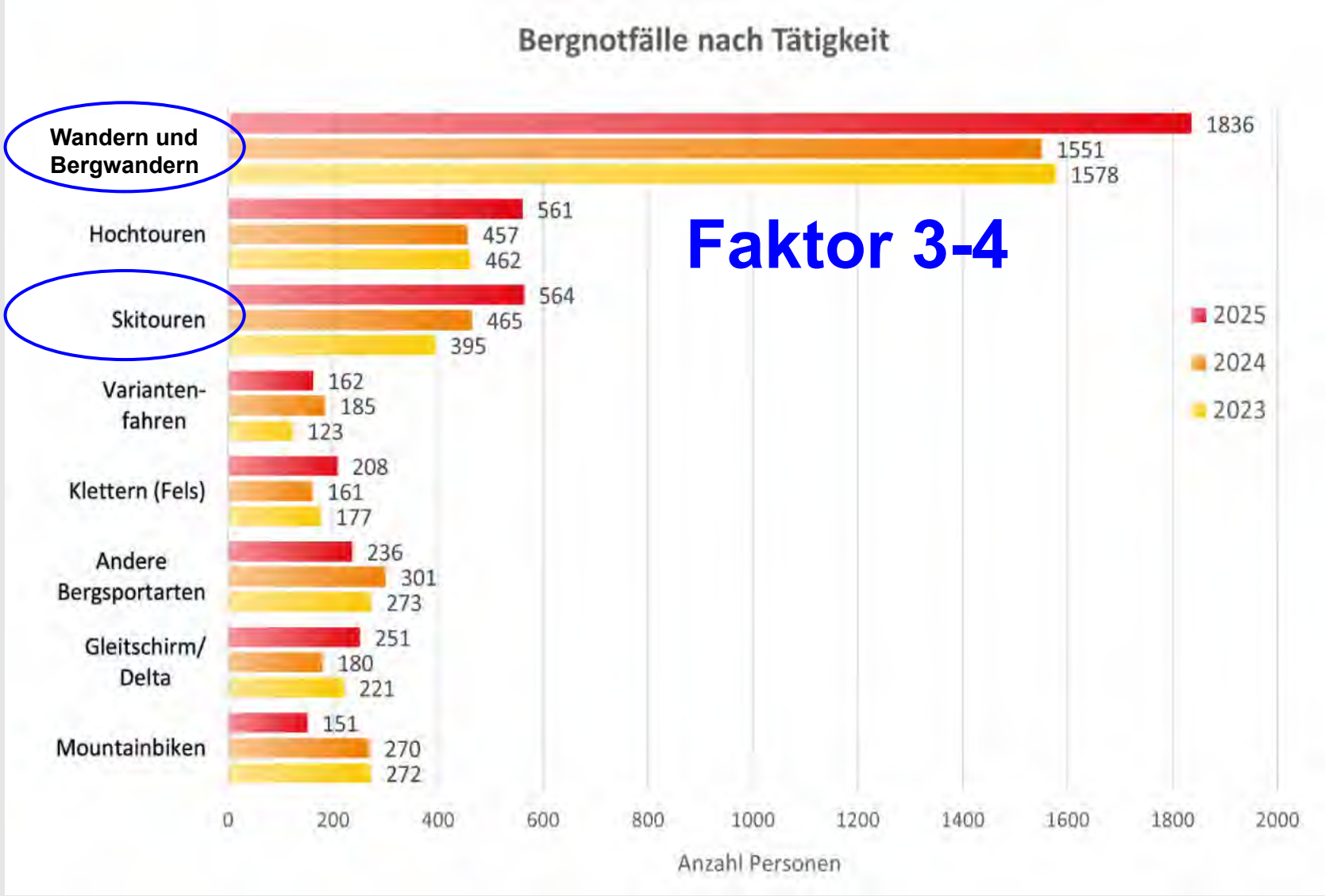


Absturzrisiko auf Wegen

1. Motivation
2. Teminologie
3. Algorithmus
4. Darstellung
5. Grenzen
6. Diskussion

Bergnotfallstatistik des SAC nach Tätigkeit (CH)



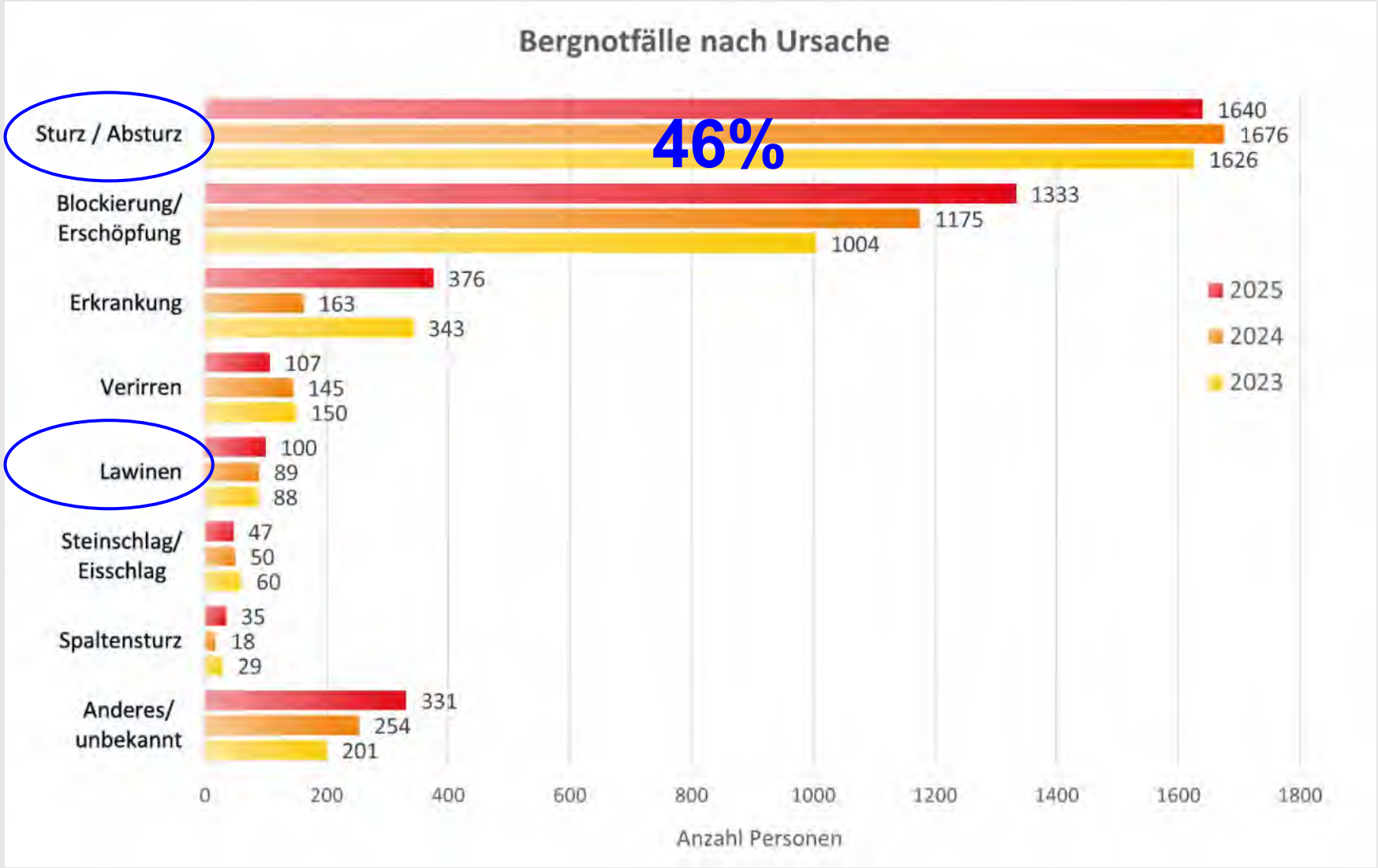
Frequenzen (BASPO)

56.9% (50h)

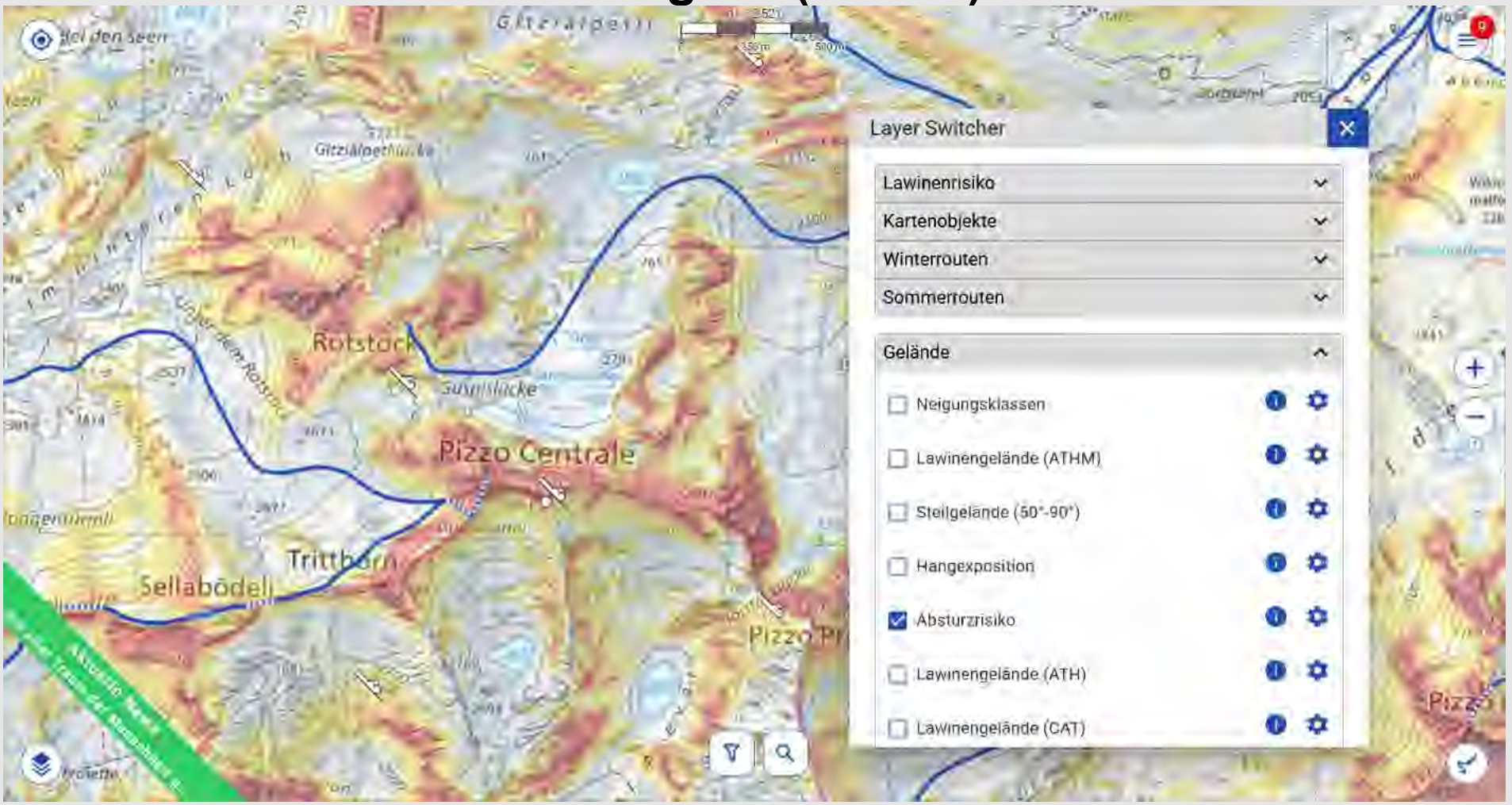
3.4% (36h)

Erfasst alle Einsätze von Bergrettungs-diensten wie Rega, Alpine Rettung Schweiz, KWRO oder Air-Glaciers – auch Evakuationen unverletzter Personen

Bergnotfallstatistik des SAC nach Ursache (CH)



Absturzrisiko bei Skitourenguru (Winter)



→ **Genutzt durch: ATH/CAT, Schwierigkeitsgrad, Fusspassagen**

Schwierigkeitsgrad: SAC-Wanderskala

Schwierigkeitsgrad	Weg/Gelände	Anforderungen
- (keine Angabe)	Den meisten Wegen auf OpenStreetMap (ca. 80-90%) wird kein Schwierigkeitsgrad zugewiesen. Solche Wege werden auf Skitourenguru **violett** dargestellt.	**Achtung**: Diese Wege können im Einzelfall hohe Schwierigkeitsgrade aufweisen.
T1 (Wandern)	Weg gut gebahnt. Falls vorhanden, sind exponierte Stellen sehr gut gesichert. Absturzgefahr kann bei normalen Verhalten weitgehend ausgeschlossen werden.	Keine, auch mit Turnschuhen geeignet. Orientierung problemlos, in der Regel auch ohne Karte möglich.
T2 (Bergwandern)	Weg mit durchgehendem Trassee. Gelände teilweise steil, Absturzgefahr nicht ausgeschlossen.	Etwas Trittsicherheit. Trekkingschuhe sind empfehlenswert. Elementares Orientierungsvermögen.
T3 (anspruchsvolles Bergwandern)	Weg am Boden nicht unbedingt durchgehend sichtbar. Ausgesetzte Stellen können mit Seilen oder Ketten gesichert sein. Eventuell braucht man die Hände fürs Gleichgewicht Zum Teil exponierte Stellen mit Absturzgefahr, Geröllflächen, weglose Schrofen.	Gute Trittsicherheit. Gute Trekkingschuhe. Durchschnittliches Orientierungsvermögen. Elementare alpine Erfahrung.
T4 (Alpinwandern)	Wegspur nicht zwingend vorhanden. An gewissen Stellen braucht es die Hände zum Vorwärtskommen. Gelände bereits recht exponiert, heikle Grashalden, Schrofen, einfache Firnfelder und apere Gletscherpassagen.	Vertrautheit mit exponiertem Gelände. Stabile Trekkingschuhe. Gewisse Geländebeurteilung und gutes Orientierungsvermögen. Alpine Erfahrung. Bei Wettersturz kann ein Rückzug schwierig werden.
T5 (anspruchsvolles Alpinwandern)	Oft weglos. Einzelne einfache Kletterstellen. Exponiert, anspruchsvolles Gelände, steile Schrofen. Apere Gletscher und Firnfelder mit Ausrutschgefahr.	Bergschuhe. Sichere Geländebeurteilung und sehr gutes Orientierungsvermögen. Gute Alpinerfahrung und im hochalpinen Gelände. Elementare Kenntnisse im Umgang mit Pickel und Seil.
T6 (schwieriges Alpinwandern)	Meist weglos. Kletterstellen bis II. Häufig sehr exponiert. Heikles Schrofengelände. Apere Gletscher mit erhöhter Ausrutschgefahr.	Ausgezeichnetes Orientierungsvermögen. Ausgereifte Alpinerfahrung und Vertrautheit im Umgang mit alpintechischen Hilfsmitteln.

1. Eigentliche Schwierigkeit (Bewegungsmotorische Anforderungen)
2. Exponiertheit - Absturzrisiko
3. Spezifische Anforderungen an die Orientierung
4. Rückzugsmöglichkeiten
5. Umgang mit alpintechnischen Hilfsmitteln

Terminologie: Sturz / Absturz - Risiko

→ «Risiko» wird je nach Domäne (Naturwissenschaften, Bau, Börse, Medizin) sehr unterschiedlich definiert (siehe «Risk» auf Wikipedia).

ISO 73:2009, ISO 31000:2018, ISO 2394:2015

Risiko* ist definiert als der *Effekt* von *Unsicherheit* auf *Ziele.

Pragmatische Definition (Unfallgeschehen, Naturgefahren):

Wahrscheinlichkeit* eines *Ereignisses* multipliziert mit den *Konsequenzen* des *Ereignisses

Risiko-Faktoren (Theorie)



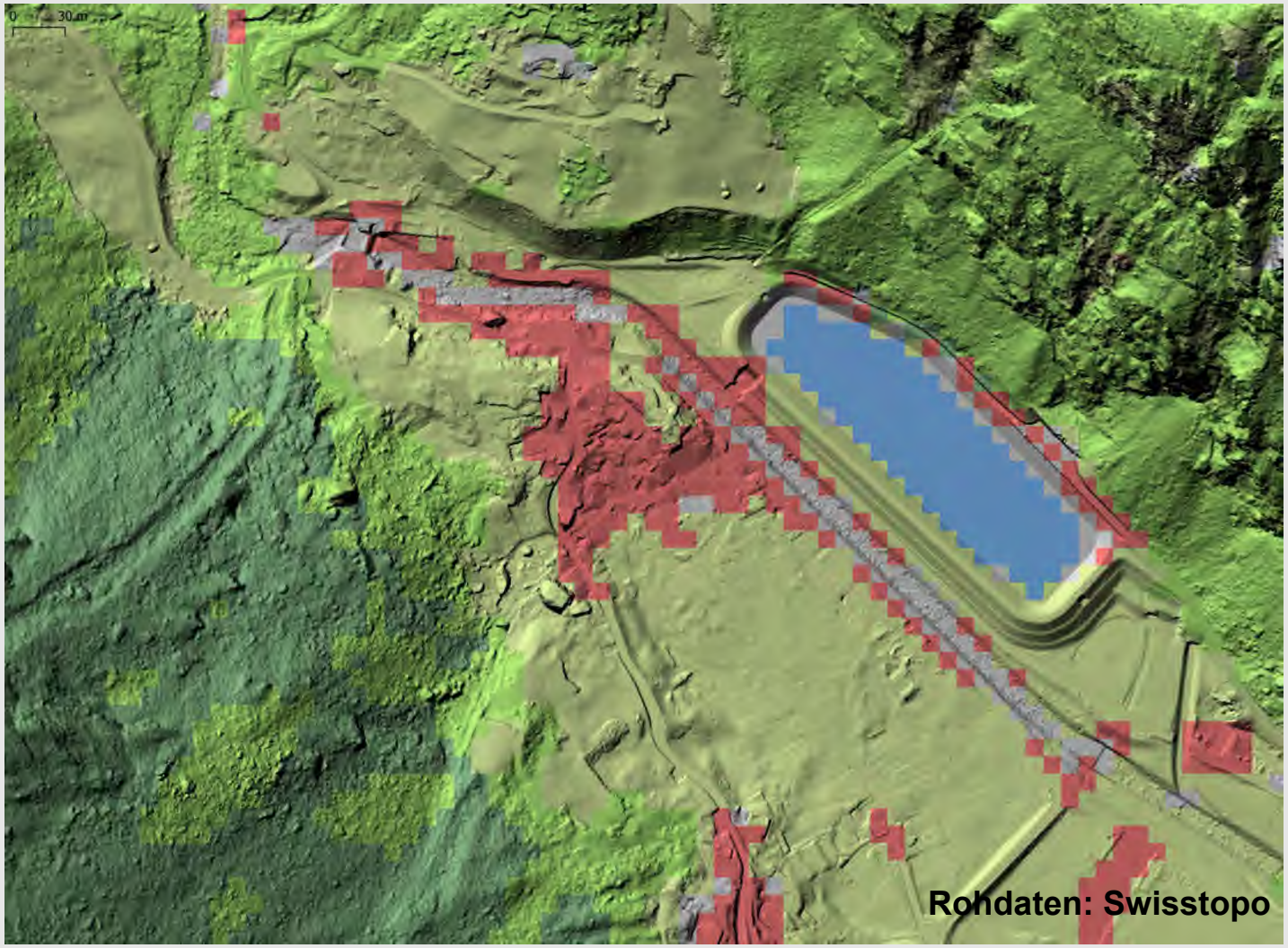
Wahrscheinlichkeit eines Sturzes/Absturzes
→ Eigenschaften des Wegbereiches

- Breite des Weges
- Neigung (Längsneigung und Querneigung)
- Wegunebenheiten
- Stabilität des Untergrundes
- Rutschigkeit des Untergrundes
- Hindernisse
- Künstliche Bauten (z.B. Geländer)

Konsequenzen eines Sturzes/Absturzes
→ Eigenschaften der Absturzbahn

- Form und Dimension der Absturzbahn
- Härte der Absturzbahn
- Hindernisse in der Absturzbahn
- Oberfläche der Absturzbahn

Datenlage: Höhenmodelle / Bodenbedeckung



Höhenmodelle:
0.5 m ... 5 m
→ 1 cm ...10 cm

Bodenbedeckung
1 m ... 10 m
→ 1 cm ...10 cm

Beispiele:
- ESA ForestDensity (10m)
- SwissForest Height (1 m)

Alb(traum):
Drohnenbefliegungen aller Wanderwege


Foto: Michael Khor (CC BY 2.0)

Modell ???

Risiko-Faktoren (Pragmatischer Ansatz)

STELLVERTRETER (Proxies)

Wahrscheinlichkeit (Wegbereich)

- ~~Breite des Weges~~
- Neigung (Längsneigung und Querneigung)
- ~~Wegunebenheiten~~
- ~~Stabilität des Untergrundes~~
- ~~Rutschigkeit des Untergrundes~~
- Hindernisse
- ~~Künstliche Bauten (z.B. Geländer)~~

Konsequenzen (unterhalb Weg)

- Hindernisse in der Absturzbahn (+/-)
- Form der Absturzbahn
- ~~Härte der Absturzbahn~~
- ~~Oberfläche der Absturzbahn~~

Neigung (5m)

Faltigkeit (5m)

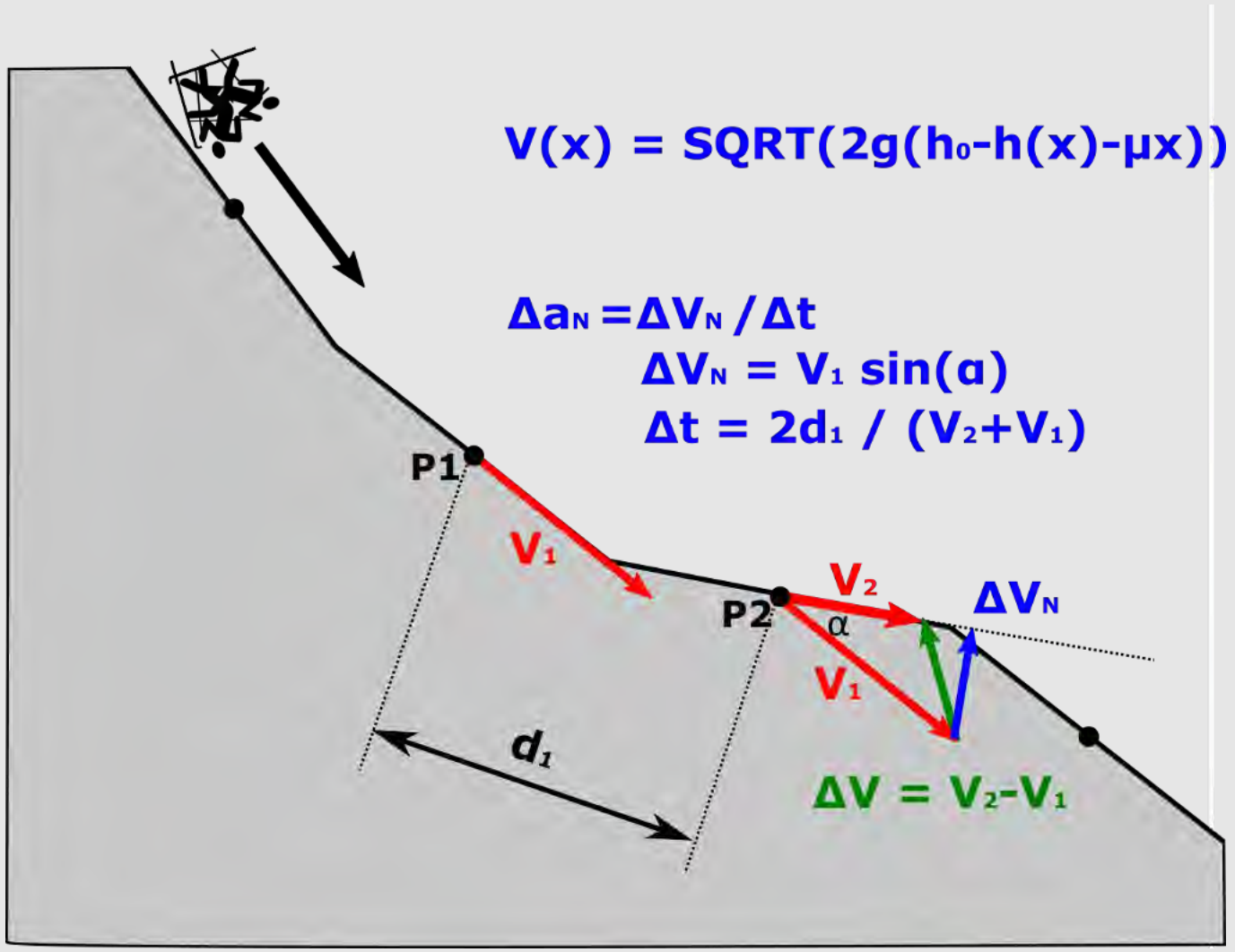
Walddichte (10m)

Fallmodell: Max. Geschwindigkeit (5m)

Downhill-Trjectories



Fallmodell

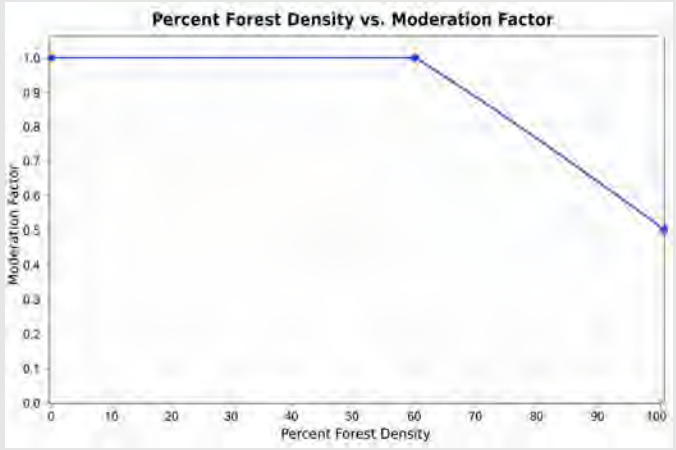

V(x) = SQRT(2g(h₀-h(x)-μx))
ΔaN =ΔVN /Δt
ΔVN = V1 sin(α)
Δt = 2d1 / (V2+V1)
P1
V1
P2
V2
α
ΔVN
V1
d1
ΔV = V2-V1

Algorithmus

Wahrscheinlichkeit Konsequenzen

risk:= max(slope, k1 * fold) * forest_mod * fd_max_v

slope: Neigung beim Weg
fold: Faltigkeit des Geländes beim Weg → wegen Graten!
fd_max_v: Max. Geschwindigkeit im Falle eines Absturzes
forest_mod: if(fd<60, 1, 1-(fd-60)*(1-0.5)/(100-60)) → wegen Wald!
fd: Walddichte in Prozent





Wegdaten

OSM: 621'000 km (15 mal um die Erde)

GOV: 769'000 km (19 mal um die Erde

- Bayern: ATKIS® Basis-DLM Plus
- Baden-Württemberg: ATKIS® Basis-DLM Plus
- Schweiz: SwissTLM3d (Swisstopo)
- Österreich: Intermodales Verkehrsreferenzsystem Österreich (GIP)
- Frankreich: BD TOPO (IGN)
- Italien: Database di sintesi nazionale (DBSN)
- Südtirol: GeoDaten Südtirol (Transport-Netzwerk)
- Slowenien: National topographic map 1:50 000 scale - vector (JGP)

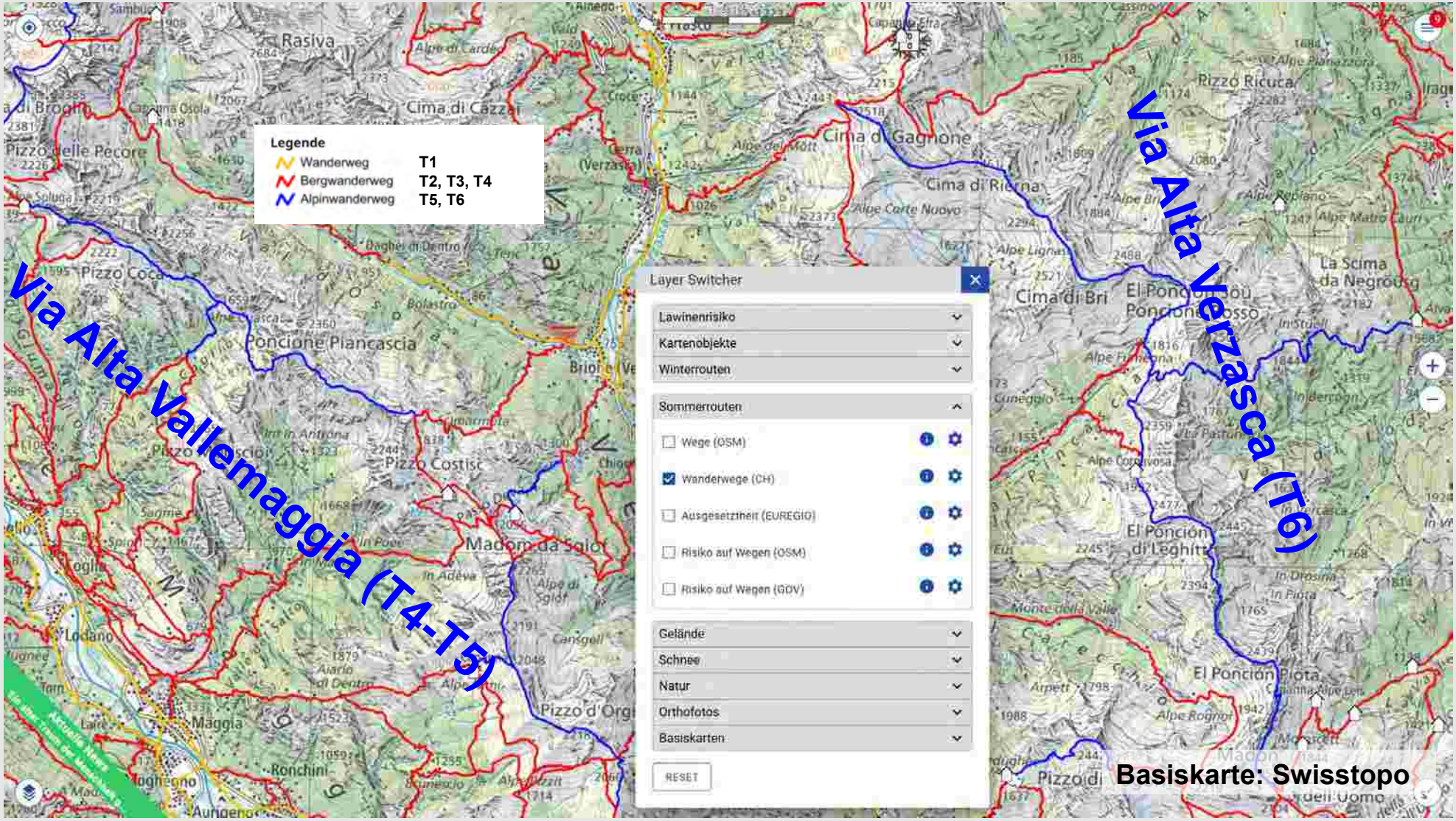
Vergleiche beide Quellen!

Aktuelle Legende von Skitourenguru

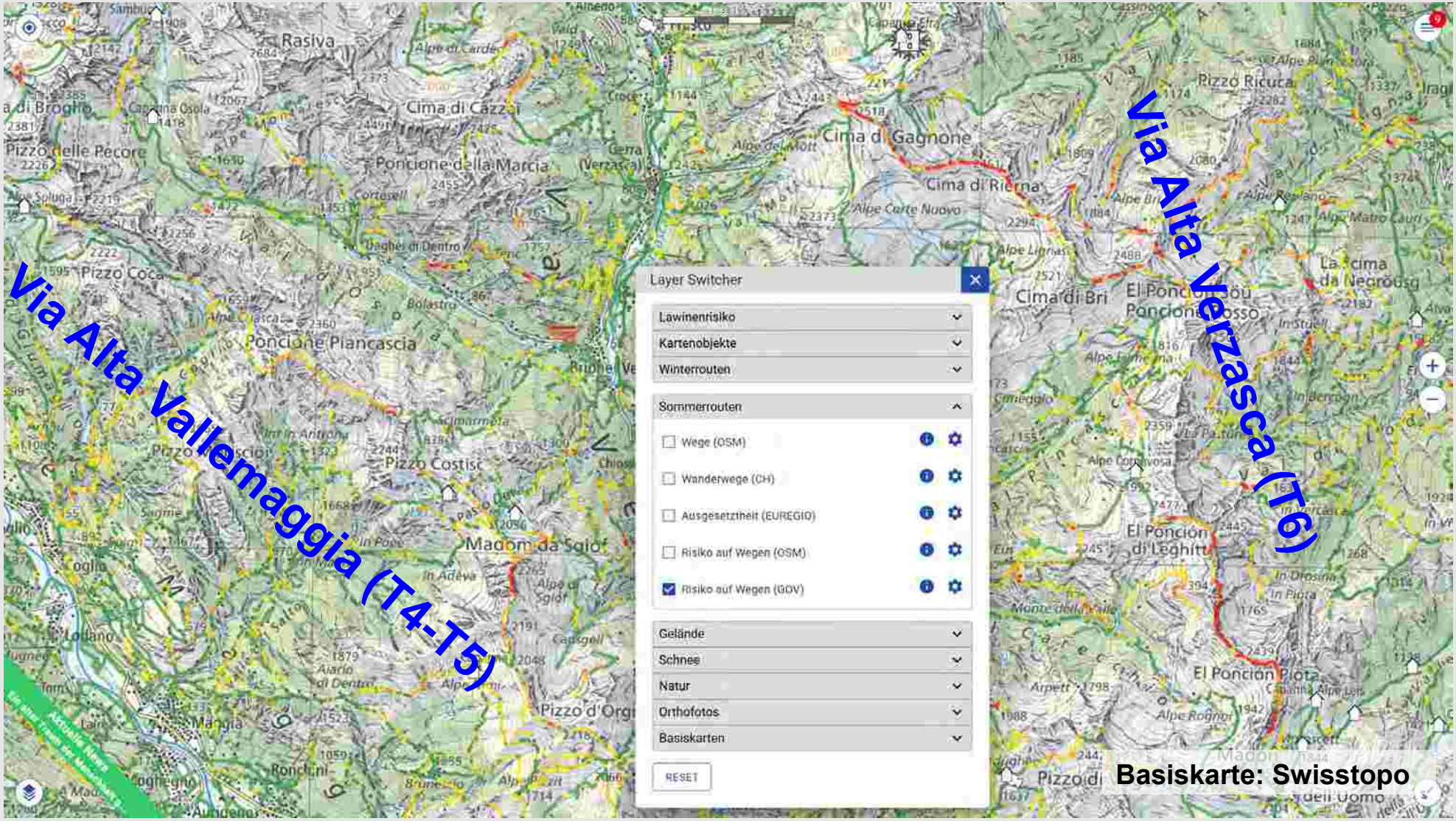
Absturzrisiko	Bedeutung	Anforderungen
Gering	Geringes Absturzrisiko: *Auf diesen Wegen besteht kaum ein Absturzrisiko.*	Keine besonderen Anforderungen an Bewegungstechnik und Trittsicherheit; keine ausgesetzten und absturzgefährdeten Stellen; gute Grundlagenfitness; einfache Orientierung.
Mässig	Mässiges Absturzrisiko: *Abstürze sind möglich und können zu Verletzungen führen.*	Trittsicherheit auf unebenem und felsigem Gelände; einige steile und ausgesetzte Passagen möglich; keine Höhenangst; gute Fitness und konditionelle Fähigkeiten; sichere Orientierung; Erfahrung beim Bergwandern.
Hoch	Hohes Absturzrisiko: *Abstürze können zu schweren Verletzungen führen.*	Sehr gute Trittsicherheit in jedem Gelände; schmale Steige und steiles Gelände mit ausgesetzten Passagen; ausgeprägte Schwindelfreiheit; sehr gute Fitness und konditionelle Fähigkeiten; sichere Orientierung; Erfahrung beim Bergwandern in alpinem Gelände.
Sehr hoch	Sehr hohes Absturzrisiko: *Ein Absturz endet mit hoher Wahrscheinlichkeit tödlich.*	Ausgezeichnete Trittsicherheit in jedem Gelände; häufig schmale Steige, steiles Gelände und längere ausgesetzte Passagen; sehr ausgeprägte Schwindelfreiheit; sehr gute Fitness und konditionelle Fähigkeiten auch unter widrigen Bedingungen; ausgezeichnete Orientierung; langjährige Erfahrung beim Bergwandern in alpinem Gelände.

→ Angelehnt an Digiway

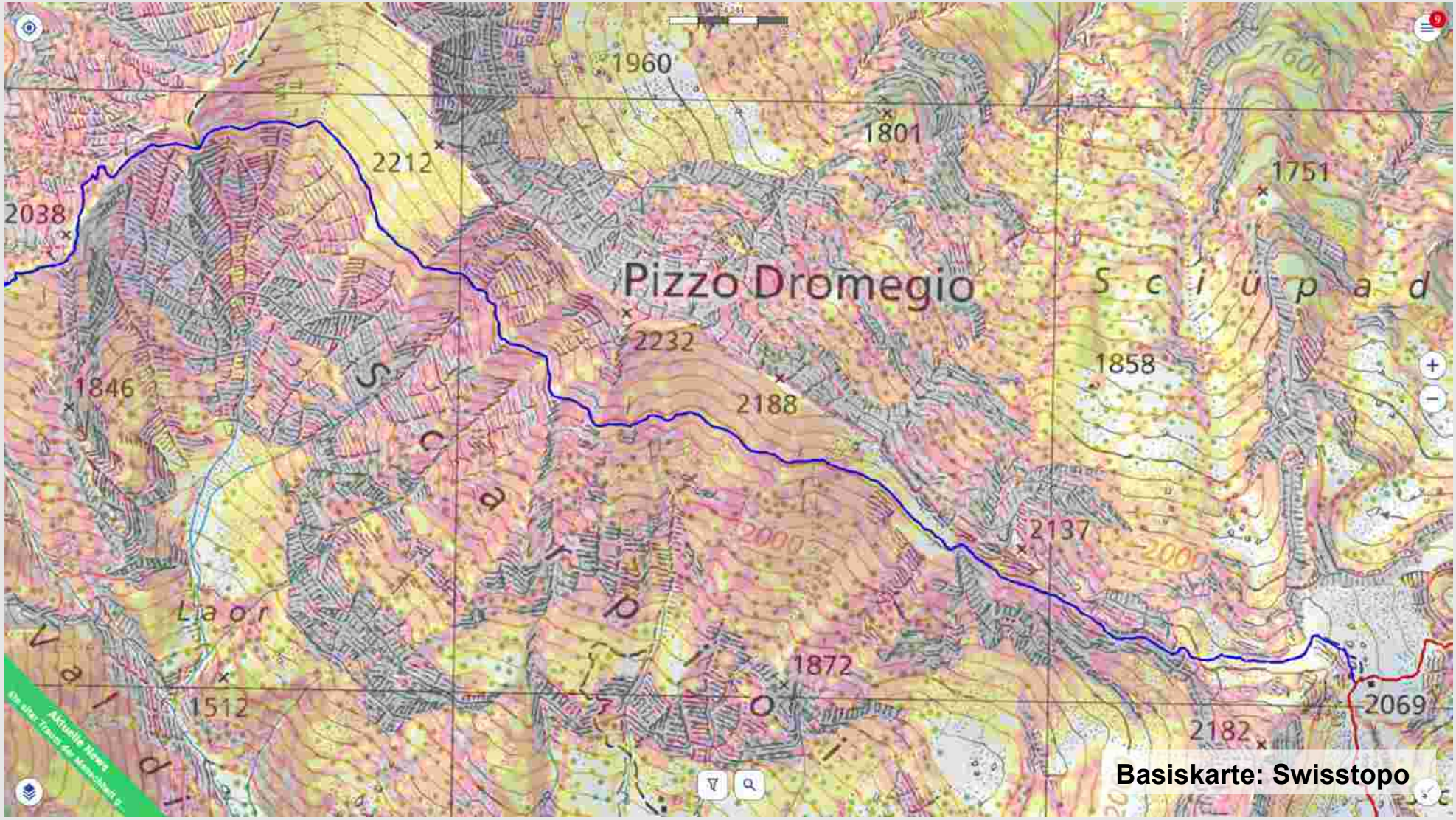
Wanderwege der Schweiz (stellvertretendes Bsp.)



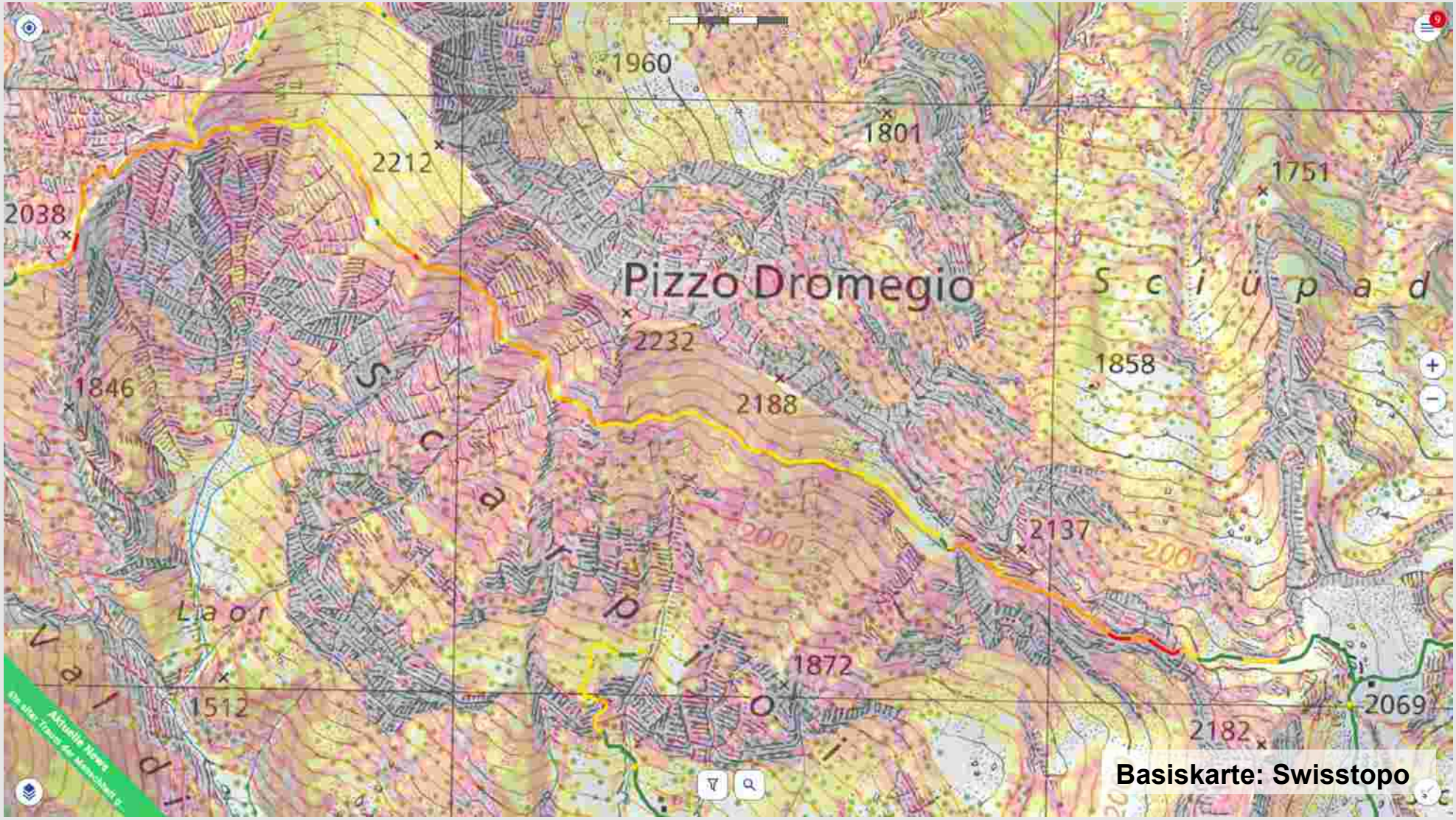
Absturzrisiko nach Guru



Unterschiede werden zugedeckt:



Unterschiede werden sichtbar:

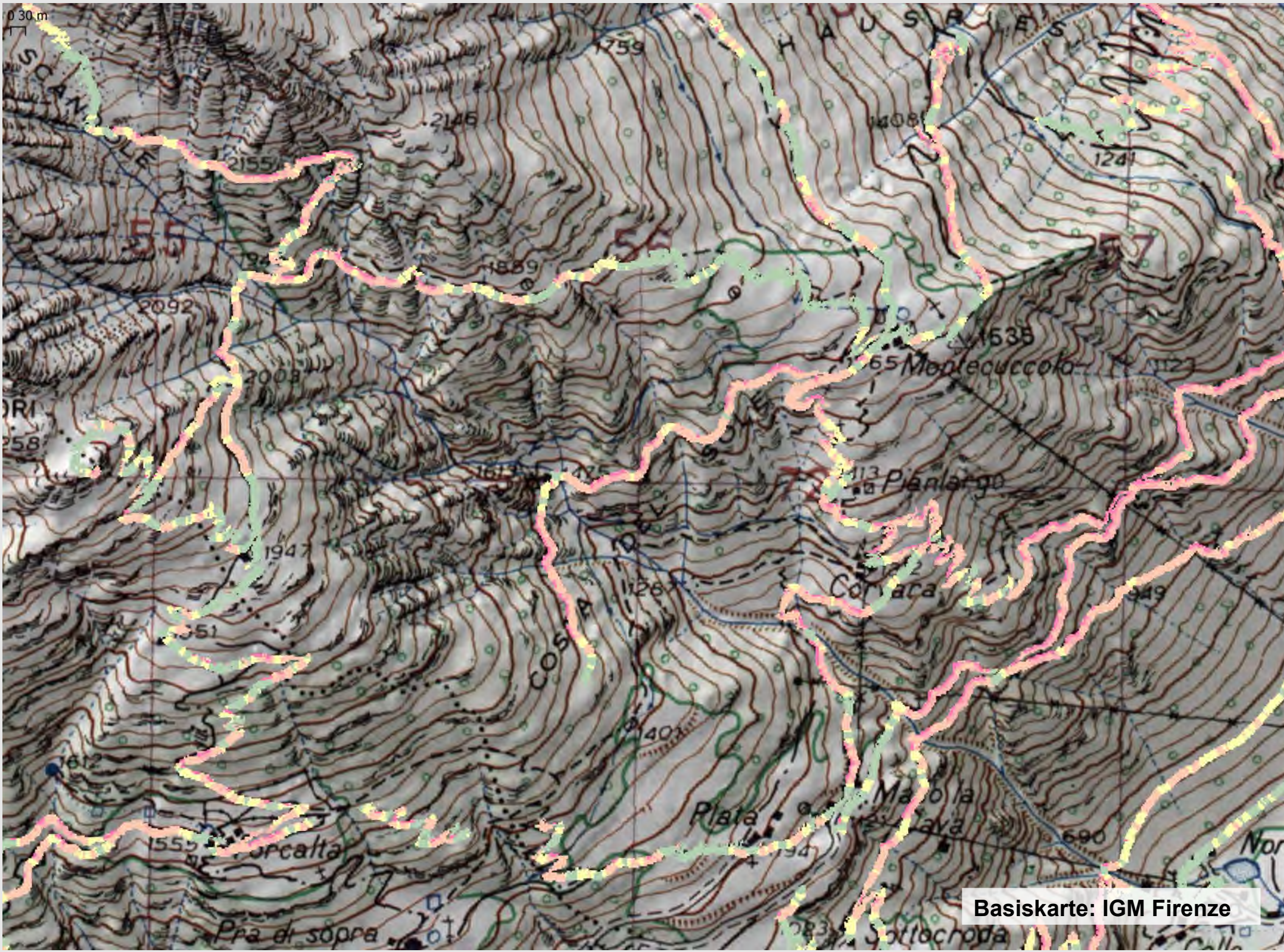


Legende von Digiway (spannendes Euregio-Projekt)

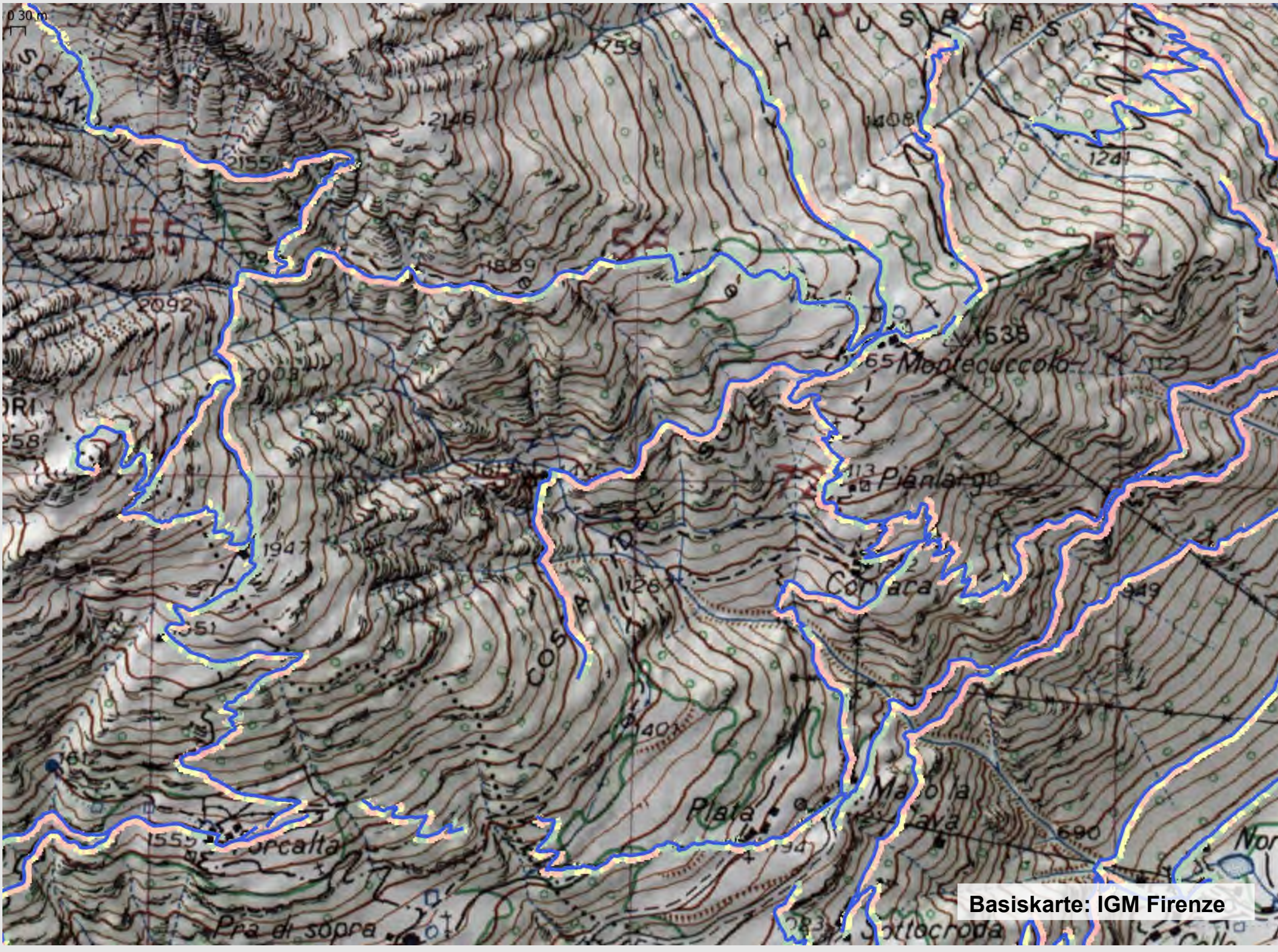
Gegenüberstellung der wichtigsten Klassifikationen für Wander- und Bergwege

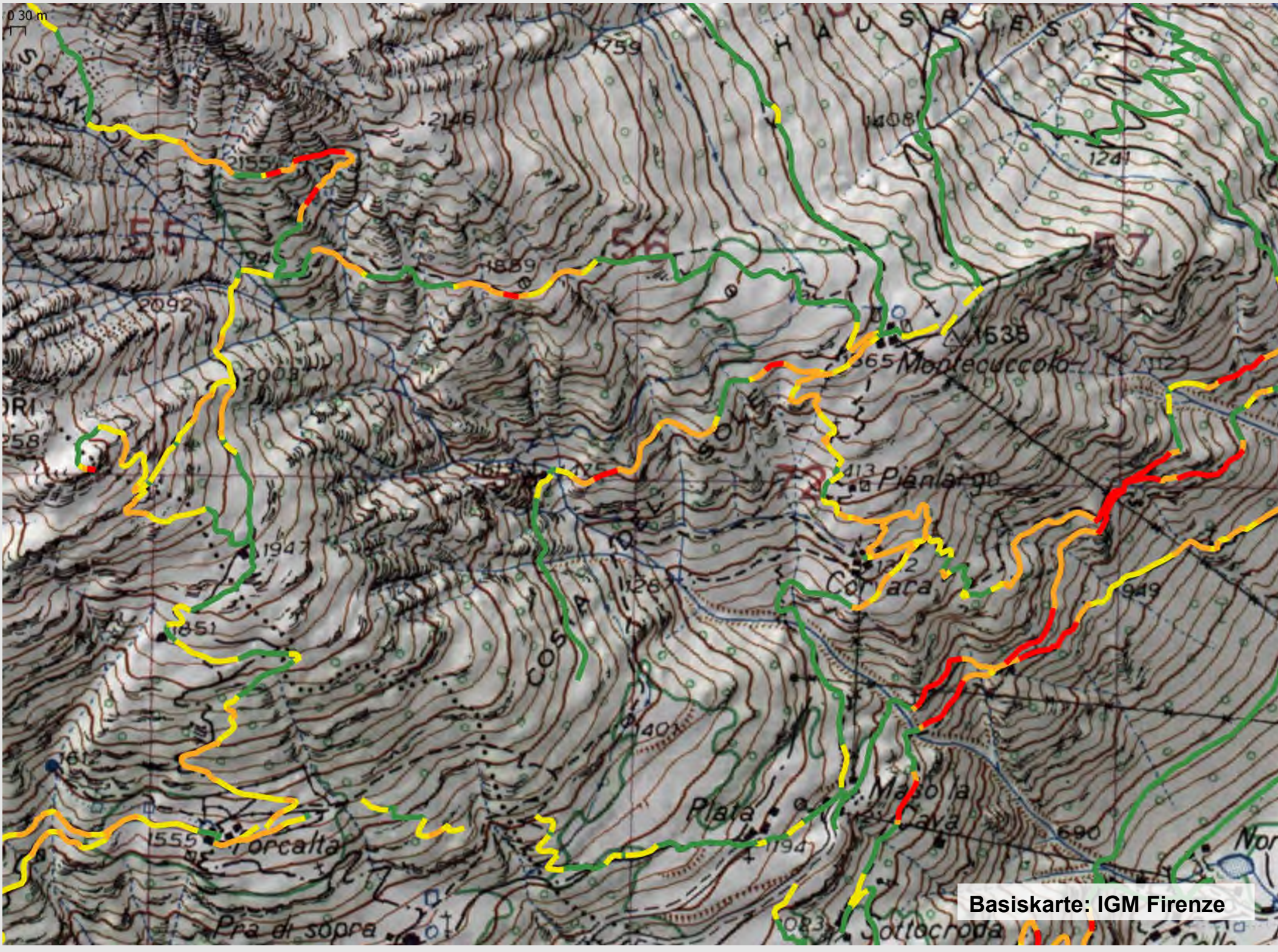
Farbe in Karte & Legende	Ausgesetztheit	Physische Wirkung Stolpert oder rutscht man vom Bergweg, dann	Psychologische Wirkung	Konsequenzen	Bergweg-Klassifikation z.B. Tiroler Wander- und Bergwegekonzept
	gering	bleibt man an Ort und Stelle liegen	Keine besondere Wirkung	Da passiert dir nicht viel!" Verletzungen sind unwahrscheinlich	
	mäßig	... ist ein kurzes Rutschen/Abkullern möglich, man stoppt aber umgehend von selbst	Abhänge werden wahrgenommen, wirken aber nicht bedrohlich	Da kannst du dir weh tun!" Verletzungen sind möglich	
	hoch	ist ein weiteres Abkullern möglich ist ein Stehenbleiben durch aktives Bremsverhalten in der Regel noch möglich	Abhänge werden als steil wahrgenommen, wirken aber kaum bedrohlich	Da wirst du dich schwer verletzen!" Schwere Verletzungen sind wahrscheinlich	
	sehr hoch	ist ein weites Abkullern/Überschlagen wahrscheinlich ist ein freier Absturz möglich ist ein Stehenbleiben trotz aktivem Bremsverhalten schwierig oder unmöglich	Freie Tiefsicht Abhänge werden als sehr steil, exponiert luftig oder als bedrohlicher Abgrund wahrgenommen und sind nur für Schwindelfreie geeignet	"Das überlebst du wahrscheinlich nicht!" Schwerste Verletzungen oder Todesfälle sind wahrscheinlich	in mehreren/langen Abschnitten schwierig

→ Modellierung der «Ausgesetztheit»: «Neigung» auf Weg und 15 m unterhalb des Weges

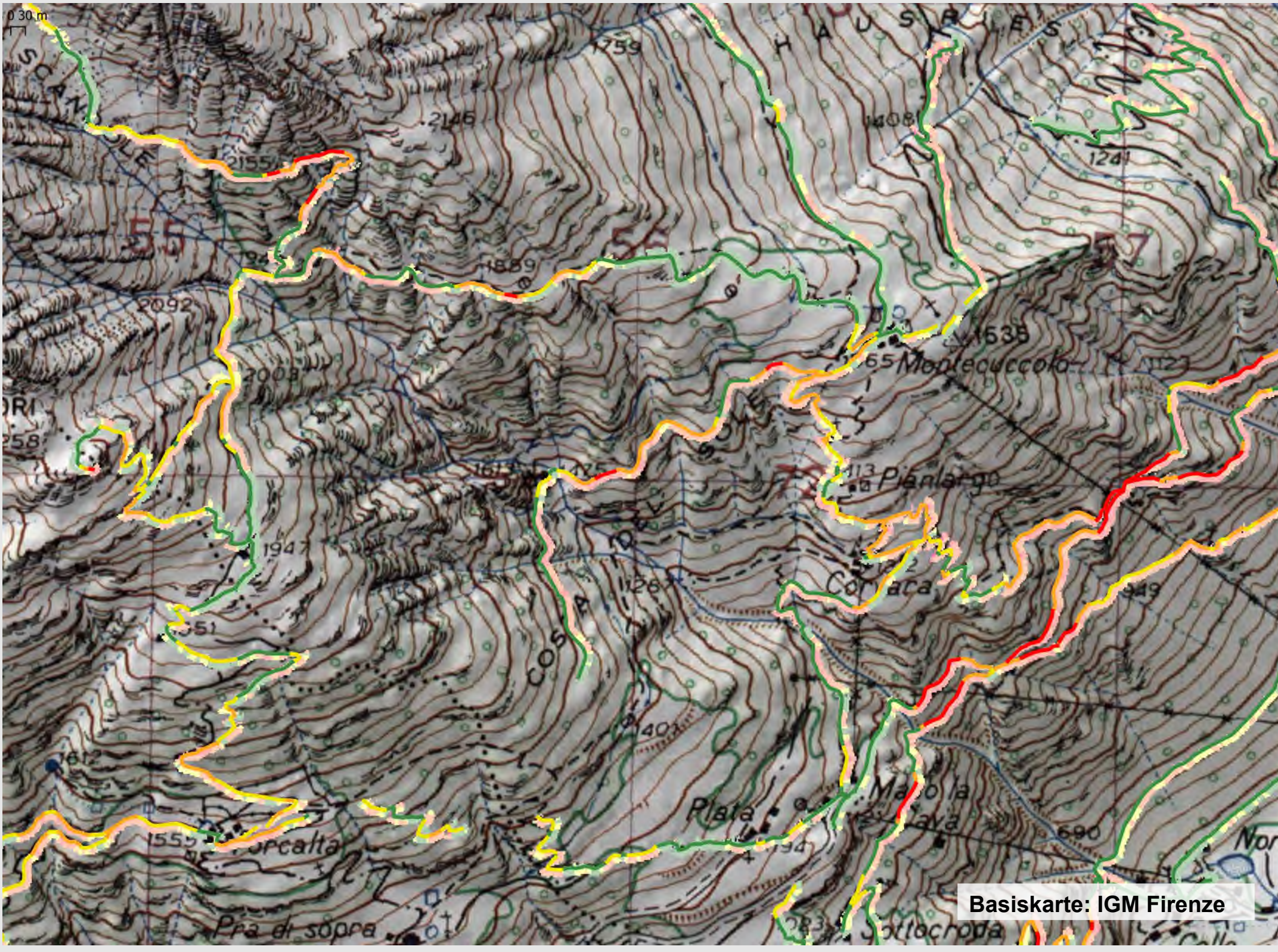


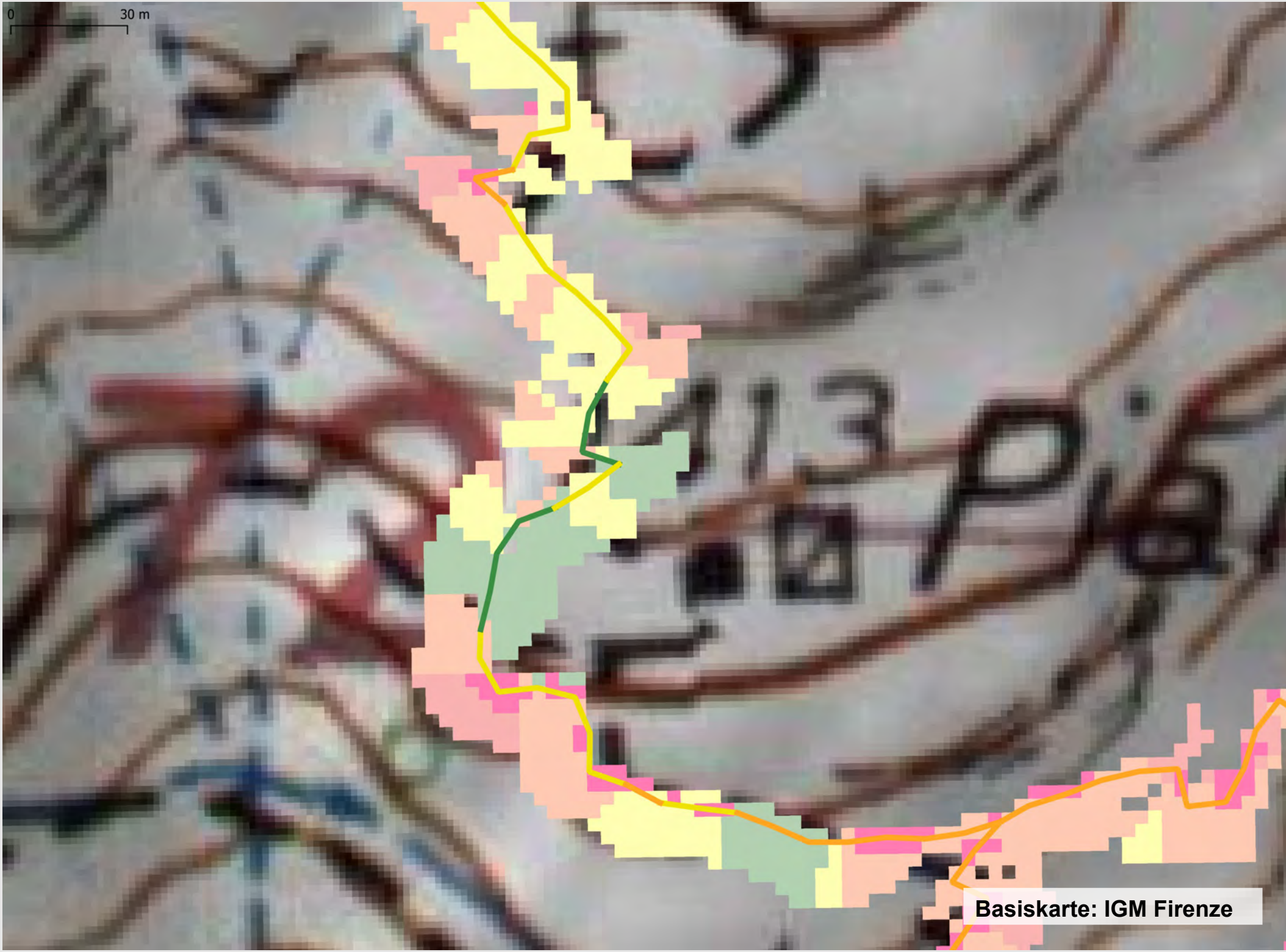
Basiskarte: IGM Firenze


0 30 m
Montecuccolo
Pianlargo
Corvaca
Plata
Pra di sopra
Sottocroda
Basiskarte: IGM Firenze

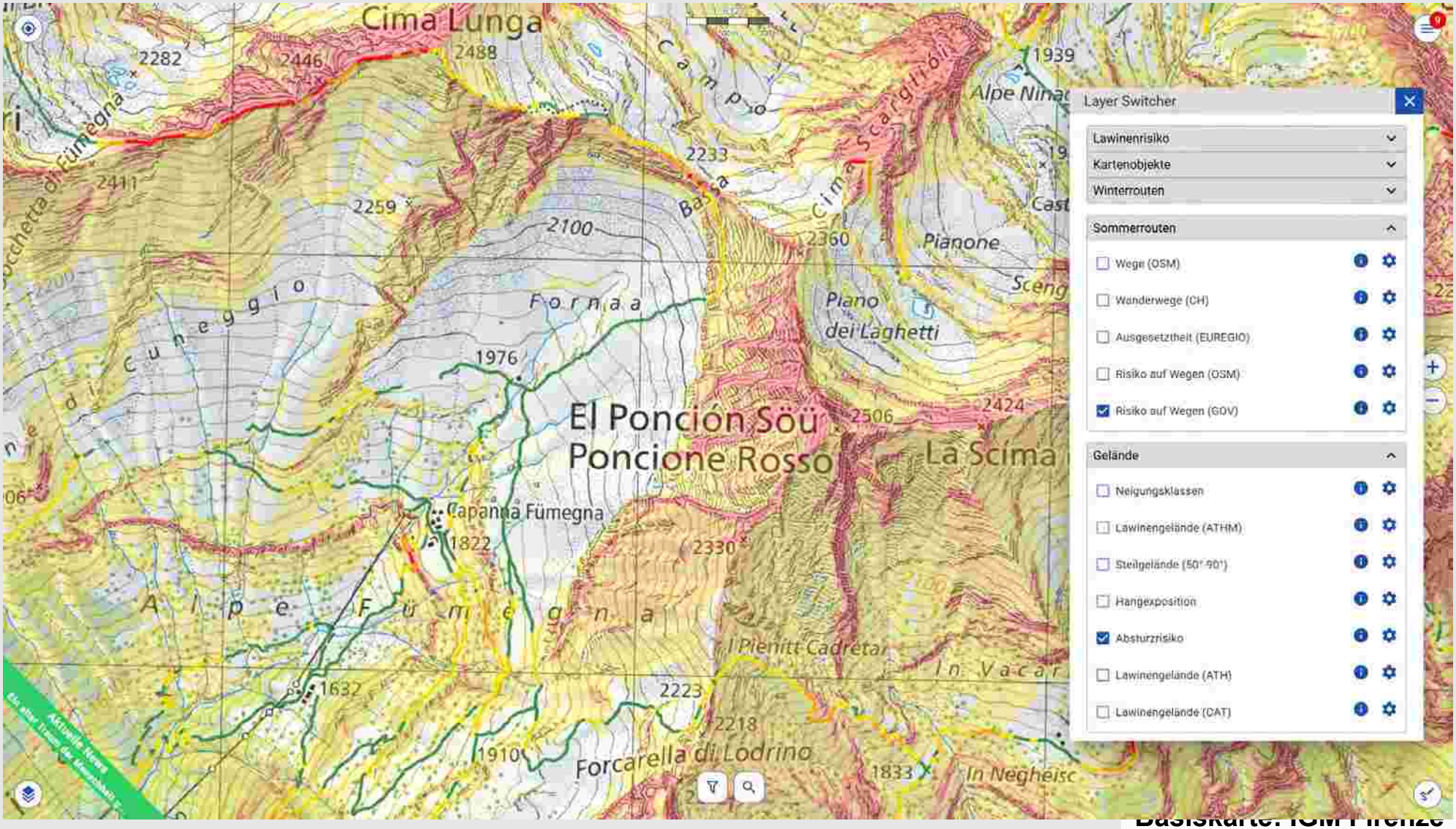


Basiskarte: IGM Firenze


0 30 m
Basiskarte: IGM Firenze

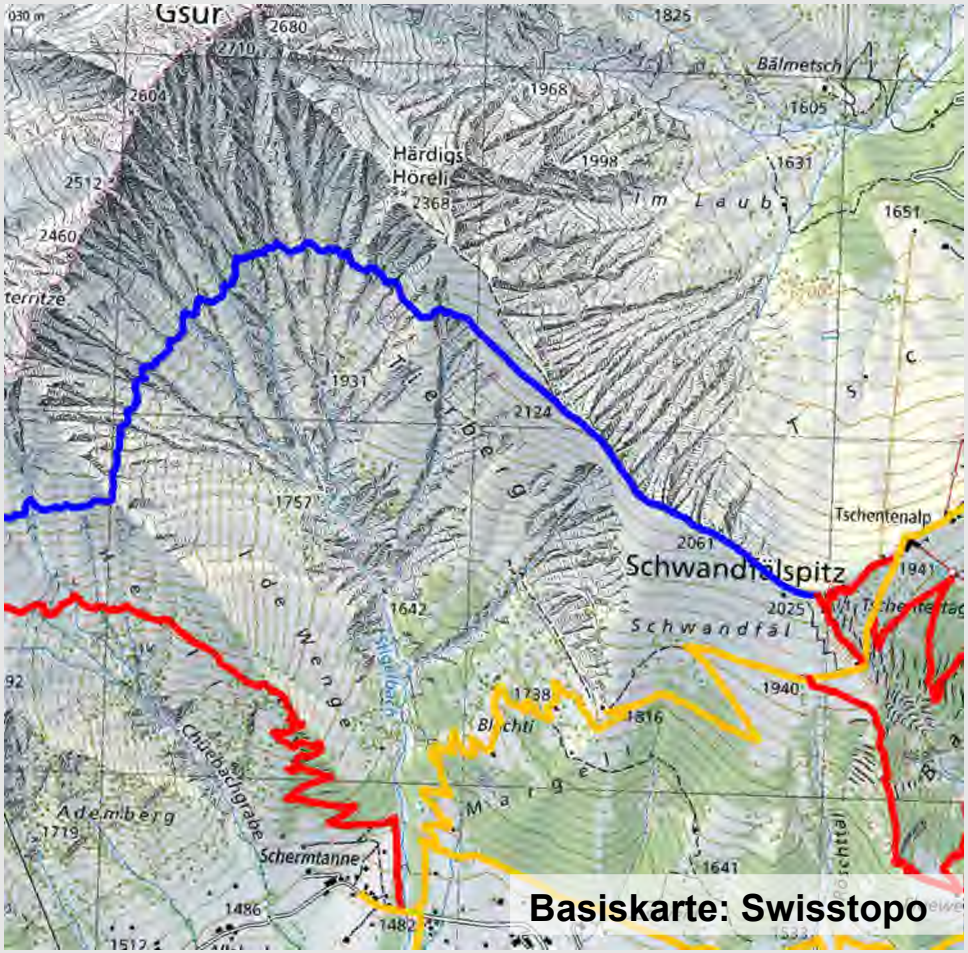

0
30 m
Basiskarte: IGM Firenze

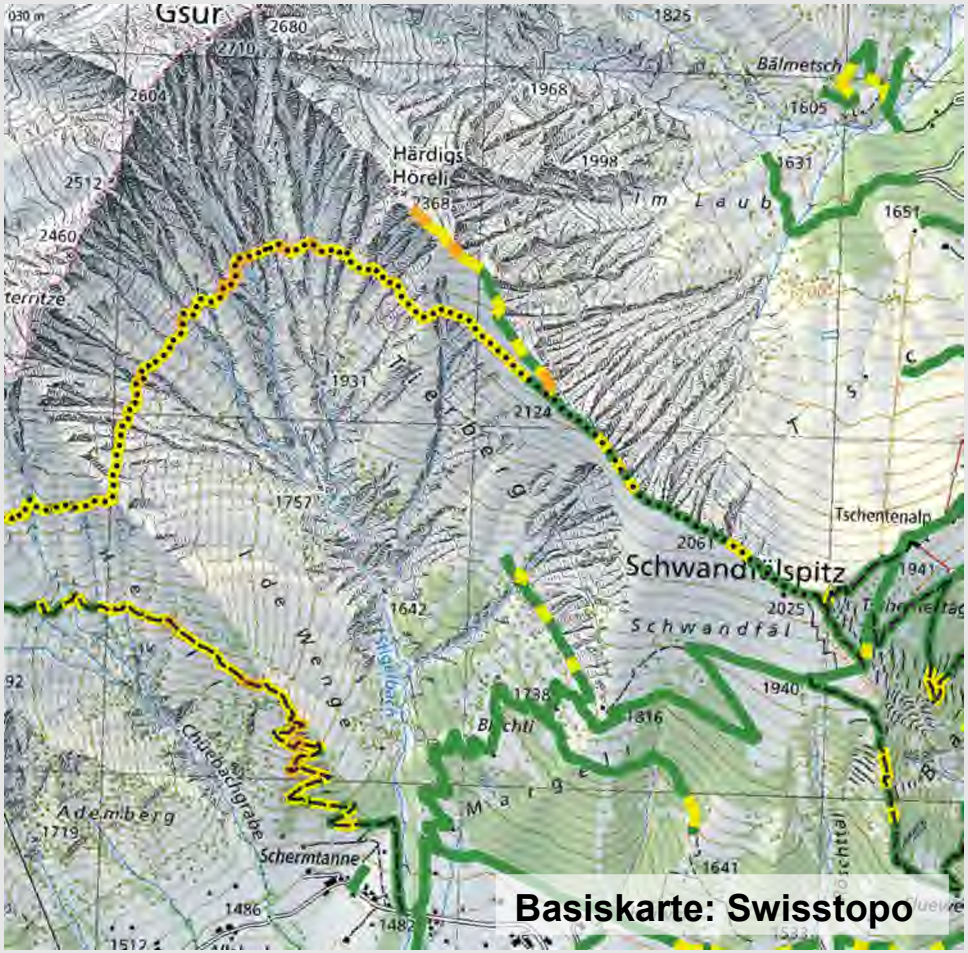
Flächige Darstellung des Absturzrisikos



Basiskarte: IGM Firenze

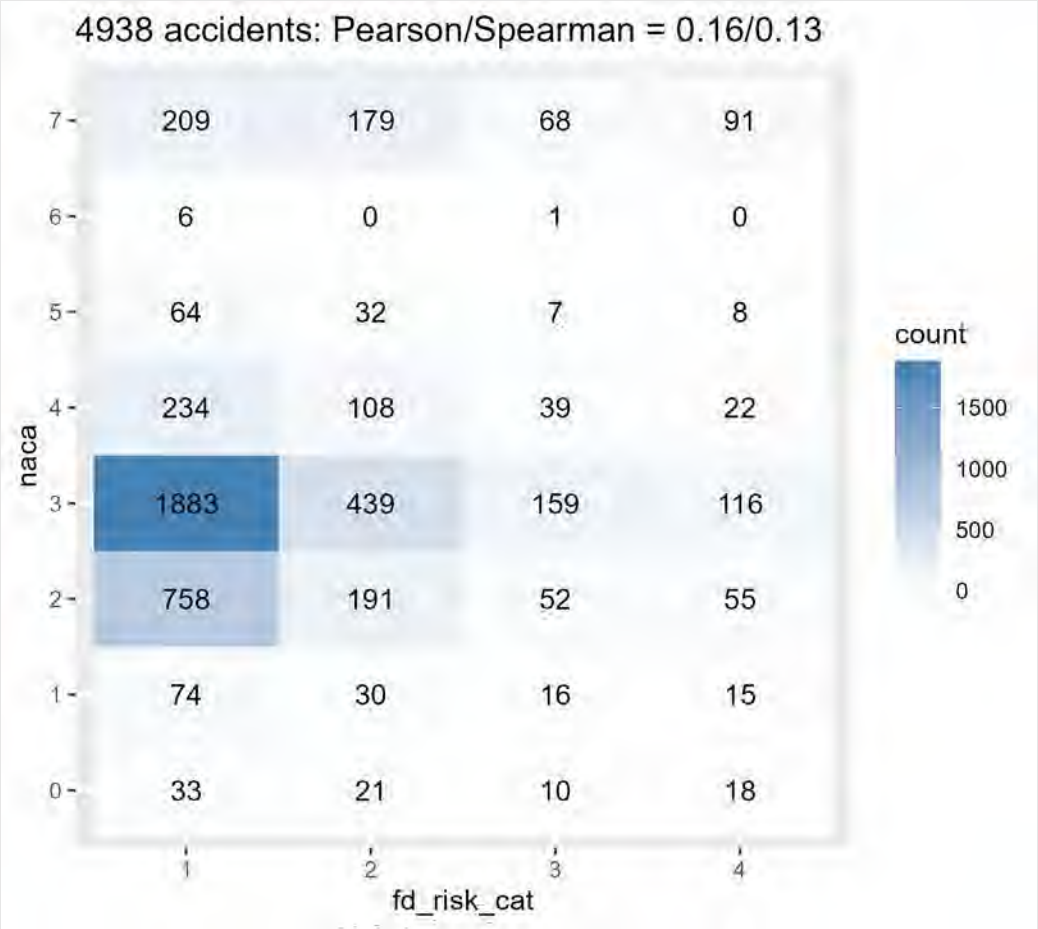
Darstellung Wanderwegstyp plus Absturzrisiko





Validierung: Kreuztabelle

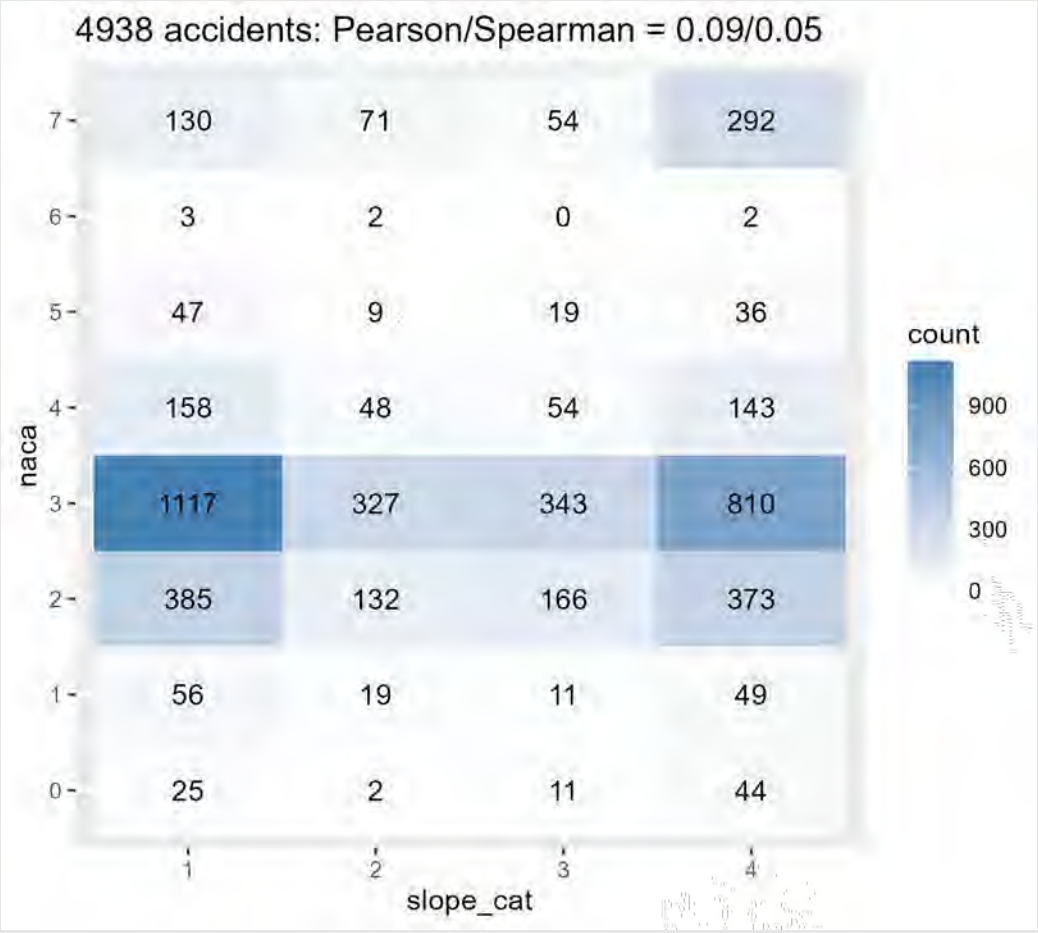
- Daten: Bergnotfälle SAC (2004-2025): 4938/61147 Vorfälle
- naca (y): Schwere eines medizinischen Notfalls (NACA0-7)
- fd_risk_cat (x): Absturzrisko-Kategorie (grün, gelb, orange, rot)



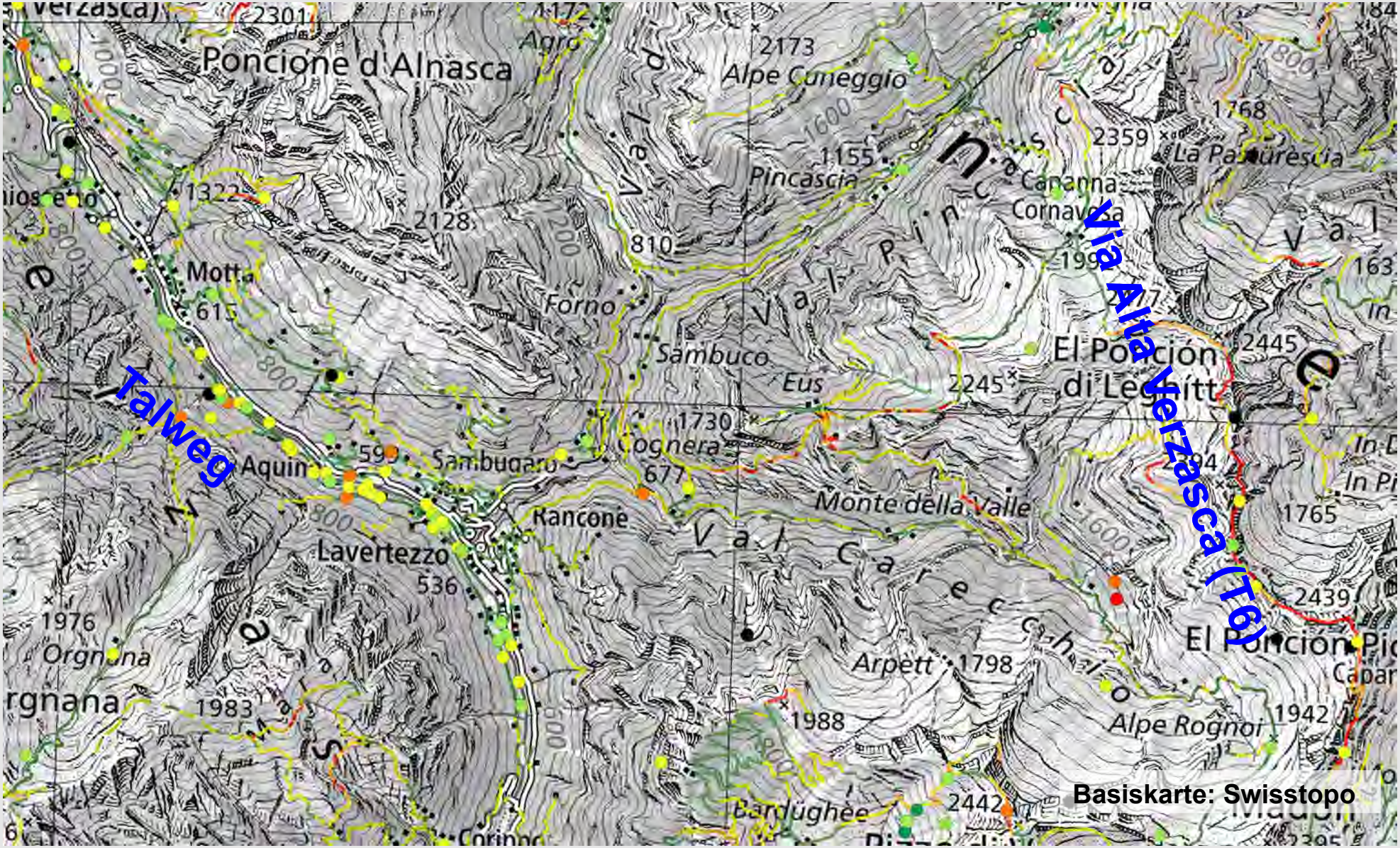
→ sehr schwacher Zusammenhang

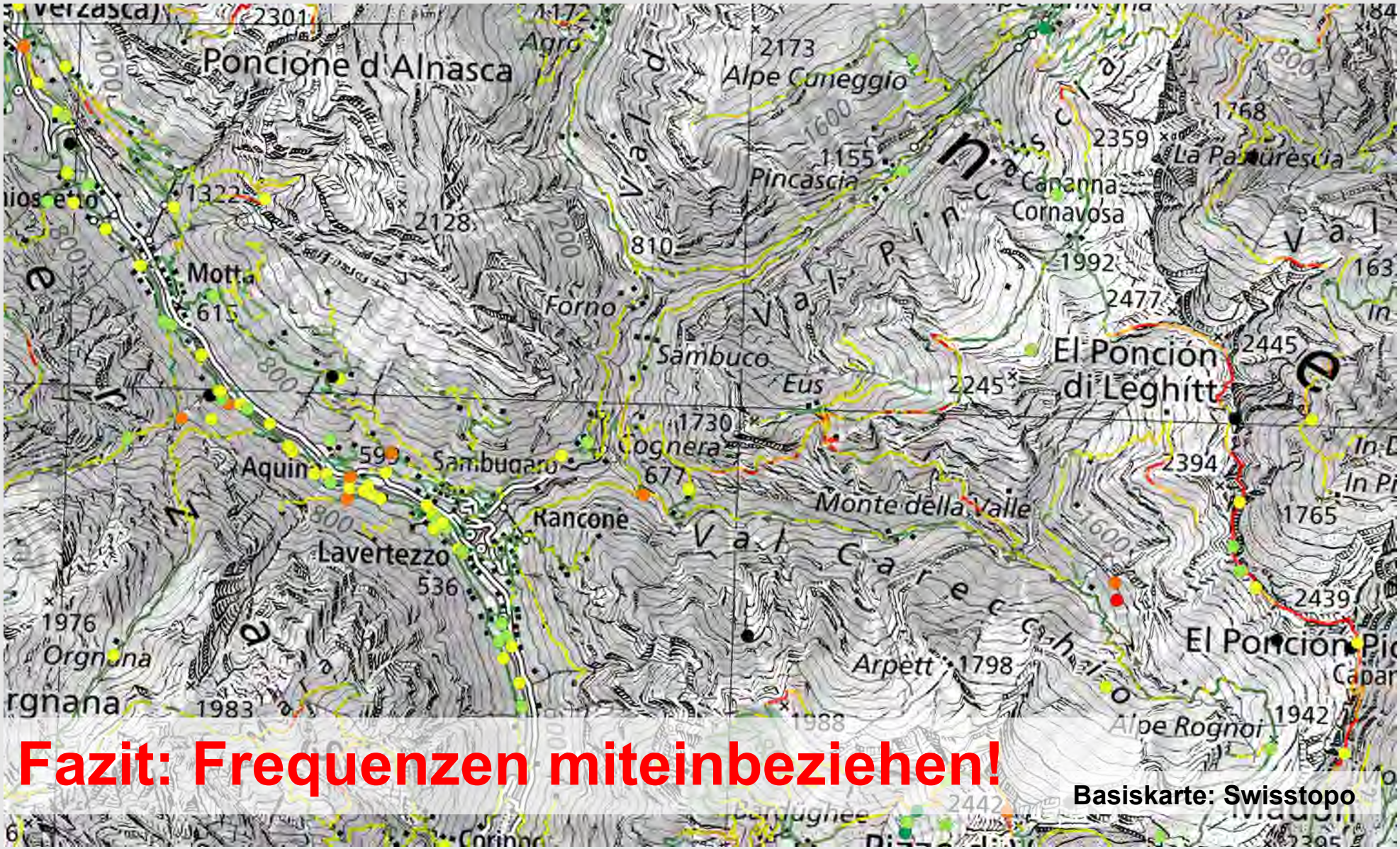
Validierung: Kreuztabelle

- Daten: Bergnotfälle SAC (2004-2025): 4938/61147 Vorfälle
- naca (y): Schwere eines medizinischen Notfalls (NACA0-7)
- slope_cat (x): Neigungs-Kategorie (25°, 30°, 35°)



→ kein Zusammenhang


Talweg
Via Alta Verzasca (T6)
Basiskarte: Swisstopo
Ponçione d'Alnasca
Alpe Cueggio
Pincascia
Cornavosa
Motta
Forno
Sambuco
Eus
El Poncion di Legnitt
Aquin
Sambugaro
Cogneta
Monte della Valle
Rancone
Lavertezzo
Arpett
Alpe Rognoi
Bardughee
Val Pincascia
Val Carecchio


Poncione d'Alnasca
Alpe Cuneggio
Pincascia
Cornavosa
El Ponción di Leghitt
Motta
Forno
Sambuco
Eus
Aquino
Sambugaro
Cogner
Rancone
Lavertezzo
Monte della Valle
Arpett
Alpe Rognoi
Orgnana
Fazit: Frequenzen miteinbeziehen!
Basiskarte: Swisstopo

Grenzen

- Fragmentarischer Einbezug von Faktoren
- Approximativer Einbezug von Faktoren
- Annahmen bei Modellierung
- Relativ grobe Auflösung der Daten (5m, 10m)
- Akt. Verhältnisse
- Faktor Mensch



→ ERFASSUNG DER RELEVANTEN CHARAKTERISTIK
(Potential wird sichtbar)

1. Mit eigener Erfahrung vergleichen!



- Fragmentarischer Einbezug von Faktoren
- Approximativer Einbezug von Faktoren
- Annahmen bei Modellierung
- Relativ grobe Auflösung der Daten (5m, 10m)
- Akt. Verhältnisse
- Faktor Mensch

Der gewählte Ansatz steht und fällt
mit der durch die Nutzer:innen
subjektiv wahrgenommenen Stimmigkeit
der angezeigten Resultate (Fokus).

→ VERGLEICHT MIT EIGENER ERFAHRUNG (vorher, nachher)

2. Stetige Verbesserung

- Fragmentarischer Einbezug von Faktoren
- Approximativer Einbezug von Faktoren
- Annahmen bei Modellierung
- Relativ grobe Auflösung der Daten (5m, 10m)
- Akt. Verhältnisse
- Faktor Mensch



Das ist die dritte Version und dennoch erst ein Anfang.
Guru arbeitet bereits an der nächsten Version.

→ DIES IST EIN PROZESS MIT OFFENEM ENDE


Danke...
- Fragen
- Andere Meinungen
- Anmerkungen
- Anregungen