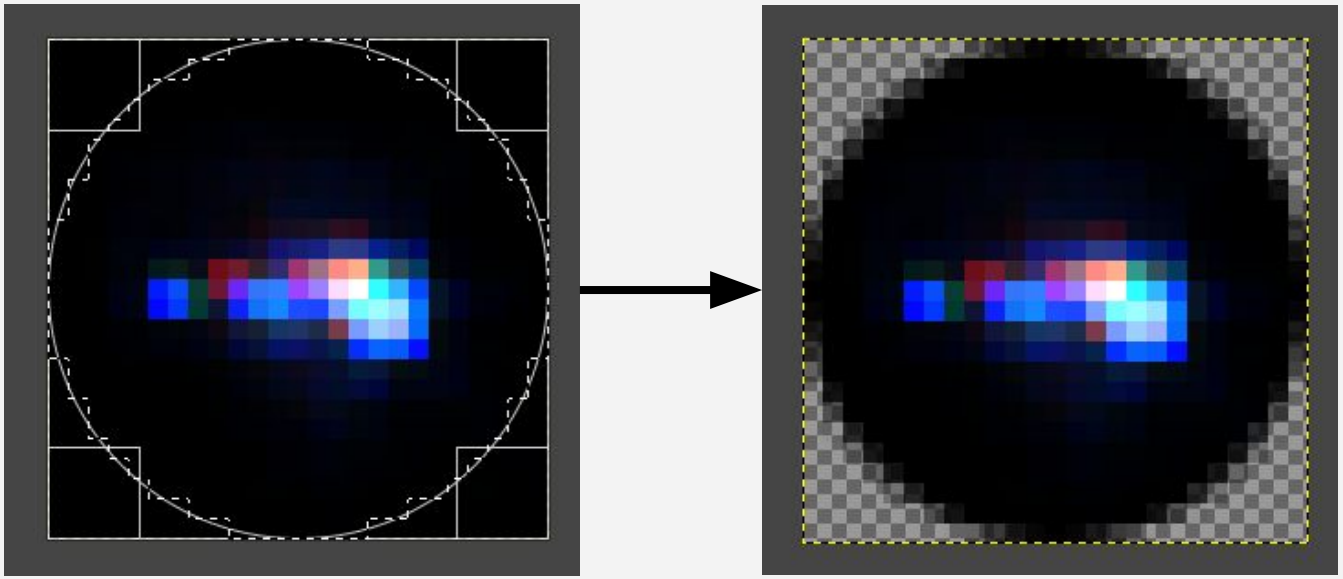
1. Mittiges Ausschneiden der Spheros in 25x25 Crops



SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Datenbeschaffung

2. Rundes Ausschneiden der Crops für Transparenten Hintergrund

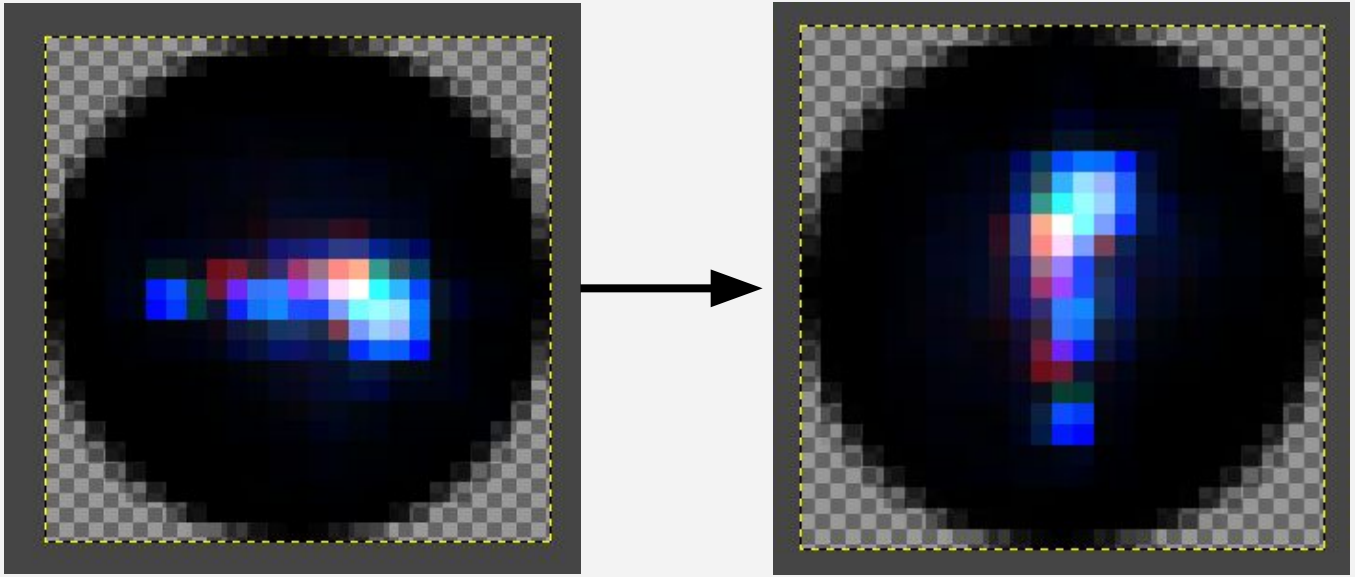


SwarmLab

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Datenbeschaffung

3. Drehen der Crops in 0° Lage



SwarmLab

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

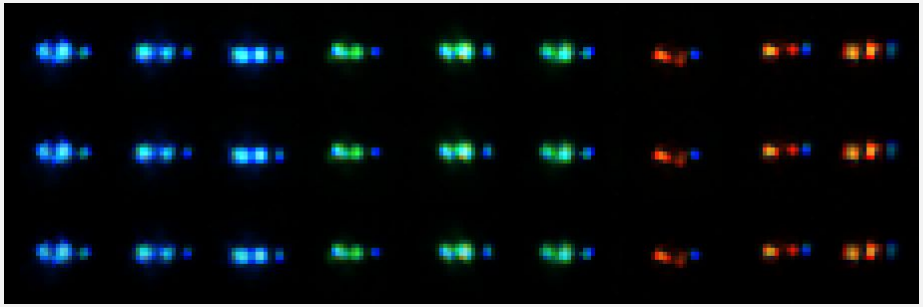
Compositor

- **Ziel:**
  - Nachstellung der Live-Daten so gut wie möglich
- **Problem:**
  - ungenügend Daten (benötigt extremen Zeitaufwand)
    - Unser Datenbestand: 17 Crops/Farbe
  - Im Live-Fall mehrere Unterschiede vorhanden
    - Helligkeit, Skalierung, Rotation, (Translation), *Horizontales Spiegeln
- **Lösung:** *Data Augmentation*

SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

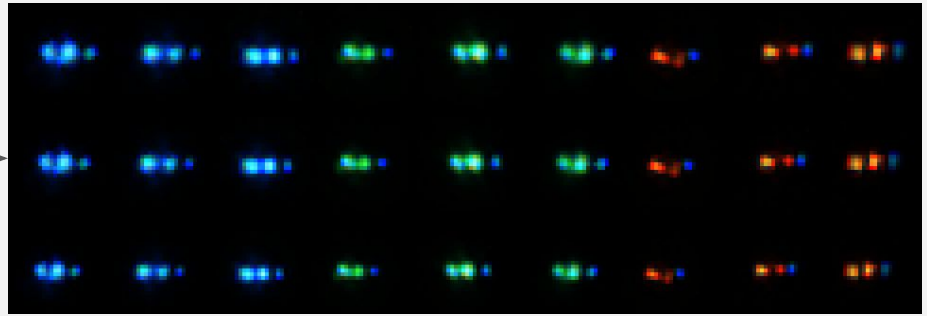
Helligkeit und Skalierung

- zufällig zwischen ±10%



Helligkeiten

Skalierung

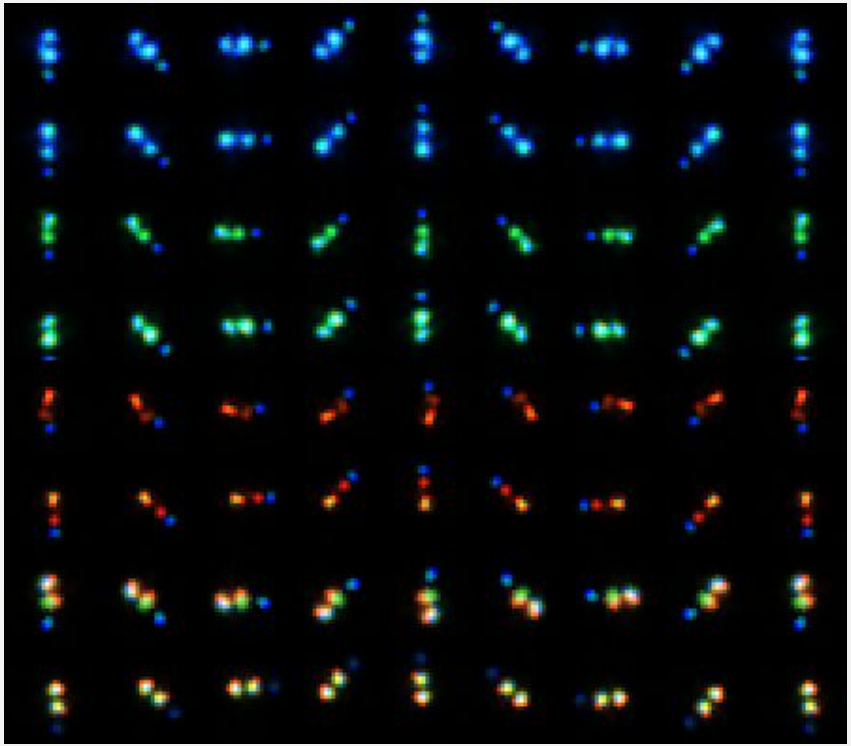


SwarmLab

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Rotation

- Alle möglichen 360 Winkel

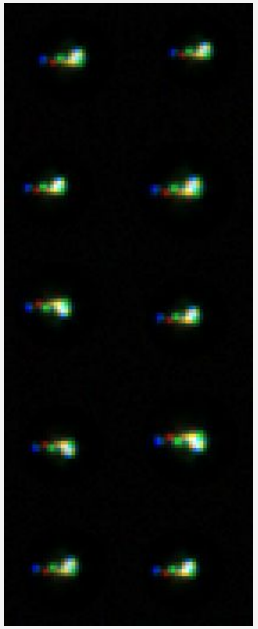


SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

First Stage & Second Stage Compositor

- Hintergründe mit Rauschen (uniform zwischen 0 und 5)
- Zufällige Position, Helligkeit, Rotation, Skalierung der Crops, Spiegeln

- First Stage:
  - auf einem beliebig großen Hintergrund (400x300, …, 1600x1200)
  - automatische Skalierung der Spheros an Hintergrundgröße
- Second Stage:
  - Hintergründe sind 35x35 groß mit jeweils einem Sphero
  - Alle 360 Winkel werden X mal wiederholt
    (Rotation nicht zufällig)

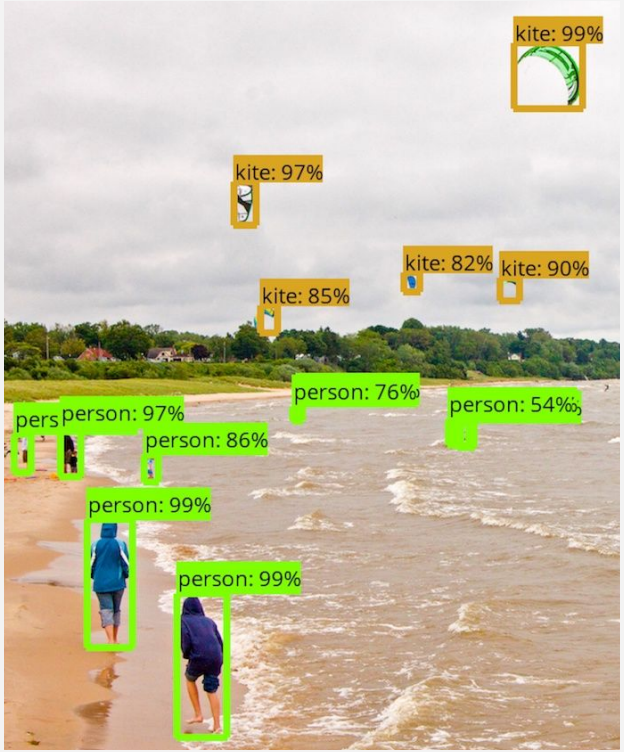


SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

First Stage

- Input: Originalbild
- Output: Bounding Boxen für Second Stage
- Tensorflow Object Detection Framework

- Status quo
  - ungenaue Detektion am Rand der Arena (Reflexionen)
  - keine kontinuierliche Erkennung (Aussetzer)
  - Minimaler Abstand zwischen Spheros

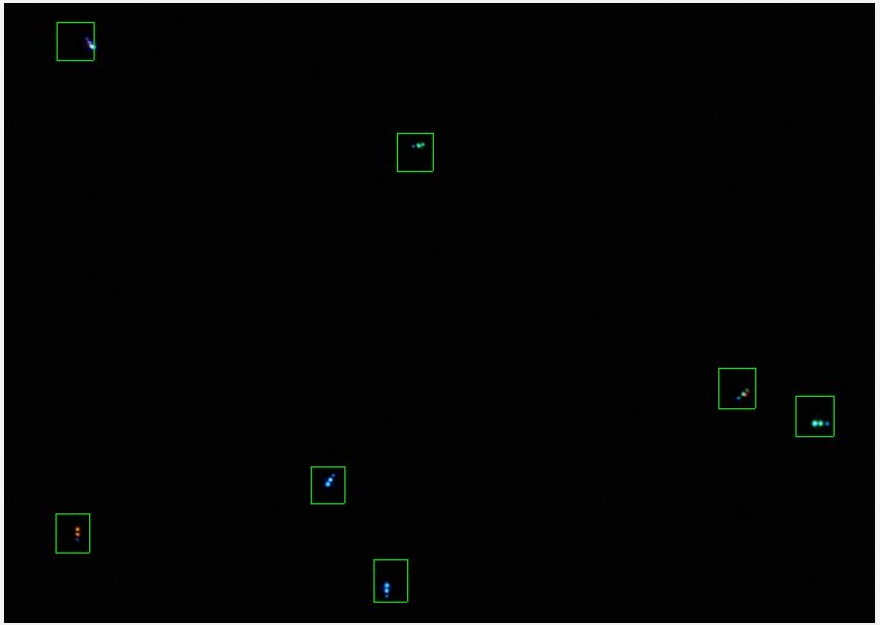


Quelle: Github Tensorflow Object Detection

SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

First Stage

- Trainingsdaten
  - 5000 / 1000 Training-Test-Split
  - Zufällige (4 - 12) Anzahl Spheros auf schwarzem Hintergrund
  - zufällige Rotation
  - gleiche Größenverhältnisse wie Originalbild
  - 400 x 300 Pixel Auflösung

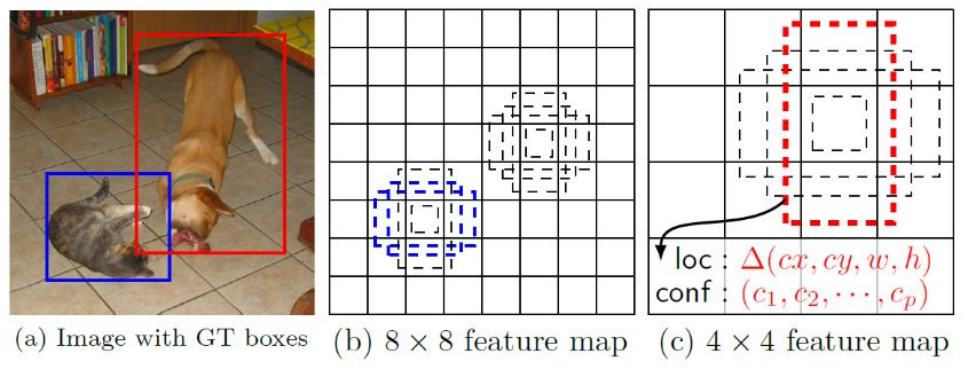


SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

First Stage

Single Shot Detector

- Basis: Mobilenet v2
- Anpassungen:
  - lediglich 1:1 bounding boxes
  - Minimum scale
  - Loss-Funktion
  - Optimizer
- Probleme:
  - Overfitting
  - schlechte Performance bei kleinen (im Verhältnis zum Gesamtbild) Objekten



Quelle: https://arxiv.org/abs/1512.02325

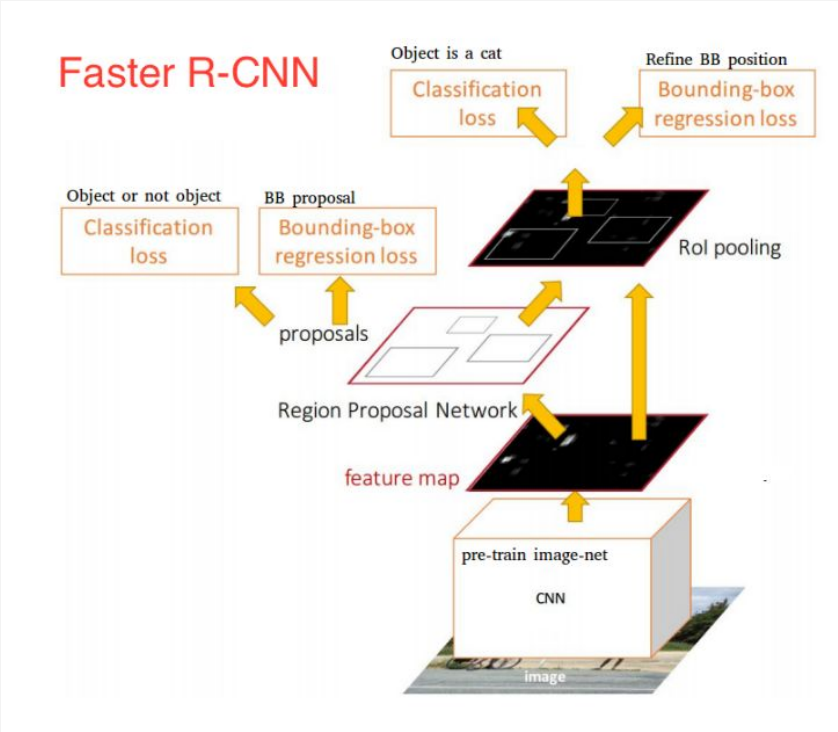
SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

First Stage

Faster R-CNN

- Basis: Inception v2
- Größe der Objekte hat geringen Einfluss auf Performance

- Probleme:
  - durch 2 CNNs größerer Speicherbedarf
  - langsamer (ca. 95% langsamer als SSD Ansatz mit Mobilenet)



Quelle:
https://towardsdatascience.com/deep-learning-for-object-detection-a-comprehensive-review-73930816d8d9

First Stage - Evaluation

No-detection-rate

- Abfahren eines festen Kurses mit einem Sphero
  - 5x den Rand der Arena abfahren
- Logging jedes Kamerabildes
- “No-detection” = kein Sphero im Bild erkannt

Verarbeitungszeit

- 16.14 ms
- Status quo: 19.14 ms

Farbe	%
purple	4.73
blue	4.96
green	6.27
magenta	6.34
dark_blue	8.29
red	13.38
dark_green	22.70
lime_green	6.79
light_blue	8.04
yellow	11.05

Eigenständiges Abfahren des Kurses nicht möglich

SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Second Stage

Status quo

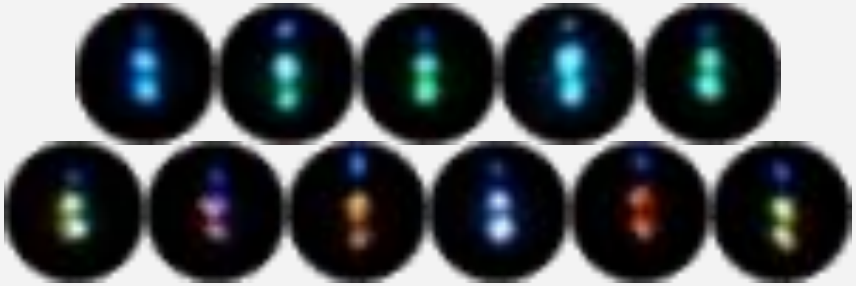
- Identifikationsnetz
  - 6/8 Farben nutzbar
  - helligkeitsabhängig
  - schlechte Erkennung mit Orientierungs LED

- Rotationsnetz
  - unzuverlässig

SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Auswahl der Farben

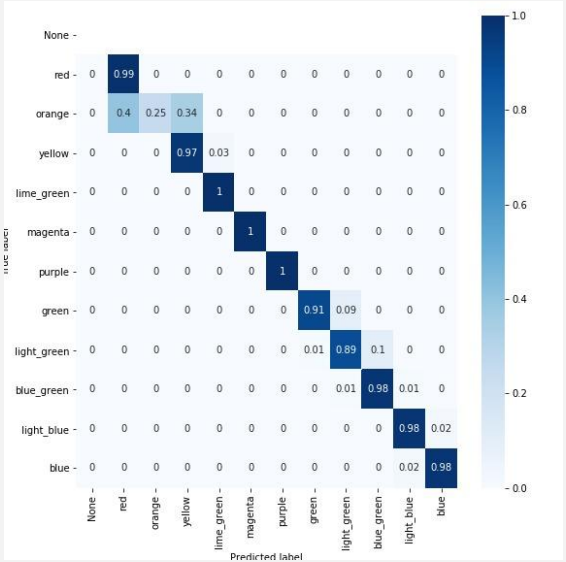
- Unterscheidbarkeit
- maximaler Abstand der RGB-Werte

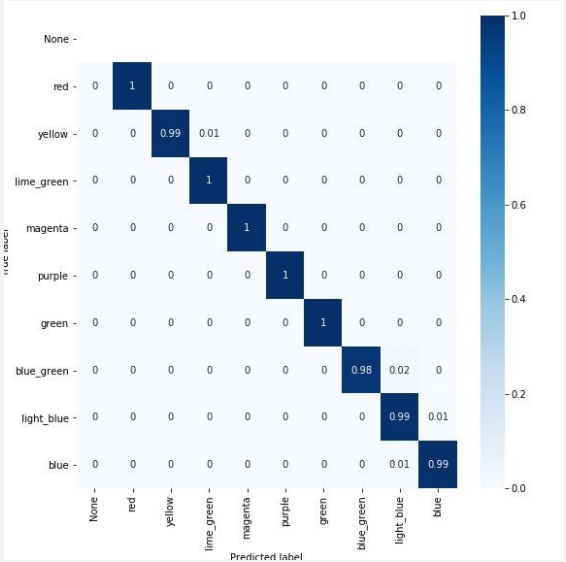


Farbe	r	g	b
red	255	0	0
orange	255	85	0
yellow	255	170	0
limegreen	255	255	0
magenta	255	0	128
purple	255	0	255
green	0	255	0
lightgreen	0	255	85
bluegreen	0	255	170
lightblue	0	255	255
blue	0	0	255

SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Confusion Matrix





SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Konfigurationsparameter

- Trainingsdaten
  - Aufteilung
  - Anzahl Variationen
- Größe MobileNet
  - trade-off: Performance / Verarbeitungsdauer
- Größe Input Daten
- batch size
- dropout
- early stopping

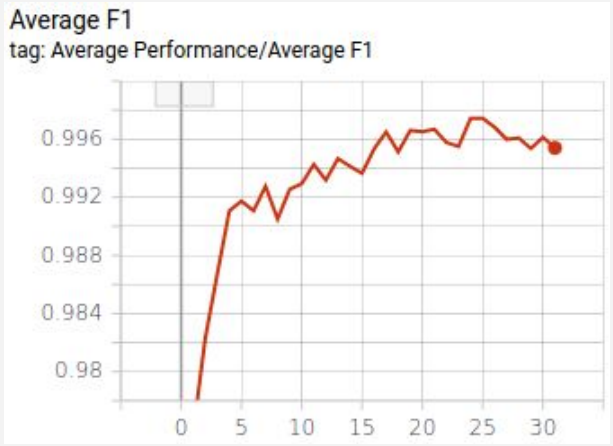
⇢ Tests in Arena

SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Optimierung

- 17 crops: 11 Training + 6 Test
- 10 * 11 * 360 * 9 Variationen = 356400
- 35*35 crops statt 128*128
- alpha = 0.75
- gaussian noise
- batch size: 1024
- 24 epochs
- loss: categorical crossentropy

avg F1 = 0.9974, val loss = 0.00864

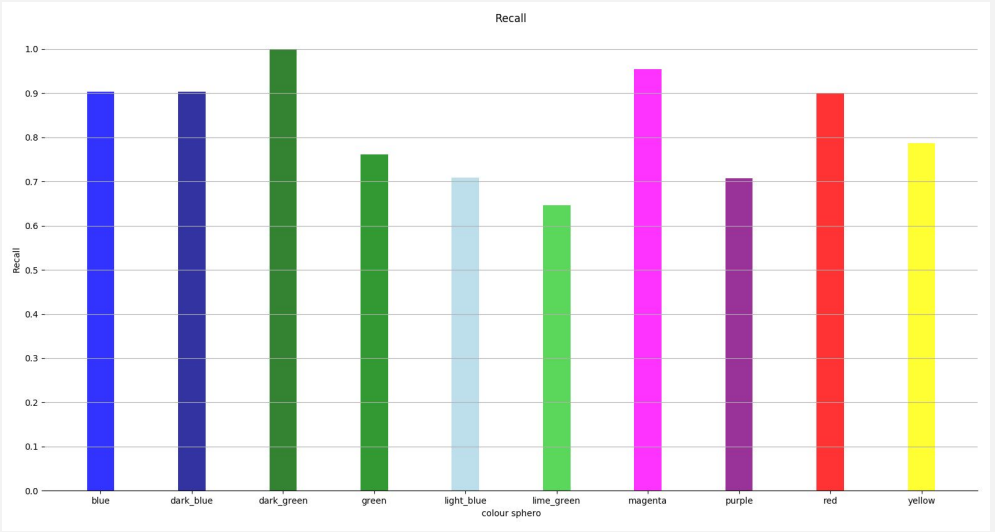


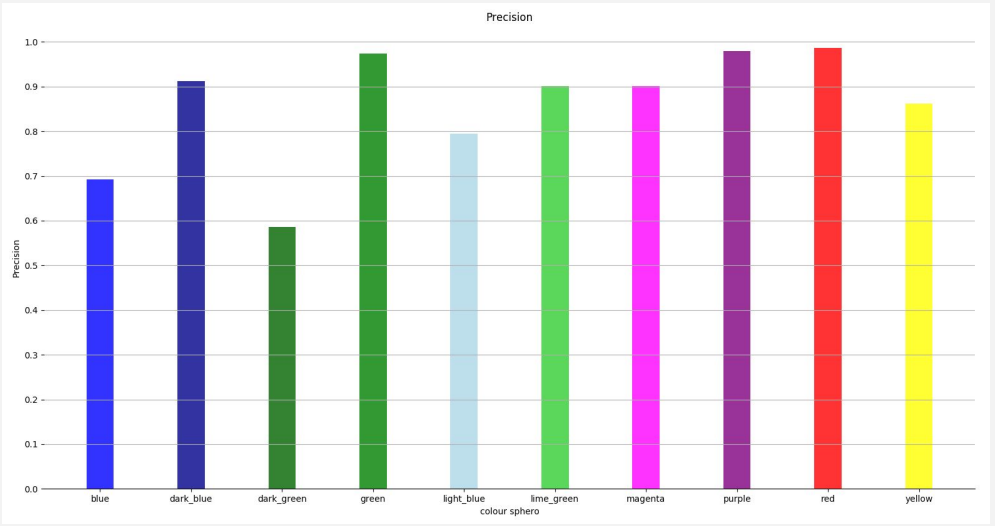
SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Evaluation

- 5 Runden
- feste Helligkeit
- fester Startpunkt

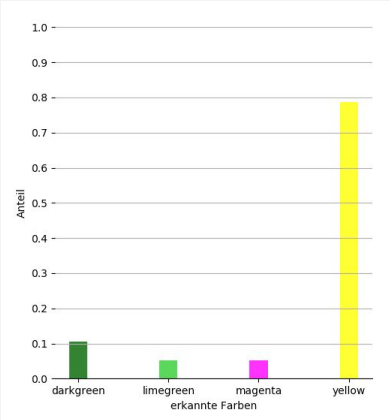
avg: 0.0403s ⇢ 0.0385s

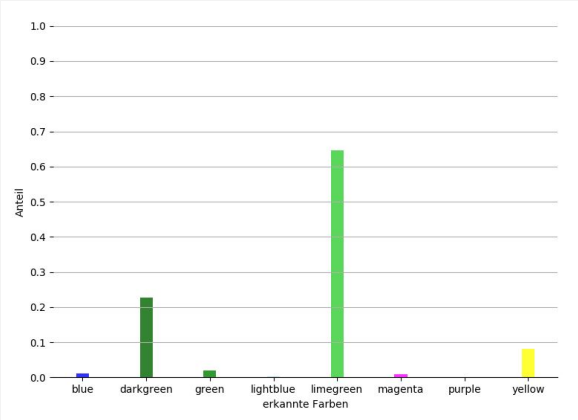


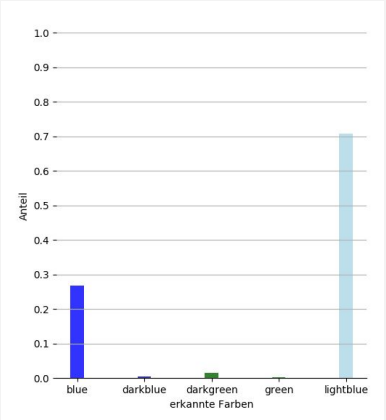


SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Evaluation - Farbverteilung



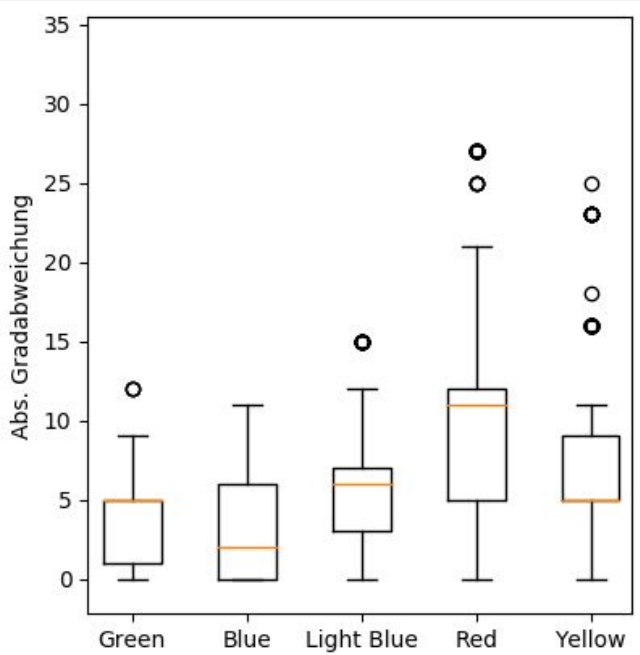


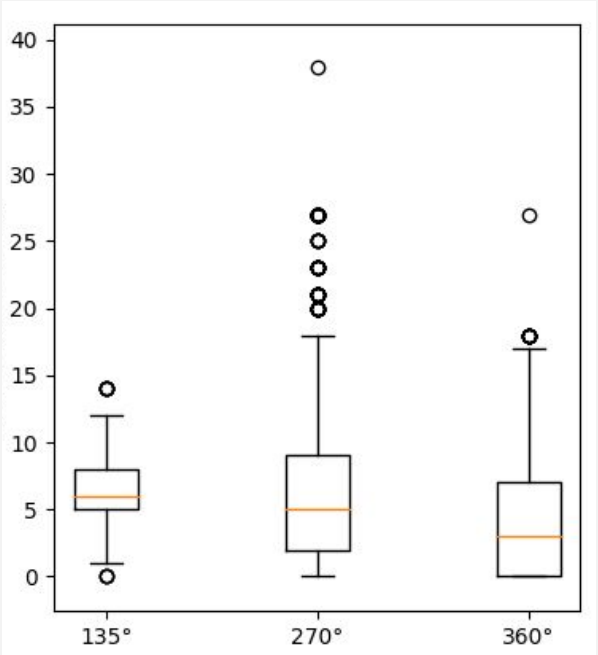


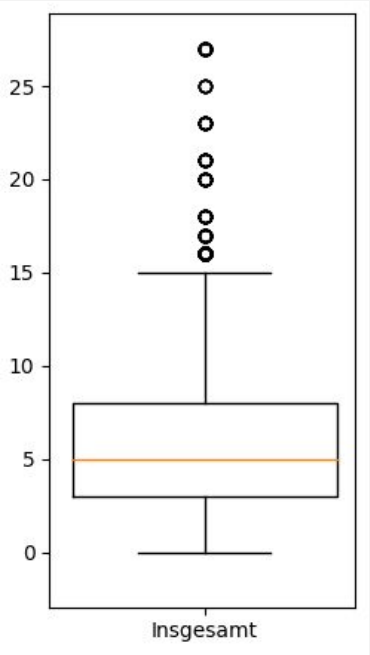
SwarmLab

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Evaluation - Rotation





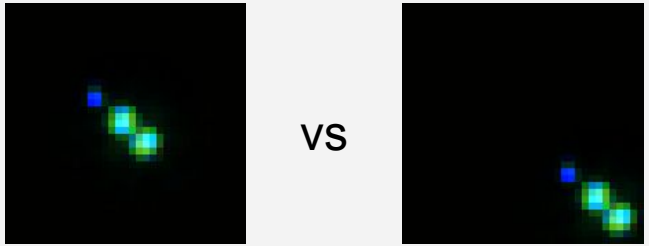


SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

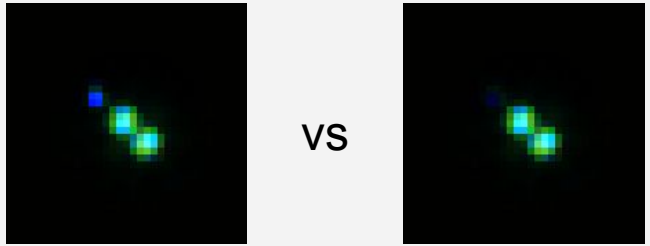
Evaluation - Rotation

Fehlerquellen

- Bounding Box nicht mittig
  ➔ schlechte Abstraktion der Rotation von der Second Stage



- Back-LED Sichtbarkeit eingeschränkt



SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Plattformwechsel

Google Colaboratory

+ leistungsstarke GPUs
+ flexibles Training
+ bessere Teamarbeit durch Online Verfügbarkeit

− eingeschränkte Versionsverwaltung über Git
− Zeit- und Ressourcenbeschränkung

Probleme

- Kamera
  - Farbdarstellung der Kamera
  - Auflösung der Kamera
  - Farbe abhängig von Position in Arena
- Sphero
  - Mischfarben nicht uniform
  - Geringer Farbumfang
- Verdecken der LEDs
  - Bild und Ring auf dem Sphero
  - Winkel des Spheros zur Kamera
- Helligkeitsunterschiede durch Fenster / offene Tür
- Automatische Datengenerierung

Ausblick: Alternative zu MobileNet

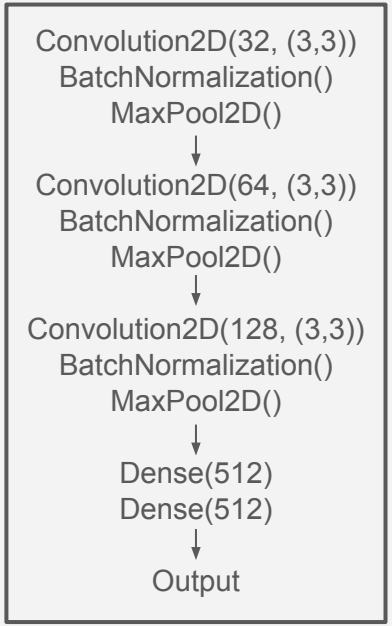
- unsere Daten und die Anwendung sind “relativ” simpel

Custom Netz

- komplett anpassungsfähig
- … dadurch besser optimierbar

- Besser und schneller **?**
  ⇢ Regression

Beispielnetz:



SwarmLab
OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

Ausblick: Verbesserungsmöglichkeiten

- höhere Auflösung ⇢ mehr Bildinformationen SecondStage
- semi-automatisierte Datenbeschaffung für SecondStage
- Bessere Grafikkarte für größere Netze (Faster R-CNN)
- gleichmäßige Ausleuchtung der Arena