

A series of thin, black, overlapping lines forming various geometric shapes like triangles and polygons, creating a complex, abstract pattern in the upper left portion of the slide.

Hochschule Düsseldorf
University of Applied Sciences

HSD

MACHINE PERCEPTION & TRACKING
- SoSe2025

DETECTOR _____ Ball, Torhüter, Spieler und Schiedsrichter falls sichtbar zu erkennen.

OPTICAL FLOW _____ Durchschnittliche Pixelverschiebung zwischen dem aktuellen und dem vorherigen Frame zu erkennen

TRACKER _____ Konsistente Tracks für Ball, Torhüter, Spieler und Schiedsrichter erstellen und aufzeichnen

SHIRT CLASSIFIER _____ Spieler anhand der Shirt-Farbe Team A oder B zuordnen

ARCHITEKTUR



DETECTOR

Erkennung des Balles, der Spieler, der Torhüter
und des Schiris

Hochschule Düsseldorf
University of Applied Sciences

HSD

DETECTOR

Start

Step

Stop

MODEL YOLOV8M-FOOTBALL.PT

Objekte	Klasse
Ball	0
Torhüter	1
Spieler	2
Schiri	3

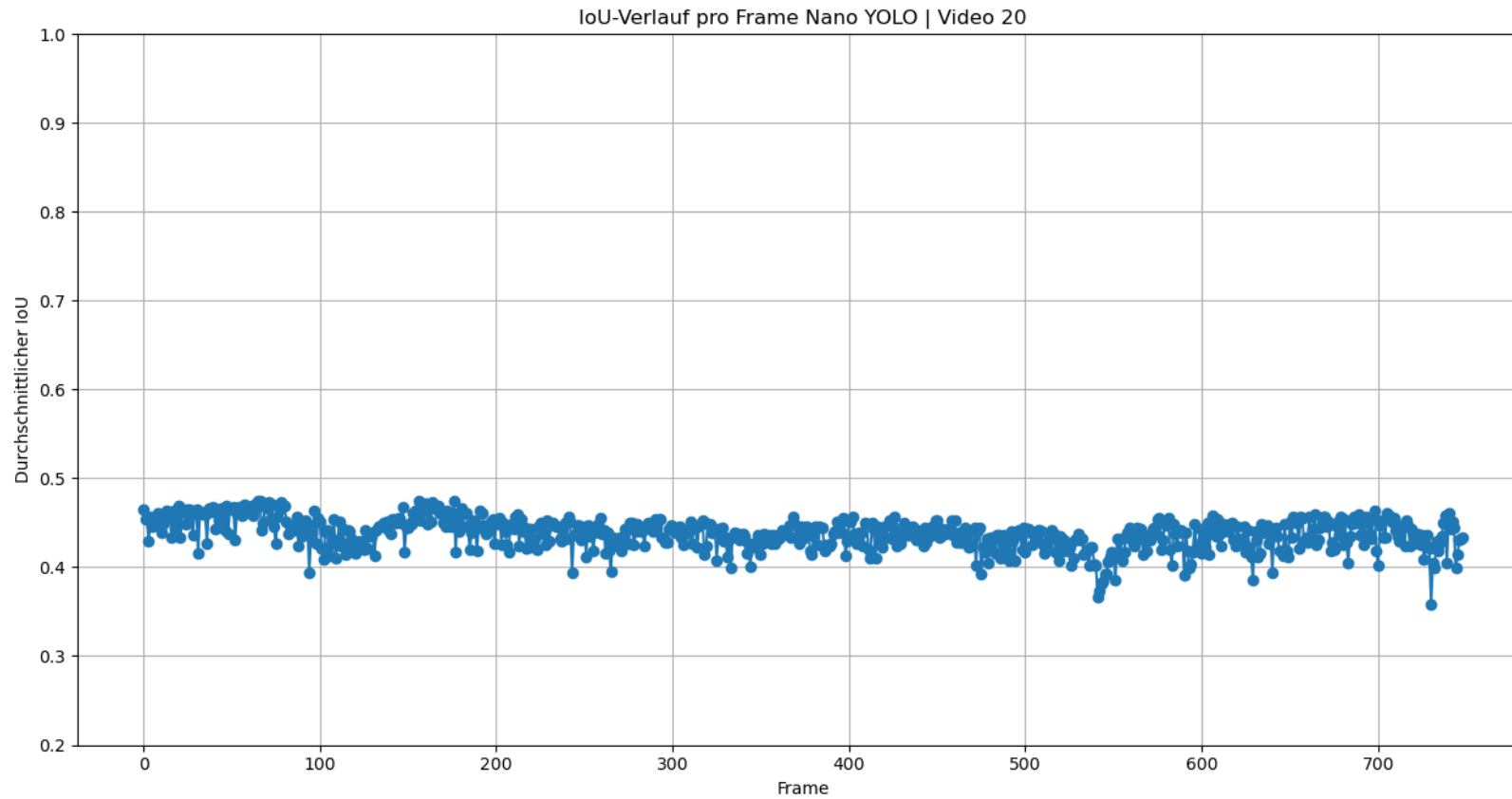
Warum

Erkennung von vier Objekten
nach Aufgabenstellung

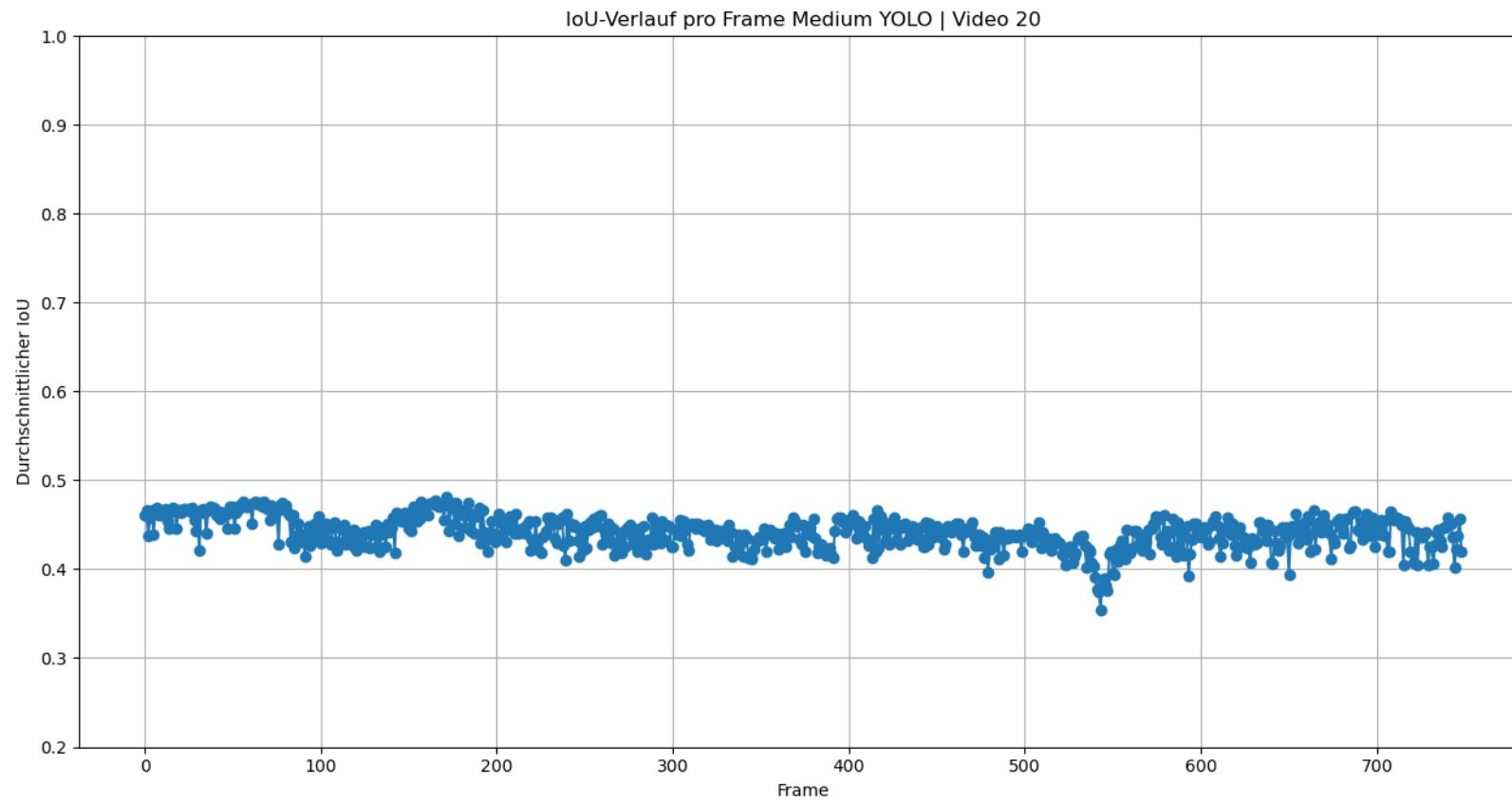
Formatvorgaben der Bounding
Boxes passen auch

Nachteil ist die FPS beim
Ausführen

IOU-NANO



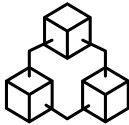
IOU-MEDIUM



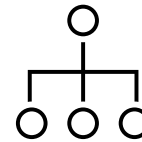
ABLAUF IN DER STEP-METHODE



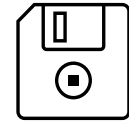
Frame wird aus
data geladen



Umgewandeltes Bild
wird dem Model
übergeben



Aus den Results
extrahieren wir die
nötigen Daten



Diese werden
dann gespeichert
und returned



STOPP!!!

Print dass die Detection finished ist.

OPTICAL FLOW

Bestimmung der *durchschnittlichen Pixelverschiebung* zwischen dem aktuellen und dem vorherigen Frame

Hochschule Düsseldorf
University of Applied Sciences

HSD

OPTICAL FLOW

Konzept: Schätzung des Bewegungsvektors für *jeden Pixel* im Bild

Verschiebung eines Objekts bei zwei aufeinanderfolgenden Frames

$I(x, y, t)$



$I(x + dx, y + dy, t + dt)$



OPTICAL FLOW

Annahme: Die Intensität des Objekt ist unverändert

$$I(x, y, t) = I(x + dx, y + dy, t + dt)$$

Taylor näherung der rechten Seite führt zu

$$\frac{I}{dx} \delta x + \frac{I}{dy} \delta y + \frac{I}{dt} \delta t = 0$$

Teilen durch δt ergibt die Optical Flow Gleichung

$$\frac{dI}{dx} u + \frac{dI}{dy} v + \frac{dI}{dt} = 0 \quad \text{mit} \quad u = \frac{dx}{dt} \quad \text{und} \quad v = \frac{dy}{dt}$$



Gunnar-Farenback

Pros:

- Dense Flow Field: jeder Pixel wird betrachtet
- Größere Genauigkeit für globale Bewegung
- Robust bei einheitlichen Texturen

Cons:

- Höhere Kosten bei der Analyse
- Rauschanfällig bei Low-Texture

Lucas-Kanade

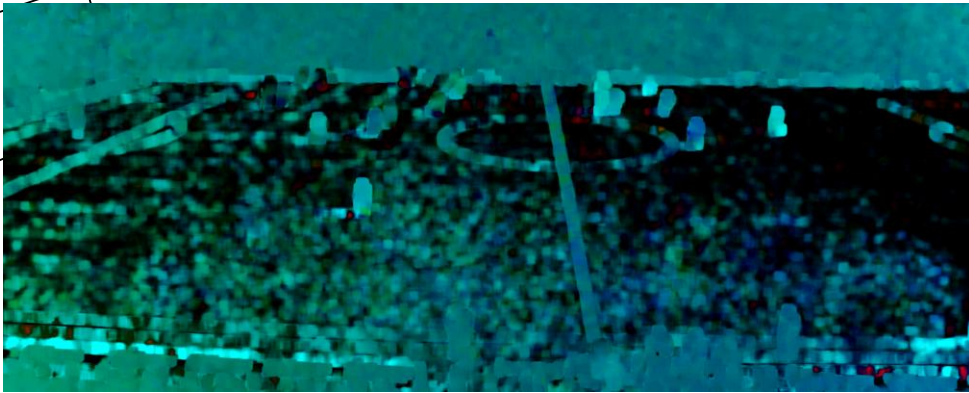
Pros:

- Sparse Flow Field: Recheneffizient
- Gut für besondere Merkmale

Cons:

- Durch feature erkennung, anfällig auf Spielerdetektion
- Benötigt robuste Methode zum feature erkennen

OPTICAL FLOW: PAN, TILT, ZOOM



Pan/Tilt

Zoom



TRACKER

Aufgabe: Verknüpfung von Detektionen über mehrer Frames

Nutzen: Verfolgung individueller Objekte (Spieler) und
Stabilisierung der Ergebnisse

Hochschule Düsseldorf
University of Applied Sciences



α/β -Filter

PREDICTION & UPDATE

- **Prediction** der Objektbewegung basierend auf letzter Position & Geschwindigkeit
 - Kompensation von Kamerabewegung durch Optical Flow
- **Update:** Schätzung der aktuellen Position durch gewichtete Mischung von Vorhersage & Detektion

DATENASSOZIATION

- **Distance-Gating:** nur Detections unter 160 px von prediction
- **Kostenmatrix:** $1 - \text{IoU}$ ($\text{IoU-Threshold} = 0.3$)
- **Matching:** Hungarian Algorithmus + Klassentreue

TRACK-BIRTH UND MAINTENANCE

- **Neustarts:** Unmatched Detections → neue Tracks (wenn IoU < 0.45)

- **Filter:**

⚙️ Velocity-Clamping (v_{\max} je Klasse) Ball 120, Spieler 50

■ Feld-Gate: Boxen nur im Bild

⌚ Missing-Limit (\max_{missing} je Klasse) Ball 1, Spieler 5

IoU 0.43



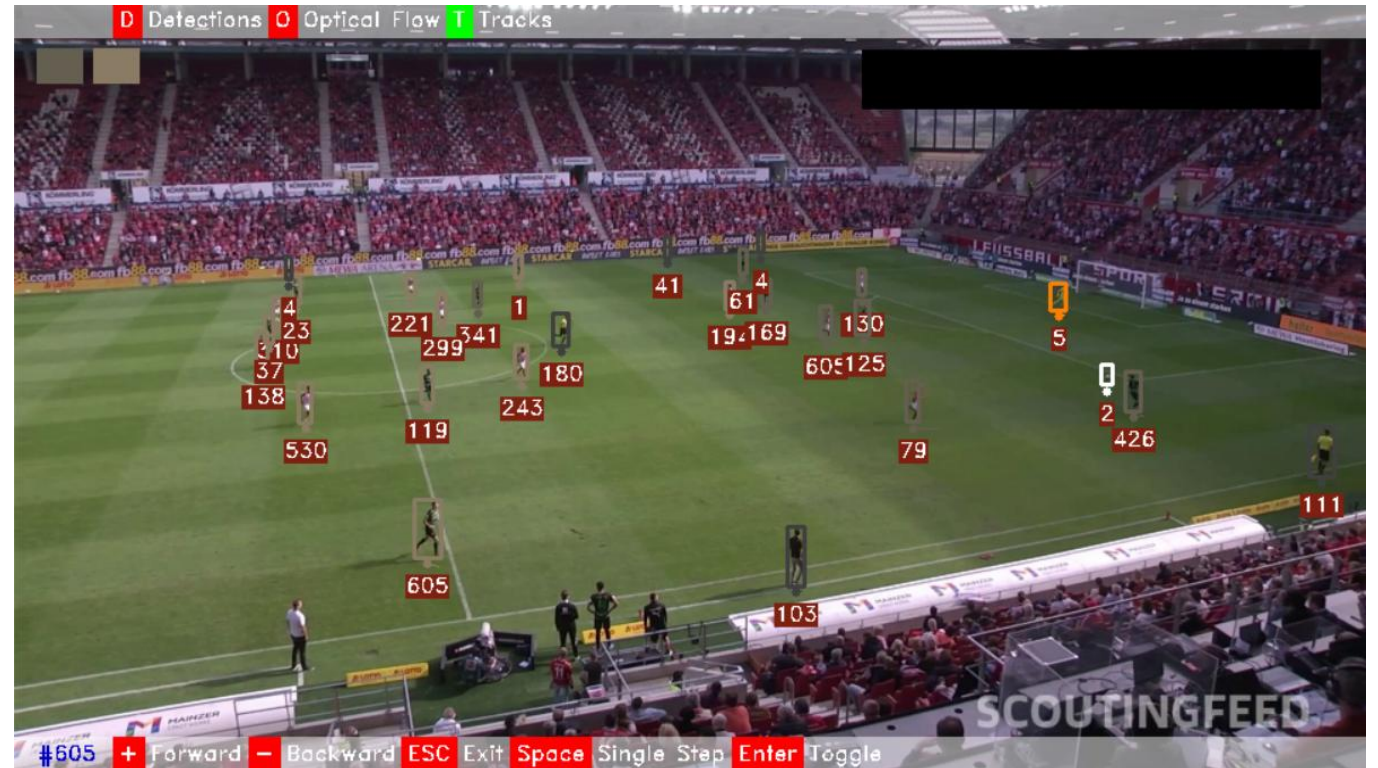
ERWEITERUNGEN

- Kalman/ Partikel Filter
- Deep-ReID-Features für bessere Assoziation

Hochschule Düsseldorf
University of Applied Sciences

HSD

11.07.2025



SHIRT CLASSIFIER

Spieler anhand der Shirt-Farbe Team A oder B zuordnen

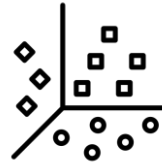
Hochschule Düsseldorf
University of Applied Sciences



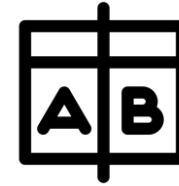
ABLAUF IN DER STEP-METHODE



Shirt-Region wird berechnet



Klassifizieren und Clustern



Farb- und Teamzuordnung



CLUSTERING MIT KMEANS

Parameter:

- Eingabedaten: Trikotfarben der Spieler (float)
- Anzahl der Cluster = 2

Abbruchkriterien

- TERM_CRITERIA_EPS = 1
- TERM_CRITERIA_MAX_ITER = 10

HASTE FRAGEN?

Hochschule Düsseldorf
University of Applied Sciences

HSD

11.07.2025

Machine Perception & Tracking

28