

SoccTracc

hier geiler Subtitel

anteilige Prüfungsleistung im Modul
Machine Perception & Tracking

im Sommersemester 2025
Prof. Dr. Dennis Müller

R. Bihlmeier, J. Bollien, J. Hartlieb, E. Ötting



Überblick

- Anforderungen
- Detector
- Optical Flow
- Shirt Classifier
- Tracker



Juli 2025

Anforderungsanalyse



Anforderungsanalyse

Anforderungen

- Fußballspieler in Video erkennen
- Bildverschiebung durch Kamerabewegung bestimmen
- Teams erkennen und erkannte Spieler diesen zuordnen
- Spieler individuell erkennen und verfolgen

Erkennung mit YOLO

Detektor

- Nutzung von YOLOv8
- Nachtrainiert spezialisiert auf Erkennung von Spielern, Bällen, Schiedsrichtern
- übergibt Grenzen erkannter Objekte in Form *[Mittelpunktkoordinaten, Höhe, Weite]*
- zusätzlich vorhergesagte Objektklasse



Detektionen

Detektor



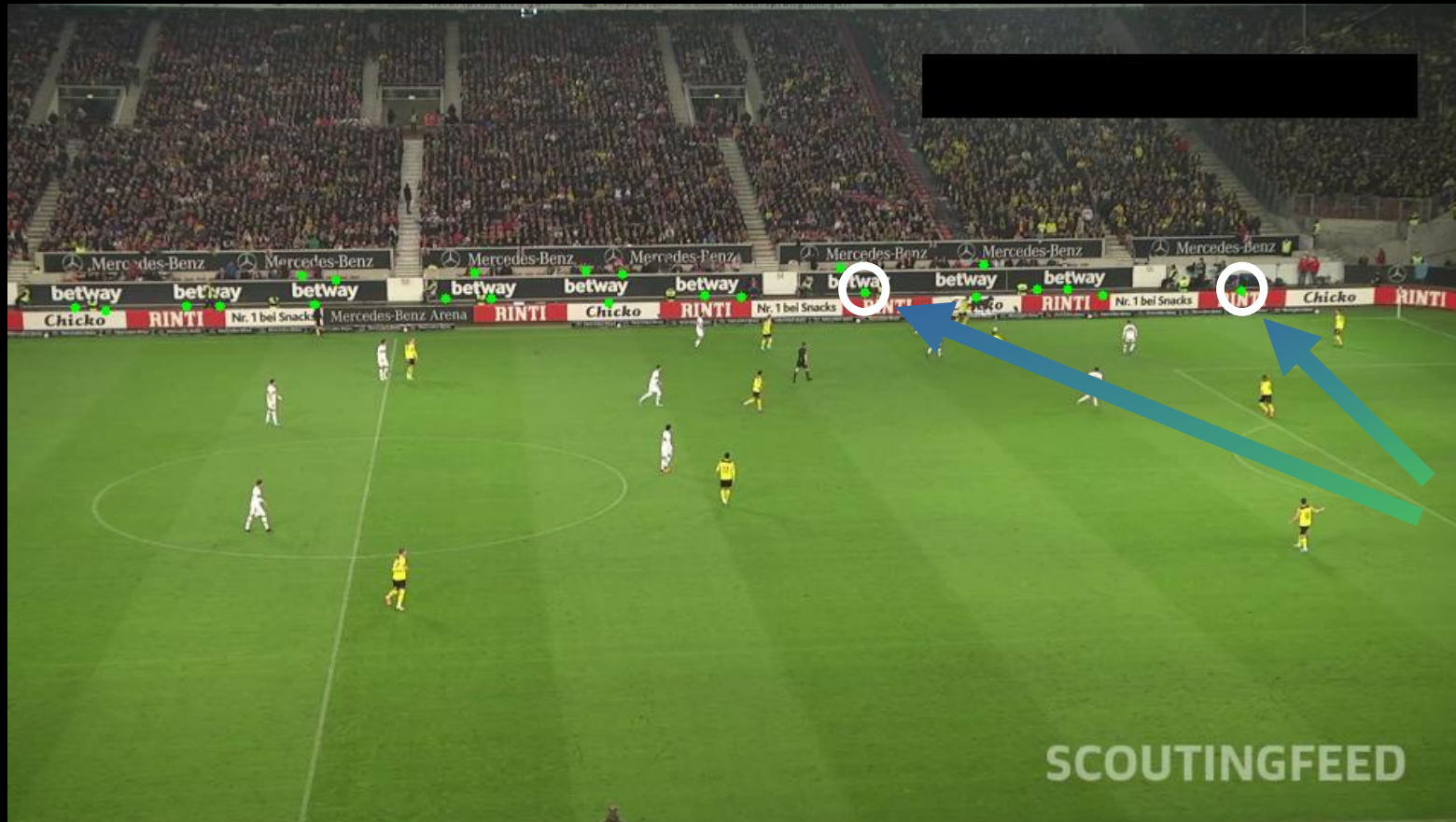
Bildverschiebung

Optischer Fluss

1. Ermittlung prägnanter Ecken (initialer Frame)
2. Lokalisieren von Ecken in akt. und vorherigen Frame
3. Bildung Differenz der Positionen
4. Bildung Median um eine Gesamtverschiebung zu erhalten

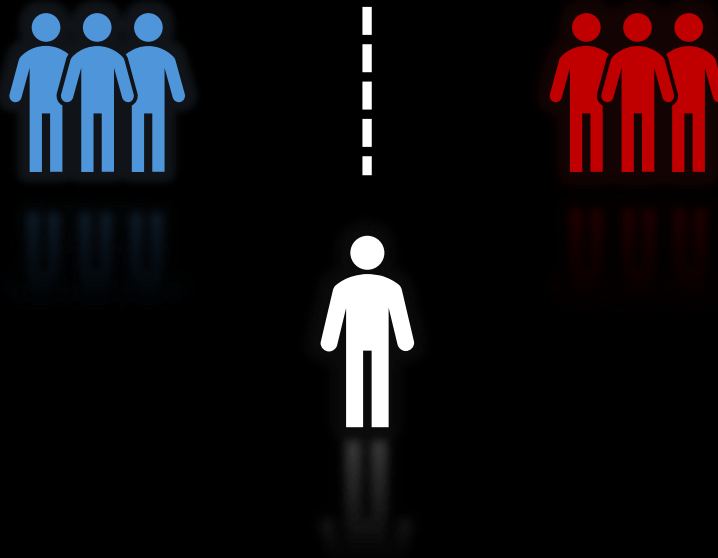
Features

Optischer Fluss



Shi-Tomasi
Eckenerkennung

Shirt Classifier



Anforderungen

Shirt Classifier

Ziele:

1. Teams korrekt identifizieren
2. neue Objekte einem Team zuordnen → Klassifikation
3. Teamfarben ermitteln



Generalisierung

Shirt Classifier

- Aufgabentyp: Klassifizierungsproblem
- Generalisierbarkeit erfordert Kenntnis über jedes Spieler-Outfit → unpraktisch
- Besser: erst Clustering, dann Klassifikation
- Vorteil: wenn Trikots unterschiedlich genug
→ ständiges Nachtrainieren entfällt

Trikotfarben

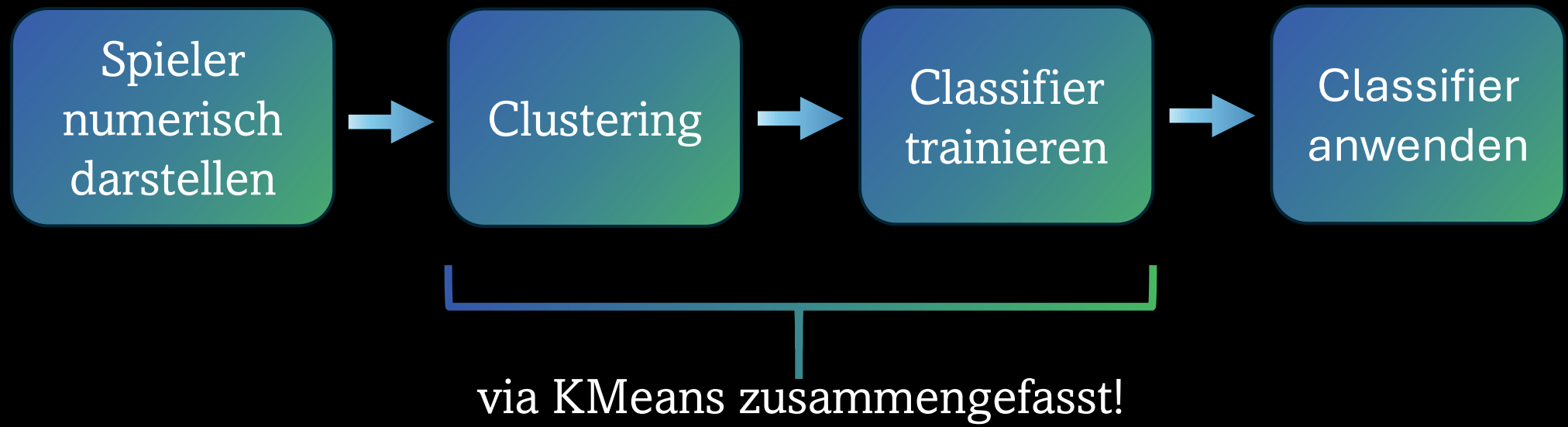
Shirt Classifier



Die beiden Teams tragen Farben, durch die sie sich klar voneinander sowie den Spieloffiziellen unterscheiden ^[4]

Classifier Pipeline

Shirt Classifier



Numerische Spieler

Shirt Classifier

Spieler ausschneiden

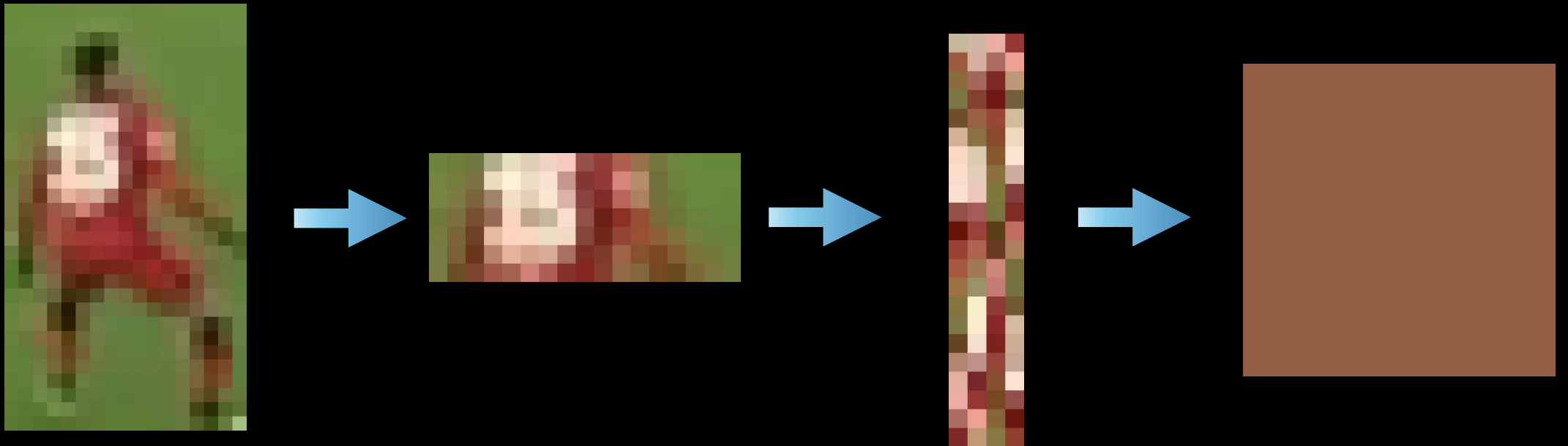
Oberkörper behalten

Hintergrund entfernen

Mittelwert bilden

Beispiel

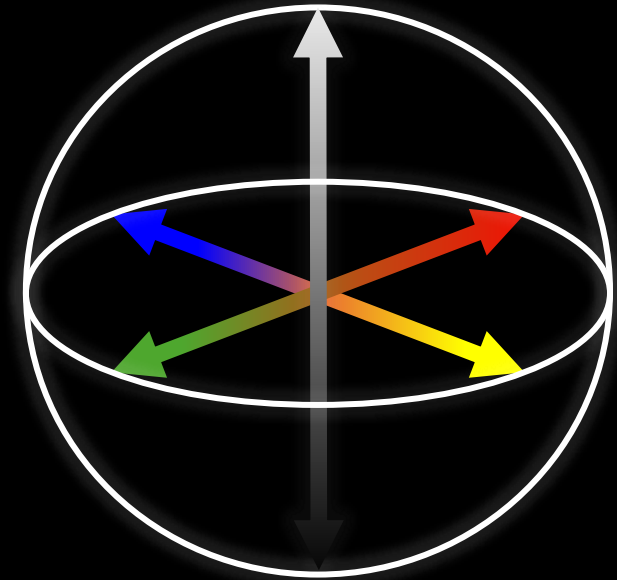
Shirt Classifier



Clustering

Shirt Classifier

- Anforderungen: schnell & 3 Cluster
- Mittlere Pixelwerte der Oberkörper
- Clustering im CIE-LAB Farbraum
- wie vom Menschen wahrgenommen
- euklidische Distanz sinnvoll nutzbar
- Teams für Mensch & Maschine klar unterscheidbar

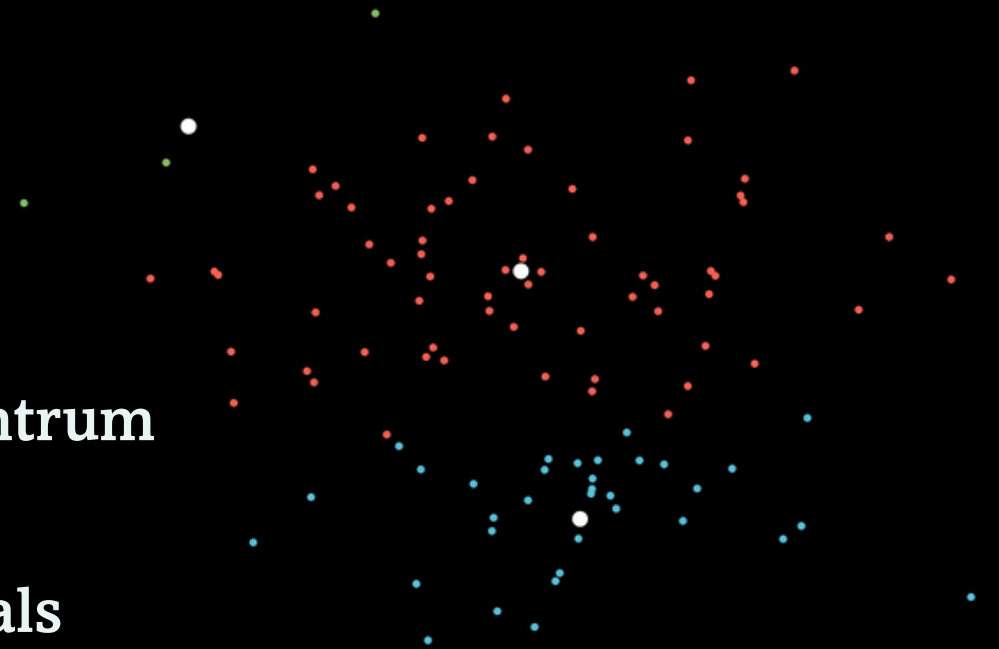


CIE-LAB nach [7]

KMeans Clustering

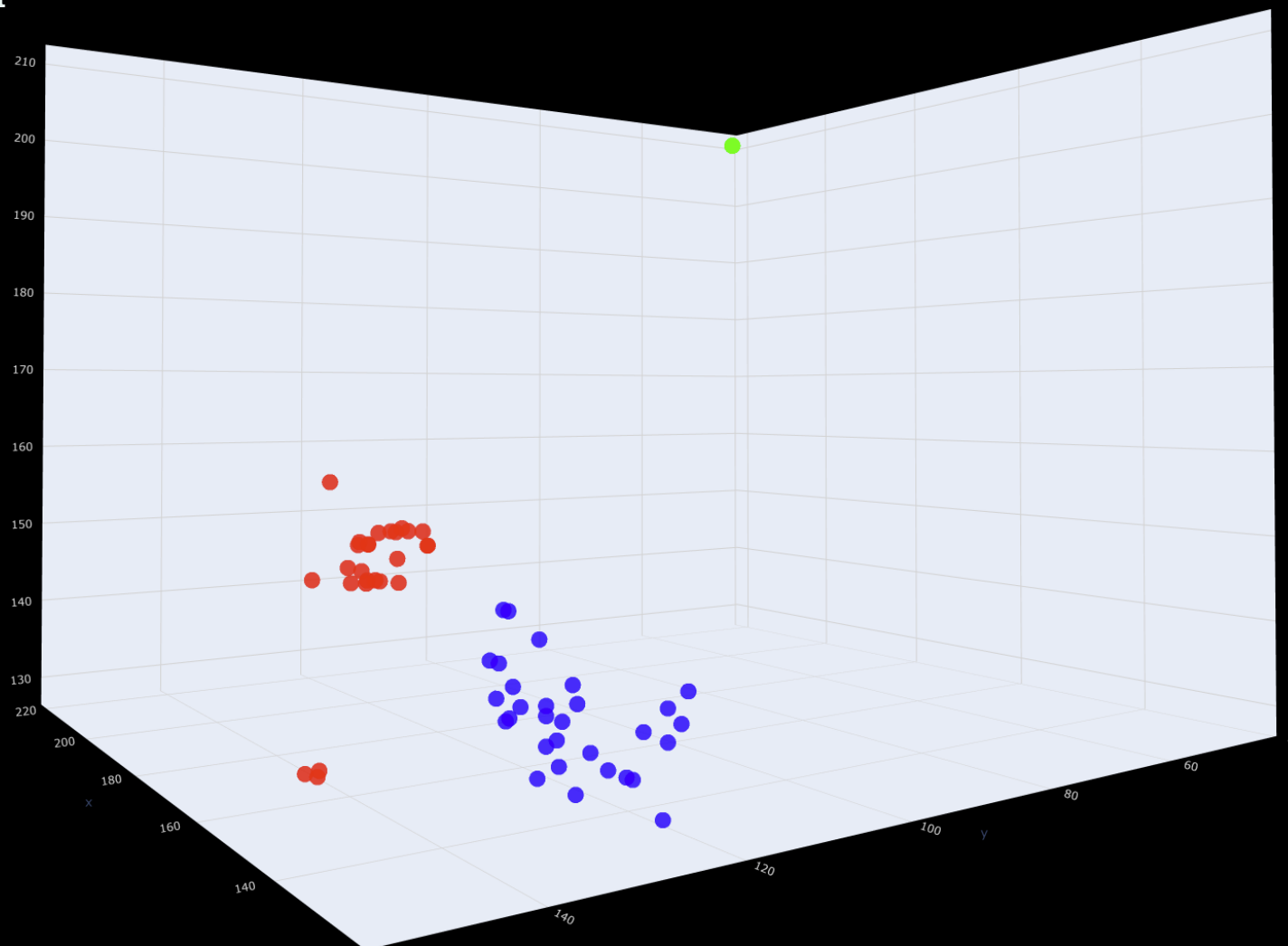
Shirt Classifier

- Startet mit K vielen Cluster-Zentren
- verwendet euklidische Distanz
- iteratives anpassen d. Zentren:
 1. jeden Datenpunkt zu nächstem Zentrum
 2. Zentrum neu berechnen
- endet, wenn Zentren sich nicht mehr als bestimmte Distanz bewegen



KMeans Clustering

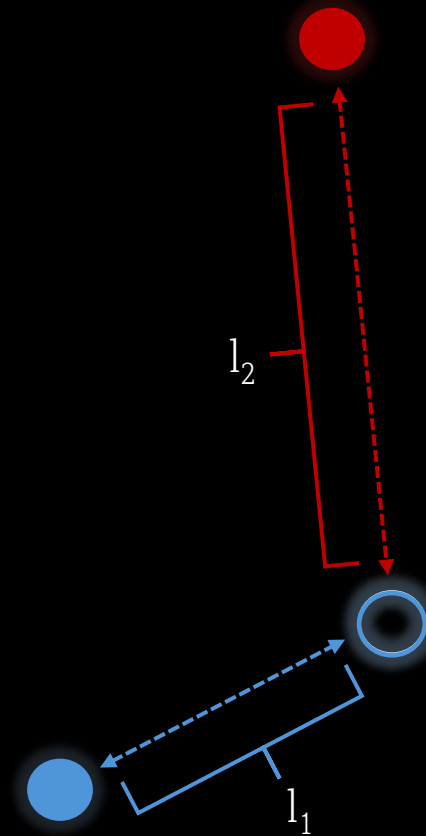
Shirt Classifier



Klassifikator

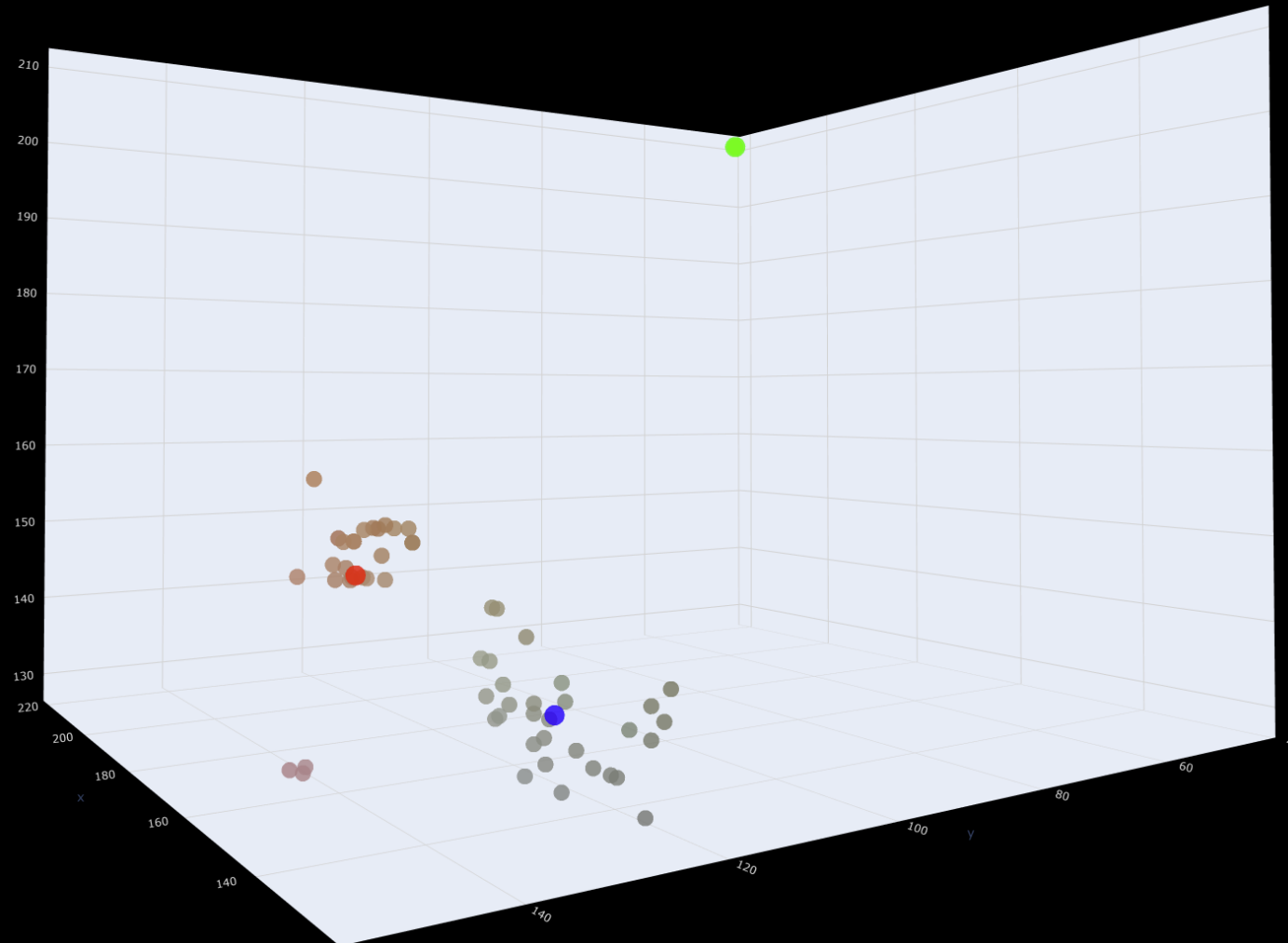
Shirt Classifier

- KMeans Clusterer auch Klassifikator
- Vorteile:
 1. per se sehr leichtgewichtig
 2. bereits über Clustering trainiert
- neue Datenpunkte klassifiziert über nächstes Cluster-Zentrum



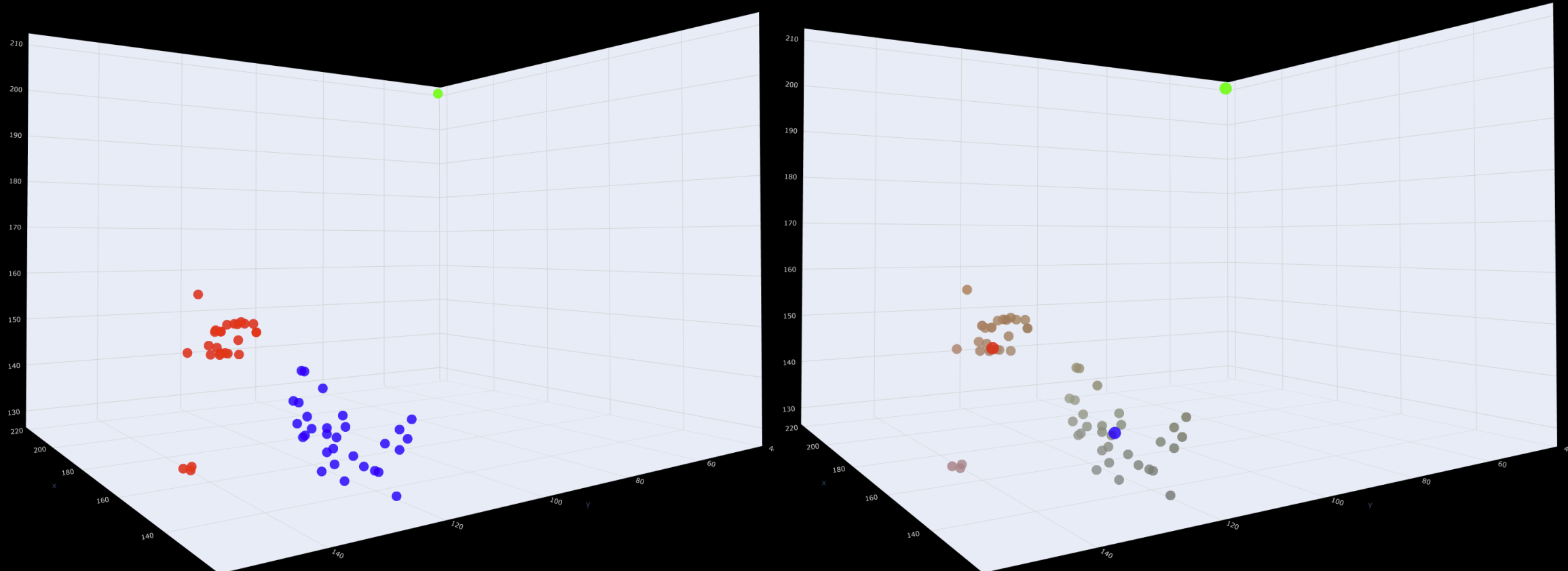
Classifier Centroids

Shirt Classifier



Classifier Centroids

Shirt Classifier



Übersicht

Tracker

Tracker Klasse

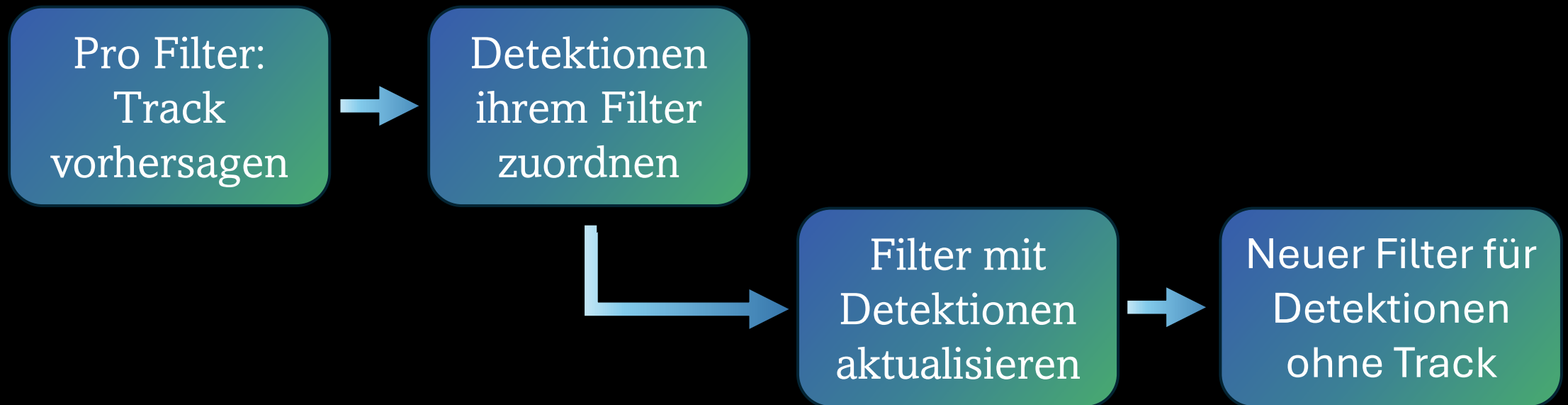
- Verwaltet Tracks und Detektionen
- Ordnet den Tracks passende Detektionen zu
- Führt Vorhersage/Update durch

Filter Klasse

- Verwaltet Tracks mit Kalman Filter
- Schätzt Position, Größe und Geschwindigkeit

Pipeline

Tracker



Vorhersage

Tracker

- **Zustandsvektor:** $[x, y, w, h, vx, vy]$
 - ➔ Position, Größe, Geschwindigkeit
- **Prozessmodell:** Geschwindigkeit & Größe konstant, Position abhängig von Geschwindigkeit
- **Kovarianzmatrix:**
 - Detektionen: kleine Unsicherheit
 - Geschwindigkeit: große Unsicherheit

Vorhersage

Tracker

- Prozessrauschen: relativ sicher bei Position und Größe, Schwankungen bei Geschwindigkeit
- Optical Flow ist Kontrollinput
- Zustandsvektor und Kovarianzmatrix werden vorhergesagt
- Alter und Zeit seit letztem Update + 1

Matches finden

Tracker

- Ungarischer Algorithmus → Kostenmatrix
- Kostenmatrix: Ähnlichkeit zw. Track und Detektionen
→ $Klassenkosten + (1 - IoU)$
- Klassenkosten: 0 bei gleicher Klasse, 1000 bei unterschiedlichen Klassen
- Nur gültig, wenn $IoU > 0,1$

Update

Tracker

- Innovation,
Innovationsrauschen und
Kalman Gain wird berechnet
- Zustandsvektor und
Kovarianzmatrix werden
aktualisiert

Messrauschen
 R



=



Messmodell
 H



Track Verwaltung

Tracker

- Neue Tracks für nicht zugeordnete Detektionen
- Alle Tracks werden vorhergesagt
- Alter und Zeit seit letztem update + 1
- Tracks mit match aktualisiert
- Treffer + 1, Zeit seit letztem update = 0
- Tracks nach 30 Frames ohne match gelöscht
- Tracks nach 3 Treffern validiert

The slide features a dark blue background with decorative wavy lines in light blue and teal at the corners. The main text is centered and reads:

Vielen Dank

und jetzt: Live-Demo!

Referenzen

- [1] Ultralytics. (n.d.). Ultralytics | Revolutionizing the world of Vision AI. Letzter Zugriff am 11.7.2025. <https://www.ultralytics.com/>
- [3] Complete Soccer Guide. (2010, May 25). 7 types of soccer shots. Letzter Zugriff am 11.7.2025. <https://completesoccerguide.com/types-of-soccer-shots/>
- [4] Deutscher Fußball-Bund. (2023)Fußball Regeln 2023/2024]. Letzter Zugriff am 11.7.2025 https://www.dfb.de/fileadmin/_dfbdam/287914-AU2300707_PL_Broschuere.pdf
- [5] FIFA equipment regulations. (2025). In FIFA Equipment Regulations. https://digitalhub.fifa.com/m/7474d3addab97747/original/FIFA-Equipment-Regulations_2021_EN.pdf
- [6] Lab-Farbraum. (n.d). Letzter Zugriff am 11.7.2025. <https://de.wikipedia.org/wiki/Lab-Farbraum>
- [7] Ly, B. C. K., Dyer, E. B., Feig, J. L., Chien, A. L. & Del Bino, S. (2019). Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement. Journal Of Investigative Dermatology, 140(1), 3-12.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jid.2019.11.003>
- [8] Wüthrich, Charles A. 2017. *Fundamentals of Imaging Colour Spaces*. PowerPoint-Präsentation, Bauhaus-Universität Weimar
- [9] scikit-learn. (n.d.). 2.3. Clustering (Version 1.7.0). Letzter Zugriff am 11.7.2025. <https://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html#k-means>
- [10] Lokare, K. (2021, July 25). Letzter Zugriff am 11.7.2025. K-means clustering – use cases. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/k-means-clustering-use-cases-kartik-lokare-1f/>