

Was tut sich in Begegnungszonen?

Christian Sitzwohl², Michael Melcher², Konstantin Mizera¹,
Hannah Wimmer², Michael Hammer²

¹PLANUM Fallast & Partner GmbH

²FH JOANNEUM – Institut für Wirtschaftsinformatik und Data Science

24. September 2025

Überblick: Begegnungszonen



© Stadt Graz/Gostentschnigg

Definition „Begegnungszone“:

Verkehrsräume bzw. Straßen, „*bei denen die Fahrbahn von **allen** Verkehrsteilnehmern (sic) genutzt werden kann.*“^[1]

Ziele und Wirkungen:^[1]

- Erhöhung der Aufenthaltsqualität
- Faire Verteilung des Straßenraums
- Erhöhung der Verkehrssicherheit
- Stärkung des nichtmotor. Verkehrs
- Beseitigung der „Trennwirkung“

[1] „Einsatzkriterien für Begegnungszonen“, Arbeitspapier Nr. 27 d. Österr. Forschungsges. Straße-Schiene-Verkehr, Juli 2016

Überblick: Begegnungszonen

Bewertung der Eignung: ^[1]

- Beobachtungen
- Einschätzungen/Expertisen
- Ergebnisse von Befragungen, Begehungen, (Unfall-)Statistiken, Zählungen
- Prognosedaten

Problematik:

- Bis auf Zählungen und Prognosen: hauptsächlich **subjektive** Bewertungsaspekte!
- Zu wenig **objektive** Daten und Bewertungskriterien für Umsetzungen auf Landesstraßen



© Stadt Graz/Fischer

[1] „Einsatzkriterien für Begegnungszonen“, Arbeitspapier Nr. 27 d. Österr. Forschungsges. Straße-Schiene-Verkehr, Juli 2016

Problemstellung: Evaluierung von Begegnungszonen

Anforderungen:

- Automatisierte **Verarbeitung von Videomaterial** verschiedener Begegnungszonen (Zeltweg, Graz, Gleinstätten, Klagenfurt, Laßnitzhöhe, Velden, Feldkirchen)
- **Extraktion** und **Analyse** des Bewegungsverhaltens einzelner Verkehrsteilnehmender (PKW, Fuß- und Radverkehr, Busse, LKW)
- Identifikation **räumlicher Aspekte** zu beobachteten Bewegungsmustern



Velden am Wörthersee (Kärntner Straße)



Feldkirchen bei Graz (Triester Straße)

Methodik

Videovorverarbeitung:

- Entfernen der Audiospur
- Downsampling (25fps → 5fps)
- Maskierung irrelevanter Bereiche, etc.

Objekterkennung:

- vortrainiertes YOLO („You-Only-Look-Once“) Modell
- Fine-Tuning auf eigens annotierten Daten
- Prädiktion von fünf Klassen (PKW, Fußverkehr, Radverkehr, Bus, LKW)
- Objekt-Tracking (d.h. Verfolgung der Fortbewegung einzelner Objekte)

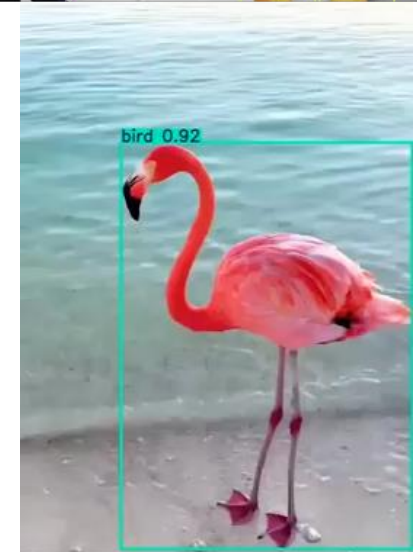
Ziel:

- Erkennung und Tracken jedes einzelnen Verkehrsteilnehmenden
- Identifikation von „Hot Tracks“ (hauptsächlich verwendeten Trajektorien)
- Statistische Auswertung des Bewegungsverhaltens

[1] [Home - Ultralytics YOLO Docs](#)

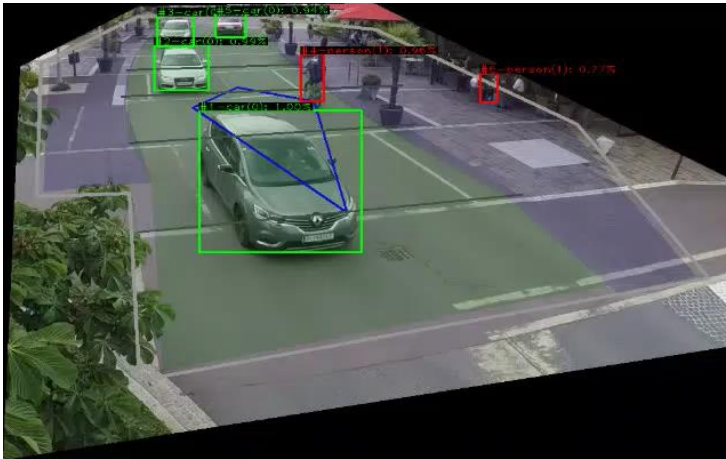
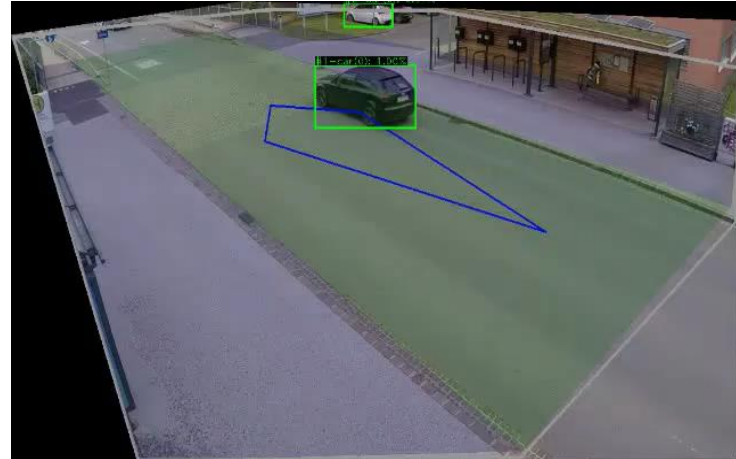
[2] <https://www.youtube.com/shorts/PWXOyxlou1I>

Objekterkennung auf einzelnen Frames [1]








Objekterkennung auf Videodaten [2]






Resultate: Überblick

Objekterkennung und -tracking (Velden)

Objekterkennung und -tracking (Feldkirchen)


Anzahl Verkehrsteilnehmende pro Stunde (absolut)

				 	Total
Feldkirchen	660	119	27	18	824
Laßnitzhöhe	516	50	19	16	601
Gleinstätten	634	26	19	18	697
Zeltweg	352	128	8	28	516
Velden	713	434	157	8	1312
Graz	153	662	771	19	1605
Klagenfurt	131	903	135	42	1211

Anzahl Verkehrsteilnehmende pro Stunde (relativ)

				 	Total
Feldkirchen	80	14	3	2	824
Laßnitzhöhe	86	8	3	3	601
Gleinstätten	91	4	3	3	697
Zeltweg	68	25	2	5	516
Velden	54	33	12	1	1312
Graz	10	41	48	1	1605
Klagenfurt	11	75	11	3	1211

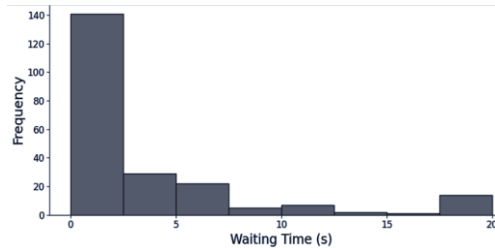
Resultate: Velden

Velden (Kärntner Straße)

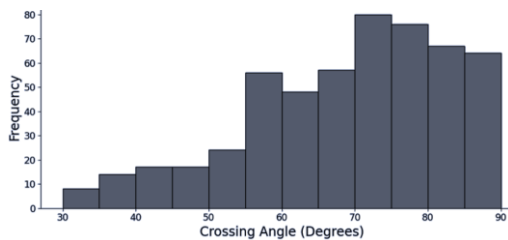
- Mittlerer PKW- und Fußgängerverkehr
- Geringer Bus-/LKW-Verkehr

	PKW	Fußverkehr	Radverkehr	Bus/LKW	Total
<i>Absolut</i>	713	434	157	8	1312
<i>Relativ</i>	54%	33%	12%	1%	100%

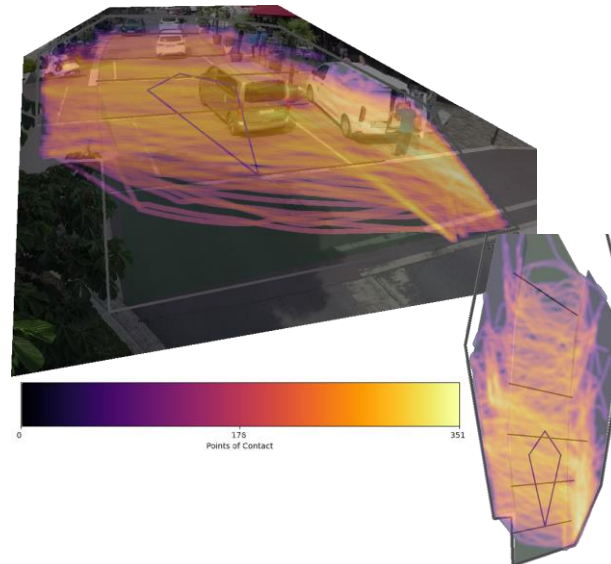
Wartezeiten Fußverkehr (Querung)



Querungswinkel Fußverkehr

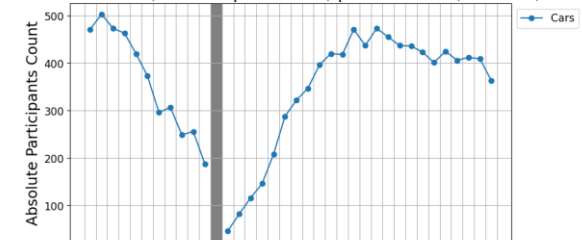


Trajektorien

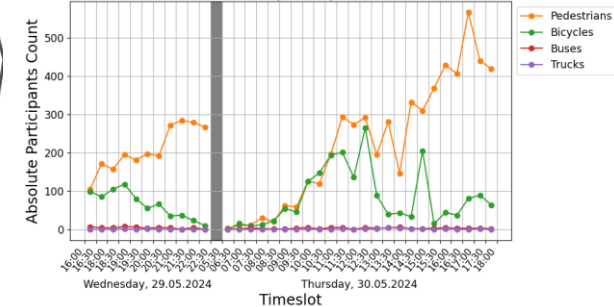


Zählung der Verkehrsteilnehmenden

Sum of Cars (Most Frequent Class) per Half-hour (Absolute)



Sum of Other Traffic Participants per Half-hour (Absolute)



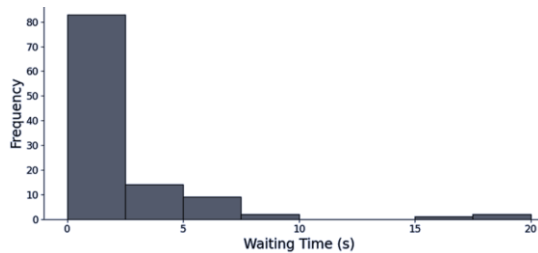
Resultate: Feldkirchen bei Graz

Feldkirchen bei Graz (Triester Straße)

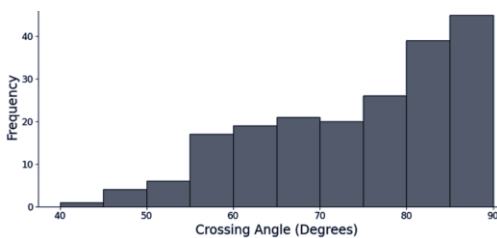
- Hoher Anteil an PKW
- Geringes Radverkehr-, Bus- und LKW-Aufkommen

	PKW	Fußverkehr	Radverkehr	Bus/LKW	Total
<i>Absolut</i>	660	119	27	18	824
<i>Relativ</i>	80%	15%	3%	2%	100%

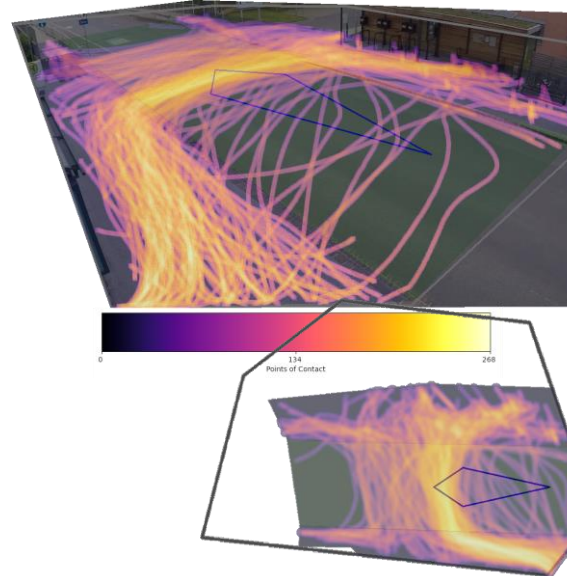
Wartezeiten Fußverkehr (Querung)



Querungswinkel Fußverkehr

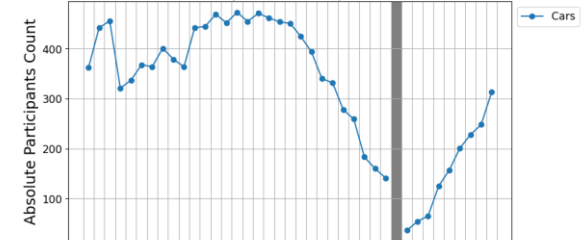


Trajektorien

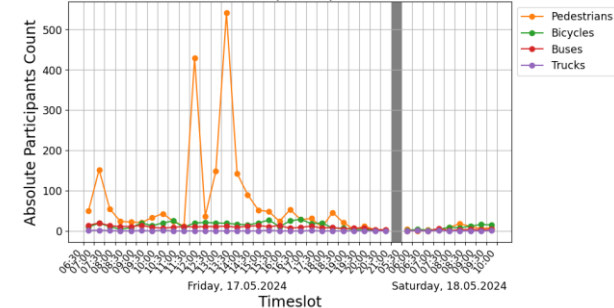


Zählung der Verkehrsteilnehmenden

Sum of Cars (Most Frequent Class) per Half-hour (Absolute)



Sum of Other Traffic Participants per Half-hour (Absolute)



Diskussion und Ausblick

- Computer-Vision-basiertes Tool zur Zählung von Verkehrsteilnehmenden
- Erfolgreiche Extraktion von Bewegungsdaten aus Videos
- Statistische Auswertung der Bewegungsmuster

Mögliche weitere Themen:

- Weiterentwicklung der Methodik:
 - räumliche Ausrichtung des detektierten Objekts (OBB) ^[1]
 - Neuere YOLO-Modellversionen ^[2]
 - Miteinbeziehung einer Motorrad-Klasse ^[3]
 - Simulation von zukünftigen bzw. geplanten Begegnungszonen
- Untersuchung verschiedener urbaner Settings sowie Langzeitstudien
- Vorher – Nachher – Untersuchungen für bessere Datengrundlagen und fundierte Bewertungskriterien
- Erweiterte Sensorik (Radar, etc.) und Datenextraktion in Echtzeit am Aufnahmegerät (Stichwort: Data Security)
- etc.

[1] [Home - Ultralytics YOLO Docs](#)

Danksagung

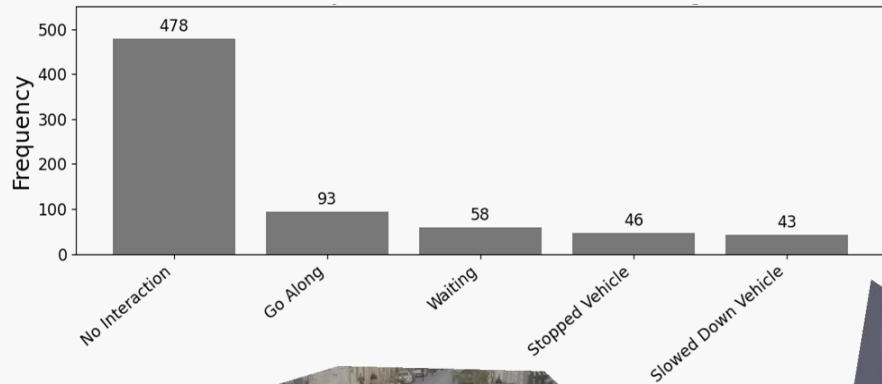
Ein herzliches „**Danke!**“ an das **Land Kärnten** und das **Land Steiermark**
für die finanzielle Unterstützung und die wertschätzende Zusammenarbeit!

LAND  KÄRNTEN

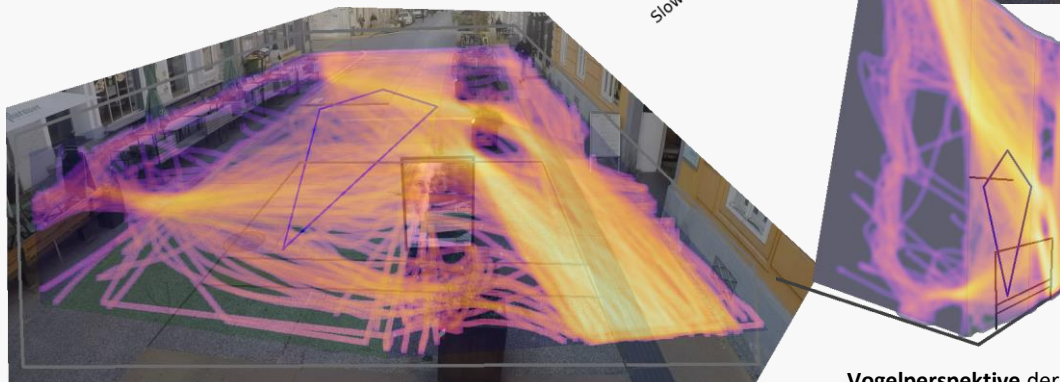
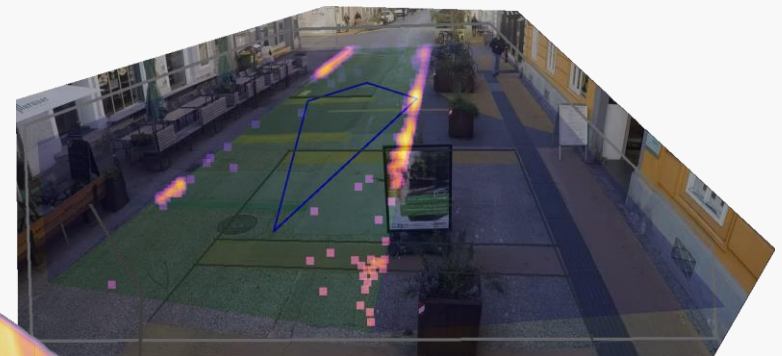


Aktuelles Projekt: Evaluierung von Begegnungszonen (Auszug Ergebnisse)

Fußgängerverhalten vor und nach Überquerung der Fahrbahn



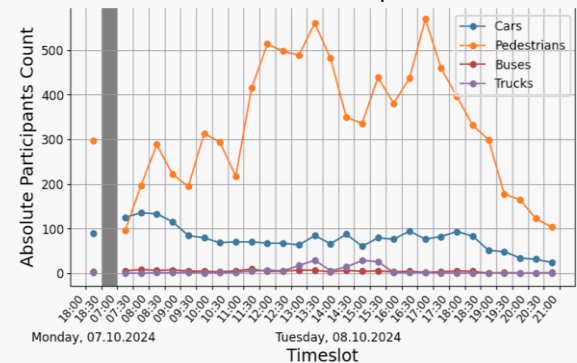
Eintrittspunkte (Fußgänger) auf die Fahrbahn



Fußgängertrajektorien beim Überqueren der Fahrbahn

Vogelperspektive der Fußgängertrajektorien

Zahl der Verkehrsteilnehmer pro halbe Stunde



Vorliegende Daten



Aufzeichnungen Begegnungszone Velden (29.05.2024): GoPro Kamera oben, Miovision Kamera unten

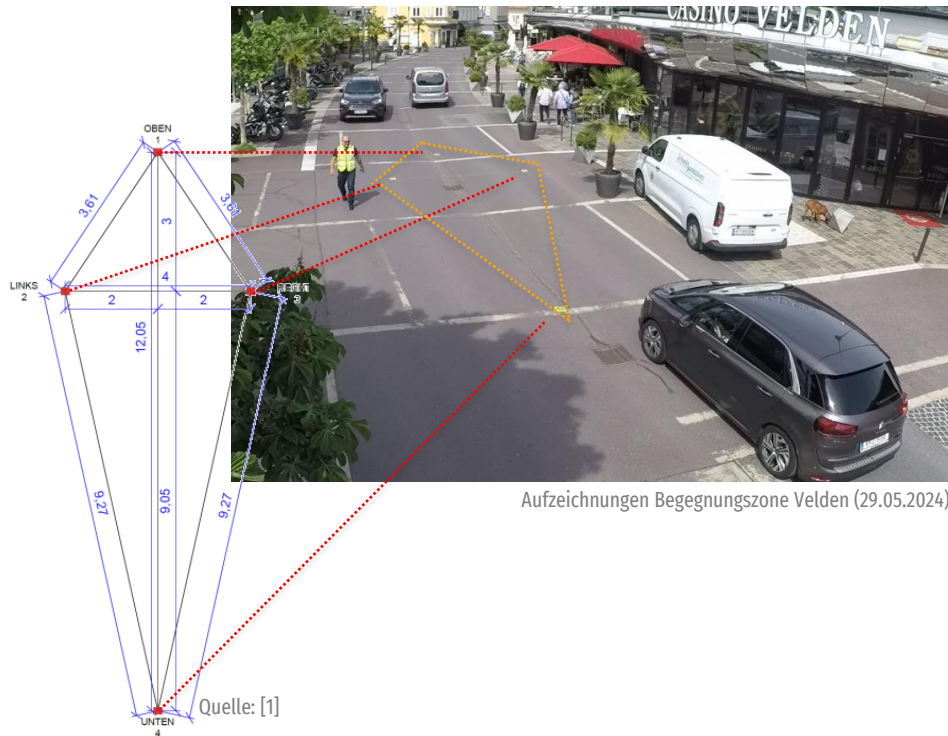
Videoaufzeichnungen:

- **GoPro:** 1280px × 720px Auflösung, Sampling Rate von 25fps, Audiospur vorhanden
- **Miovision:** 720px × 480px Auflösung, Sampling Rate von 30fps

Anmerkungen:

- Hoher **Qualitätsunterschied:** GoPro besser für detaillierte Analysen geeignet
- Hohe **Sampling Rates** bei beiden Kameras: geringere zeitliche Auflösung reicht aus
- **Audiospur** (GoPro) für bisherige Analysen unnötig

Technische Anforderungen

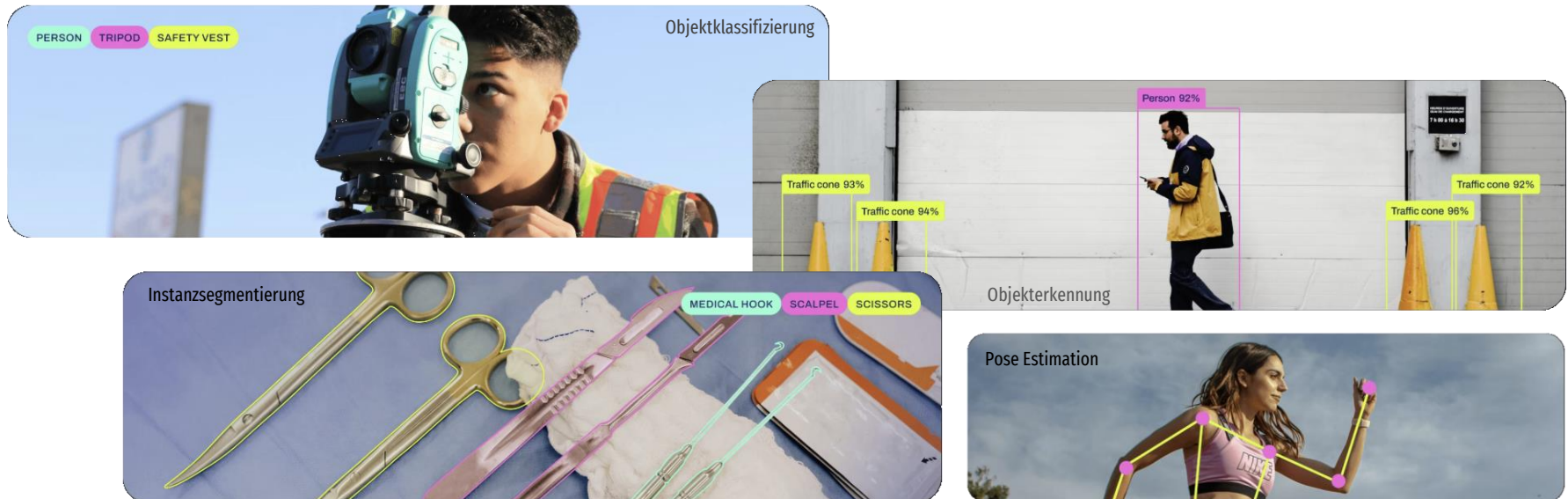


Einige Probleme:

1. Darstellung im Video nicht optimal
 - Transformation in die Vogelperspektive (Bird-Eye-View) via Deltoid
 - „OpenCV“ Package
2. Objektverfolgung:
 - Objekt über mehrere Frames hinweg eindeutig identifizieren
 - ByteTrack („supervision“ Package)
3. „Verrauschte“ Trajektorien:
 - Glättung (Moving-Average Filter, ...)

[1] C. Sitzwohl (2024). „Object Detection and Statistical Analysis of Pedestrian and Vehicle Traffic at Selected Shared Spaces“. Master's Thesis

Die YOLO-Modellfamilie: Überblick



Computer Vision Modelle zur Objekterkennung / Bildsegmentierung ^[1]

- Erstes Modell (YOLO) 2015 entwickelt; mittlerweile bereits YOLO12 verfügbar
- Verwendung für Objektdetektion, -klassifikation, -tracking, Segmentierung, Posenerkennung, orientierte Objekterkennung, ...

[1] [Home - Ultralytics YOLO Docs](#)

Die YOLO-Modellfamilie: Architektur

1	1	1	2	5	3
1	3	4	2	5	1
1	4	2	1	6	4
1	2	4	5	6	1
1	3	2	1	2	4
1	3	5	1	4	4

image

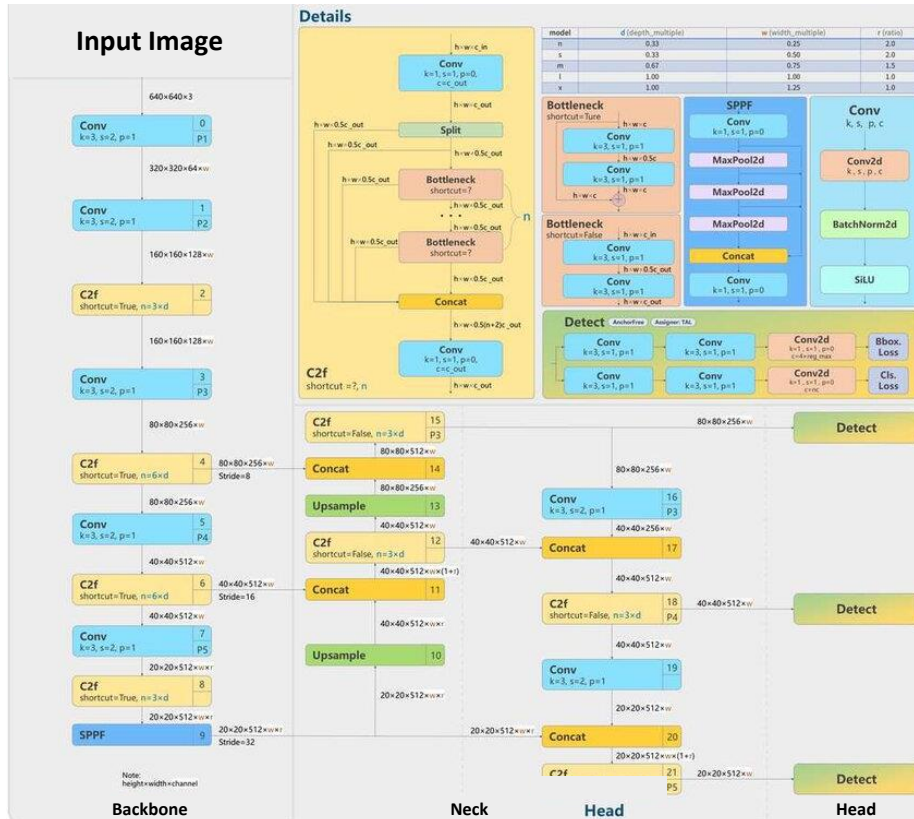
1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

kernel

 $=$

-4	3	-9	-3
-7	1	-7	2
-5	2	-6	-2
-8	1	-1	-2

result



Adaptiert von [1]

- **Grobe Unterteilung:** Backbone, Neck, Head
- **Backbone:** Sequenz von
 - **Convolutional Layers:** Feature Extraction (Downsampling, Filter iterativ verdoppelt)
 - **Cross-Stage Partial (CSP) Layers:** Feature Diversität (robustere Features, verringert die Gefahr von Vanishing Gradients)
- **Neck:** Fügt einzelne Outputs der Backbone Layers wieder zusammen (außerdem: Upsampling)
 - Weitere Conv. / CSP Layers
- **Head:** Aufspaltung in mehrere Prädiktionspipelines
 - Bounding-Box Regression
 x, y : Mittelpunktkoordinaten der Box
 w, h : Breite bzw. Höhe der Box
 - Objektklassifizierung
Auto, Radfahrer, etc.

Input: Bild (z.B. $1920 \times 1020 \times k$) mit drei Farbkkanälen k
Output: $[x, y, w, h, \text{confidenceScore}, \text{classID}]$

[1] Telaumbanua, A. P. H., Larosa, T. P., Pratama, P. D., Fauza, R. H., & Husein, A. M. (2023). „Vehicle Detection and Identification Using Computer Vision Technology with the Utilization of the YOLOv8 Deep Learning Method“. *Sinkron : Jurnal Dan Penelitian Teknik Informatika*, 7(4), 2150-2157. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i4.12787>

Die YOLO-Modellfamilie: Fine-Tuning



Objektklassen des COCO-Datasets im Überblick →

- YOLOv8 (benutztes Modell): trainiert auf dem COCO-Dataset („Common Objects in Context“) [1, 2]
- Generalisiertes Modell (80 Klassen von Objekten, siehe rechts), u.a. relevante Klassen für Verkehrsbeobachtungen („*person, bicycle, car, motorcycle, bus, truck, ...*“)
 - Bereits ohne Fine-Tuning sind die YOLO-Modelle für den Anwendungsfall geeignet
 - Christian Sitzwohl: Fine-Tuning mit ~400 Bildern
- Annotation von Bildern: z.B. über *YoloLabel* (siehe nächste Folie)

```
# Classes
names
0: person
1: bicycle
2: car
3: motorcycle
4: airplane
5: bus
6: train
7: truck
8: boat
9: traffic light
10: fire hydrant
11: stop sign
12: parking meter
13: bench
14: bird
15: cat
16: dog
17: horse
18: sheep
19: cow
20: elephant
21: bear
22: zebra
23: giraffe
24: backpack
25: umbrella
26: handbag
27: tie
28: suitcase
29: frisbee
30: skis
31: snowboard
32: sports ball
33: kite
34: baseball bat
35: baseball glove
36: softball
37: surfboard
38: tennis racket
39: bottle
40: wine glass
41: cup
42: fork
43: knife
44: spoon
45: bowl
46: banana
47: apple
48: sandwich
49: orange
50: broccoli
51: carrot
52: hot dog
53: pizza
54: donut
55: cake
56: chair
57: couch
58: potted plant
59: bed
60: dining table
61: toilet
62: tv
63: laptop
64: mouse
65: remote
66: keyboard
67: cell phone
68: microphone
69: vacuum
70: toaster
71: sink
72: refrigerator
73: book
74: clock
75: vase
76: scissors
77: teddy bear
78: hair drier
79: toothbrush
```

[1] YOLOv8 - Ultralytics YOLO Docs

[2] ultralytics/ultralytics/cfg/datasets/coco.yaml at main · ultralytics/ultralytics · GitHub

[3] GitHub - developer0hye/Yolo_Label: GUI for marking bounded boxes of objects in images for training neural network YOLO

Mögliche Verbesserungen / Ausblick



Ausgerichtete Bounding Boxes über OBB Object Detection [1]



Models

YOLOv3
YOLOv4
YOLOv5
YOLOv6
YOLOv7
YOLOv8
YOLOv9
YOLOv10
YOLO11 NEW
YOLO12

Neue Modellversionen [2]

```
# Classes
names:
  0: person
  1: bicycle
  2: car
  3: motorcycle
  4: airplane
  5: bus
  6: train
  7: truck
```

Klassen im COCO-Dataset [3]

- Oriented Bounding Boxes (OBB):
räumliche Ausrichtung des detektierten Objekts [1]
- Neuere YOLO-Modellversionen [2]
- Motorrad-Klasse miteinbeziehen [3]
- Untersuchung verschiedener urbaner Settings, Analyse des Zusammenhangs der extrahierten Metadaten (z.B. Fußgängergeschwindigkeit und Verkehrsaufkommen, etc.), Langzeitstudien, Erweiterte Sensorik (Radar, etc.), Datenextraktion in Echtzeit am Aufnahmegerät (Stichwort: Data Security), Simulationen, ...

[1] OBB - Ultralytics YOLO Docs

[2] Models Supported by Ultralytics - Ultralytics YOLO Docs






[3] COCO - Ultralytics YOLO Docs

[4] C. Sitzwohl (2024). „Object Detection and Statistical Analysis of Pedestrian and Vehicle Traffic at Selected Shared Spaces“. Master's Thesis

Charakteristika der Begegnungszonen






Wie ähnlich bzw. wie verschieden/heterogen sind die untersuchten BZ ...

Anzahl Verkehrsteilnehmer pro Stunde

				 	Total
Feldkirchen	660	119	27	18	824
Laßnitzhöhe	516	50	19	16	601
Gleinstätten	634	26	19	18	697
Zeltweg	352	128	8	28	516
Velden	713	434	157	8	1312
Graz	153	662	771	19	1605
Klagenfurt	131	903	135	42	1211

Charakteristika der Begegnungszonen

Anteile (%) Verkehrsteilnehmer pro Stunde

				 	Total
Feldkirchen	80	14	3	2	824
Laßnitzhöhe	86	8	3	3	601
Gleinstätten	91	4	3	3	697
Zeltweg	68	25	2	5	516
Velden	54	33	12	1	1312
Graz	10	41	48	1	1605
Klagenfurt	11	75	11	3	1211

Extraktion von Primärdaten

- Länge und Breite des Objekts
- x- und y-Koordinaten des Objekts (Vogelperspektive)
- Bewegungsrichtung des Objekts
- Geschwindigkeit des Objekts

Ermittlung Kenngrößen Fußgänger

Auf Basis der Primärdaten ermittelt ...

- geringster Abstand zu fahrendem Verkehrsteilnehmer
- Überquerung der Fahrbahn (ja/nein)
- Wartezeit für Überquerung
- Querungsrichtung
- Überquerungsgeschwindigkeit
- Überquerungswinkel (relativ zur Fahrbahn)
- Überquerungshotspots (Positionen mit vielen/wenigen Überquerungen)

Interaktion (aus Fußgänger- oder Fahrersicht)

Möchte ein Fußgänger die Fahrbahn überqueren bzw. möchte ein Fahrzeug die BZ passieren ...

- keine Interaktion
- Geschwindigkeitsreduktion des Fahrzeugs
- Zum-Stillstand-Bringen des Fahrzeugs
- Warten
- Entlanggehen (nur für Fußgänger)
- TTC (Time to collision): Zeitspanne bis zur Kollision bei Beibehaltung der momentanen Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit (kritisch, wenn < 2.5 Sekunden)

Zusammenfassung Charakteristika


- Die BZ **Feldkirchen, Laßnitzhöhe und Gleinstätten** zeichnen sich durch einen hohen Anteil an Autos (80-90 %) bei exakt gegenläufigem Fußgängerverkehr aus. Radverkehr, Bus- und LKW-Aufkommen sind gering.
- Die **BZ Zeltweg und Velden** haben mittleres Auto-Aufkommen (54/68 %), einen mittleren Fußgängerverkehr (25/33 %).
- Die **BZ Graz und Klagenfurt** weisen einen geringen Anteil (ca. 10 %) an Autos und knapp 90 % an Fußgängern und Radfahrern auf (etwa gleich aufgeteilt in Graz, deutlicher Fußgängerüberhang in Klagenfurt).
- Der Bus- und LKW-Verkehr ist in allen BZ gering.

Einschränkungen


- Die von der Kamera **erfassten Bereiche** sind in den einzelnen BZ unterschiedlich (zwischen 24 und 47 Meter). Größerer Bereich \Rightarrow potentiell mehr Fußgänger, mehr Querungen.
- Die BZ haben unterschiedliche **Ausdehnung** (100 Meter in Laßnitzhöhe bis 460 Meter in Velden) – wie **örtlich repräsentativ** ist der gewählte Ausschnitt?
- Die **Zeiten** (Jahreszeit, Wochentag, Tageszeit) der Aufnahmen stimmen zwischen den BZ nicht gänzlich überein.
- Der Beobachtungszeitraum beträgt „nur“ ca. 20 Stunden – **zeitlich repräsentativ?**

Geschwindigkeiten Fußgänger (in Fußgängerbereichen/beim Überqueren)

Fußgängerbereiche in km/h


	Durchschnitt	v85	Max.
Feldkirchen	2.6	4.7	6.0
Laßnitzhöhe	3.4	5.3	6.7
Gleinstätten	3.5	5.1	6.3
Zeltweg	4.1	6.4	7.8
Velden	3.0	4.3	5.5
Graz	3.9	6.0	9.2
Klagenfurt	3.7	5.3	6.3

Fahrbahnbereich in km/h

	Durchschnitt	v85	Max.
Feldkirchen	4.5	6.3	7.7
Laßnitzhöhe	3.3	5.3	6.6
Gleinstätten	3.2	5.8	7.5
Zeltweg	4.7	6.4	7.5
Velden	4.5	6.1	8.7
Graz	5.4	7.9	12.7
Klagenfurt	4.6	5.8	6.7

Geschwindigkeiten Autos (Fahrbahnbereich)

Geschwindigkeiten in km/h

	Durchschnitt	v85	Max.
Feldkirchen	14.7	23.7	29.0
Laßnitzhöhe	20.3	28.6	34.0
Gleinstätten	26.0	37.4	42.0
Zeltweg	19.0	28.9	34.0
Velden	20.0	29.4	34.3
Graz	22.9	32.1	36.7
Klagenfurt	16.0	26.7	32.1

Feldkirchen, Laßnitzhöhe, Gleinstätten:


- viele Autos, wenige Fußgänger
- mehr Autos \Rightarrow höhere Geschwindigkeiten
- Gleinstätten: 30 km/h Limit

Zeltweg, Velden:



- Ähnliche Zusammensetzung der Verkehrsteilnehmer, praktisch gleiche Geschwindigkeiten
- Velden: 30 km/h Limit

Geschwindigkeiten Autos und LKWs/Busse (Fahrbahnbereich)

Geschwindigkeiten in km/h

	Durchschnitt	v85	Max.
Feldkirchen	14.7	23.7	29.0
Laßnitzhöhe	20.3	28.6	34.0
Gleinstätten	26.0	37.4	42.0
Zeltweg	19.0	28.9	34.0
Velden	20.0	29.4	34.3
Graz	22.9	32.1	36.7
Klagenfurt	16.0	26.7	32.1

Geschwindigkeiten in km/h

 	Durchschnitt	v85	Max.
Feldkirchen	12.0	19.7	23.5
Laßnitzhöhe	20.7	31.5	36.8
Gleinstätten	22.7	36.8	44.2
Zeltweg	5.1	11.2	23.2
Velden	12.6	23.9	32.0
Graz	11.1	26.7	34.5
Klagenfurt	15.9	26.7	31.1

Zusammenfassung Querungsverhalten

- Querungen von Fußgänger_innen können effektiv durch **Markierungen** oder **bauliche Einrichtungen** gesteuert (begünstigt oder verhindert) werden.
- Fußgänger_innen sind oft bestrebt, den **Bereich erhöhter Gefahr** (Fahrbahn) möglichst rasch wieder zu **verlassen**.
 - Querungswinkel \approx rechter Winkel
 - Querungsgeschwindigkeit $>$ Gehgeschwindigkeit

RVS - Richtlinien und Vorschriften für Straßenbau

Zahl der Fußgänger- und Radfahrerquerungen pro Stunde und 100 m Länge	Eignung als Begegnungszone
0 – 24	Begegnungszone nicht sinnvoll
25 – 49 und mind. 150 Fußgänger/24h	Begegnungszone möglich, wenn das Verhältnis querender Fußgänger und Radfahrer zu Kfz in der Spitzenstunde mindestens 10 % beträgt
50 – 500 sowie Anwesenheitsquote erfüllt (s. Pkt. 4.5)	Begegnungszone möglich bis maximal 1000 Kfz/h. Bei höheren Kfz-Verkehrsstärken gesonderte, vertiefende Eignungsprüfung erforderlich.
> 500	Gesonderte, vertiefende Eignungsprüfung erforderlich.

Gleinstätten

Laßnitzhöhe, Zeltweg,
Velden, Graz

Feldkirchen, Klagenfurt

- Der **LKW-Verkehr** liegt in allen BZ deutlich unter dem Grenzwert von 50 pro h (Maximum: Graz – 27)
- Anwesenheitsquote in Feldkirchen, **Laßnitzhöhe**, Gleinstätten **nicht** erfüllt.
- Problematisch: Extrapolation „... pro 100m“