

TECH MEETUP INNSBRUCK

# Engineering Kiosk Alps Meetup Innsbruck



## Frequency Monitoring using AI

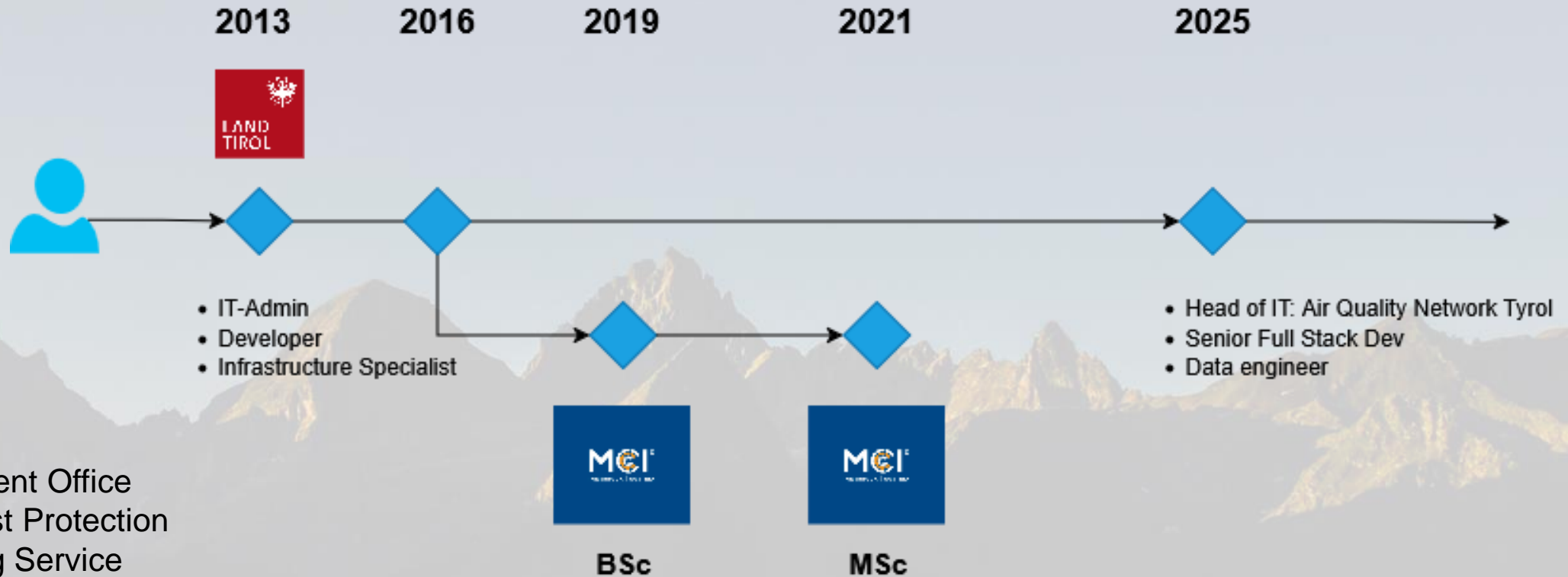


# About me



## Georg Strickner

Tyrol State Government Office  
Department for Forest Protection  
Air Quality Monitoring Service  
<https://www.tirol.gv.at/luft>  
[georg.strickner@tirol.gv.at](mailto:georg.strickner@tirol.gv.at)  
+43 676 88 508 4624





# About „Bergwelt Tirol – Miteinander erleben“



MOUNTAIN BIKING



HIKING



CLIMBING



VIA FERRATA



WINTER SPORT



## Outdoor Boom



## Nature Conflicts



Crowded slopes



Animals habitats e.g. Black grouse



Biker on hiking trails



## Goal: „Balanced and conflict-free Nature Experience“

<https://unitythumb.appuser.ch/frames/uv10893472/frame-1-10893472.jpg>

<https://www.karwendel.org/wp-content/uploads/2025/06/birkhuhn-maennlich-bei-der-balz.jpg>

[https://www.loser.at/site/assets/files/2486/ausseerland\\_salzkammergut\\_loser\\_altaussee\\_augsttrail\\_mtb\\_foto\\_karl\\_steinegger\\_11050630\\_web.1500x690.jpg](https://www.loser.at/site/assets/files/2486/ausseerland_salzkammergut_loser_altaussee_augsttrail_mtb_foto_karl_steinegger_11050630_web.1500x690.jpg)

# Content



**Task / Problem**



Concept



Skitourer ML model from scratch



Counting Algorithm



Results



Data Privacy



Other use cases and projects



# Task / Problem

STREITTHEMA

## Tourengeher vs. Skifahrer: Konflikt auf der Piste

Die Standpunkte des Alpenvereins

22. Dezember 2016, 12:44

Später lesen

Abseits der Skipisten sucht man den Schnee derzeit noch vergeblich. Die Tourengeher verlagern ihr Hobby daher zunehmend auf die präparierten und schneesicheren Pisten – was aufgrund des beschränkten Platzangebotes nicht überall gern gesehen wird. Der Österreichische Alpenverein (ÖAV) empfiehlt daher, sich an einige Grundregeln zu halten, um Konflikte mit Liftbetreibern und Skifahrern zu vermeiden.

"Wo vor einigen Jahren die Skitourensaison bereits in vollem Gange gewesen wäre, warten wir dieser Tage vergeblich auf den Niederschlag. Viele Tourengeher möchten dennoch nicht auf ihr Hobby verzichten und sehen sich gezwungen, auf die Pisten in den Ski gebieten auszuweichen", erklärt Michael Larcher, Bergführer und Leiter der Bergsport-Abteilung im Alpenverein, in einer Aussendung. Auch ein gewisses Komfortbedürfnis sei nicht ganz abzustreiten – "schließlich ist eine Pistentour in der Regel weniger zeitaufwändig und weniger Gefahren ausgesetzt als eine Tour im freien Gelände".

## Pistenskitouren: Hohes Konfliktpotential

Das Tourengehen auf Skipisten ist in den letzten Jahren sehr dementsprechend hoch ist das Konfliktpotential zwischen SeilbahnunternehmerInnen und SkitourengeherInnen. Die Naturfreunde fordern ein geregeltes und konfliktfreies Miteinander.

Die Naturfreunde stehen grundsätzlich für den freien Zugang zur Natur. Das Verbot des Skifahrens auf Skipisten zu verbieten ist nicht nur das falsche Zeichen in Richtung Natur, sondern auch dem wichtigen Ziel einer Gesundheitsförderung durch Bewegung.

Die Naturfreunde bemühen sich vielmehr um ein faires Miteinander zwischen SeilbahnunternehmerInnen und SkitourengeherInnen. „Wir verweigern Benützungsgebühren gegenüber SkitourengeherInnen, sofern diese stehen und in einem vertretbaren Rahmen bleiben“, so Günter Abrahams, Bundesgeschäftsführer der Naturfreunde Österreich.

SPORT

## Skitourengeher von Pisten verbannt

Skitourengehen ist zum Breitensport geworden. Immer mehr Tourengeher benutzen aber auch die offiziellen Skipisten sowohl für den Aufstieg als auch die Abfahrt. Das führt seit Jahren zu Konflikten. Nun sperrten erstmals die Bad Kleinkirchheimer Bergbahnen ihre Pisten für Tourengeher. Das Kuratorium für Alpine Sicherheit bezweifelt, dass das rechtlich möglich ist.

9. November 2024, 12.02 Uhr

Teilen

Manche Skitourengeher schätzen es sehr, über verschneite Wälder aufzusteigen und durch Pulverschnee talwärts zu fahren. Aber immer mehr wollen es bequemer haben, stapfen am Rande der offiziellen Pisten auf die Berge und fahren dann ab, wie alle anderen Skifahrer auch.

## Task / Problem

# How to solve these issues?

## Task / Problem

**We have to guide them...**



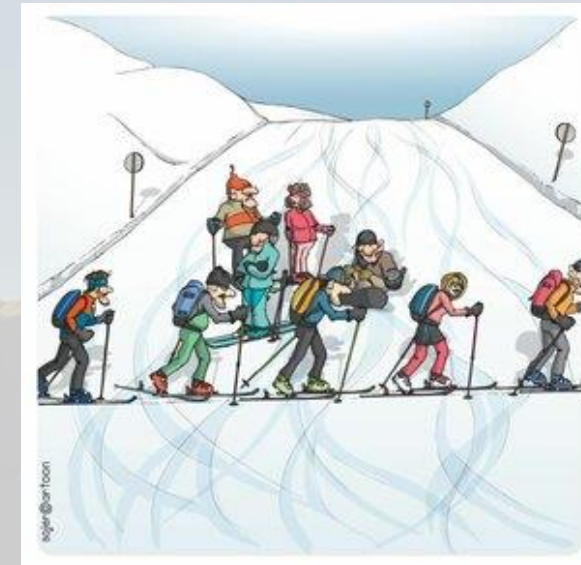
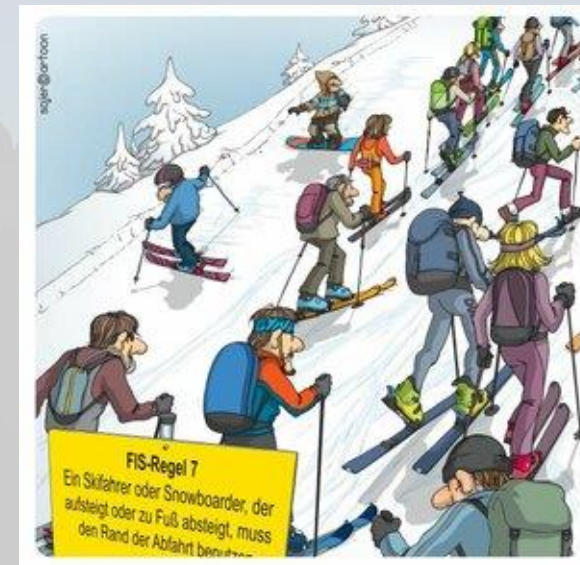
<https://www.drei.at/media/common/planet-drei/blog/digital-life/kompass-app/kompass-app.jpg>

## Task / Problem

Since 2020 **guidance systems** mark the optimal and safest ascent track for ski tourers

Some rules:

- Ascent track at the slopes edges
- No crossing of the slope
- Respect warnings and regulations



Guidance system in the Axamer Lizum (Damenabfahrt Hoadl)

[https://www.bergwelt-miteinander.at/fileadmin/\\_processed\\_/5/6/csm\\_04\\_Regel\\_e982462b5a.jpg](https://www.bergwelt-miteinander.at/fileadmin/_processed_/5/6/csm_04_Regel_e982462b5a.jpg)

[https://www.bergwelt-miteinander.at/fileadmin/\\_processed\\_/e/2/csm\\_03\\_Regel\\_7b6b86c587.jpg](https://www.bergwelt-miteinander.at/fileadmin/_processed_/e/2/csm_03_Regel_7b6b86c587.jpg)

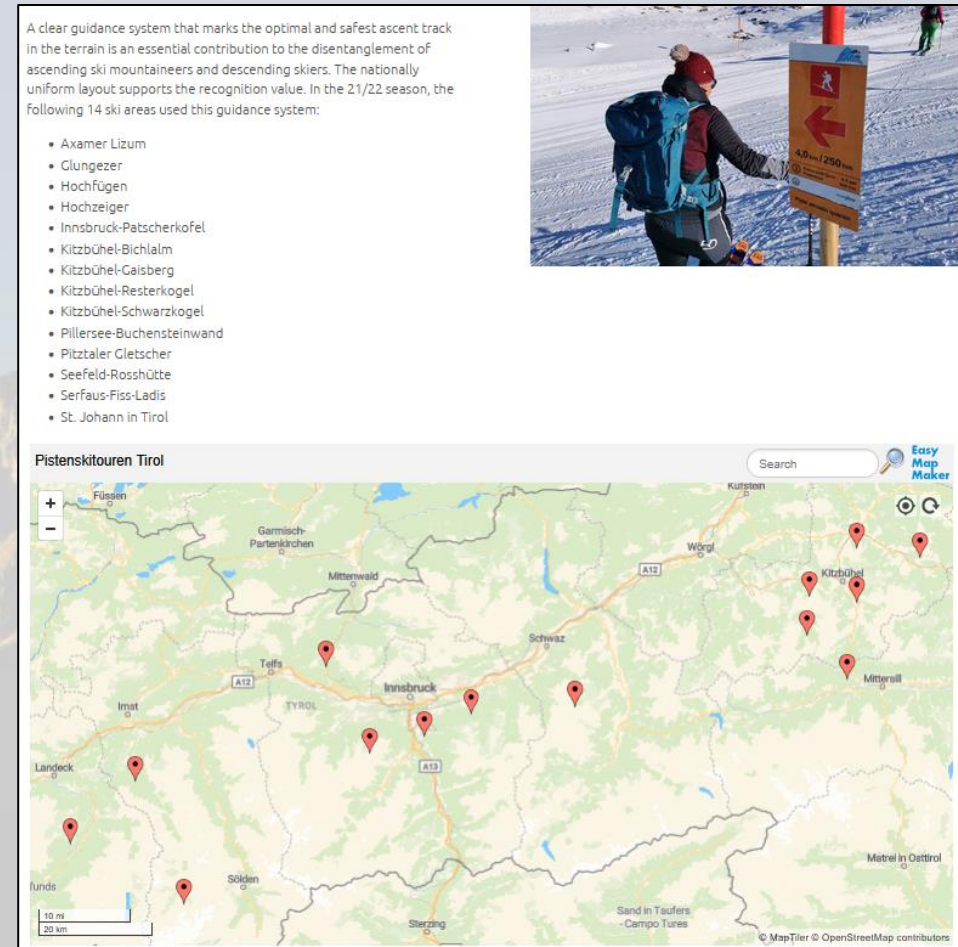


# Task / Problem

## Ski resorts with guidance systems

More than **14 ski areas** in Tyrol used these guidance systems in 2021/2022 season.

The **Axamer Lizum** ski area was among the first users.



## Task / Problem

But how are these guidance systems evaluated?

**Manual counts** are being conducted by a civilian service worker (let's call him Peter):

- ⚠️ prone to errors
  - (Peter may be tired or the last party hit too hard so he counts single objects twice?)
- ⏸️ no continuous time series and recording
  - (Peter maybe needs a bathroom break, right?)
- ⌚ high effort
  - (Peter has no drivers license, so someone has to bring him to the slopes)



## Task / Problem

In September 2020 I met Peter and his boss at a rare occasion – coffee break ☕ .

They told me about their problem counting the ski tourers manually.

At the same time I was looking for a research topic for my Master Thesis.

## Task / Problem



<https://external-content.duckduckgo.com/iu/?u=https%3A%2F%2Fmedia.giphy.com%2Fmedia%2Fli2JcjTzwJcT3ZtTfW%2Fgiphy.gif&f=1&nofb=1&ipt=cd9d4517b225a9509cd4b8b54d2fe6fd69e6e03cb05216eaf81113981639d275>



## Task / Problem

Why not developing an automated system for counting ski tourers?

## Machine learning?

Problem



+

Master Thesis



=

Beneficial for everyone



# Content



Task / Problem



**Concept**



Skitourer ML model from scratch



Counting Algorithm



Results



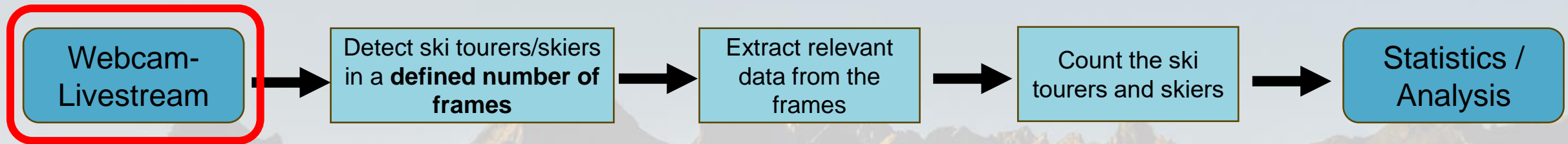
Data Privacy



Other use cases and projects

# Concept

We want to count ski tourers with a neural network and a webcam livestream.



GDPR - General Data Protection Regulation

# Concept

How do we get the needed data from the frames?

Let us use an approach with 3 single steps!

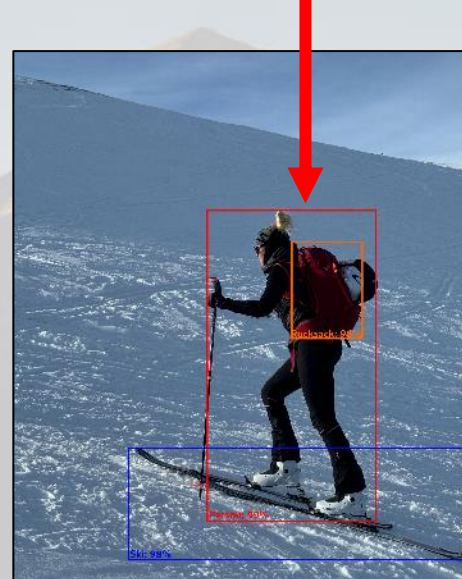


# Concept

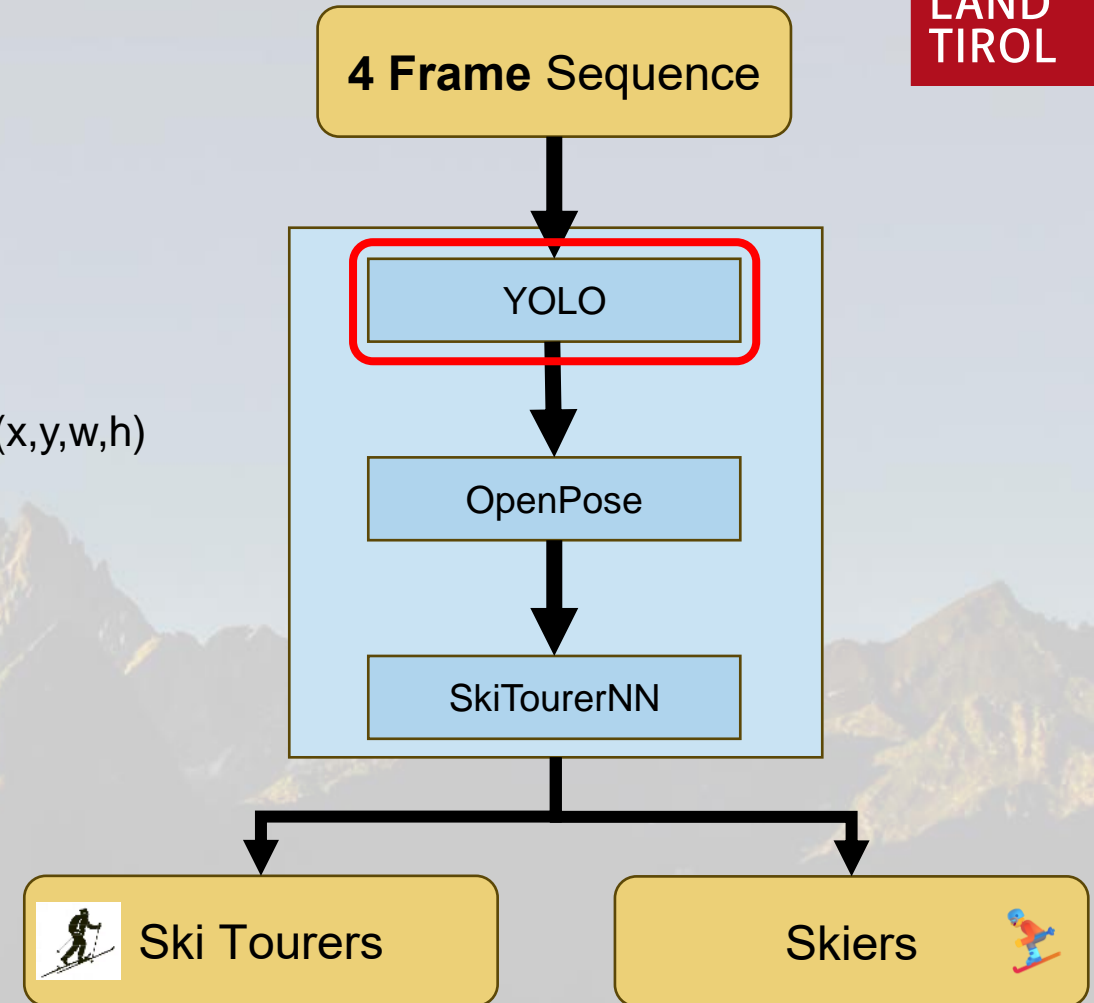
## Step 1:

Object detection with **YOLO** model (You Only Look Once)

- position information for each person => bounding box data (x,y,w,h)
- number of detected persons



**Definition:** a maximum of 20 persons per 4 frame sequence should be countable

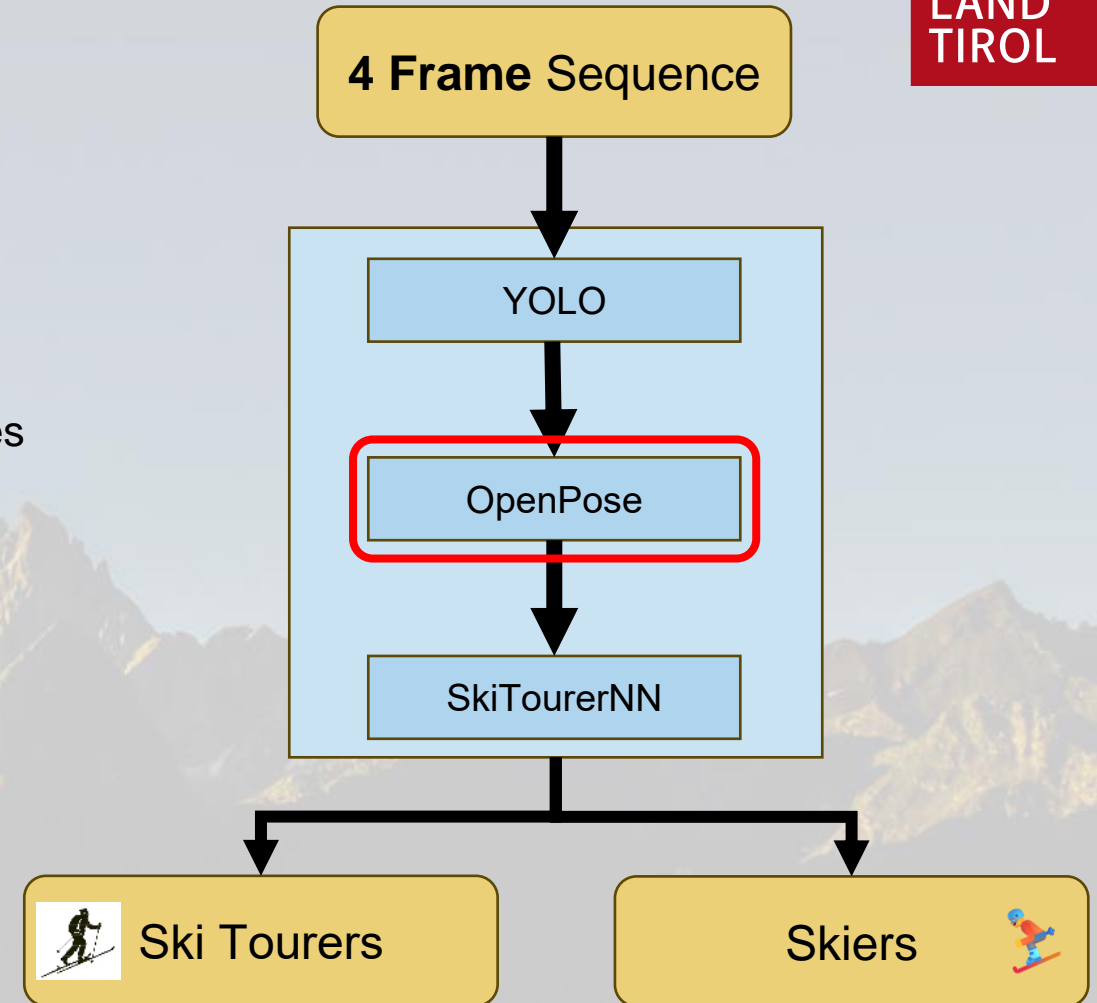
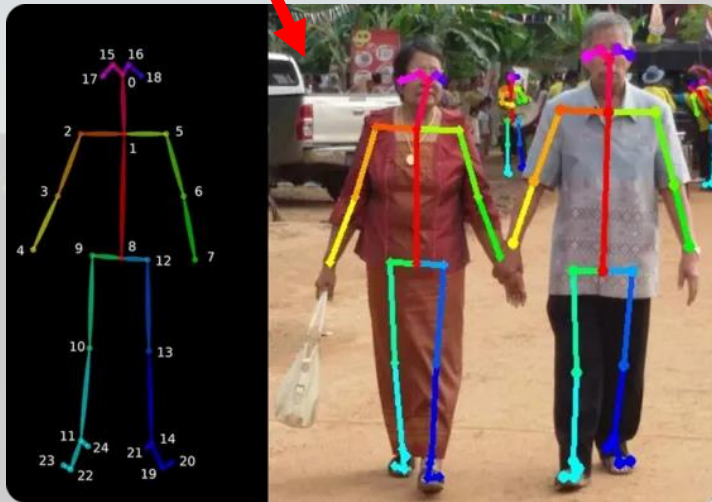


# Concept

## Step 2:

Pose detection with **OpenPose** model

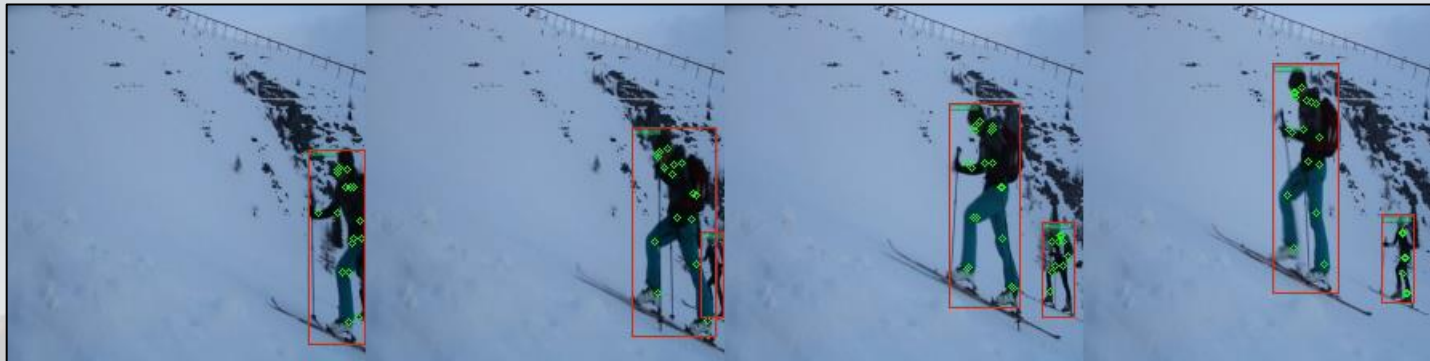
- coordinates of detected joints in the persons bounding boxes  
=> (x,y, joint\_index)



# Concept

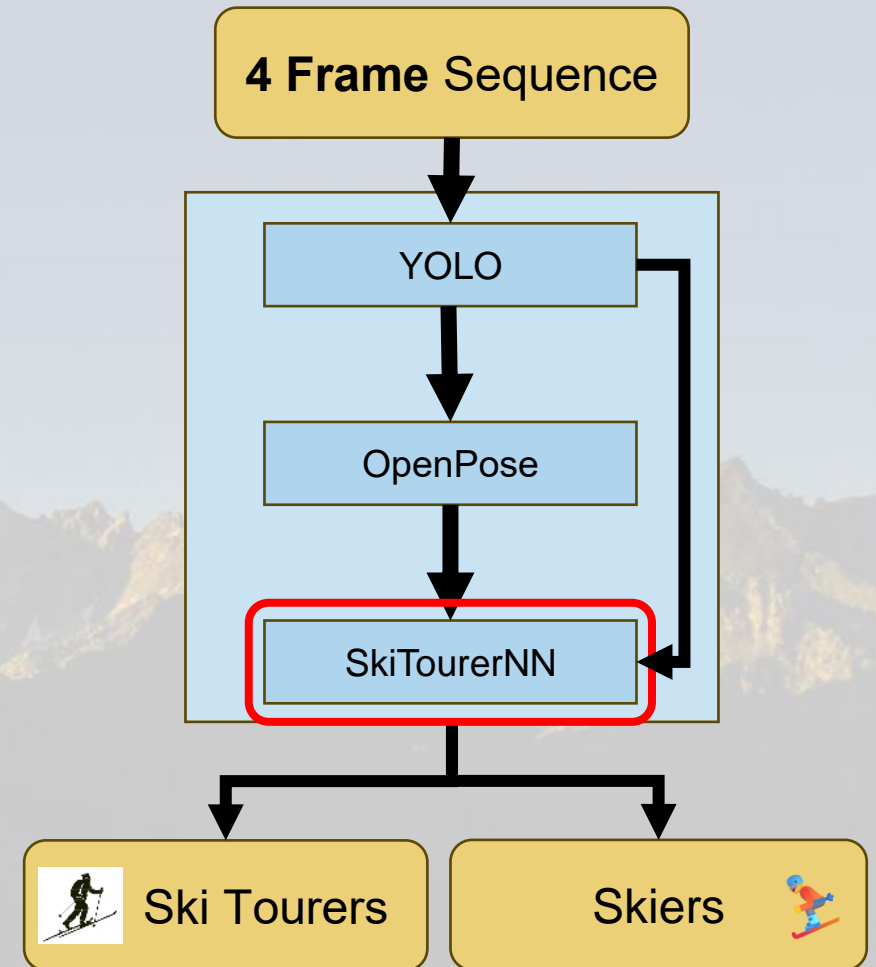
## Step 3:

Estimation of ski tourers and skiers using **SkiTourerNN** model



Frame 1	Frame 2	Frame 3	Frame 4	Frame 1	Frame 2	Frame 3	Frame 4	Frames 1 bis 4
YOLO-BB (20 x 1 x 4)	YOLO-BB (20 x 1 x 4)	YOLO-BB (20 x 1 x 4)	YOLO-BB (20 x 1 x 4)	Openpose Joints (20 x 3 x 18)	Openpose Joints (20 x 3 x 18)	Openpose Joints (20 x 3 x 18)	Openpose Joints (20 x 3 x 18)	YOLO Person Count
1x80	1x80	1x80	1x80	1x1080	1x1080	1x1080	1x1080	1x4

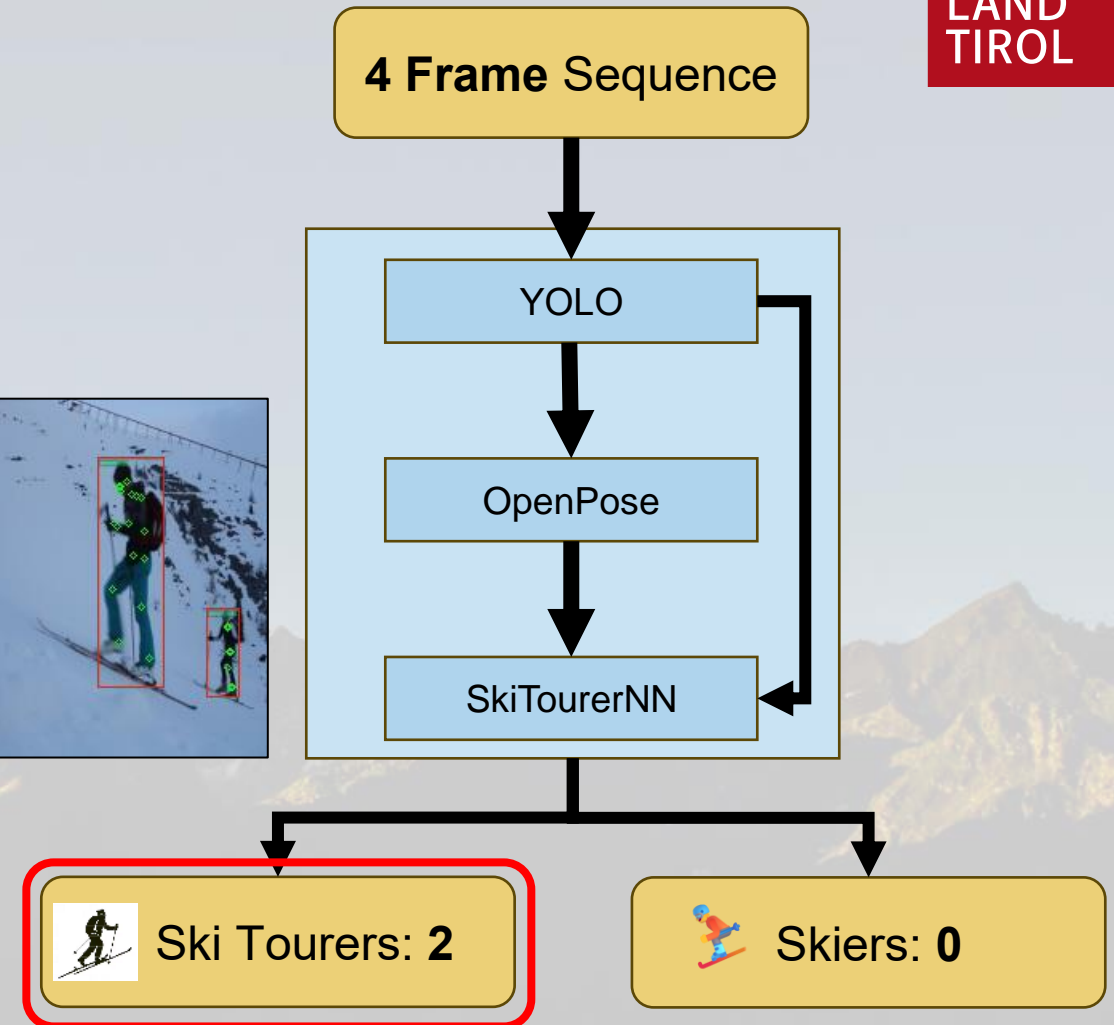
Shape data input for the SkiTourerNN : 1x4644



# Concept

## Result:

2 ski tourers and 0 skiers have been detected





# Content



Task / Problem



Concept



**Skitourer ML model from scratch**



Counting Algorithm



Results




Data Privacy



Other use cases and projects

# Skitourer ML model from scratch



Definition of the  
problem

Dataset Generation

SkiTourerNN

# Skitourer ML model from scratch

## Dataset generation

- **Prototype version V1.0:**
  - (1) Camera: DSLR Canon EOS 2000D
  - (2) Controller: Nvidia Jetson Nano
  - (3) Data communication: Mikrotik WAP LTE
  - (4) Heating



# Skitourer ML model from scratch

## Dataset generation

- **Prototype version V2.0 (since 2024):**
  - Camera: ABUS Webcam
  - Controller: NVIDIA Jetson Nano / Raspberry Pi 5
  - Data communication: Mikrotik LTE
  - 3D-printed housing



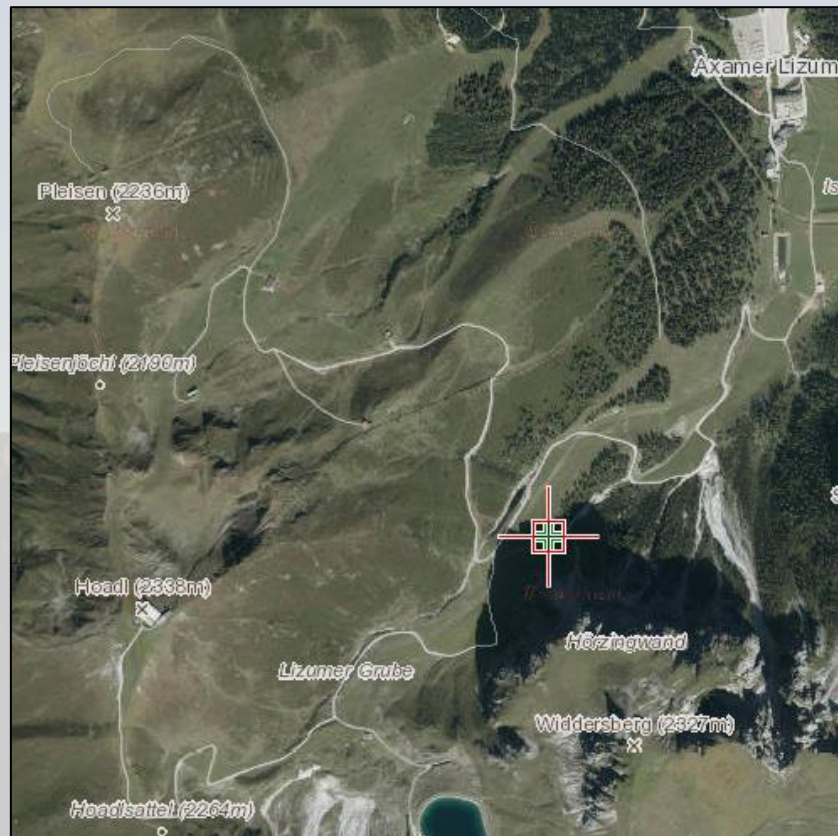
Georg Strickner





# Skitourer ML model from scratch

## Dataset generation: Axamer Lizum (Women's Downhill Slope)





# Skitourer ML model from scratch

## Dataset generation: Axamer Lizum (Women's Downhill Slope)



# Skitourer ML model from scratch

## Dataset generation: Axamer Lizum (Women's Downhill Slope)

1. Automated collection of ~2000 video clips showing anonymized ski tourers and skiers (4 frames)



# Skitourer ML model from scratch

## Dataset generation: Axamer Lizum (Women's Downhill Slope)

2. Extraction of needed data:
- bounding box information
  - amount of persons
  - joint coordinates



# Skitourer ML model from scratch

**Dataset generation: Axamer Lizum (Women's Downhill Slope)**

3. Labeling of each sequence data: **2 ski tourers / 0 skiers**





# Skitourer ML model from scratch

## Dataset generation: Axamer Lizum (Women's Downhill Slope)

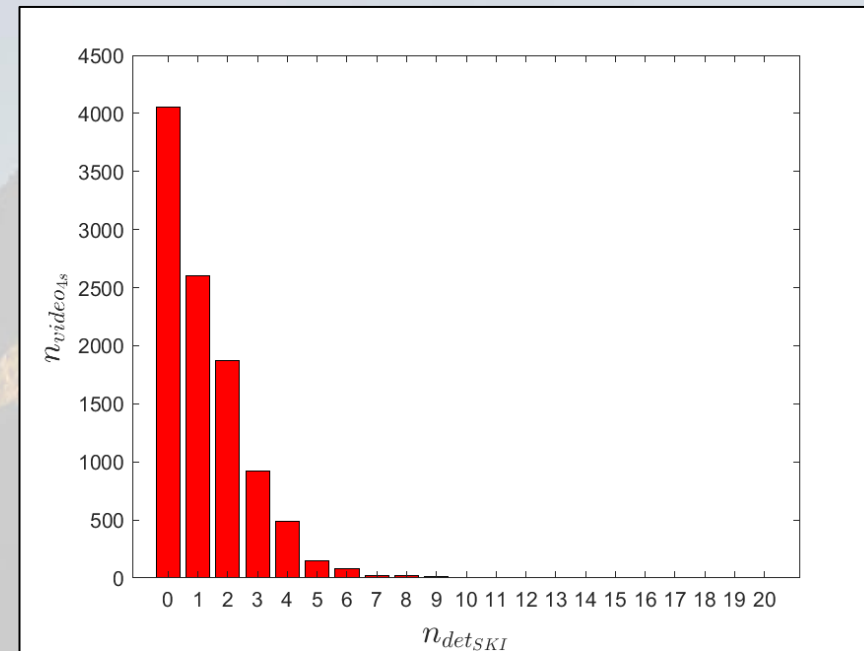
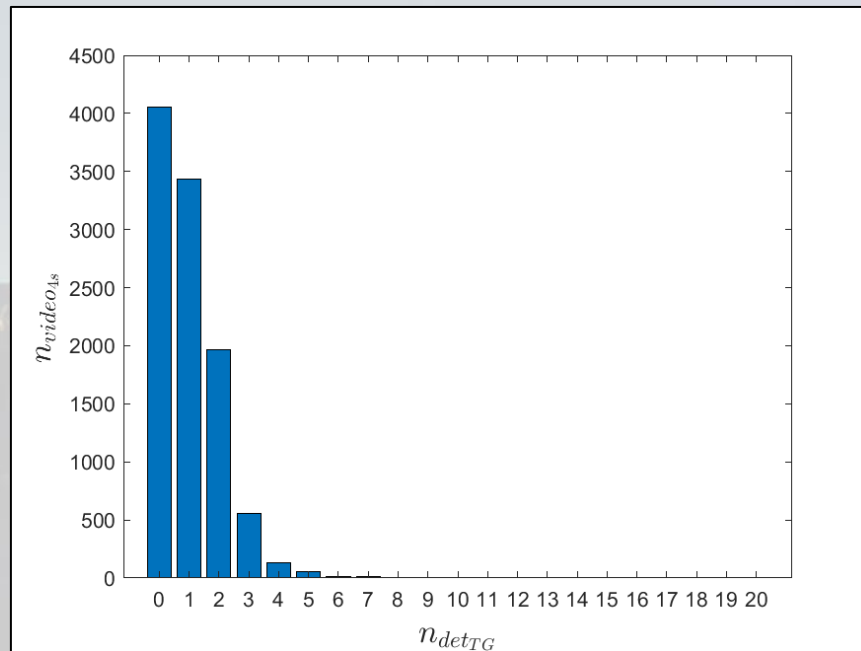
### 4. Data augmentation with rotation, mirroring, scaling, CLAHE filter and adding white noise



# Skitourer ML model from scratch

## Dataset generation: Axamer Lizum (Women's Downhill Slope)

5. Data balancing: getting the same amount of videos containing ski tourers and skiers



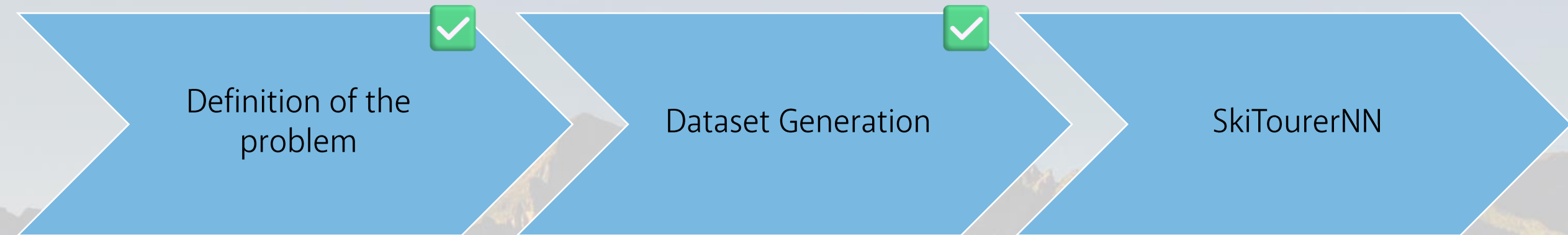
# Skitourer ML model from scratch

**Dataset generation: Axamer Lizum (Women's Downhill Slope)**





# Skitourer ML model from scratch



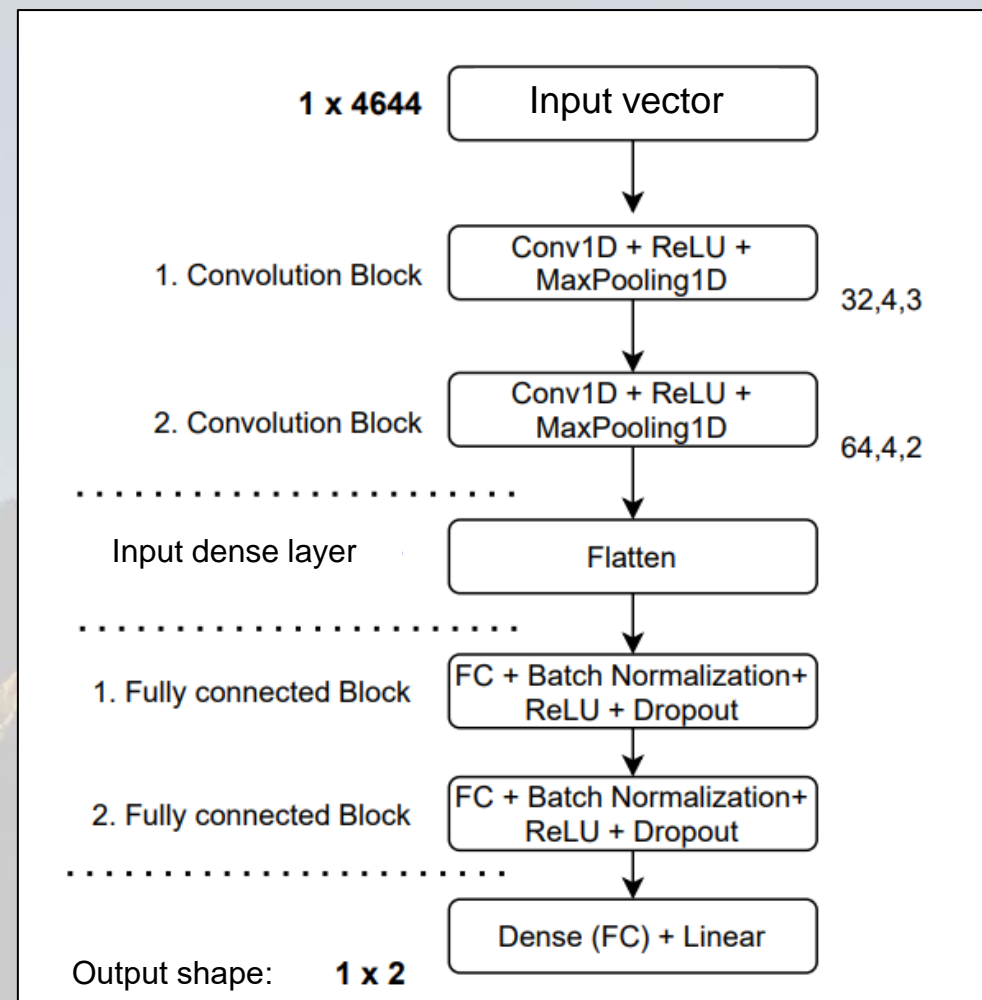
# Skitourer ML model from scratch

## SkiTourerNN

Different models with different input parameters have been tested.


## Simplified architecture of the final **SkiTourerNN**

Input data	$TQ_{TG_{seq}} / \%$	$TQ_{SKI_{seq}} / \%$	$ACC_{TG_{ges}} / \%$	$ACC_{SKI_{ges}} / \%$
$Y_{BB}$	72,5	58,13	90,76	91,11
$Y_{BB} + Y_n$	73,76	58,33	88,64	90,38
$Y_{BB} + OP_j + Y_n$	82,03	70,38	95,23	98,48





# Skitourer ML model from scratch



Definition of the  
problem



Dataset Generation



SkiTourerNN

# Content



Task / Problem



Concept



Skitourer ML model from scratch



**Counting Algorithm**



Results

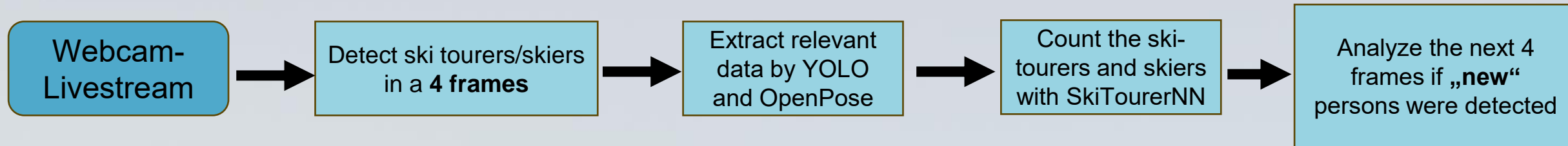


Data Privacy



Other use cases and projects

# Counting Algorithm



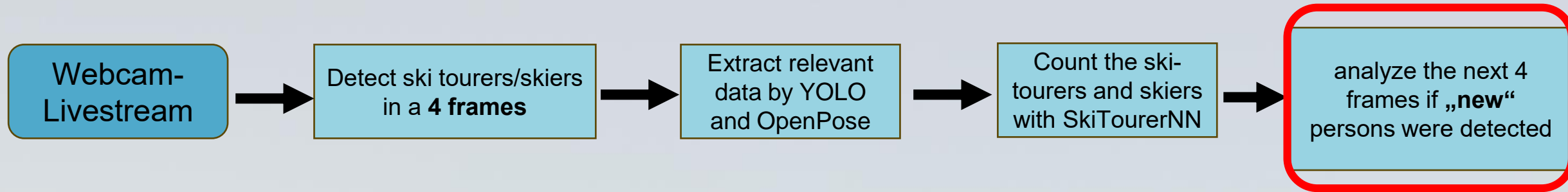
Bounding Boxes:  
 0.948;0.451;0.999;0.964;0.918;0.389;0.999;0.974;0.743;0.328;0.938;0.939;  
 0.673;0.247;0.857;0.918;  
 OpenPose Joints:  
 0.45;0.943;0.056;0.437;0.954;0.111;0.438;0.943;0.167;0.447;0.989;0.222;0.278;  
 0.51;0.991;0.333;0.512;0.946;0.389;0.444;0.594;0.952;0.5;0.556;0.616;0.953;  
 0.611;0.666;0.991;0.667;0.668;0.983;0.722;0.758;0.958;0.778;0.759;0.942;  
 0.833;0.903;0.985;0.889;0.898;0.979;0.944;0.51;0.986;0.399;0.829;0.056;0.384;  
 0.833;0.111;0.167;0.374;0.849;0.222;0.278;0.417;0.886;0.333;0.434;0.845;  
 0.389;0.524;0.913;0.444;0.525;0.833;0.5;0.556;0.51;0.779;0.611;0.596;0.898;  
 0.667;0.598;0.87;0.722;0.711;0.863;0.778;0.709;0.846;0.833;0.864;0.902;0.889;  
 0.845;0.882;0.944;0.423;0.867;0.349;0.699;0.056;0.333;0.704;0.111;0.334;  
 0.696;0.167;0.333;0.729;0.222;0.278;0.385;0.765;0.333;0.391;0.728;0.389;0.49;  
 0.759;0.444;0.5;0.486;0.738;0.556;0.611;0.55;0.796;0.667;0.554;0.769;0.722;  
 0.683;0.761;0.778;0.683;0.753;0.833;0.792;0.827;0.889;0.804;0.778;0.944;  
 0.384;0.748;0.05;  
 YOLO-Anzahl:  
 0;1;1;

**Skitourer: 1**

**Skier: 0**



# Counting Algorithm



## Prototype version:

All persons get tracked in all 4 frames by:

- position
- distance to the cam (calculated)
- color histogram
- predicted speed

## Version 2025:

All persons get tracked by DeepSORT

# Content



Task / Problem



Concept



Skitourer ML model from scratch



Counting Algorithm



**Results**



Data Privacy



Other use cases and projects



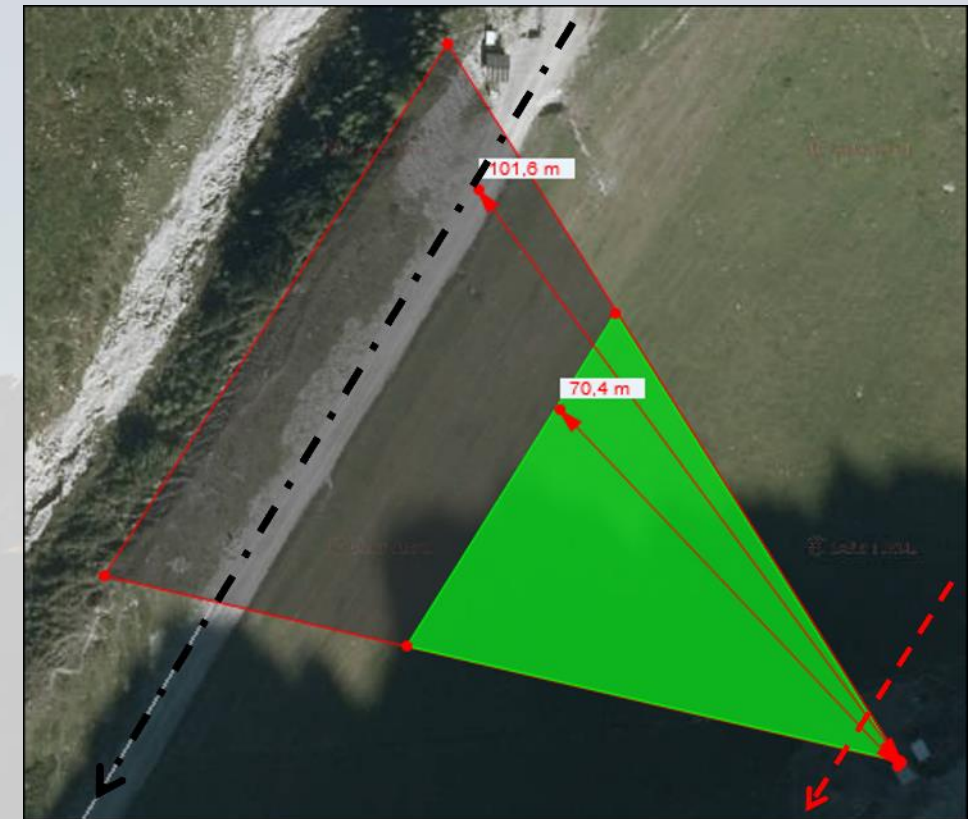
# Results

## 1.) test dataset (= 528 video clips):

	Reference Counting	SkiTourerNN	Accuracy
Skitourer	503	479	95%
Skier	593	584	98%

## 2.) Manual Counting 23.4.2021@ Axamer Lizum:

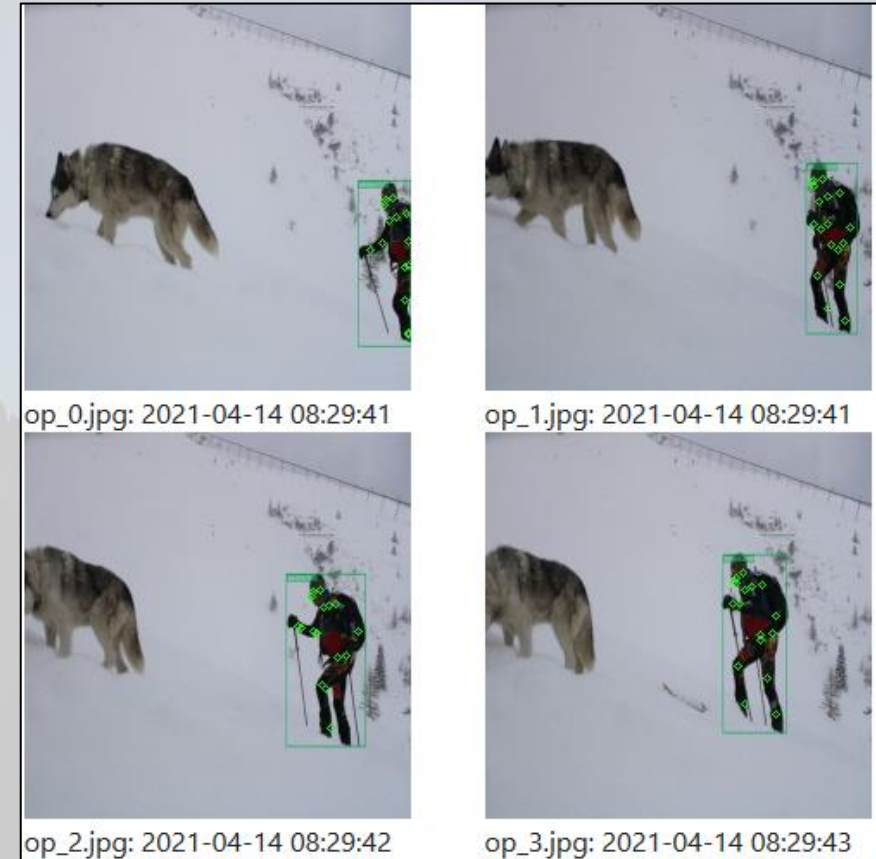
	Manual counting	SkiTourerNN	Accuracy
Skitourer	164	155	95%
Skier	87	73	84%



# Results

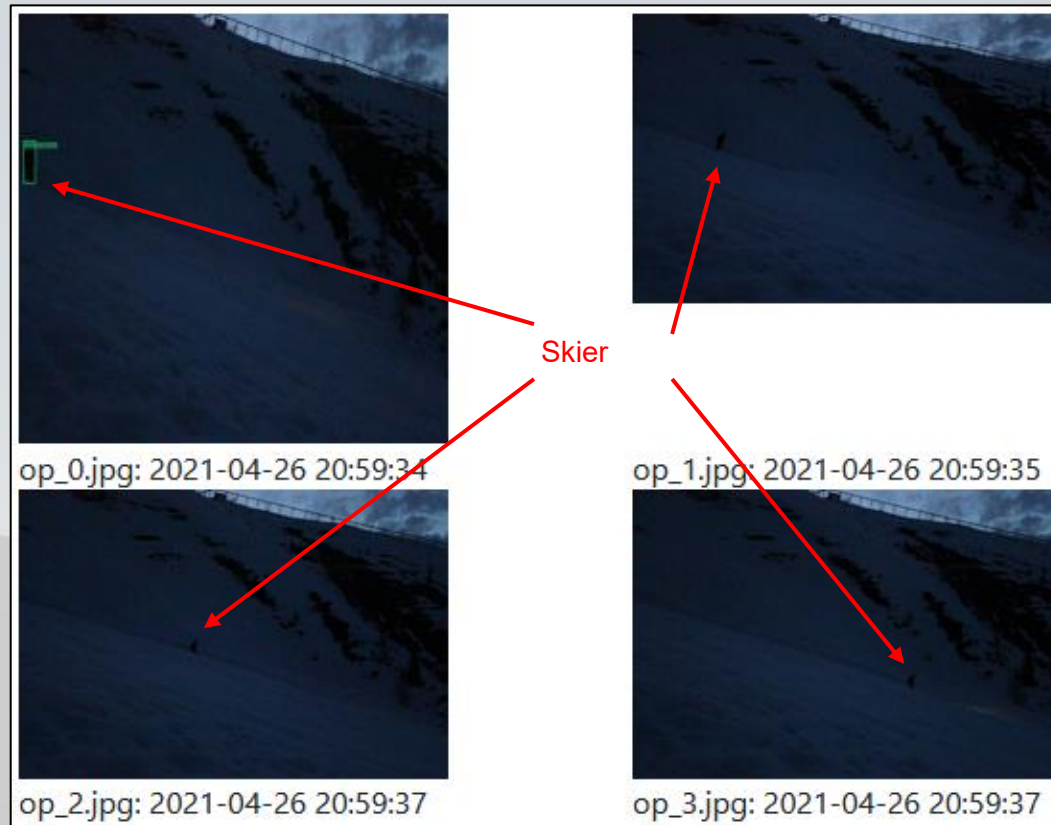


Detected skitourer: 1

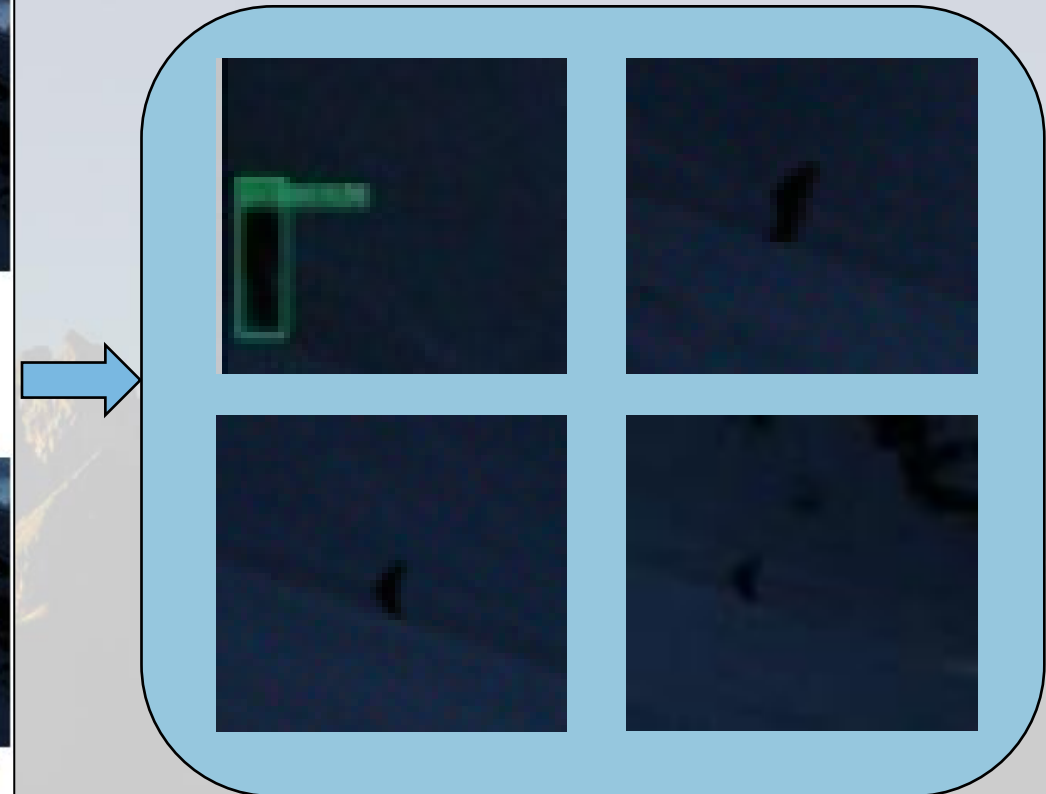


Detected skitourer: 1

## Results



Detected skier: 1



Skier enlarged

# Results

Season results for the counting system located in the Axamer Lizum at the Women's downhill slope:

Season	Skitourer (total)	Skier (total)
2021/2022	29.157	465.691
2022/2023	43.654	359.238
2023/2024	-	-
2024/2025	31.313	577.199

Season	Skitourer (avg daily)	Skier (avg daily)	Skitourer (max. daily)	Skier (max. daily)
2021/2022	221	3.528	608	6.416
2022/2023	268	2.204	1.573	5.664
2023/2024	-	-		
2024/2025	263	4.850	1.007	9.006

# Content



Task / Problem



Concept



Skitourer ML model from scratch



Counting Algorithm



Results











**Data Privacy**





Other use cases and projects



# Data Privacy

-  **System Security:** Must be locked and encrypted
-   **Anonymization:** All faces must be anonymized
-  **Frame Retention:** Webcam frames deleted in < 100 ms
-  **Local Processing:** No livestream transmission over network
-  **Data Transfer:** Only numeric & anonymized data allowed
-  **Impact Assessment:** Conduct Data Protection Impact Assessment (DPIA)
-  **GDPR Registry:** Entry in GDPR registry required





## Automatische Zählstation


**Was ist das hier?**

Diese **automatische Zählanlage** dient zur Erhebung von **Wintersportler\*innen**, um deren Häufigkeit zu analysieren. Das aktuelle System **unterscheidet** hierbei mithilfe von künstlicher Intelligenz **zwischen den folgenden Gruppen**:

Rodler\*innen



Skifahrer\*innen




**Hinweis zum Datenschutz**

Die hier eingesetzte Kamera dient der Zählung im Rahmen eines Besucherlenkungsprojektes. **Gesichter, Kennzeichen, etc. sind nicht erkennbar.** Es wird **kein Bildmaterial gespeichert oder weitergeleitet.**

Ein integrierter Rechner analysiert in Echtzeit verschiedene Bewegungsmuster und erkennt so unterschiedliche Arten von Wegnutzenden. Die Bilddaten haben eine niedrige Auflösung und werden unmittelbar nach der Erfassung gelöscht (ca. 50 ms nachdem die Person oder das Fahrzeug den Bildbereich verlassen hat). Lediglich die Anzahl der gezählten Personen pro Benutzergruppe wird übertragen und gespeichert.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an die Abteilung Waldschutz: [waldschutz@tirol.gv.at](mailto:waldschutz@tirol.gv.at)



Detaillierte Informationspflichten gemäß Art. 13, 14 DSGVO  
<https://www.tirol.gv.at/umwelt/wald/wald-und-recht/>

# Content



Task / Problem



Concept



Skitourer ML model from scratch



Counting Algorithm



Results



Data Privacy



**Other use cases and projects**

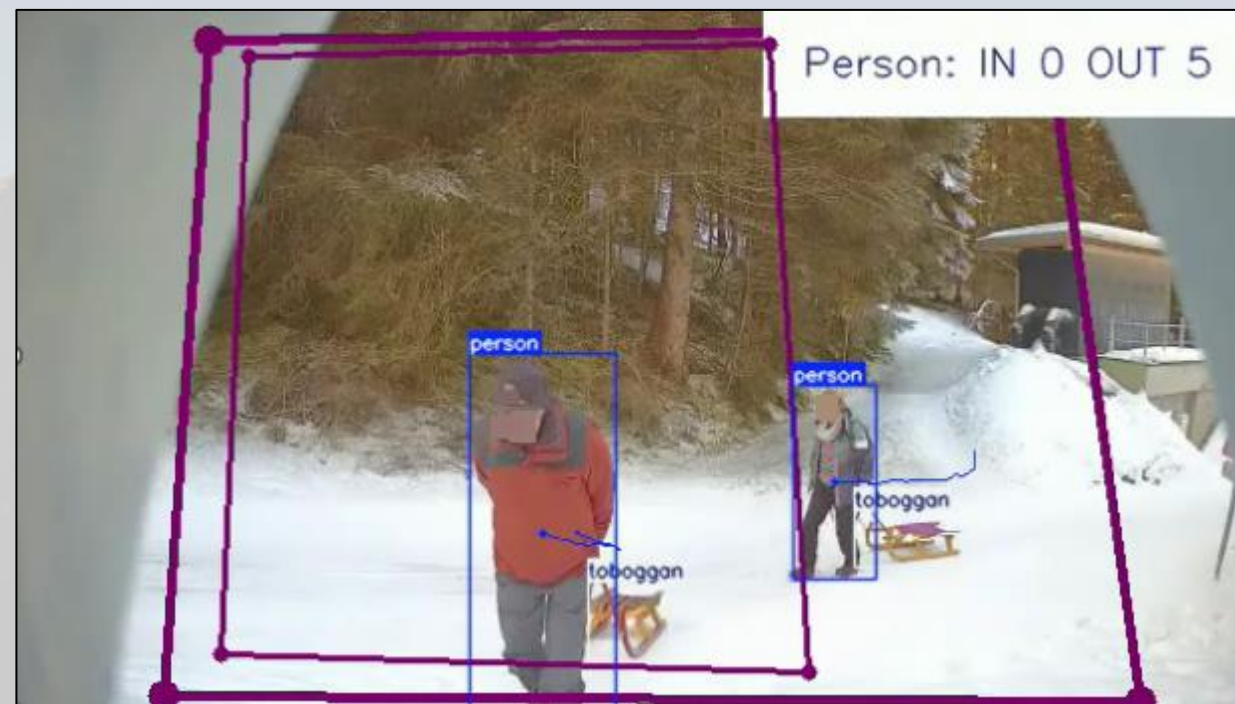
# Other use-cases and projects

## Prototype Counting System: Version **Toboggan**

@Kemater Alm

Counting objects:

- Persons
- Skiers
- Toboggans
- Snowboarder
- Cars



# Other use cases and projects

## Prototype Counting System: Version **Forest Road**

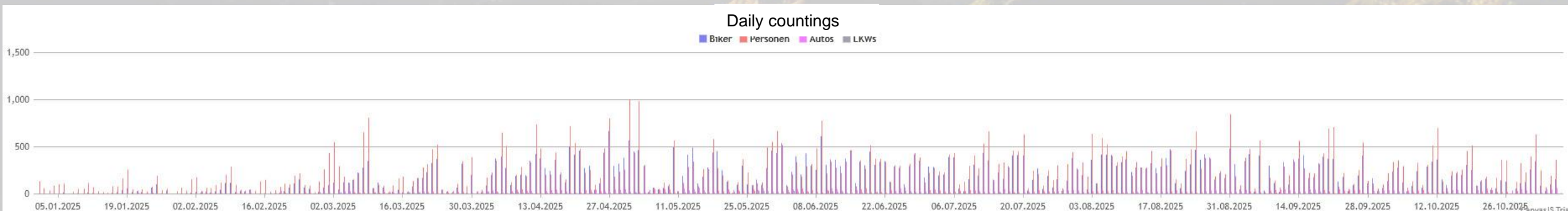
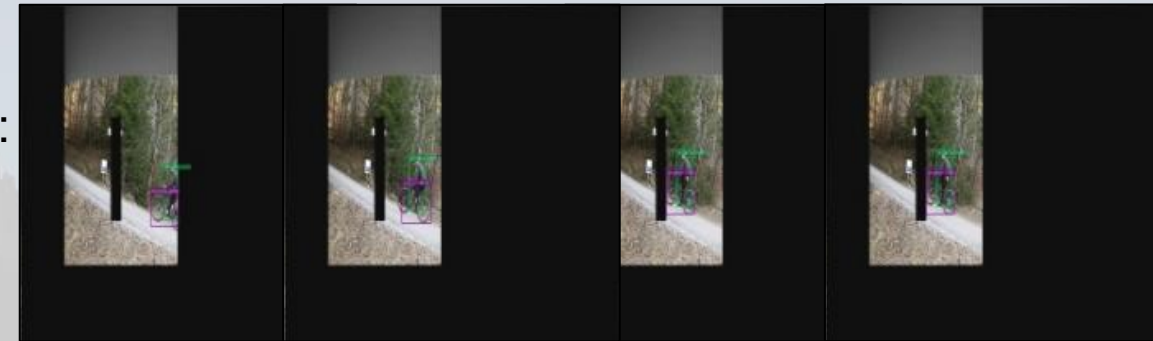
@Arzler Alm

### Counting objects:

- Bikes
- Persons
- Cars
- Trucks

### Results 1.1.2025 – 6.11.2025:

- Biker: 60.009
- Persons: 78.460
- Cars: 7.673
- Trucks: 1.740



Frequency monitoring using AI

Georg Strickner

48

# Thank you for your attention!

## Questions?

**Georg Strickner**

Tyrol State Government Office  
Department for Forest Protection  
Air Quality Monitoring Service

<https://www.tirol.gv.at/luft>

[georg.strickner@tirol.gv.at](mailto:georg.strickner@tirol.gv.at)

+43 676 88 508 4624

