

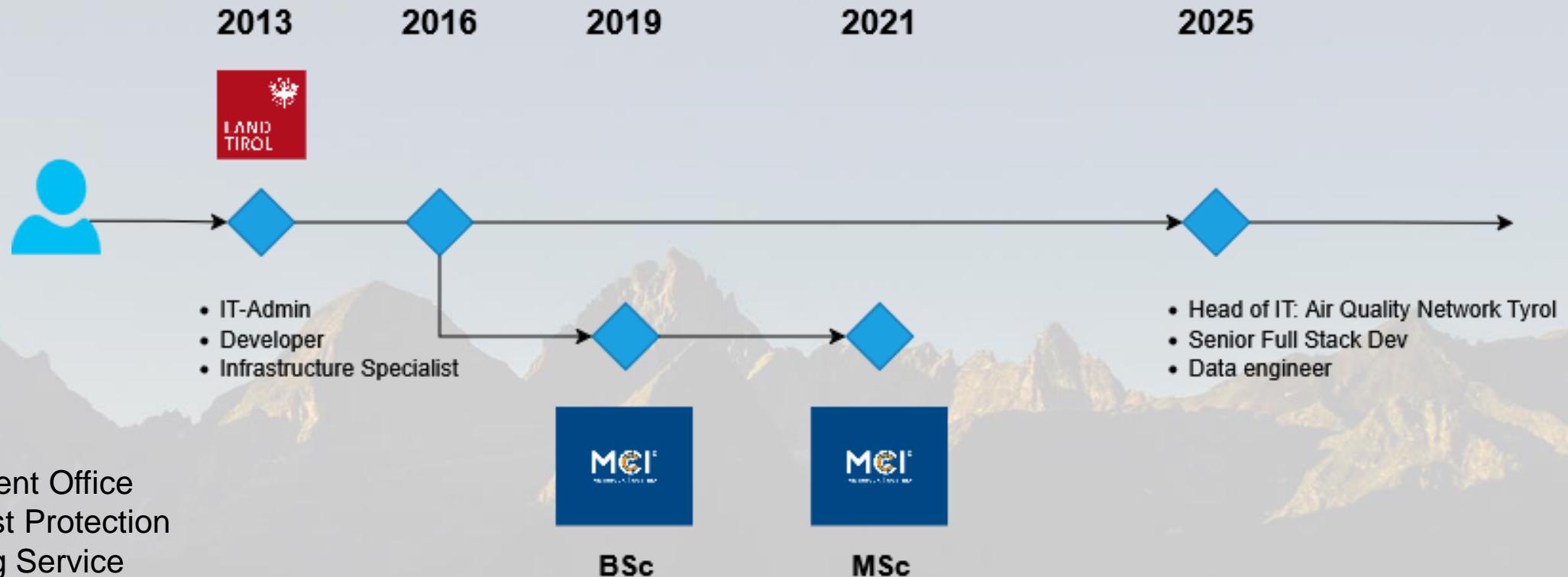
Engineering Kiosk Alps Meetup Innsbruck



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
+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_augstrail_mtb_foto_karl_stinegger_l1050630_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 Skigebieten 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 N für ein geregeltes und konfliktfreies Miteinander.

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

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

<https://kaernten.orf.at/stories/3280529/>
<https://www.naturfreunde.at/berichte/presseinformationen/presseinformationen/pistenskitouren-konfliktpotential/>
<https://www.derstandard.at/story/2000049711804/tourengeher-vs-skifahrer-konfliktpotenzial-auf-der-piste>

Task / Problem

How to solve these issues?

Task / Problem

We have to guide them...



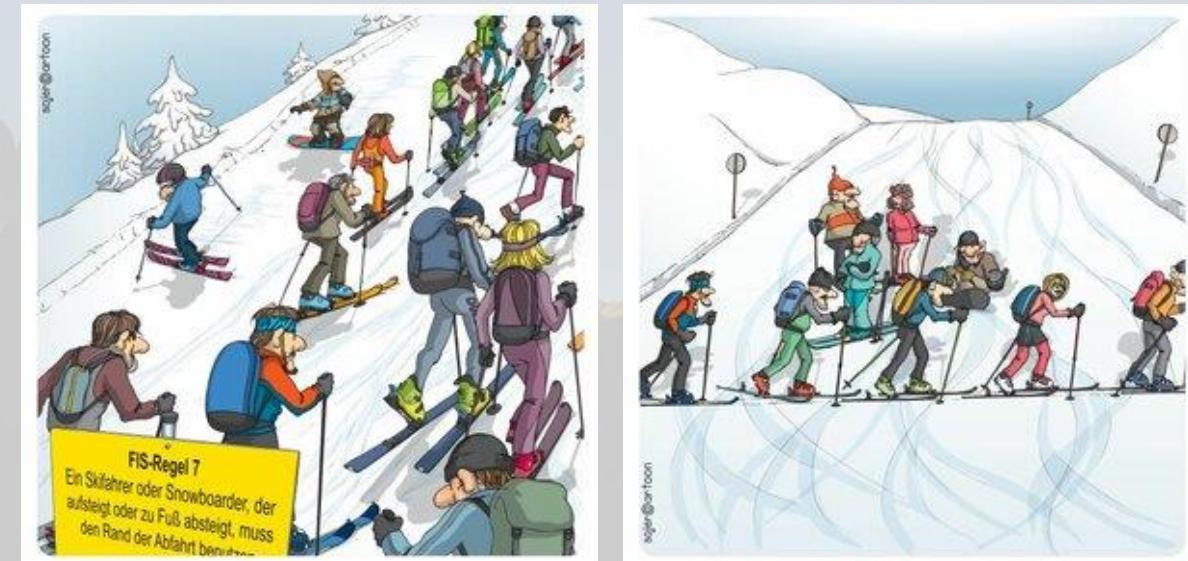
<https://www.drei.at/media/common/planet-drei/blog/digital-life/kompass-app/kompass-app.jpg>

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_e/2/csm_03_Regel_7b6b86c587.jpg

Task / Problem

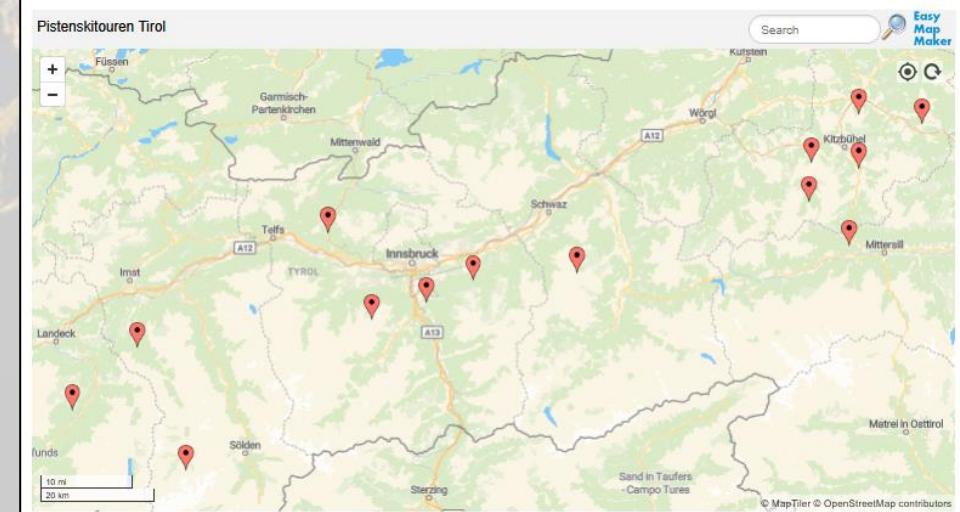
Ski resorts with guidance systems

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.

A clear guidance system that marks the optimal and safest ascent track in the terrain is an essential contribution to the disentanglement of ascending ski mountaineers and descending skiers. The nationally uniform layout supports the recognition value. In the 21/22 season, the following 14 ski areas used this guidance system:

- Axamer Lizum
- Glungezer
- Hochfügen
- Hochzeiger
- Innsbruck-Patscherkofel
- Kitzbühel-Bichlalm
- Kitzbühel-Gaisberg
- Kitzbühel-Resterkogel
- Kitzbühel-Schwarzkogel
- Pillersee-Buchensteinwand
- Pitztaler Gletscher
- Seefeld-Rosshütte
- Serfaus-Fiss-Ladis
- St. Johann in Tirol



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?)

II 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%2Fl2JejTzwJcT3ZtTfW%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

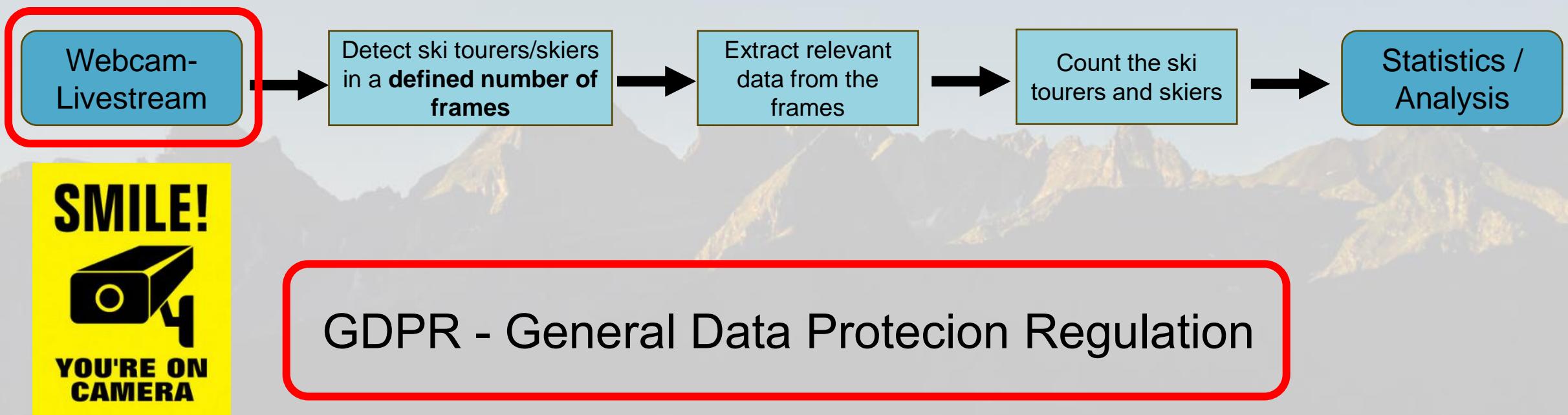


Content

- 📝 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.



https://rlv.zcache.com/smile_youre_on_camera_funny_security_video_notice_poster-r7812e0030a7a4842a15b8626a605b741_wvf_8byvr_644.webp

Concept

How do we get the needed data from the frames?

Let us use an approach with 3 single steps!

Concept

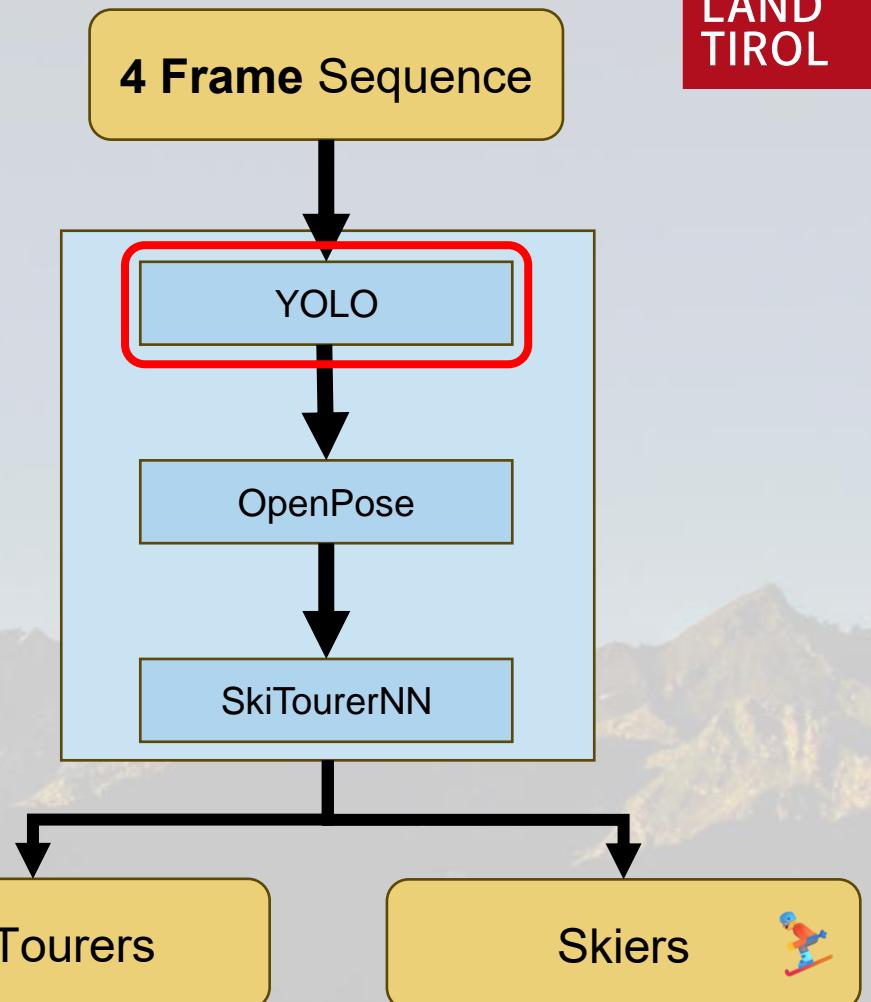
Step 1:

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

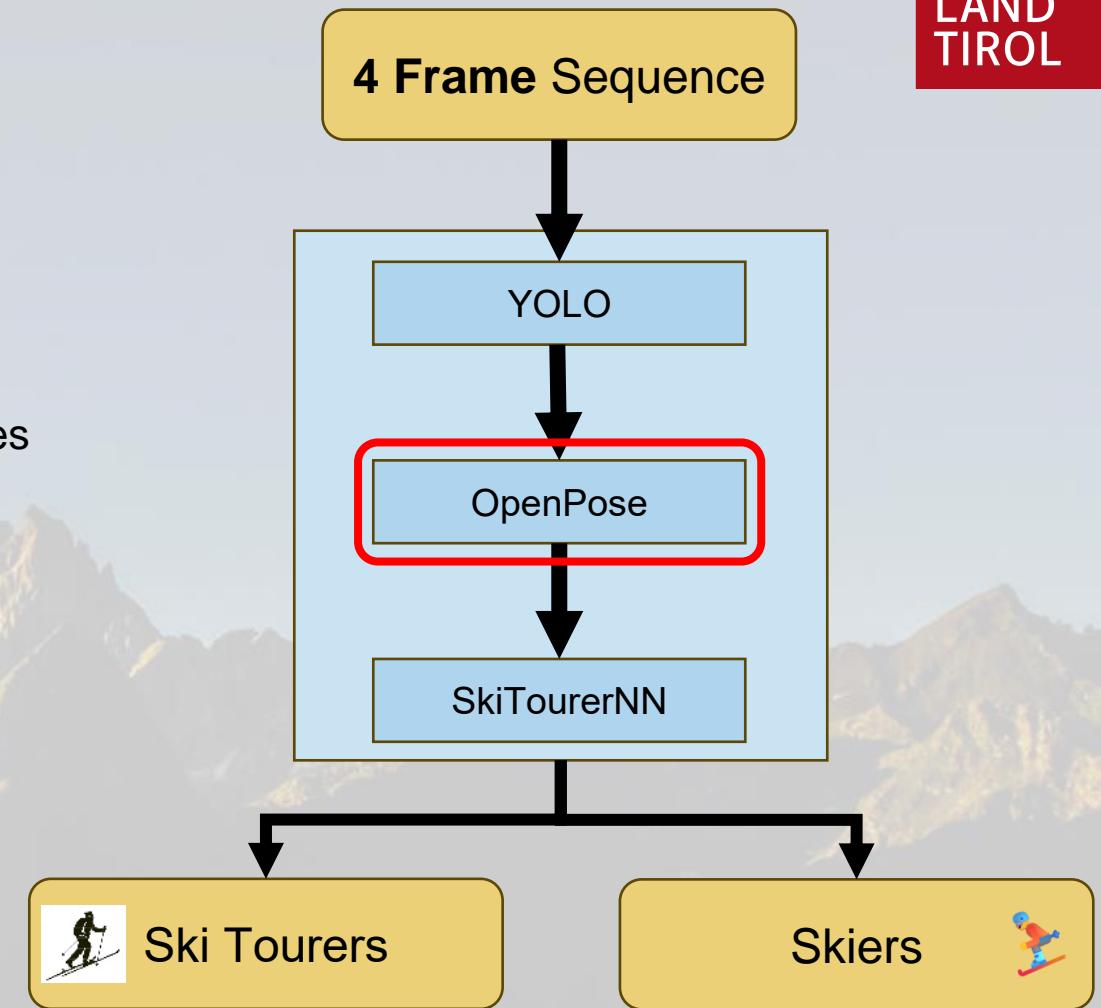
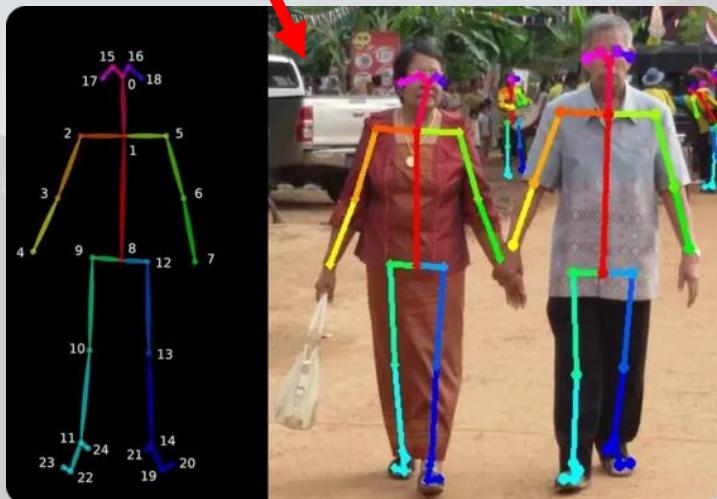


Concept

Step 2:

Pose detection with **OpenPose** model

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



https://cdn.prod.website-files.com/680a070c3b99253410dd3df5/685192ab63e195ee50b9f054_OpenPose_fig4.webp

Concept

Step 3:

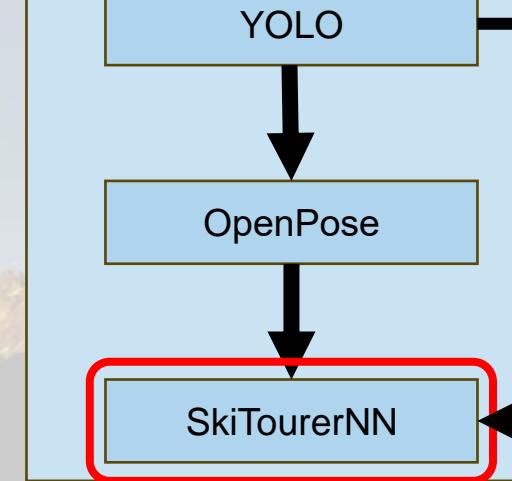
Estimation of ski tourers and skiers using **SkiTourerNN** model



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)	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

4 Frame Sequence



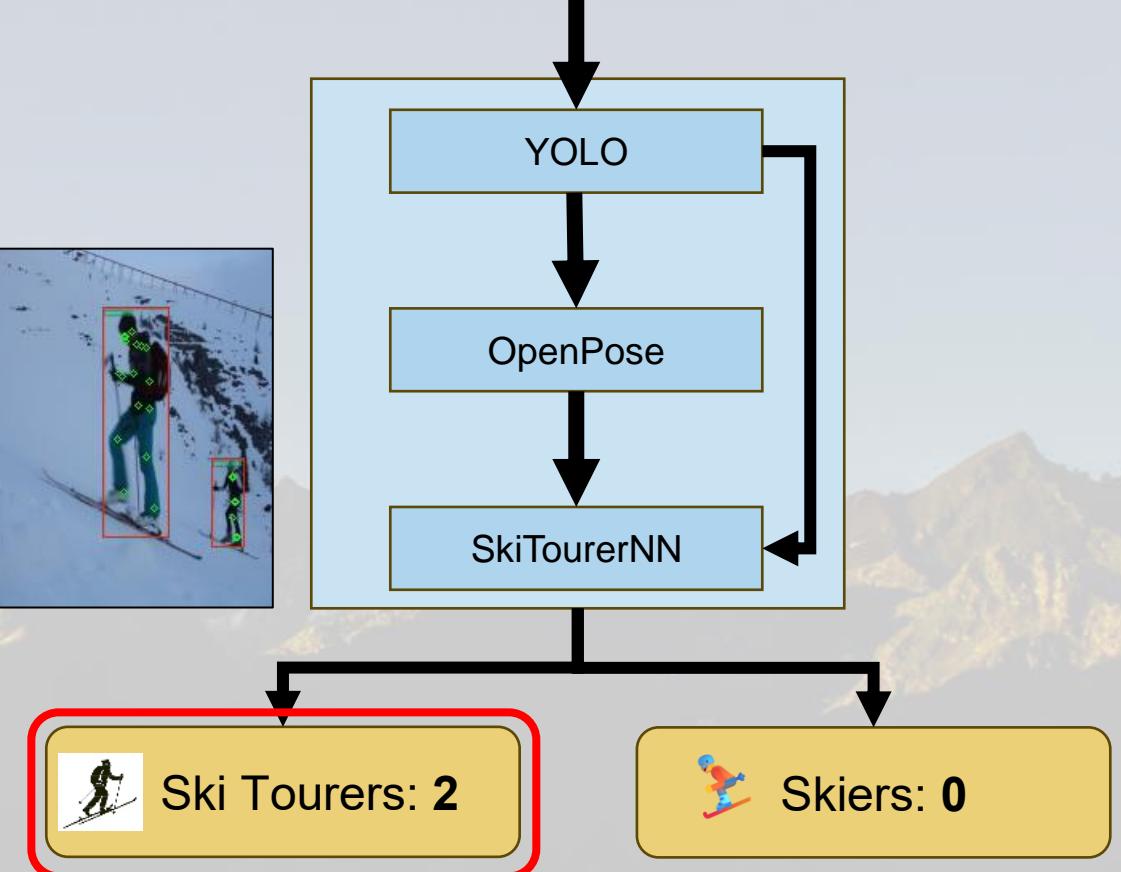
Concept

Result:

2 ski tourers and 0 skiers have been detected



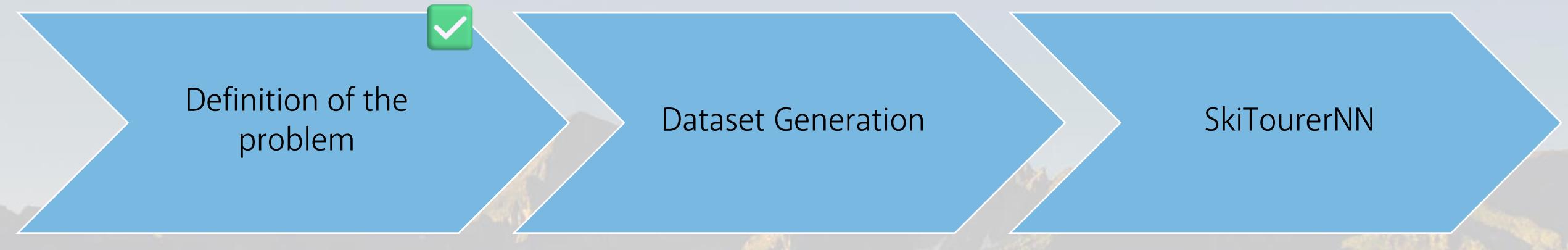
4 Frame Sequence



Content

- 📝 Task / Problem
- 💡 Concept
- 🤖 Skitourer ML model from scratch
- 🔢 Counting Algorithm
- 📊 Results
- 🔒 Data Privacy
- 💼 Other use cases and projects

Skitourer ML model from scratch



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

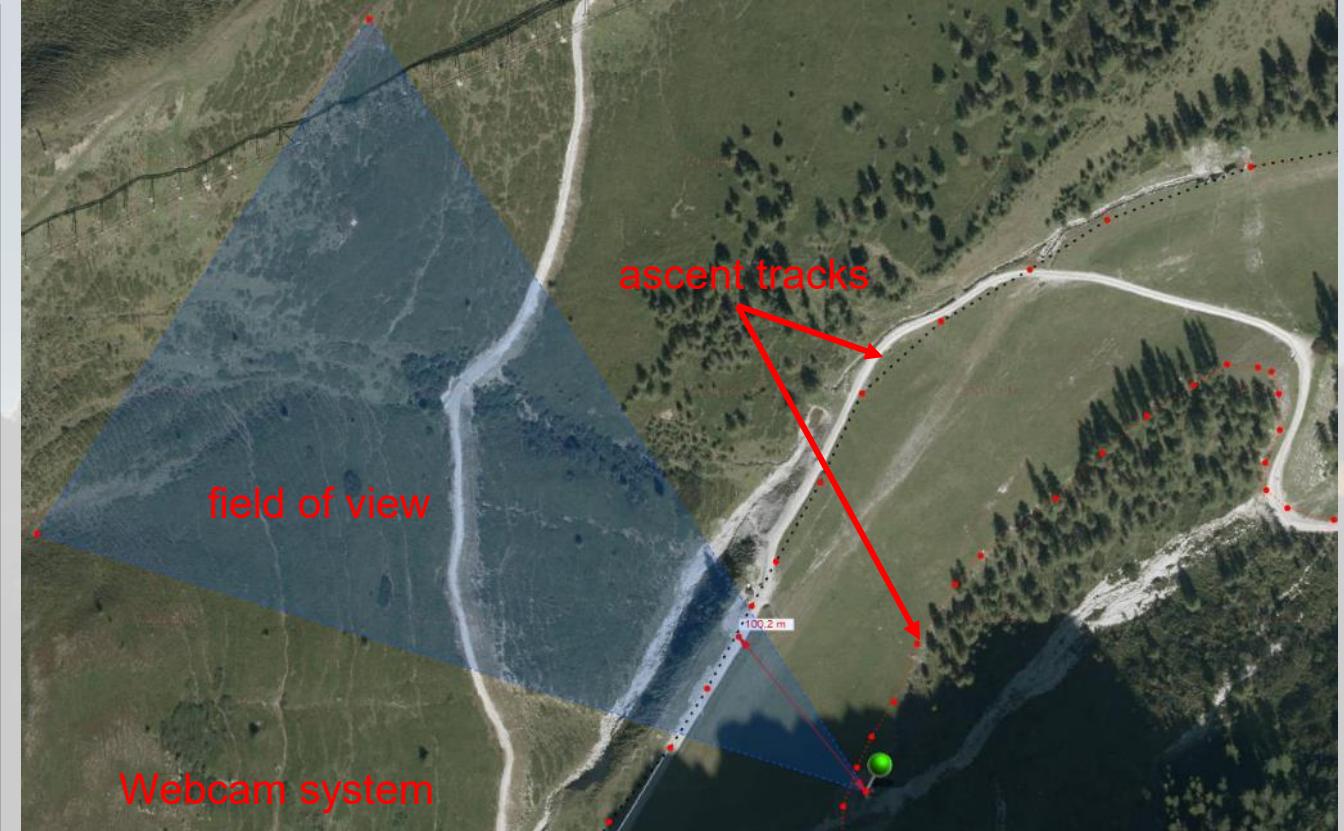
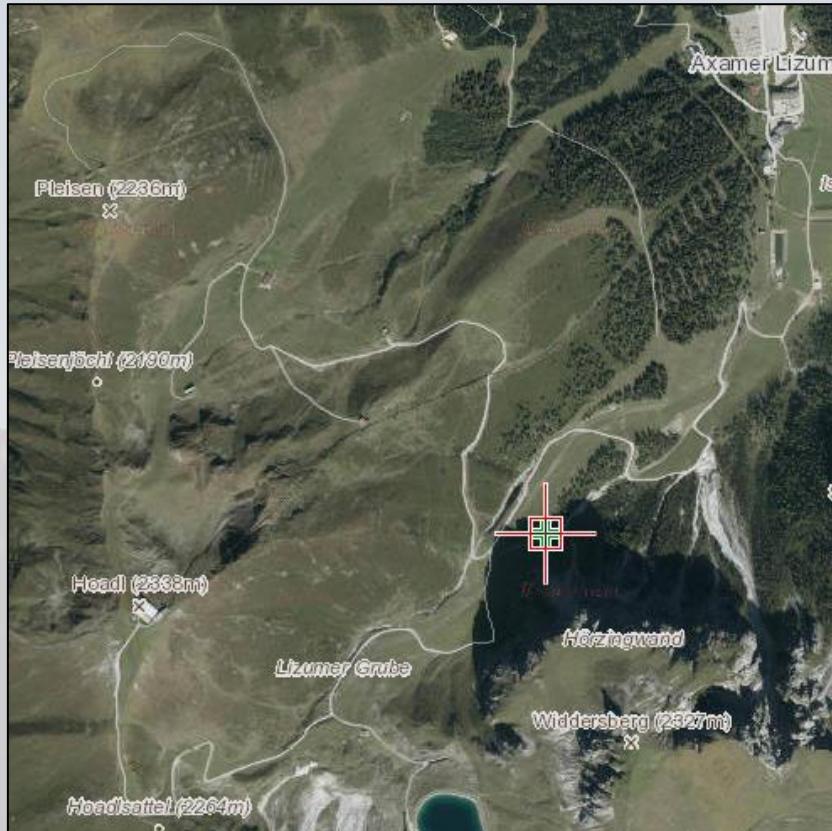
Dataset generation

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



Skitourer ML model from scratch

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



Skitourer ML model from scratch

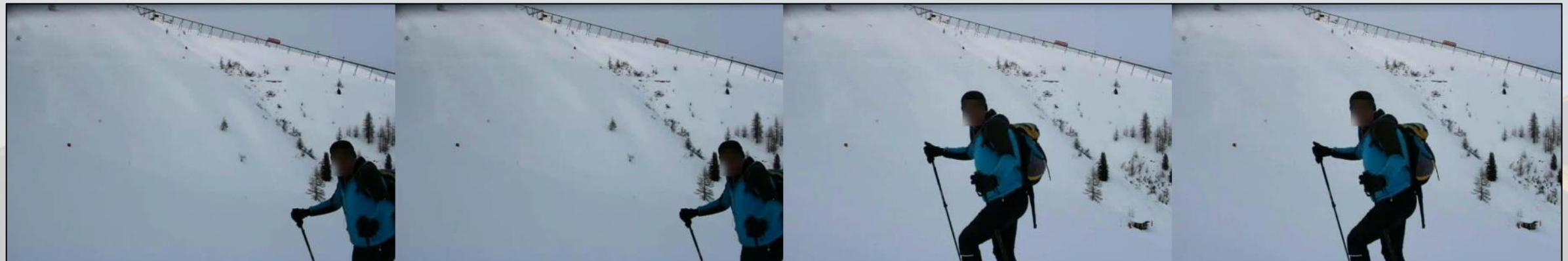
Dataset generation: Axamer Lizum (Women's Downhill Slope)



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)

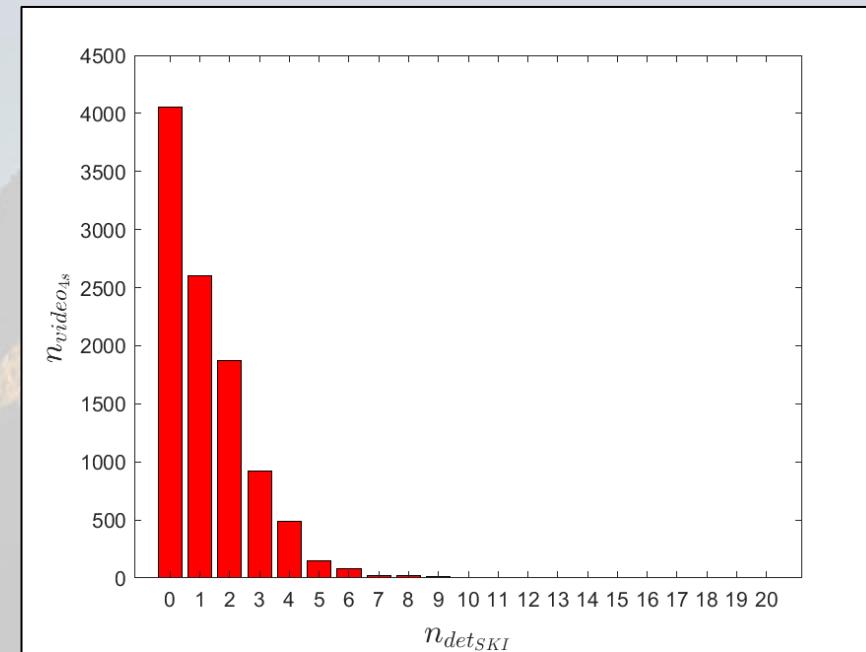
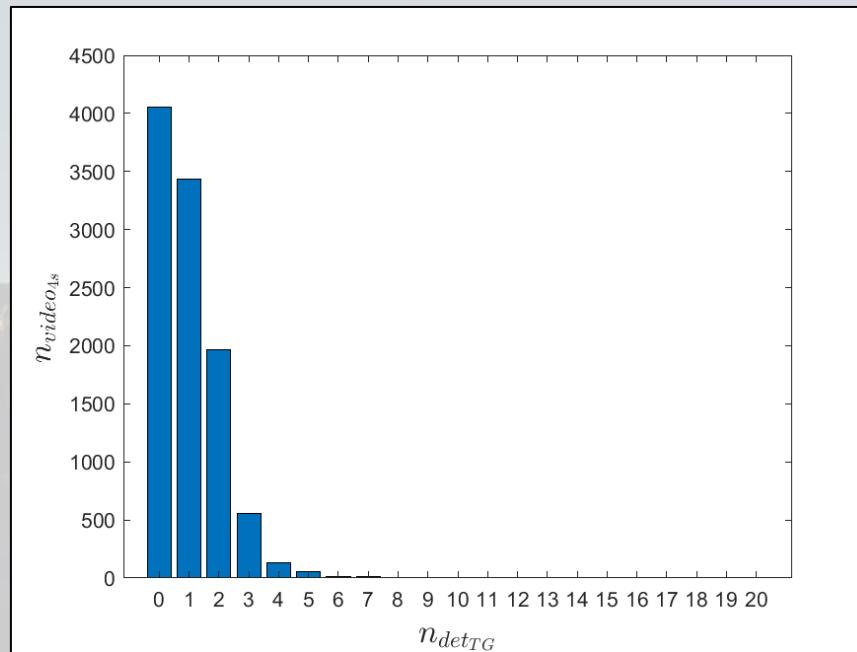
4. Data augmentation with rotation, mirroring, scaling, CLAHE filter and adding white noise



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





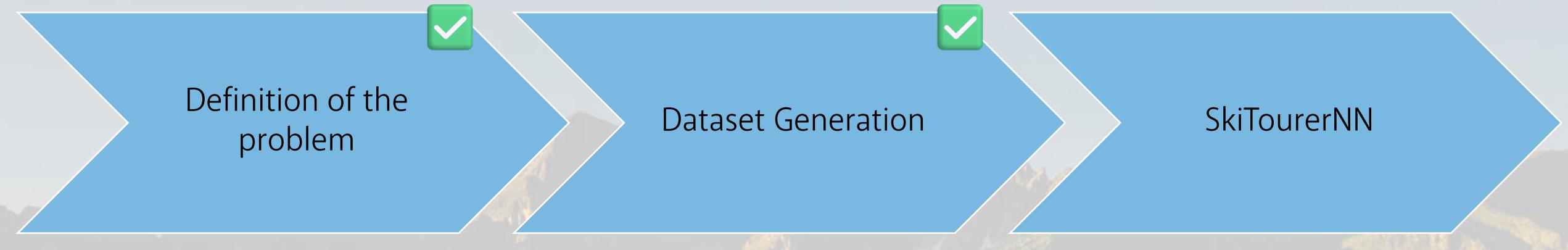
LAND
TIROL

Skitourer ML model from scratch

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



Skitourer ML model from scratch



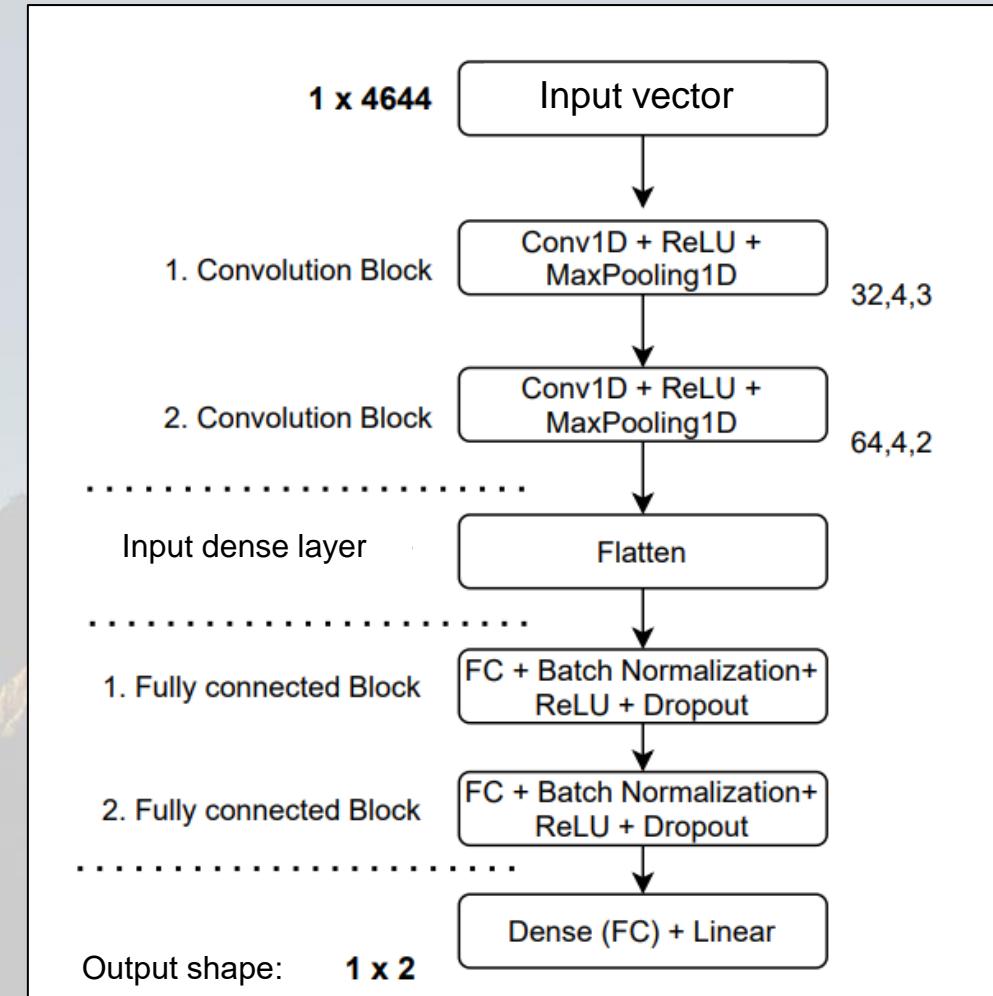
Skitourer ML model from scratch

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

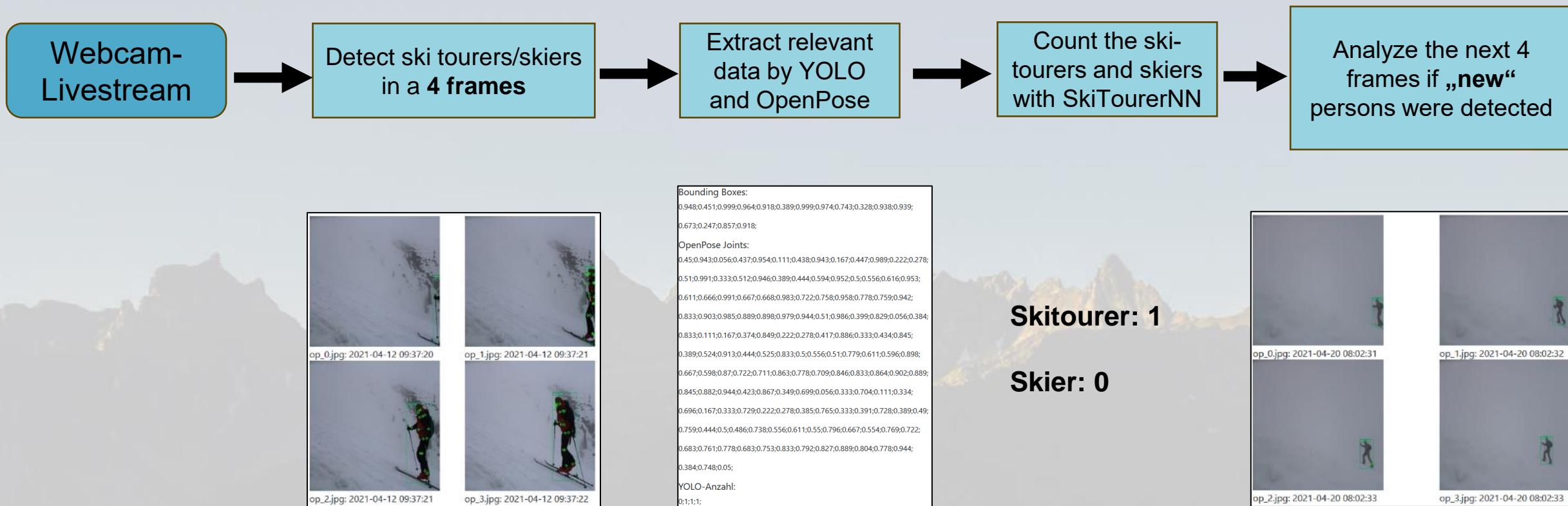




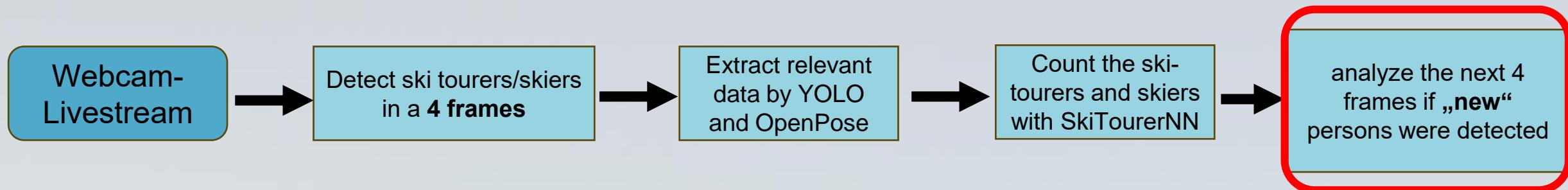
Content

- 📝 Task / Problem
- 💡 Concept
- 🤖 Skitourer ML model from scratch
- 🔢 Counting Algorithm
- 📊 Results
- 🔒 Data Privacy
- 💼 Other use cases and projects

Counting Algorithm



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

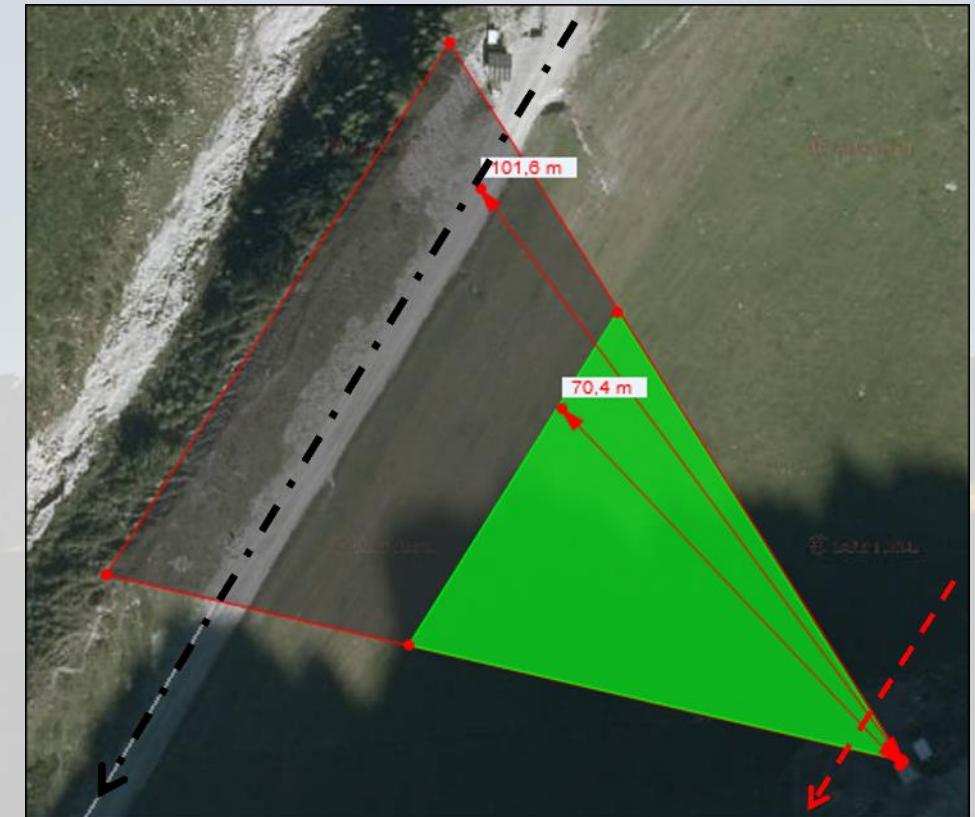
Results

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

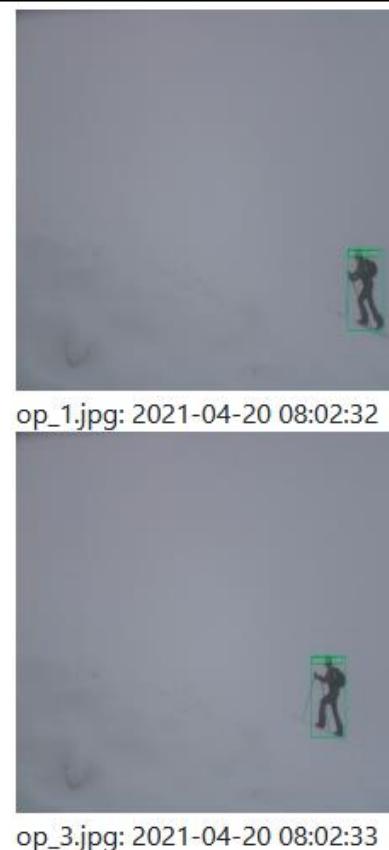
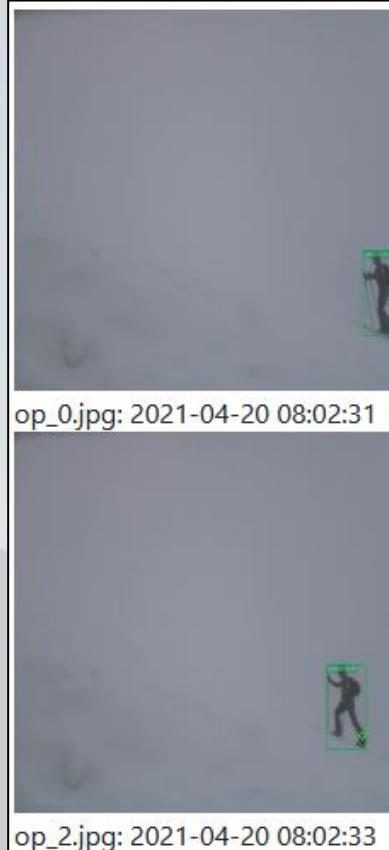
Reference Counting	SkiTourerNN	Accuracy
Skitourer	503	479
Skier	593	584

2.) Manual Counting 23.4.2021@ Axamer Lizum:

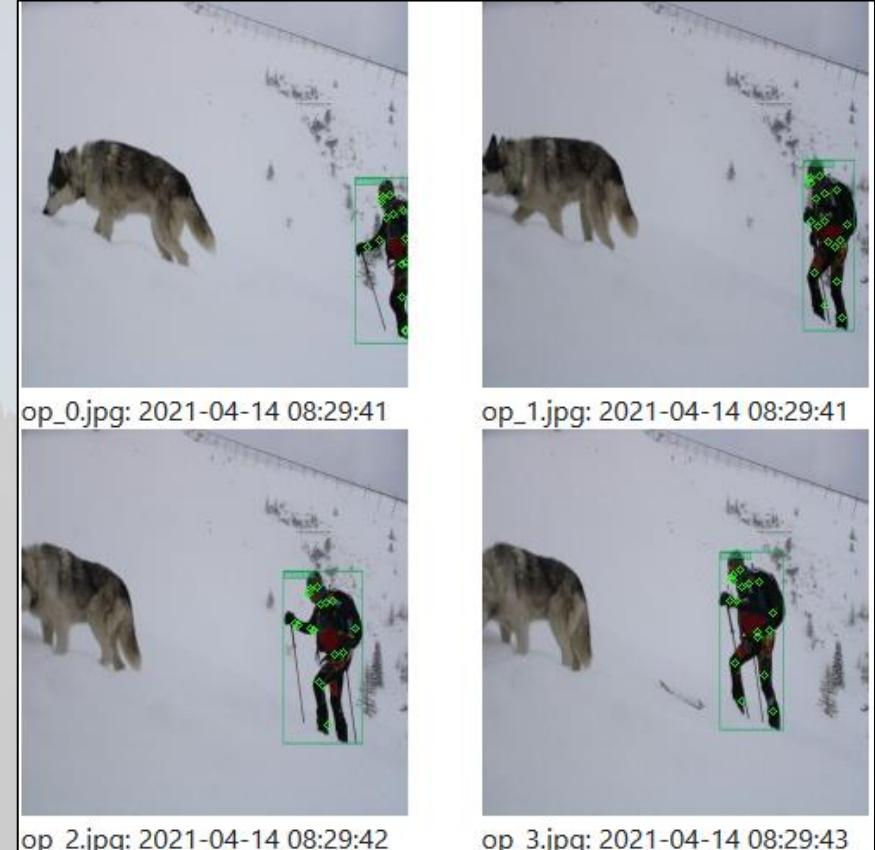
Manual counting	SkiTourerNN	Accuracy
Skitourer	164	155
Skier	87	73



Results

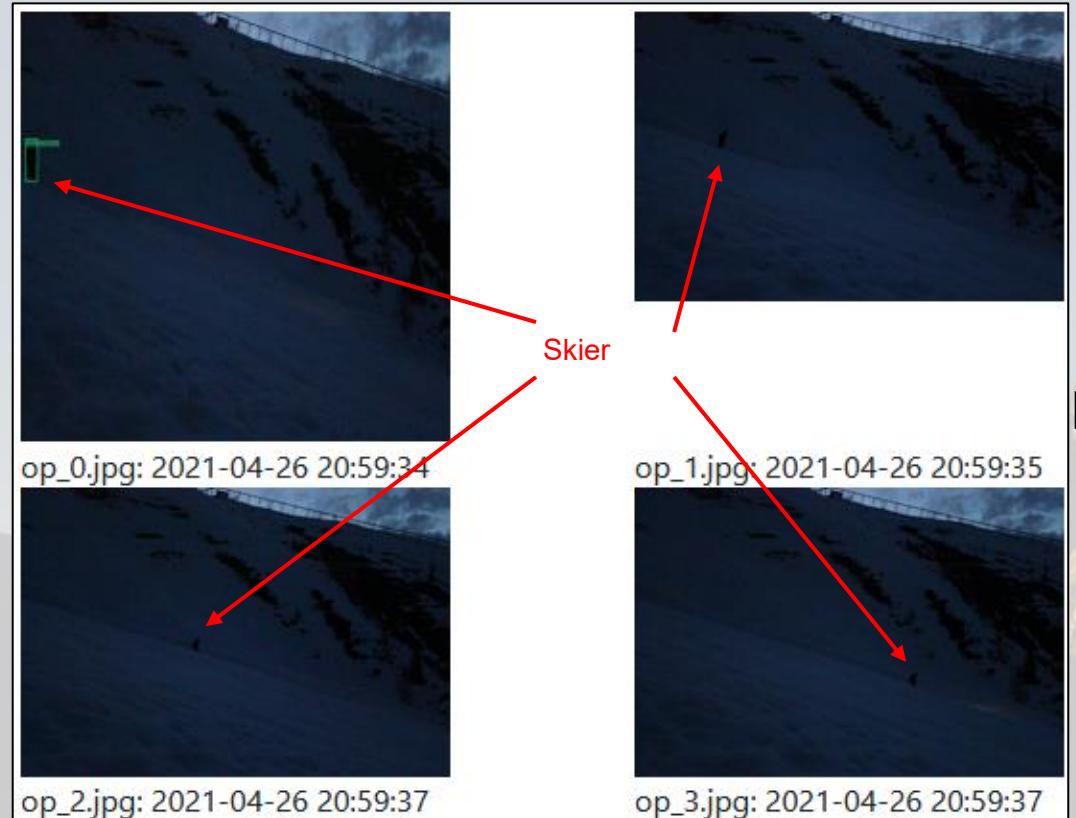


Detected skitourer: 1



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 **zwi-** **schen den folgenden Gruppen:**



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



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

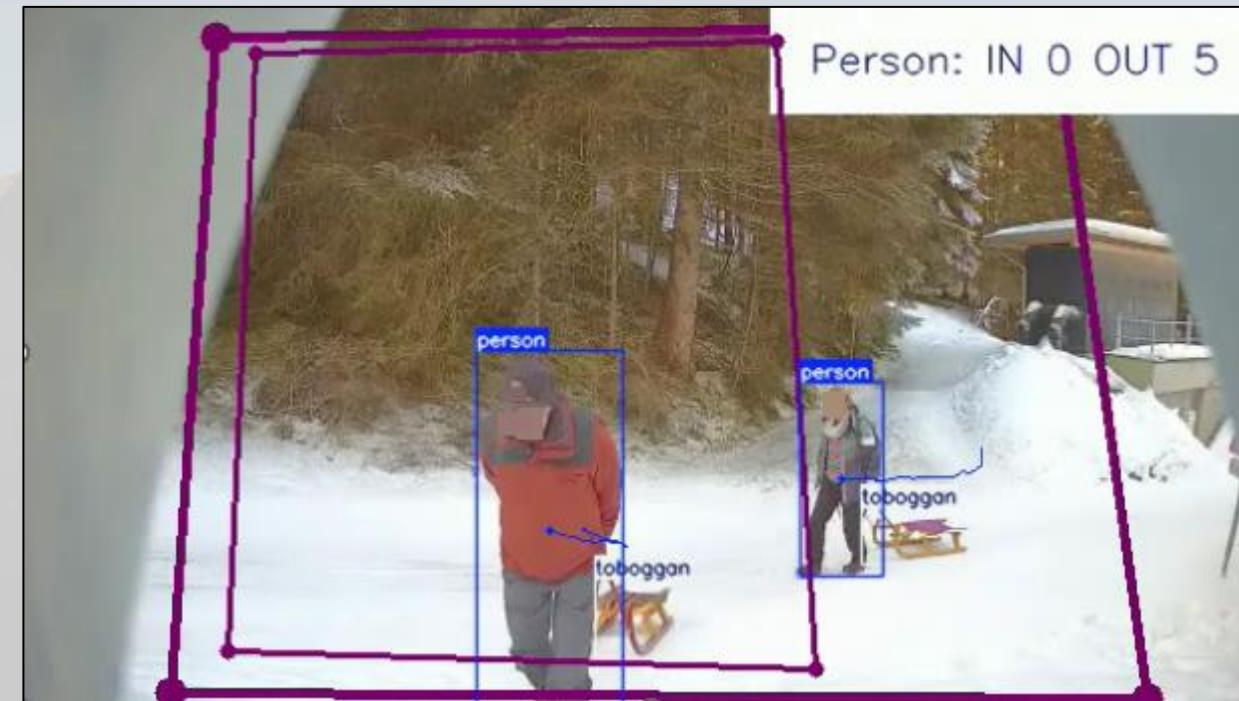
Other use-cases and projects

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**

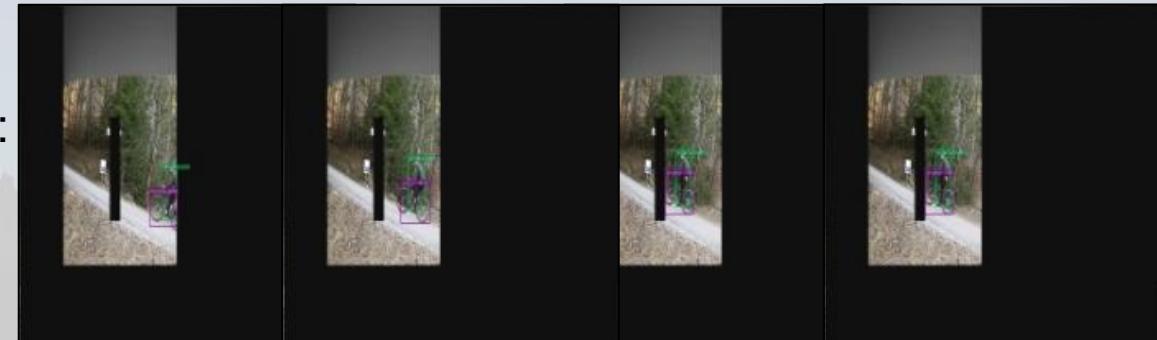
@Arzler Alm

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



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
+43 676 88 508 4624

