Stefan Wetscher, BSc BSc

Hintertuxer Gletscher.
Forschungs- und Besucherzentrum
im hochalpinen Raum

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Architekt Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Roger Riewe

Institut für Architekturtechnologie

Fakultät für Architektur

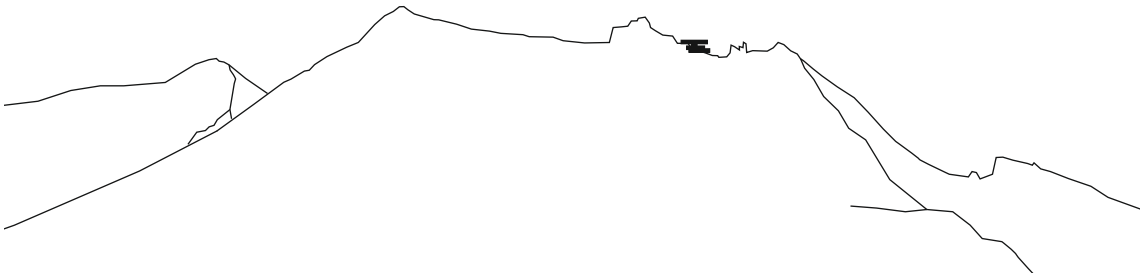
Graz, Oktober 2017

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Datum

Unterschrift



Hintertuxer Gletscher

Forschungs- und Besucherzentrum im hochalpinen Raum

Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei allen, die mir während meiner Arbeit mit gutem Rat und kritischen Anmerkungen beiseite gestanden sind.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie und meiner Freundin für die Unterstützung während des gesamten Studiums.

Vielen Dank auch an Herrn Professor Riewe für die Betreuung und die vielen konstruktiven Anmerkungen zu dieser Arbeit.

Danke!

Prolog

Als begeisterter Schifahrer, Mountainbiker und Bergsteiger verbringe ich so viel Zeit wie möglich in den Bergen. Die Architektur im Alpenraum, mit all ihren Ausprägungen, übt auf mich seit jeher eine besondere Faszination aus. Das bauliche Vordringen des Menschen in immer höhere Lagen ist der Bodenknappheit im Tal sowie dem stetig wachsenden Tourismus geschuldet. Gerade das weitgehend unberührte Hochgebirge mit seiner Flora und Fauna reagiert dabei sehr sensibel auf jeden neuen Eingriff in die Naturlandschaft. Das Bauen im hochalpinen Raum stellt deshalb neben den technischen und wirtschaftlichen Ansprüchen auch eine besondere architektonische Herausforderung dar. Aus diesem Grund habe ich den angenommenen Entwurf eines Forschungs- und Besucherzentrums im alpinen Hochgebirge mit Standort am Hintertuxer Gletscher in Tirol gewählt.

Während meiner vielen Aufenthalte in den Bergen habe ich die Möglichkeit genutzt, viele für diese Arbeit verwendeten Fotografien selbst zu erstellen.

Um den Lesefluss aufrecht zu erhalten, wird nachfolgend auf eine geschlechterspezifische Schreibweise verzichtet.

Kurzfassung

Diese Masterarbeit befasst sich mit dem Entwurf eines Forschungs- und Besucherzentrums im hochalpinen Raum am Hintertuxer Gletscher in Tirol auf rund 3235 Metern über dem Meer in einem der klimatisch extremsten Gebiete Österreichs.

Anlass für die Entwurfsaufgabe stellt die im Jahr 2007 durch die starke Gletscherschmelze zufällig erfolgte Entdeckung des sogenannten *„Natur Eis Palastes“* dar. So wird ein natürlicher, ohne menschliches Einwirken entstandener Hohlraum im Gletschereis bezeichnet, welcher seit 2008 für Besucher durch geführte Touren zugänglich ist. Der weltweit stattfindende Klimawandel schreitet in den Alpen nach Aussagen von Wissenschaftlern rund doppelt so schnell fort als im globalen Durchschnitt. Die wissenschaftliche Observation dieser klimatischen Vorgänge nimmt somit gerade im Alpenraum in Zukunft eine große Bedeutung ein, um zuverlässige Daten für die Erstellung von Klimamodellen generieren zu können.

Im ersten Teil dieser Arbeit erfolgt ein ausgewählter Überblick der Architektur im hochalpinen Raum. Das anschließende Kapitel widmet sich dem Hintertuxer Gletscher. Der Entwurf beinhaltet Räumlichkeiten für den ganzjährigen Betrieb einer Forschungseinrichtung zur Erforschung und kontinuierlichen Überwachung der Auswirkungen der fortschreitenden klimatischen Veränderungen auf den Hintertuxer Gletscher. Das Besucherzentrum umfasst Räume für die Abwicklung des immer größer werdenden Besucherandrangs auf den *„Natur Eis Palast“*, einen Veranstaltungsbereich und ein Restaurant.

Die Herausforderungen der Entwurfsaufgabe liegen in der Integration des Bauwerks in die hochalpine Gletscherlandschaft sowie in den Besonderheiten des Bauens im alpinen Hochgebirge. Randbedingungen für den Entwurf sind der alpine Permafrost, die einzige stationäre Erschließung des Bauplatzes mittels Seilbahn, der Transport der Baumaterialien mittels Lastenhubschrauber zum Bauplatz, die Montage der zum größten Teil vorgefertigten Einzelbauteile sowie der Energie- und Wasserhaushalt des Gebäudes.

Abstract

The objective of this master's thesis was the design of a combined research and visitors' centre located at the Hintertux Glacier in the Tyrol at about 3240 meters above sea level. It is one of the climatically most extreme high alpine regions of Austria.

In 2007, due to rapid glacial melting, a naturally formed void in the glacial ice was discovered by accident. One year later, the cave was named '*Nature's Ice Palace*' and has since been open to the public. Guided tours lead visitors through the hollow. Moreover, scientists have found that climate change proceeds twice as fast in the Alps as compared to the global average. In order to extract solid data for reliable climate models, scientific observations of these climatic processes will be of vital importance in the near future. By designing a centre for both visitors and researchers, the missing infrastructure shall be supplied.

In the first part of this paper, a few chosen examples of architecture projects built in the High Alps are presented. Afterwards, the Hintertux Glacier, its geographical location as well as its historical evolution are introduced.

One part of the design deals with the rooms of the research centre, which will be open all year round. Its aim will be to study and continuously monitor the effects of rapidly proceeding climate change on the Hintertux Glacier. Additionally, more and more visitors want to explore '*Nature's Ice Palace*' every year. Therefore, the second part of the design contains premises for effectively handling the crowds of visitors, a restaurant and conference rooms.

Close attention was paid to properly integrating the building into the high alpine landscape. Moreover, some challenging particularities of erecting a building on a glacier, such as dealing with permafrost or having only one stationary access to the site via cable car, influenced the design. Furthermore, all the construction materials and the partially pre-manufactured building elements will have to be airlifted by helicopters to the site, where the components need to be assembled in possibly freezing weather conditions. Eventually, the building will be almost self-sufficient in terms of energy and water supply.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung **2**

Architektur im hochalpinen Raum **6**

Definition des hochalpinen Raumes **9**

Historischer Rückblick **15**

Alpenland und Bewohner 17

Bauen und Wohnen im Alpenraum 21

Schweiz 21

Zillertal 29

Wandel hin zum Tourismus 37

Alpinismus und Hüttenbau 39

Bauen im Permafrost **43**

Referenzprojekte **45**

Olpererhütte 45

ICE Q 47

Neue Monte Rosa Hütte 51

Hintertuxer Gletscher **54**

Einführung **55**

Zillertal 55

Tuxertal 61

Schigebiet am Hintertuxer Gletscher **63**

Entstehung des Gletschers **69**

Entstehung von Gletschereis 71
Gletscherbewegung 75
Bildung von Gletscherspalten 77
Geologie 79
Natur Eis Palast 81
Klimatische Veränderung 87
Forschung 89
Bauplatz 92
Lage und Erschließung 93
Umgebung 97
Entwurf 100
Entwurfsbeschreibung 101
Entwurfskonzept 103
Raumprogramm 107
Tragwerk 109
Transport und Montage 111
Entwurfspläne 113
Literaturverzeichnis 147
Abbildungsverzeichnis 149
Iconverzeichnis 152



Abbildung 1: Hintertuxer Gletscher mit Blick auf den Doppelgipfel der Gefrorene-Wand-Spitzen | Eigene Aufnahme 01.11.2016



EINLEITUNG

Der Hintertuxer Gletscher am Ende des Tuxertales in Tirol ist heute das einzige Ganzjahresschigebiet Österreichs. Mit seiner hochalpinen Lage auf einer Seehöhe von bis zu 3250 Meter liegt der Gletscher in einer der klimatisch extremsten Regionen Österreichs und stellt ein beliebtes Ziel für Tagestouristen im Winter wie im Sommer dar. Alleine die Tourismusregion Tux-Finkenberg zählt im Jahr 2013 rund 1,3 Millionen Nächtigungen.[1]

Der höchste Punkt des Schigebietes, die „*Gefrorene Wand*“, wird barrierefrei durch den sogenannten „*Gletscherbus*“, einer Seilbahn über drei Sektionen, von Hintertux aus erschlossen. Somit ist der Gletscher heute für jeden Besucher ohne große Anstrengungen erreichbar.[2]

Hier oben befindet sich auch die zufällig entdeckte, begehbare Eishöhle im Inneren des Gletschers, der sogenannte „*Natur Eis Palast*“. Der natürlich entstandene Hohlraum im Eis ist seit 2008 für Besucher durch geführte Touren zugänglich.[3] Die Abwicklung der ständig zunehmenden Besucherströme erfolgt von einem Containerbüro aus, welches direkt neben der Bergstation des „*Gletscherbusses 3*“ liegt.[4]

Derzeit laufen mehrere Forschungsprojekte der Universität Innsbruck am Hintertuxer Gletscher. Es ist sogar ein eigenes „*Eislabor*“ innerhalb der Eishöhle eingerichtet worden.[5] Ein permanenter Arbeitsplatz mit eigenen Laborräumen für die Wissenschaftler direkt am Gletscher würde speziell für die Klimaforschung Erleichterungen im Arbeitsablauf bringen.

Mit dem „*Tuxer Fernerhaus*“, dem „*Spannagelhaus*“, der „*Sommerbergalm*“, der „*Gletscherhütte*“ und dem „*Tuxer Jochhaus*“ stehen den Besuchern des Gletscherschigebietes fünf verschiedene Gastronomien zur Auswahl.[6] Im Bereich der

1 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG 2014, 70-71.

2 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG o. J. b, o. S.

3 Siehe Kapitel „Natur Eis Palast“.

4 Siehe Kapitel „Bauplatz“.

5 Siehe Kapitel „Forschung“.

6 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG o. J. d, o. S.

„Gefrorenen Wand“ ist momentan noch keine Einkehrmöglichkeit vorhanden.

Der Standort eignet sich außerdem aufgrund des einzigartigen Panoramas auf die Zillertaler Bergwelt hervorragend für die Ausrichtung von Veranstaltungen, wie beispielsweise die zuletzt abgehaltene *„Abendveranstaltung anlässlich des 150-jährigen Jubiläums der Olperer-Erstbesteigung am 22.08.2017“*.[7]

Den oben genannten Punkten steht eine bislang fehlende Infrastruktur im obersten Bereich des Gletschers gegenüber. Ein universell nutzbares Gebäude auf der *„Gefrorenen Wand“* könnte diese Lücke füllen.

Die Integration des Bauwerks in die hochalpine Gletscherlandschaft stellt dabei eine besondere architektonische Herausforderung dar. Um ein Objekt in einer solchen Umgebung errichten zu können, ist ein perfektes Zusammenwirken aller Beteiligten einer Bauaufgabe erforderlich. Qualitativ hochwertige Architektur und eine gut durchdachte Planung bereits in der Entwurfsphase sind Grundvoraussetzung für die Durchführbarkeit eines derartigen Projektes.

Das Ziel dieser Masterarbeit ist der architektonische Entwurf eines *„Forschungs- und Besucherzentrums“* am Hintertuxer Gletscher. Der Entwurf beinhaltet ein Forschungszentrum sowie ein Besucherzentrum mit Räumlichkeiten für den *„Natur Eis Palast“*, einen Veranstaltungs- und einen Restaurantbereich.

Der erste Teil der Arbeit verschafft einen ausgewählten Überblick der Architektur im hochalpinen Raum. Nachfolgend werden wesentliche Aspekte zum Hintertuxer Gletscher und der Region dargestellt. Abschließend erfolgt die Auseinandersetzung mit dem gewählten Bauplatz und die Dokumentation des entstandenen Entwurfes.

7 Tourismusverband Tux-Finkenberg o. J., o. S.



Abbildung 2: Restaurant ICE Q und Bergstation Gaislachkogelbahn Sölden | Architekturbüro obermoser arch-omo zt gmbh



ARCHITEKTUR IM HOCHALPINEN RAUM

Mathieu unterscheidet in „*Die Erfindung alpiner Architektur*“ zwischen „*Architektur in den Alpen*“ und „*alpiner Architektur*“. Zur Architektur in den Alpen zählen dabei alle Bauten, welche sich seit vielen Jahrhunderten im Alpenraum entwickelt haben.[8] „*Der Ausdruck ‚alpine Architektur‘ deutet hingegen eine innere Beziehung zwischen Bauten und Raum an.*“ [9]

8 Vgl. Mathieu 2011, 22.

9 Ebda., 22.



Abbildung 3: „Capella Granata“ am Penkenjoch, Zillertal | Architetti Mario Botta | Eigene Aufnahme 25.09.2013

Definition des hochalpinen Raumes

Unter „**alpin**“ werden Regionen in den Alpen bzw. im Hochgebirge[10], unter „**hochalpin**“ der oberste Bereich dieser[11], verstanden. Allgemein wird in der Literatur keine genaue Grenze definiert, ab welcher Meereshöhe eine Unterscheidung dieser beiden Begriffe getroffen wird.

In dieser Arbeit soll der „**hochalpine Raum**“ auf den Bereich des Hochgebirges der Alpen begrenzt werden, welcher oberhalb der **Baumgrenze** liegt. Diese umfasst die höchstgelegenen, aufrecht wachsenden Baumindividuen oberhalb der **Waldgrenze**. Jene stellt wiederum eine ökologische sowie landschaftsprägende Grenze im Hochgebirge dar. Sie wird als Linie entlang des oberen Randes einer geschlossenen Waldfläche definiert.[12]

An der alpinen Baumgrenze beträgt die maximale Wuchshöhe von Bäumen weniger als die durchnschnittliche, mittlere Schneehöhe. In den Zentralalpen liegt diese bei etwa 2400 m und wird von Kiefern und Lärchen gebildet, in den Nordalpen liegt die Grenze bei rund 2000 m und wird von Fichten begrenzt.[13]

10 Vgl. Bibliographisches Institut GmbH 2016 a, o. S.

11 Vgl. Bibliographisches Institut GmbH 2016 b, o. S.

12 Vgl. Hagedorn/Rigling/Bebi 2006, 52-55.

13 Vgl. Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH o. J., o. S.



Abbildung 4: Hochalpines Gelände im Hochgebirgs-Naturpark Zillertaler Alpen | Eigene Aufnahme 24.09.2014

Durch die höhenbedingte Temperaturabnahme in der Atmosphäre entstehen verschiedene Klima- und Vegetationsstufen, welche in der Ökologie, Botanik und Geographie auch Höhenstufen genannt werden und, wie in Abbildung 5 ersichtlich, je nach geographischer Lage und Höhe des Gebirges unterschiedlich ausgeprägt sind.[14] Diese können je nach Literatur und Sprachraum andere Klassifizierungen aufweisen. Für die Zentralalpen kann der Übergang von der subalpinen zur alpinen Stufe mit rund 2100 m bis 2500 m abgelesen werden, was in etwa der Höhe der Baumgrenze entspricht. Der Übergang von der alpinen zur nivalen Stufe im Bereich von rund 2700 m bis 3200 m deckt sich mit der sogenannten **Schneegrenze**. Vereinfacht liegt diese in den Zentralalpen im Durchschnitt bei etwa 3000 m Seehöhe. Oberhalb der Schneegrenze fällt in einem Jahr im Durchschnitt mehr Niederschlag in Form von Schnee, als in den Sommermonaten wieder abtauen kann. In diesem Bereich liegen die alpinen Gletscher, weshalb die nivale Stufe auch „*Zone des ewigen Eises*“ genannt wird.[15] Typisch für hochalpine Regionen oberhalb der Baumgrenze ist ihre ausgesetzte Lage, wo ein rauhes Klima und eine karge Landschaft vorherrschen. Diese extremen Umweltbedingungen verlangen eine höhere Funktionalität und Dauerhaftigkeit von Gebäuden, als in gemäßigteren Höhenlagen. Bei der Planung und Ausführung von Bauwerken in diesen Regionen sind Architekten daher umso mehr gefordert.[16]

14 Vgl. Forkel 2015, o. S.

15 Vgl. Konradin Medien GmbH 2014-2017, o. S.

16 Vgl. BUILD LLC 2010, o. S.

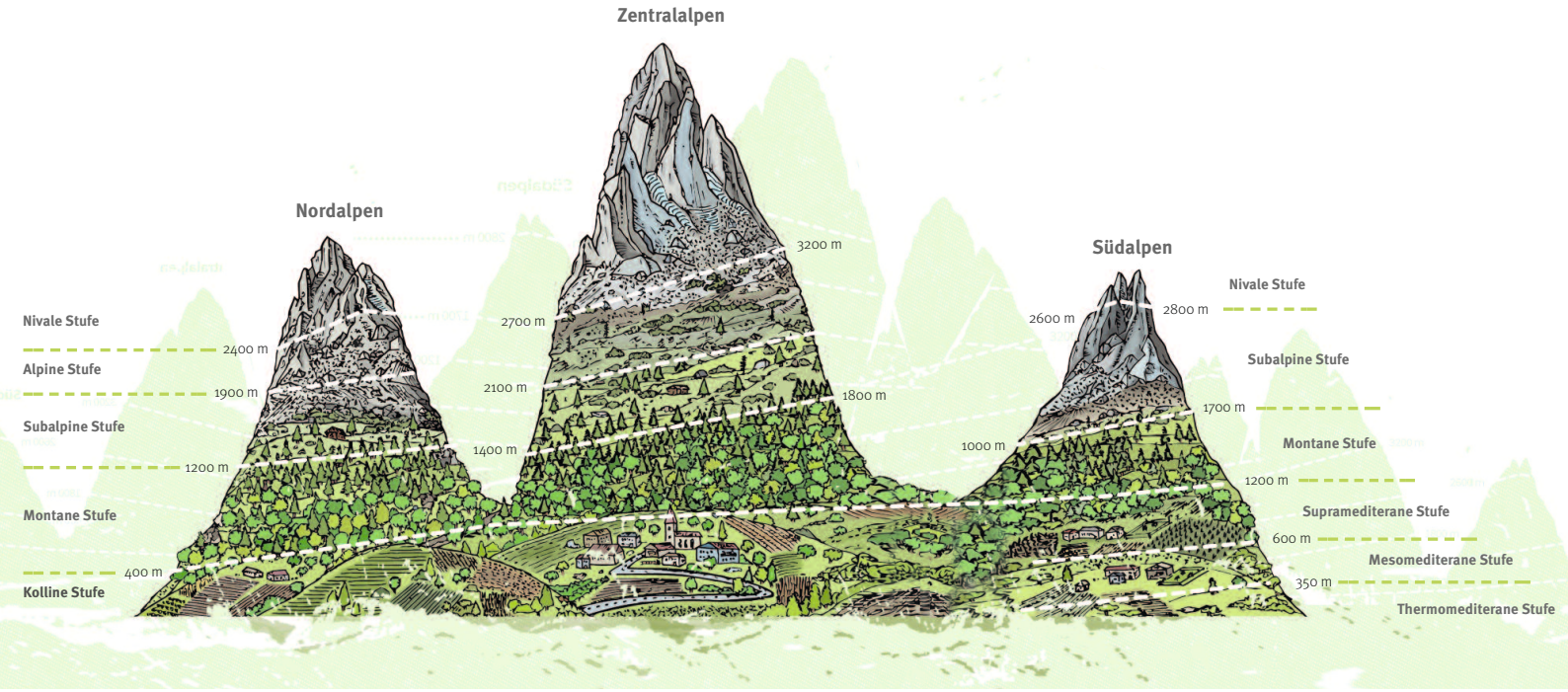


Abbildung 5: Höhenstufengliederung der Alpen



Abbildung 6: Verlauf der Höhenstufen von der montanen bis zur nivalen Stufe am Tuxer Hauptkamm auf der Seite des Zemmgrundes im hinteren Zillertal. Bei genauerer Betrachtung lassen sich Waldgrenze, Baumgrenze und Schneegrenze erkennen. | Eigene Aufnahme 06.08.2015



Historischer Rückblick

„Das überlieferte und gewohnte Bild der Alpen ist charakterisiert durch das Zusammenwirken einer Umgebung, in welcher die Natur und die geschaffene Landschaft den gleichen Quellen entspringen und sich durchdringen. Die überlieferte alpine Architektur ist der Ausdruck der beengten Ökonomie einer ländlichen Gesellschaft, die auf ihr wichtigstes Problem - in einem rauhen Klima die Menschen zu behausen und das Vieh und die Vorräte zu schützen - eine Antwort gefunden hat. Ihre Bauweise ist das Ergebnis wechselnder Determinanten - der historischen Wirtschaftsweisen und Transportmittel - und nicht etwa der Determiniertheit einer regionalen Ästhetik, über die niemand nachdachte." [17]

17 Darbellay 1969, 232.



Abbildung 7: Bauernhof im Tuxertal, Fotografie um 1930

Alpenland und Bewohner

Mit einer Fläche von 191.000 Quadratkilometern werden die Alpen heute von rund 14 Millionen Menschen aus 8 Ländern bewohnt, wovon zwei Drittel in Städten leben. Hinzu kommen jährlich rund 60 Millionen Touristen, welche die Alpen besuchen.[18]

Betrachtet man die Region Tirol, zeigt ein Blick zurück ins 20. Jahrhundert große Veränderungen in der Bevölkerungsstruktur auf. Waren 1950 noch ein Drittel der Bewohner Bauern, sind dies heute nur mehr vier Prozent. Zwei Drittel aller Menschen wohnten um 1900 in Dörfern, wogegen heute 80 Prozent im urbanisierten Großraum des Inntals leben. Heute sind in den Seitentälern des Inntals bis zu 50 Prozent der Bevölkerung im Tourismus beschäftigt, was einer Wandlung der Gesellschaft vom Bauerntum hin zu einer mobilen, touristischen Dienstleistungsgesellschaft innerhalb von nur zwei Generationen entspricht. Bedingt durch diese Entwicklung werden auch immer mehr Ressourcen und Naturraum verbraucht. In ganz Tirol sind derzeit nur 12,2 Prozent der Fläche als Dauersiedlungsraum genutzt.[19]

18 Vgl. Lackner/Psenner o. J., 11.

19 Vgl. Ebda., 11 f.



Abbildung 8: Lanersbach im Tuxertal, Fotografie um 1930

Die Alpen stellen als einzigartiger Kultur- und Naturraum seit Jahrtausenden eine Brücke zwischen dem Norden und Süden Europas her und sind dabei eines der am besten erforschten und untersuchten Gebirge weltweit, was ermöglicht, globale Schlüsse hinsichtlich der Erkenntnisse aus der Veränderungen der Umwelt und Bevölkerungsstruktur zu ziehen.[20]

Hervorzuheben ist auch die starke emotionale Bindung der regionalen Bewohner zu den Alpen hinsichtlich Tradition, Heimatstolz und der unberührten Natur. Die große Bedeutung der Naturverbundenheit wird durch zahlreiche alpine Vereinigungen - stellvertretend sei hier der Alpenverein Österreich genannt - und deren Aktivitäten zum Ausdruck gebracht. Oftmals wird die touristische Nutzung der Alpen, welche von großer wirtschaftlicher Bedeutung ist, von der einheimischen Bevölkerung jedoch als störend wahrgenommen. Besitzt die Erhaltung der traditionellen Land- und Almwirtschaft für die lokale Gesellschaft einen hohen Stellenwert, werden die zahlreich ausgerufenen Schutzgebiete und Nationalparks häufig als Einschränkung in der Nutzungsmöglichkeit traditioneller Bewirtschaftungsflächen gesehen. [21]

20 Vgl. Ebda., 11 f.

21 Vgl. Ebda., 11 f..



Abbildung 9: Zillertaler Trachtenpaar am Hainzenberg, Fotografie 1928

Bauen und Wohnen im Alpenraum

Der Alpenraum weist eine enorme Vielfalt hinsichtlich seiner Baukultur auf. Wegen dem vorherrschenden Klima, der topographischen Beschaffenheit sowie der bestehenden Herrschaftsverhältnisse entstand eine Besiedelung und Bewirtschaftung des nutzbaren Gebietes der Alpenregionen in Höhen- oder sogenannten Nutzungsstufen.[22] Aufgrund der großen Bandbreite der Baukultur der Alpen mit ausgeprägten, regionalen Unterschieden, sollen in diesem Abschnitt einige Formen des Bauens im Alpenraum exemplarisch anhand der Schweiz sowie dem Tiroler Zillertal gezeigt werden.

22 Vgl. Furrer 2011, 27.

Schweiz

Am Beispiel der Schweiz folgt nach Furrer eine Einteilung des historischen Baubestandes mit zunehmender Seehöhe in *„Tal“*, *„Maiensäss“* und *„Alp“*. Zu erwähnen ist dabei ein großer Unterschied in der Baukultur der Talstufe, wohingegen die Bauweisen in den oberen beiden Stufen elementar kaum voneinander abweichen.[23]

Jon Mathieu stellte in einer Studie über die Maiensässwirtschaft in Graubünden fest, dass generell nicht viel über die regionale, ländliche Baukultur bekannt ist. [24]

23 Vgl. ebda., 27 f.
24 Vgl. ebda., 32.

„Man weiss [sic!] wenig, und was bekannt ist, deutet auf beträchtliche Unterschiede zwischen einzelnen Orten und Tälern hin.“ [25]

Die Bewirtschaftung von höhergelegenen Regionen der Alpen war vor allem durch die schwierigen Geländeverhältnisse sowie der beschränkten Ressourcen in vielen Gebieten bedingt. Für die Vieh- und Milchwirtschaft war die Verteilung des Tierbestandes auf höherliegende Flächen eine Notwendigkeit für die Futtergewinnung zur Versorgung der Tiere in den Wintermonaten. Im sogenannten Zweistufenbetrieb weidete das Vieh im Sommer auf den Almen, wodurch im Tal Heuvorräte für den Winter angelegt werden konnten. Dabei bildete in der Regel ein Gehöft in Tallage den Lebensmittelpunkt einer bäuerlichen Familie, welches durch seine Größe und Gestaltung auch die soziale und wirtschaftliche Stellung der Eigentümer zum Ausdruck brachte und als Hauptwohnhaus diente. [26]

Im wesentlichen lässt sich bei der Bauweise von ländlichen Hausbauten im alpinen Bereich ein Wandel vom Holzbau hin zum Steinbau beobachten. Zwischen

25 Mathieu 2003, 495.

26 Vgl. Furrer 2011, 27 ff.

1200 und 1850 kam es bedingt durch Holzmangel und später durch Brandschutzvorschriften zu einer zunehmenden „*Versteinerung*“ von Wohnbauten in den Vor- und Zentralalpen. Zwischen einzelnen Regionen, Höhen- und Nutzungsstufen gibt es dabei große zeitliche Verschiebungen bei der Entwicklung neuer Bau- und Raumkonzepte. [27]

Einige der ältesten, heute noch bestehenden Wohnhäuser der Schweiz wurden bereits im 12. Jahrhundert im Typus des alpinen Blockbaus errichtet. Wohnhäuser mit fassadensichtigen Boden- und Deckenbohlen zählen zu den ältesten Holzwohnbauten mit datierten Fällzeiten der verbauten Hölzer zwischen 1176 und 1520. Die Einteilung des Grundrisses erfolgte in ein Vorderhaus mit Stube und Kammer und in ein Hinterhaus mit offener Feuerstelle - auch Rauchküche genannt - sowie in weitere Kammern. Dabei blieb die Gliederung des Vorderhauses bis ins 20. Jahrhundert größtenteils unverändert, wohingegen im Hinterhaus durch Entwicklungen bei Kochherd, Rauchabzug sowie der Hygiene - mit der Einführung des Aborts - Änderungen erfolgten. [28]

27 Vgl. ebda., 29-30.

28 Vgl. ebda., 29 ff.



Abbildung 10: Spätmittelalterlicher Blockbau aus dem Jahr 1287 in Schwyz, Schweiz

Die Viehwirtschaft erreichte im 15. und 16. Jahrhundert, bedingt durch das Aufblühen der Städte im nördlichen Alpenvorland und der dadurch entstandenen massiven Nachfrage an Fleisch, einen Höhepunkt, welcher in den hochalpinen, autarken Regionen erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts eintrat. Die steigende Anzahl an Viehen verlangte neue Weideflächen, welche durch Rodungen von der Waldgrenze ausgehend talwärts geschaffen wurden. Auf diesem neu geschaffenem Land siedelten sich hier die Maiensässwirtschaften an. Viele Siedlungen drängten sich auf engstem Raum, um wertvolles Kulturland nicht zu verbauen. Die meisten Wohnhäuser waren reduzierte Ausführungen von Häusern der Dauersiedlungen im Tal. Sie bestanden aus einem Vorderhaus in Blockbauweise mit einer kleinen Stube und einer Kammer im Erdgeschoß sowie maximal einer Schlafkammer im Obergeschoß. Das Hinterhaus, das vorwiegend aus Mauerwerk angefertigt wurde, beinhaltete die Rauchküche. Abhängig von der Größe des Landwirtschaftsbetriebes waren die Wirtschaftsgebäude oftmals wichtiger als die Wohnhäuser. Dies führte mitunter zu sehr stark reduzierten Wohnformen bis hin zu nur mit einer Küche und Schlafkammer versehenen Heuställen. Im südlichen Alpenraum sind die Maiensässe häufig auf einfachste Bauformen reduziert und bestehen aus einräumigen, funktionalen, vollständig gemauerten Einzelbauten mit getrenntem Schlaf- und Feuerhaus. Ob es einen Ofen zum Beheizen des Maiensäss gab, war abhängig davon, ob eine Besiedelung bis in die Wintermonate hinein stattfand oder nicht. [29]

29 Vgl. ebda., 32 ff.

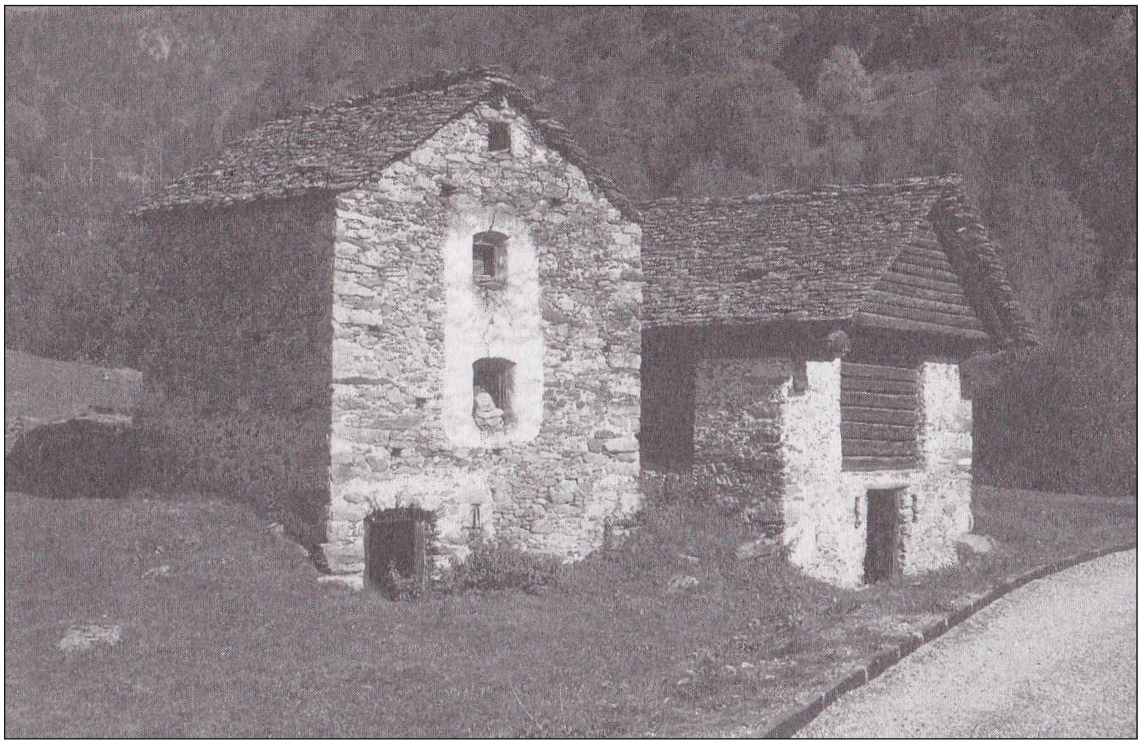


Abbildung 11: Maiensäss mit gemauertem Feuerhaus in Fusio, Schweiz, Fotografie 1968

Die Bewirtschaftung der *„Alp-Region“* erfolgte zwischen der natürlichen Waldgrenze und der Vegetationsgrenze. Einfache, aus Bruchsteinen gebaute und oftmals an Felsblöcken angelehnte Einraumhütten dienten den *„Älplern“* als Behausung sowie zur Milchverarbeitung. Ab dem 15. Jahrhundert kam es durch die steigende Produktion von hartem Vollfettkäse bei den bis dahin meist einräumigen Sennhütten zur Entwicklung von mehrräumigen Bauten, welche in Abhängigkeit der Produktions- sowie Organisationsform unterschiedlich stark ausgeprägt war. Durch Fortschreiten der Motorisierung, dem Bau von Erschließungsstraßen vom Tal bis hin zu den entlegenen Regionen der Alpen sowie durch den allgemeinen Strukturwandel in der Landwirtschaft kam es zu einer Veränderung in der klassischen Stufenwirtschaft.[30]

Waren um 1945 - 1950 in den meisten Tälern der Alpen praktisch alle landwirtschaftlichen Gebäude genutzt, stehen heute mehr als zwei Drittel leer, sind verfallen oder wurden einer anderen Nutzung zugeführt. Dies führte vor allem zur weitestgehenden Auflösung oder Umnutzung der mittig zwischen Tal- und Alpinregion gelegenen Wirtschaften.[31]

30 Vgl. ebda., 36 ff.
31 Vgl. ebda., 38.

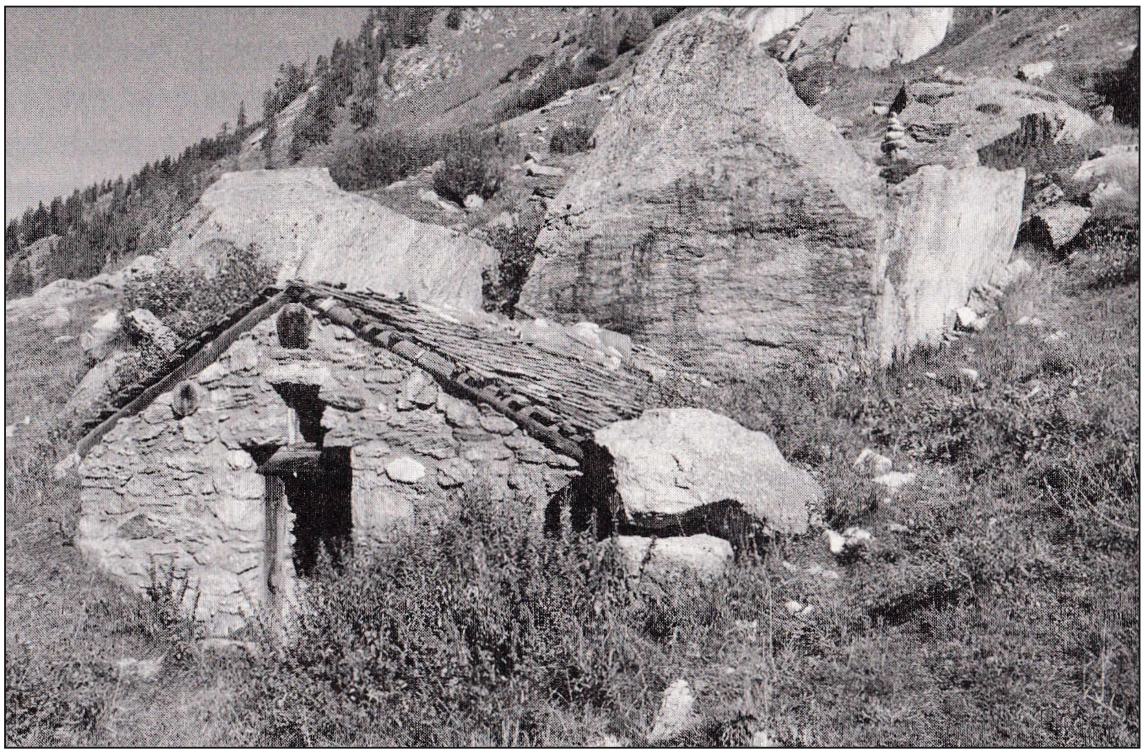


Abbildung 12: Einräumige Sennhütte in Bruchstein mit Steinplattendach in Ulrichen, Schweiz, um 1950

Zillertal

Im Tiroler Zillertal sind bis heute vereinzelte alte Bauernhöfe und Höfegruppen aus der Vergangenheit erhalten geblieben. In den Hochlagen sind die Form des Einhofes mit Wirtschafts- und Wohngebäude unter einem Dach, des Paar- oder Zwiehofes mit nebeneinanderstehenden Wohn- und Wirtschaftsgebäude unter getrennten Dächern sowie der Haufenhof mit unregelmäßig nebeneinander stehendem Stall, Wohnhaus und Nebengebäuden verbreitet. In den höchstgelegenen Regionen liegen die, zu den Höfen zugehörigen Almen und sogenannten „*Asten*“. Die Bewirtschaftung der Asten erfolgt im Unterschied zu den Almen auch in der kühleren Jahreszeit, weshalb diese über eine beheizbare Stube und primitive Stallungen, welche dem Vieh nachts einen geschützten Unterstand bieten, verfügen. Die Almen hingegen werden nur im Sommer bewirtschaftet, das Vieh verbleibt Tag und Nacht im Freien. [32]

In der Regel bestehen diese aus einfachen Hütten mit nur ein bis zwei Räumen und waren früher nicht beheizt, heute verfügen sie aber auch über eine Heizmöglichkeit. Durch die Lage vieler Almen im Hochgebirge bestehen sie großteils aus Stein, welcher vor Ort zur Verfügung stand. Bauholz musste, bedingt durch die Lage meist oberhalb der Baumgrenze, mühevoll nach oben transportiert werden, weshalb in der Vergangenheit nur selten Almen im hochalpinen Raum zur Gänze aus Holz errichtet wurden. [33]

32 Vgl. Pinzer/Pinzer 2001, 36-38.

33 Vgl. Abbildungen 13 und 14.



Abbildung 13: In Blockbauweise errichtete Almhütte im Zemmgrund, Zillertal, Fotografie um 1929



Abbildung 14: Almhütten in Steinbauweise, ehem. Hörbergeralm im Schleigeistal, Zillertal, Fotografie um 1929

„Der Holzbau hatte in den früheren Jahrhunderten größte Bedeutung.“ [35]

35 Caramelle/Pflanzer 1991, 40.

Im Tuxertal entwickelte sich mit dem „*Stiegenhaus*“ eine besondere Form des Hofes. Bedingt durch Hofteilungen kam es zu mehreren Besitzerfamilien, welche jeweils im Besitz eines Stockwerks waren. Zu den Wohnungen in den oberen Geschoßen gelangte man über außenliegende Freitreppen. Eine weitere Form, bei der die Trennung der Hausgemeinschaft auf dem selben Geschoß durch einen gemeinsam genutzten Flur erfolgt, wird „*Zwiesel*“ genannt. [34]

Die Bauweise der Bauernhöfe wurde durch Klima, Lage, Baumaterial und Lebensweise über einem Zeitraum von mehreren Jahrhunderten geprägt.[36]

Die Errichtung des Zillertaler Bauernhauses erfolgte meistens in einfacher Blockbauweise aus Fichten- oder in selteneren Fällen auch aus Lärchenholz. Lediglich Backofen, Wasch- und Brennhaus für die Schnapsherstellung bestanden aufgrund der Brandgefahr aus Mauerwerk. Auf der Höhe des Talbodens wurde ab dem 16. Jahrhundert vor allem in den Bergbaugebieten das Erdgeschoß der Höfe zur Gänze oder zum Teil gemauert. [37]

34 Vgl. Pinzer/Pinzer 2001, 37.

36 Vgl. ebda., 36.

37 Vgl. ebda., 37-38



Abbildung 15: Über 200 Jahre alter, zur Gänze in Holz errichteter Hof im Zillergrund, Zillertal



Abbildung 16: Bauernhaus in Brandberg, Zillertal



Abbildung 17: Bauernhof mit teilweise gemauertem Erdgeschoß am Anfang des Tuxertales, Fotografie um 1930



Abbildung 18: Bauernhöfe und Heustadel im Tuxertal, Fotografien um 1930

Diverse Formen der Holzbaukunst wurden im Zillertal in der detailreichen Gestaltung von Hausfassaden zahlreicher Bauernhöfe kunstvoll zum Ausdruck gebracht. Diese spiegeln ein hohes Maß an handwerklichem Können und Gefühl für harmonische Proportionen wieder. Das für das Tiroler Unterland charakteristische Glockentürmchen am First des Bauernhauses in Abbildung 20 kann im Zillertal zahlreich beobachtet werden.[38] Die Glocke am Turm hatte mehrere Funktionen: Sie wurde früher gleichmäßig, in einer ruhigen Art geläutet, wenn man die Hausleute von der Feldarbeit zum Essen oder aber die Kinder vom Spielen Heimrufen wollte. Das Ertönen der Glocke konnte auch - je nachdem wie intensiv geläutet wurde - als Alarm bei Bränden, Unglücken oder anderen Notständen verwendet werden. [39]

Neben Bauwerken für landwirtschaftliche Zwecke entstanden in früheren Jahrhunderten in hochalpinen Regionen der Alpen auch Unterkunftshütten für die Jagd von Gämsen, Steinböcken, Bären und anderen Wildtieren. Gegen Ende des 17. Jahrhunderts ist beispielsweise der Bau eines Jagdhauses im Floitengrund im Zillertal verzeichnet, welches im Auftrag des Erzbischofs Johann Ernst von Salzburg errichtet wurde. [40]

38 Vgl. ebda., 37-38.

39 Vgl. Holzdirekt Montagen und Vertriebs GmbH o. J., o. S.

40 Vgl. Klier 2013, 14-15.



Abbildung 19: Detailansichten eines Bauernhofes in Stumm, Zillertal



Abbildung 20: Typischer Zillertaler Bauernhof mit Glockenturm am Bruckerberg

Wandel hin zum Tourismus

„Die Zeit nach 1945 brachte in den Alpen nachhaltige wirtschaftliche und gesellschaftliche Veränderungen." [41] Durch den Bau zahlreicher touristischer Anlagen, Straßen und Stauseeprojekten kam es in einzelnen Tälern zu Betriebsschließungen, Umnutzungen oder Abwanderungen. Andere Gegenden hingegen profitierten davon und es kam zu einem wirtschaftlichen Aufschwung. Die Liberalisierung der Agrarmärkte führte zu Rationalisierungen und Zusammenlegungen von landwirtschaftlichen Betrieben und dadurch zu großen Leerständen bei landwirtschaftlichen Bauten. Ab den 1970er-Jahren, besonders ab dem Jahr 2000, entstehen in den Alpen diverse touristische Großprojekte und sogenannte „*Holiday-Resorts*". Am meisten können dieses Potential große Wintersportorte in den Alpentälern ausschöpfen, welche mittlerweile schon als verstädterte Dörfer mit Agglomerationsgürtel bezeichnet werden können und vollkommen neue Formen und Dimensionen in die alpine Landschaft einbringen. Während heute neu errichtete Bauwerke für den Tourismus oftmals von renommierten Architekturbüros geplant und ausgeführt werden, folgen landwirtschaftliche Bauten, größtenteils mit knappen Budget errichtet, häufig einer diktierten „*Baumeisterarchitektur*". In Zukunft wäre eine Baukultur wünschenswert, welche ansprechende Architektur, nachhaltiges Energiemanagement sowie den Einsatz ortsüblicher Materialen vereint und zu leistbaren Preisen auch für die einheimische Bevölkerung realisierbar ist. [42]

41 Furrer 2011, 45.

42 Vgl. ebda., 45-46.



Abbildung 21: Schlegeisspeicher im hinteren Zillertal auf 1782 Metern Seehöhe | Eigene Aufnahme 04.08.2015



Abbildung 22: Mayrhofen im Zillertal gilt als typischer Wintersportort im Alpenraum

Alpinismus und Hüttenbau

Eine der ersten nennenswerten Erstbesteigungen in den Alpen fand bereits 1786 auf dem Mont Blanc statt. Fortan schenkten sowohl Wissenschaftler als auch Abenteurer sowie Künstler der Besteigung der Alpen immer mehr Aufmerksamkeit. Der größte Berg Österreichs, der Großglockner, konnte im Jahr 1800 zum ersten Mal erklommen werden.[43] Mit den Zielen, das Interesse zu den Alpen zu steigern, die Besteigung derer zu vereinfachen und Wissen darüber zu lehren, wurde 1862 der Österreichische Alpenverein in der Akademie der Wissenschaften Wien gegründet.[44] Der Österreichische Alpenverein ist somit der älteste alpine Verein Kontinentaleuropas. Da sich der „*wissenschaftlich-publizistische*“ Verein auf Forschung, Erstellung von Karten sowie Fotografien und der Verbreitung all jener Ergebnisse konzentrierte, wurde die ausbleibende Leistung direkt in den Alpen hart kritisiert.[45] 1871 erfolgte die Gründung der „*Sektion Zillertal*“ zusammen durch den Deutschen und Österreichischen Alpenverein[46], welche zwei Jahre später fusionierten. Die autarken Sektionen begannen Wege und Hütten zu bauen. Diese vereinzelten Gebäude weit oberhalb von allen Siedlungen dienten ausschließlich dem Beobachten und Forschen im Gebirge, wie

43 Vgl. Österreichischer Alpenverein 2012, o. S.

44 Vgl. Österreichischer Alpenverein o. J., o. S.

45 Vgl. Österreichischer Alpenverein 2012, o. S

46 Vgl. Reiter 1991, 86.



Abbildung 23: Großglockner und Pasterze, Aquarell von Karoly Libay 1860

auch dem Besteigen der höchsten Gipfel der Alpen, wohingegen die Nutzung der bislang errichteten Behausungen in höheren Lagen beispielsweise der Viehwirtschaft zu Gute kam.[47] Meist wurden Alpenvereinshütten so positioniert, dass sie von Bahnstationen zu Fuß an einem Tag erreicht werden konnten, um am darauffolgenden Tag die Besteigung des Gipfels zu ermöglichen. Während die Übernachtung zur Besteigung des Gipfels in unserer Zeit nur noch in seltneren Fällen eine notwendige Rolle trägt, schützen die Hütten auch heute noch vor Gewittern und anderen Naturgewalten. Aufgrund dieser Aufgabe wird auch von „*Schutzhütten*" gesprochen.[48] In den ersten 50 Jahren errichteten die Sektionen über 300 Alpenvereinshütten.[49]

Die Berliner Hütte, eine der bis heute größten Schutzhütten in den Alpen, wurde im Jahr 1879 im hinteren Zillertal errichtet und bis 1911 mit mehreren Zu- und Umbauten versehen. Heute wird Platz für insgesamt 200 Gäste geboten. Die Hütte weist neben dem Baujahr und ihrer enormen Größe mit Raumhöhen von bis zu 5 Metern im prunkvollen Speisesaal, auch noch weitere Besonderheiten auf. Zur Ausstattung zählen ein Damensalon, welcher typisch für die Zillertaler Handwerkskunst ist, ein eigenes Postamt, eine Schuhmacherwerkstatt sowie die erste Telefonleitung in diesem Bereich des Zillertals. All diese Errungenschaften zeugen von der Einzigartigkeit dieser Alpenvereinshütte. So wurde sie 1997 unter Denkmalschutz gestellt.[50]

47 Vgl. Scharfe 2016, 14.

48 Vgl. Hallama 2016, 121.

49 Vgl. Österreichischer Alpenverein 2012, o. S.

50 Vgl. Bürgler o. J., o. S.



Abbildung 24: Historische Aufnahme der Berliner Hütte um 1930



Abbildung 25: Prunkvoller Speisesaal mit 5 Metern Raumhöhe



Abbildung 26: Auf dieser aktuellen Aufnahme der Berliner Hütte sind die zeitlich unterschiedlichen Bauphasen deutlich zu erkennen. Die Hütte markiert heute den Start- und Zielpunkt des Berliner Höhenweges im Zillertal.

Bauen im Permafrost

Unter *„Alpinem Permafrost“* oder auch *„Gebirgspermafrost“* wird im Alpenraum gefrorenes Bodenmaterial verstanden, in welchem ganzjährig Temperaturen unter dem Gefrierpunkt herrschen. Oberhalb von 2200 Metern Seehöhe besteht in den Alpen die Möglichkeit, dass Permafrost in Abhängigkeit von der Hanglage und Exposition des Gebietes auftreten kann. Dabei spielen die Topographie, die Lufttemperatur, die Sonneneinstrahlung, die Schneedecke sowie die Geologie, Hydrologie und die Oberflächenbeschaffenheit des Bodens eine wichtige Rolle. Die Permafrosttemperaturen liegen im alpinen Raum meist zwischen minus Drei und Null Grad Celsius, wobei in Felswänden im Hochgebirge in exponierter Lage auch tiefere Temperaturen möglich sein können.[51] Als bauliche Maßnahmen kann der Untergrund vor Erwärmung durch das Bauwerk geschützt werden. Ein ausreichend großer Luftraum zwischen dem warmen Gebäude und dem Baugrund ermöglicht eine freie Luftzirkulation und verringert somit die Gefahr von auftretenden Setzungen. Ein Bauverfahren, welches den bestehenden Permafrost erhält, beabsichtigt dabei die Mächtigkeit der oberflächlichen Auftauschicht nicht zu verändern.[52] In Abbildung 29 sind einige Permafrost erhaltende Bauverfahren schematisch dargestellt.

51 Vgl. Bommer 2009, 17 ff.

52 Vgl. ebda., 110 ff.

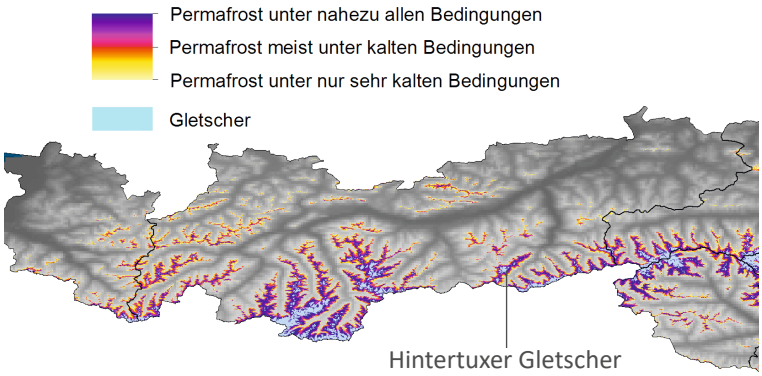


Abbildung 27: Permafrostvorkommen in Österreich

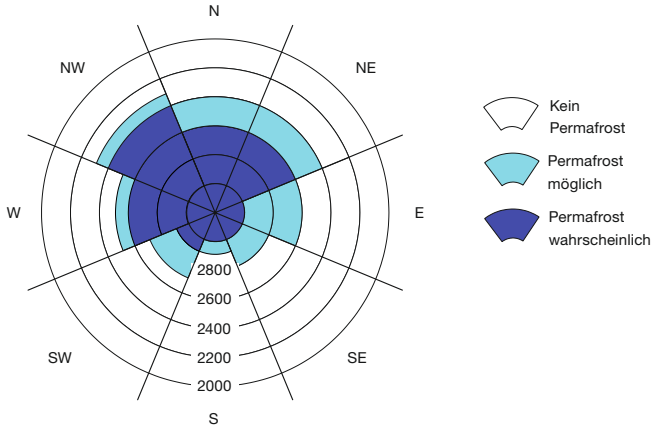


Abbildung 28: Diagramm zur Abschätzung des Permafrostvorkommens in Hanglagen als Funktion der Meereshöhe und Exposition

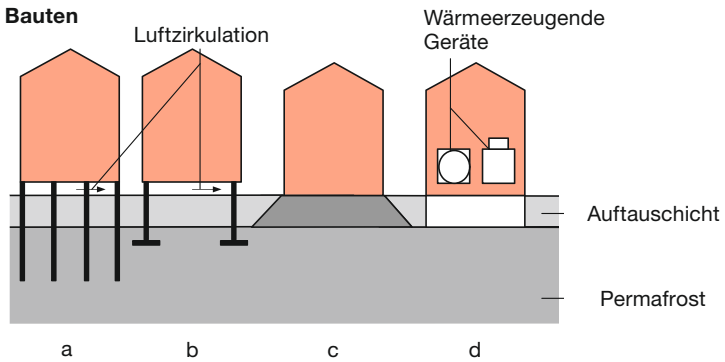


Abbildung 29: Schematische Darstellung verschiedener Permafrost erhaltender Bauverfahren. Das Bauwerk wird a) erhöht durch Pfähle, b) erhöht durch Einzelfundationen, c) auf Schüttung fundiert (Bodenaustausch), d) unterkellert (ungenutzter, kalter Keller ohne wärmeerzeugende Geräte)

Referenzprojekte

Olpererhütte

Standort: Zillertal, Tirol | 2.388 m

Architektur: Hermann Kaufmann ZT GmbH

Bauherr: Deutscher Alpenverein (DAV)

Nutzung: DAV-Schutzhütte

Baujahr: 2007

Bauweise: Holzmassivbau | Brettsperrholz 14-17 cm

Besonderheiten: hochalpine, autarke Lage | Erreichbarkeit nur über Hubschrauberflüge gegeben | Ersatzbau der ersten, 1881 errichteten, baufällig gewordenen Schutzhütte | 913 Transportflüge waren für die Errichtung notwendig | Low-Tech Konzept: Nutzung des Bauwerks nur im Sommer, daher Verzicht auf eine zusätzliche Wärmedämmung der Außenwände sowie aufwendiger Gebäudetechnik; zusätlicher wärmegedämmter Winterraum als eigenständiger Baukörper | Wärmeversorgung durch einen Holzofen sowie durch die Abwärme der rapsölbetriebenen Kraft-Wärmekupplung der Abwasserreinigung | vollbiologische Kleinkläranlage mit Membranfiltration bis zu einer wiederverwendbaren, hygienisierten Brauchwasserqualität | beinahe energieautark[53]

53 Vgl. Binderholz Bausysteme GmbH 2014, 1 ff.

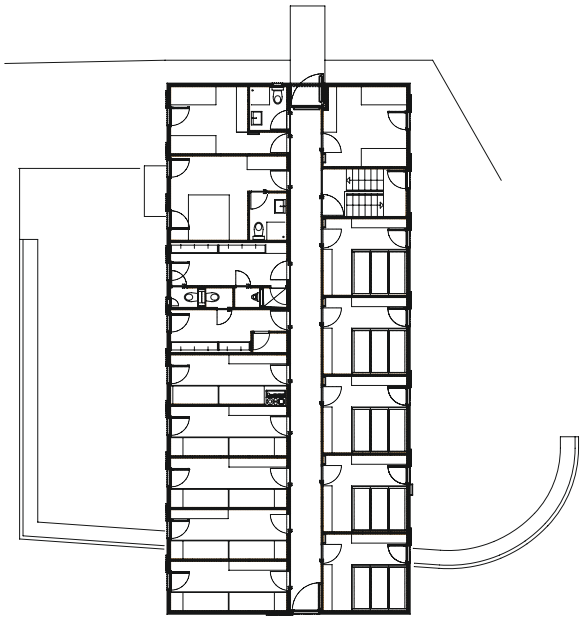


Abbildung 30: Grundriss Obergeschoß, maßstabslos

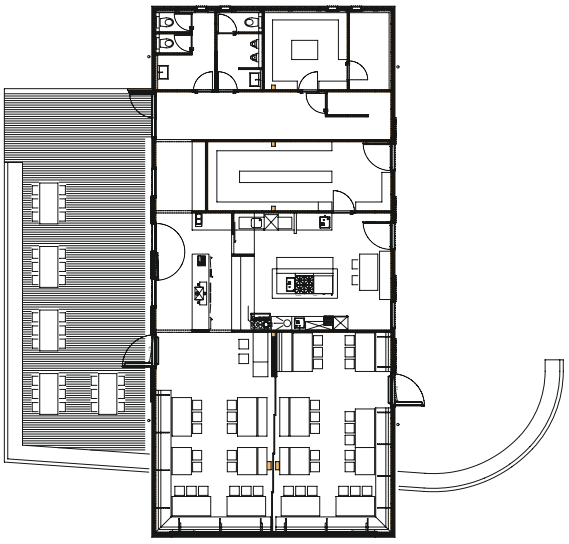


Abbildung 31: Grundriss Erdgeschoß, maßstabslos



Abbildung 32: Blick Richtung Olpererhütte | Eigene Aufnahme 2015









Abbildung 33: Visualisierung des Innenraumes, Aufnahmen während der Bauphase und fertige Hütte

ICE Q

Standort: Sölden, Tirol | 3.048 m

Architektur: Architekturbüro Obermoser arch-omo zt gmbh

Bauherr: Ötztaler Gletscherbahn GmbH & Co KG

Nutzung: Hotel und Gastronomie mit 100 Sitzplätzen

Planung: 2012-2013

Ausführung: 2013

Bauweise: Hybridkonstruktion aus Stahlbeton, Stahl und Brettsperrholz

Umbauter Raum: 4.492 m³

Nutzfläche: 900 m²

Besonderheiten: hochalpine Lage unmittelbar neben der Bergstation der Gaislachkogel-Bahnen | rundum verglastes Bauwerk, erinnert an gestapelte Eisblöcke | Aussichtsplattform am Dach | errichtet auf Permafrostboden, Gründung auf drei höhenverstellbaren, hinterlüfteten Einzelfundamenten zur Nachjustierung des Gebäudes beim Auftreten von Setzungen[54]

54 Vgl. aut. architektur und tirol 2015, o. S.



Abbildung 34: Außenaufnahmen und Restaurantbereich im Erdgeschoß



Abbildung 35: Bergrestaurant ICE Q am Gaislachkogel in Sölden| Eigene Aufnahme 17.03.2017

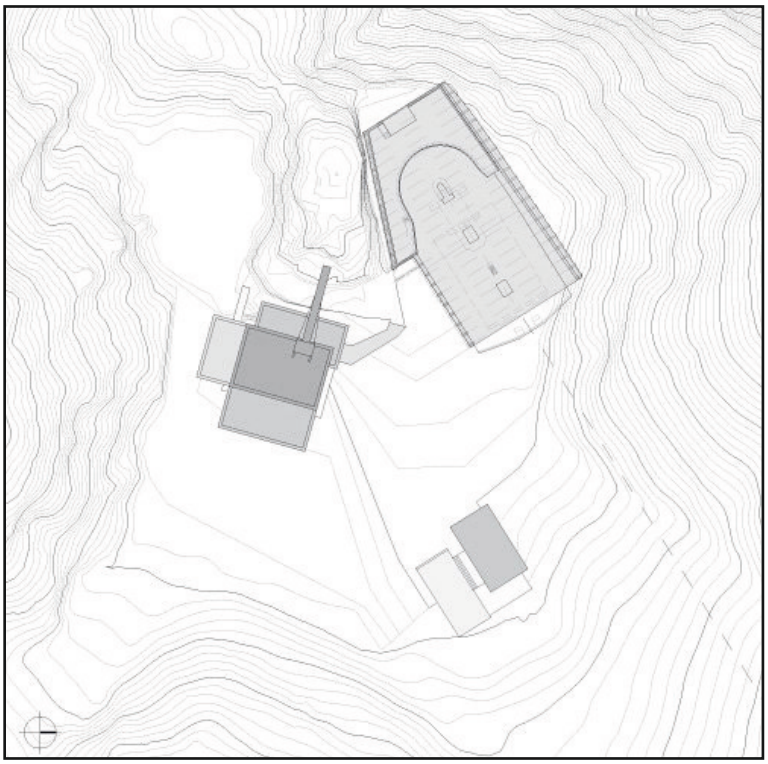


Abbildung 36: Lageplan | maßstabslos

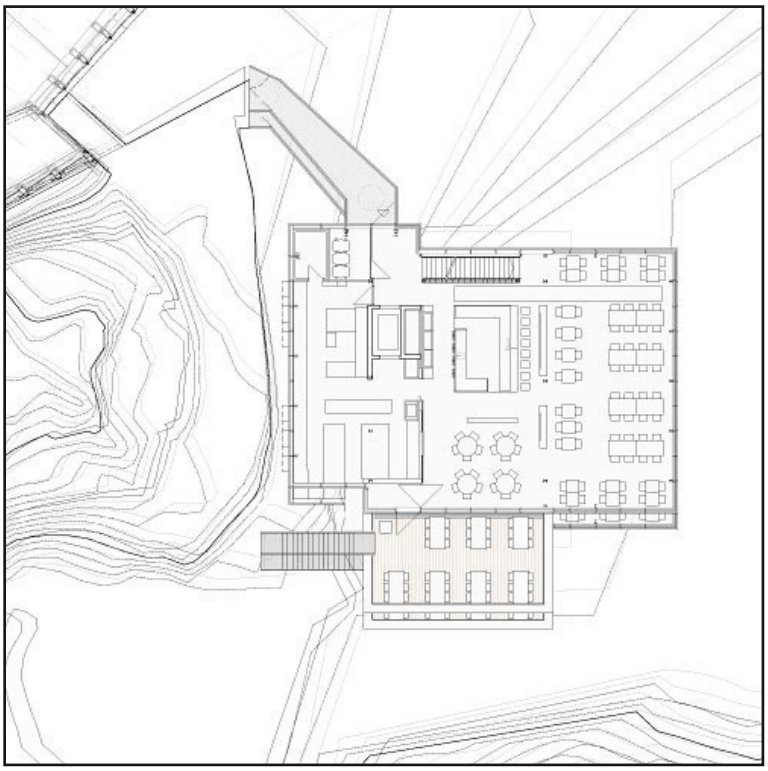


Abbildung 37: Grundriss Erdgeschoß, Restaurantebene | maßstabslos

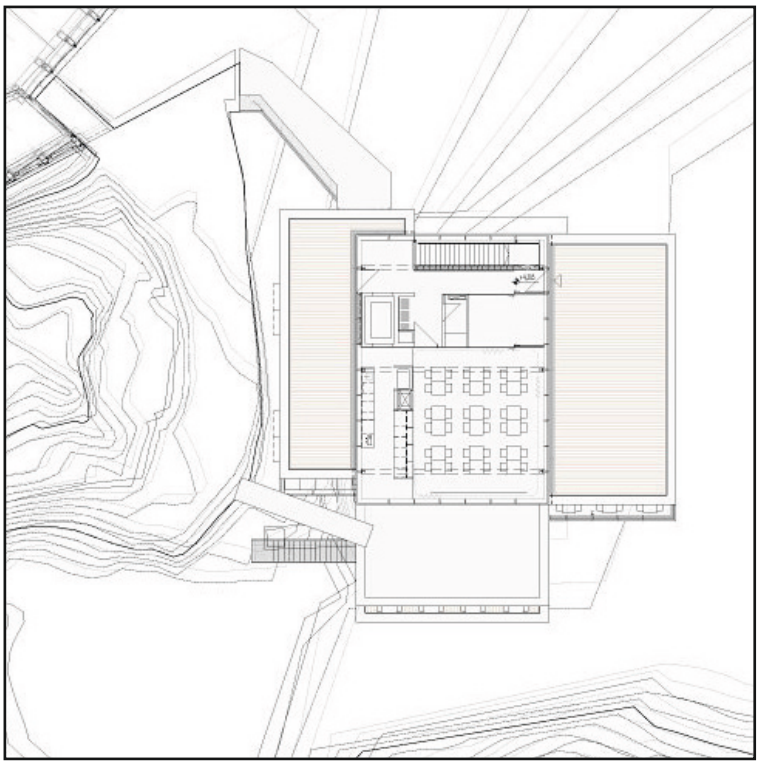


Abbildung 38: Grundriss Obergeschoß, Loungeebene | maßstabslos

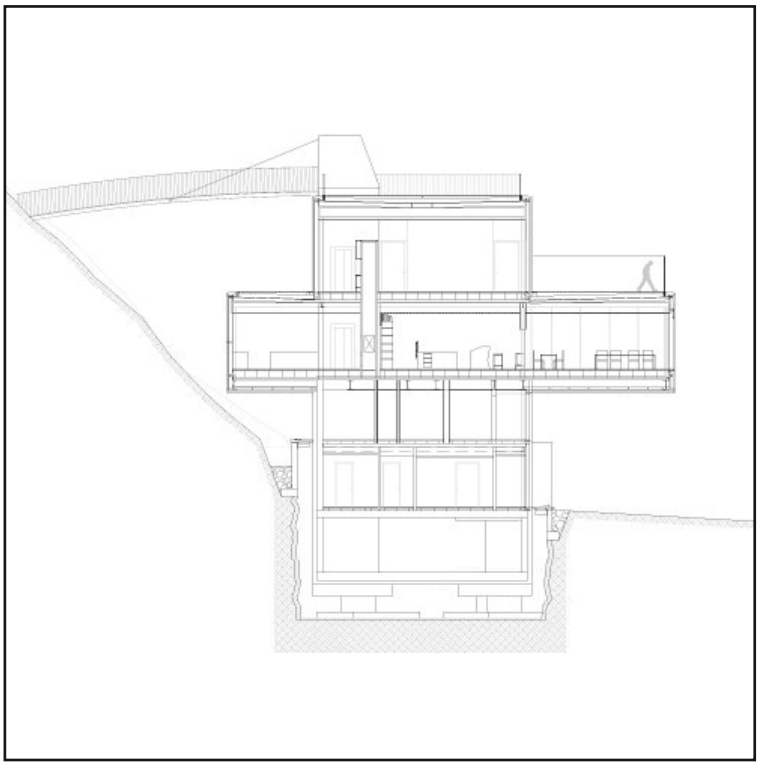


Abbildung 39: Schnitt | maßstabslos

Neue Monte Rosa Hütte

Standort: Zermatt, Schweiz | 2.883 m

Architektur: Bearth & Deplazes, Studio Monte Rosa ETH Zürich

Bauherr: Schweizer Alpenclub (SAC), Sektion Monte Rosa

Nutzung: SAC-Schutzhütte, 120 Schlafplätze

Planung: 2003-2009

Ausführung: 2009

Bauweise: Holzelementbauweise, Einzelfundamente aus Beton, Montagetisch aus Stahl

Umbauter Raum: 3.699 m³

Nutzfläche: 698 m²

Besonderheiten: hochalpine, autarke Lage | Ersatzbau der alten, baufälligen Hütte | nur über Hubschrauberflüge erreichbar | für die Errichtung waren rund 3000 Transportflüge notwendig | vollständige Vorfertigung der Bauteile | überwachtes Forschungsobjekt der ETH Zürich | Selbstversorgung durch das Gebäudesystem mit einem Autarkiegrad von bis zu 90% | Wasserspeicher in einer Felskaverne mit 200 m³ Volumen[55]

55 Vgl. Lauber IWISA AG 2009, 1-11.

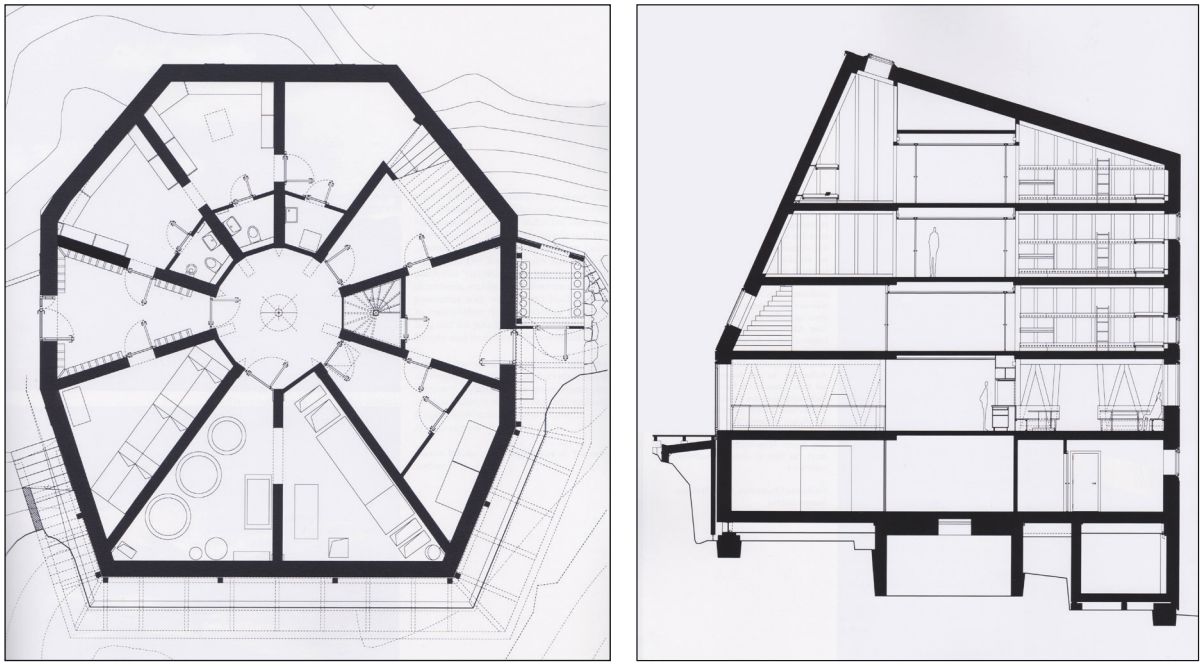


Abbildung 40: Grundriss Erdgeschoß und Schnitt | maßstabslos



Abbildung 41: Außenaufnahmen der Neuen Monte Rosa Hütte, komplett in Holz gehaltener Innenraum und Errichtung der Hütte mittels Helikopter



Abbildung 42: Hintertuxer Gletscher, Blick von der Gefrorenen Wand [3250 m] in Richtung Olperer [3476 m]



HINTERTUXER GLETSCHER

Einführung

Zillertal

Oftmals als *„das größte Ski- und Erlebnistal der Welt“* bezeichnet, ist das Zillertal weit über seine Grenzen hinaus bekannt.[56] Als breitestes, fruchtbarstes und bedeutendstes Seitental des Tiroler Inntales[57] liegt es mit einer Gesamtfläche von 1098 km² rund 40 km östlich von Innsbruck und erstreckt sich über eine Länge von 32 km von Strass im Zillertal Richtung Süden bis nach Mayrhofen, wo es sich in vier *„Gründe“* teilt.[58] Die Bezeichnung der vier Quelltäler Zillergrund, Stillupgrund, Zemmgrund und Tuxergrund als *„innere Gründe“* stammt aus vergangener Zeit, da sie früher weitestgehend unbewohnt waren und lediglich dem Vieh als sommerlicher Weidegrund dienten. Zum Teil trifft dies auch heute noch zu.[59]

Das Zillertal erhebt sich von 500 m Seehöhe im Norden bis zum 3510 m hohen Gipfel des Hochfeilers im Süden.[60] Mit rund 34.000 Einwohnern und jährlich über 7 Millionen Nächtigungen von Gästen aus der ganzen Welt gilt es als wichtige Tourismusregion Österreichs.[61]

56 Vgl. Zillertal Tourismus GmbH 2017, schriftliche Mitteilung vom 02.10.2017.

57 Vgl. Pinzer/Pinzer 2001, 9.

58 Vgl. SNS-TIROL a o. J., o. S.

59 Vgl. Pinzer/Pinzer 2001, 10-11.

60 Vgl. Abbildung 47.

61 Vgl. Zillertal Tourismus GmbH 2017, schriftliche Mitteilung vom 02.10.2017.



Abbildung 43: Übersichtskarte zur geographischen Lage des Zillertals



Abbildung 44: Sommer im Zillertal



Abbildung 45: Winter im Zillertal



Abbildung 46: Das Zillertal auf einem Ausschnitt aus der historischen Tirol-Karte von Peter Anich und Blasius Hueber, 1774 | Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum

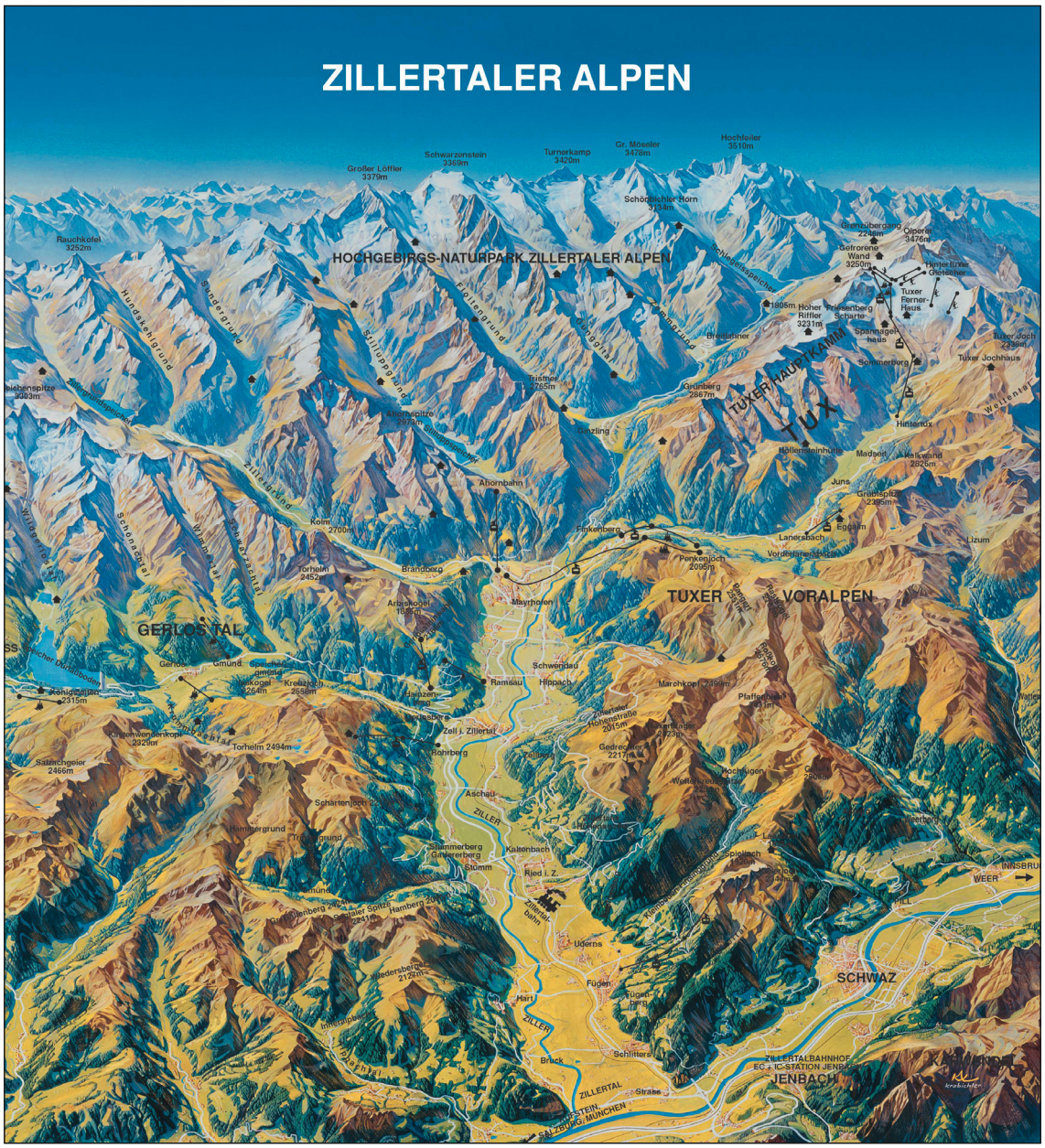


Abbildung 47: Karte des Zillertals mit Seitentälern und Gebirgszügen, Blickrichtung Süden. In der Bildmitte liegt das Zillertal, welches von Norden nach Süden verläuft. Im rechten, unteren Bildteil ist ein Teil des Unterinntals abgebildet. Im oberen Teil sind von links nach rechts die vier inneren Gründe des Zillertals, der Zillergrund, der Stillupgrund, der Zemmgrund mit weiteren Seitentälern sowie der Tuxergrund zu erkennen. Rechts oben im Bild befindet sich der Hintertuxer Gletscher am Ende des Tuxergrundes.

Tuxertal

Das Tuxertal, auch „*Tuxergrund*“ genannt[62], stellt mit einer Gesamtlänge von 17 km das größte Seitental des Zillertals dar und ist mit rund 5000 Einwohnern[63] am dichtesten besiedelt. Sommer wie Winter gilt es als viel geschätztes Fremdenverkehrsgebiet.[64] Der Hintertuxer Gletscher befindet sich am südlichen Ende des Tuxertales, weshalb das Tal auch den Beinamen „*Das grüne Gletschertal*“ trägt.[65] Auf 1500 m Seehöhe am Talschluss gelegen befindet sich der Ort Hintertux, von wo aus der Hintertuxer Gletscher durch mehrere Seilbahnen erschlossen wird.[66] Die Geislerhöfe auf dem Gemeindegebiet von Tux liegen auf einer Höhe von 1630 m und gelten als die höchstgelegenen Bauernhöfe des Zillertals. Die höchsten Gipfel der Gemeinde sind der Olperer [3476 m], die Gefrorene Wand [3288 m] und der Hohe Riffler [3231 m].[67] In Hintertux liegt auch das höchste Thermalbad Europas mit 22 Quellen mit einer Temperatur von bis zu 22,0 Grad Celsius, welche südlich des gletscherwasserführenden Tuxbaches an die Oberfläche treten. Die unter Denkmalschutz stehende Spannagelhöhle nahe der Bergstation der zweiten Sektion der Gletscherbahnen, gilt mit einer bis heute vermessenen Länge von über 10 km, als die größte Naturhöhle der Zentralalpen. Die ersten rund 500 Meter der Höhle sind ganzjährig durch geführte Touren zu erkunden.[68]

62 Vgl. Pinzer/Pinzer 2001, 234 f.
63 Vgl. SNS-TIROL b o. J., o. S.
64 Vgl. Klier 2013, 27.
65 Vgl. SNS-TIROL b o. J., o. S.
66 Vgl. Pinzer/Pinzer 2001, 246-250.
67 Vgl. ebda., 240 f.
68 Vgl. ebda., 248-249.



Abbildung 48: Blick vom Tuxertal in Richtung Hintertuxer Gletscher



Abbildung 49: Schifahren am Hintertuxer Gletscher

Schigebiet am Hintertuxer Gletscher

Die größten Gletschergebiete Österreichs liegen in den Stubaier, Ötztaler und Zillertaler Alpen sowie auf dem Gebiet der Hohen Tauern. Häufig tragen die Gletscher im Osten Tirols bis hin zum Zillertal die Bezeichnung „*Ferner*“, westlich davon werden sie „*Kees*“ genannt. Das Pasterzen Kees am Großglockner in Salzburg gilt mit einer Fläche von rund 18,5 km² als größter Gletscher im Land.[70] Österreichweit findet man rund 840 nahezu unberührte Gletscher, auf insgesamt acht davon wird Gletscherskifahren angeboten, wovon sich fünf Gebiete in Tirol befinden.[71] Nur der Hintertuxer Gletscher ist von den fünf Tiroler Gletscherschigebieten heute noch ganzjährig in Betrieb.[72] Das Schigebiet am „*Tuxer Ferner*“ ist somit das einzige Ganzjahresschigebiet Österreichs, welches 365 Tage im Jahr geöffnet hat und damit auch Schifahren im Sommer ermöglicht.[73]

70 Vgl. Alean 2010, 22.

71 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG o. J. a, o. S.

72 Vgl. Scharr/Steinicke (Hg.) 2011, 17.

73 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG 2014, 12.



„Hintertuxer Gletscher ist die touristische Bezeichnung des Gefrorene-Wand-Keeses (auch Tuxer Ferner genannt) sowie des benachbarten Riepenkeeses im Hintergrund des Tuxertals.“ [69]

69 Reiter 2011, 158.

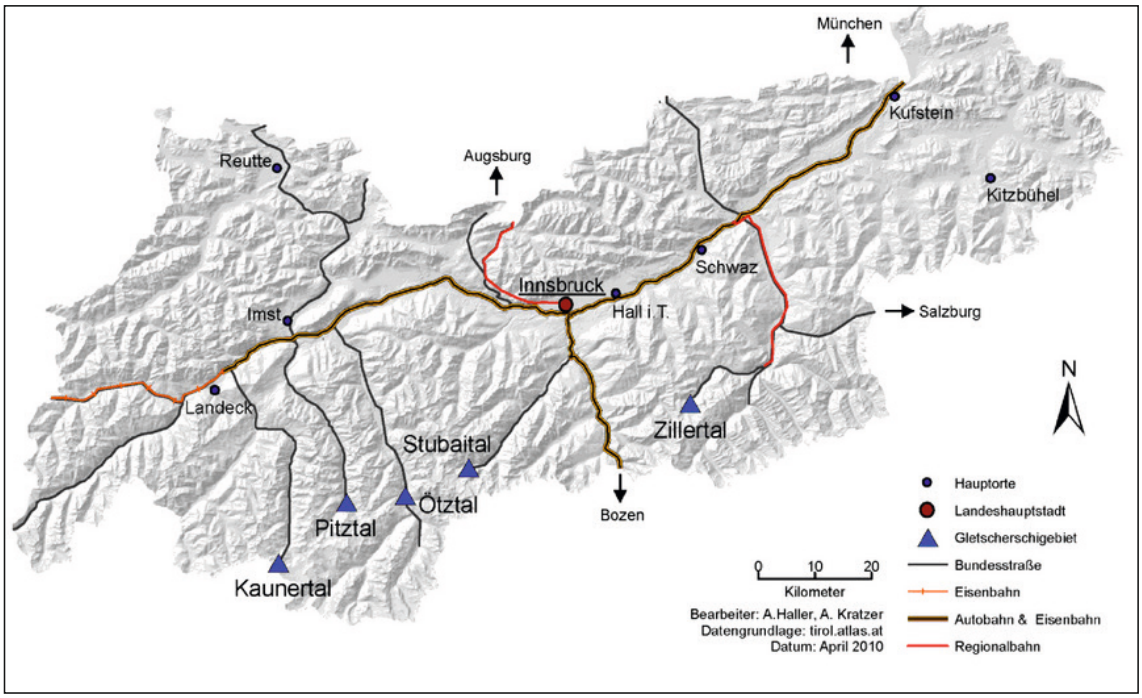


Abbildung 50: Übersicht der Gletscherschigebiete in Tirol

Bereits 1949 gründeten 8 Hintertuxer gemeinsam mit ihrem privaten Kapital die *„Schiliftgesellschaft Hintertux“* und errichteten den ersten Sessellift. Dieser bestand noch aus einfachen Holzstützen und wurde mit einem Dieselmotor eines alten Panzers betrieben. 1964 erfolgte die Gründung der *„Hintertuxer Gletscherbahn GmbH & Co KG“*. 1968 erfolgte der Bau des längste Sesselliftes Österreichs mit 2,5 km Länge von der Sommerbergalm bis zum Rand des Hintertuxer Gletschers auf 2660 Meter errichtet. Damit wurde der Grundstein für die spätere Erschließung des Gletscherschigebietes gelegt. In den folgenden Jahren wurden zahlreiche Pionierleistungen auf dem Gebiet des Seilbahnbaus getätigt. 1969 wurden erstmals in Tirol Schlepplifte auf dem sich ständig in Bewegung befindlichen Gletschereis errichtet. Diese führten bereits hinauf bis zum höchsten Punkt der *„Gefrorenen Wand“* auf 3250 Meter. Jedoch musste der erste Schlepplift Richtung Olperer aufgrund der extremen Fließgeschwindigkeit des Gletschers von 55 Meter pro Jahr wieder abgetragen werden, da es vorkam, dass Liftseile gerissen und ganze Stützen in Gletscherspalten gestürzt sind. 1971 folgte mit dem Bau des *„Einsesselliftes Gefrorene Wand“* der erste Sessellift der Welt mit Stützen auf Gletschereis. Die eigens dafür entwickelte Technik bildet bis heute das Fundament für den Bau von Gletscherliften im gesamten Alpenraum.

Im Bereich des Liftes wurde der Hintertuxer Gletscher schon damals zum Ganzjahresschigebiet. Mit dem *„3er-Sessellift Schlegeis“* wurde 1987 die Südseite des Gletschers, das *„große Riepenkees“* erschlossen.[74]

Von Hintertux [1500 m] führen heute eine Einseilumlaufbahn sowie eine Doppel-einseilumlaufbahn [Gletscherbus 1] zur Sommerbergalm [2100 m]. Von dort führen eine weitere Einseilumlaufbahn sowie eine weitere Doppeleinseilumlaufbahn [Gletscherbus 2] bis zum *„Tuxer Fernerhaus“* [2660 m]. Den höchsten Punkt, die *„Gefrorene Wand“* [3250 m], erreicht man anschließend mit einer weiteren Doppeleinseilumlaufbahn [Gletscherbus 3].[75]

Hervorzuheben ist, dass der sogenannte *„Gletscherbuss“* über drei Sektionen einen barrierefreien Aufstieg bis zum obersten Bereich des Schigebiets auf 3250 m Seehöhe ermöglicht.[76]

In Abbildung 53 im mittleren Bildteil befindet sich der Hintertuxer Gletscher, welcher das *„Große Riepenkees“* und den *„Tuxer Ferner“* umfasst. Nördlich davon liegt der Ort Hintertux. Südlich des Gletscherschiegebiets schließt der *„Hochgebirgs-Naturpark Zillertaler Alpen“* an [grüne Umrandung].[77]

74 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG 2014, 18 ff.
75 Vgl. Abbildungen 53 und 54.
76 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG o. J. b, o. S.
77 Vgl. Abbildung 53.

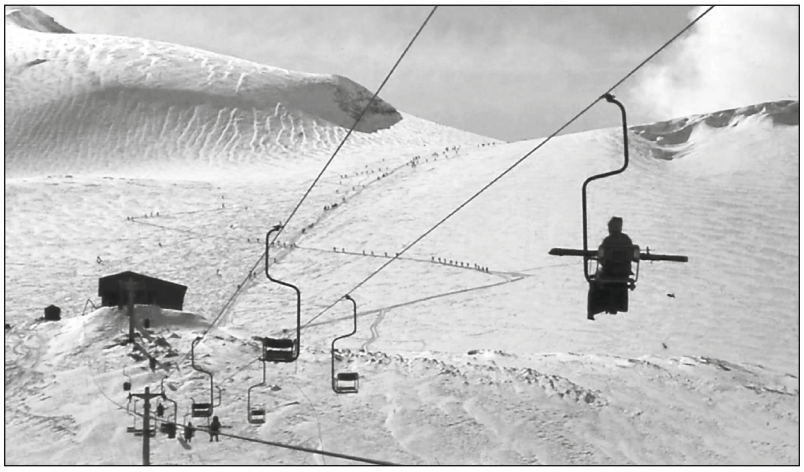


Abbildung 51: Längster Sessellift Österreichs 1968



Abbildung 52: Herbstschilauf am „Kaserer Kees“ im Jahr 1978



Abbildung 53: Kartenausschnitt der Zillertaler Alpen, genordet, ohne Maßstab

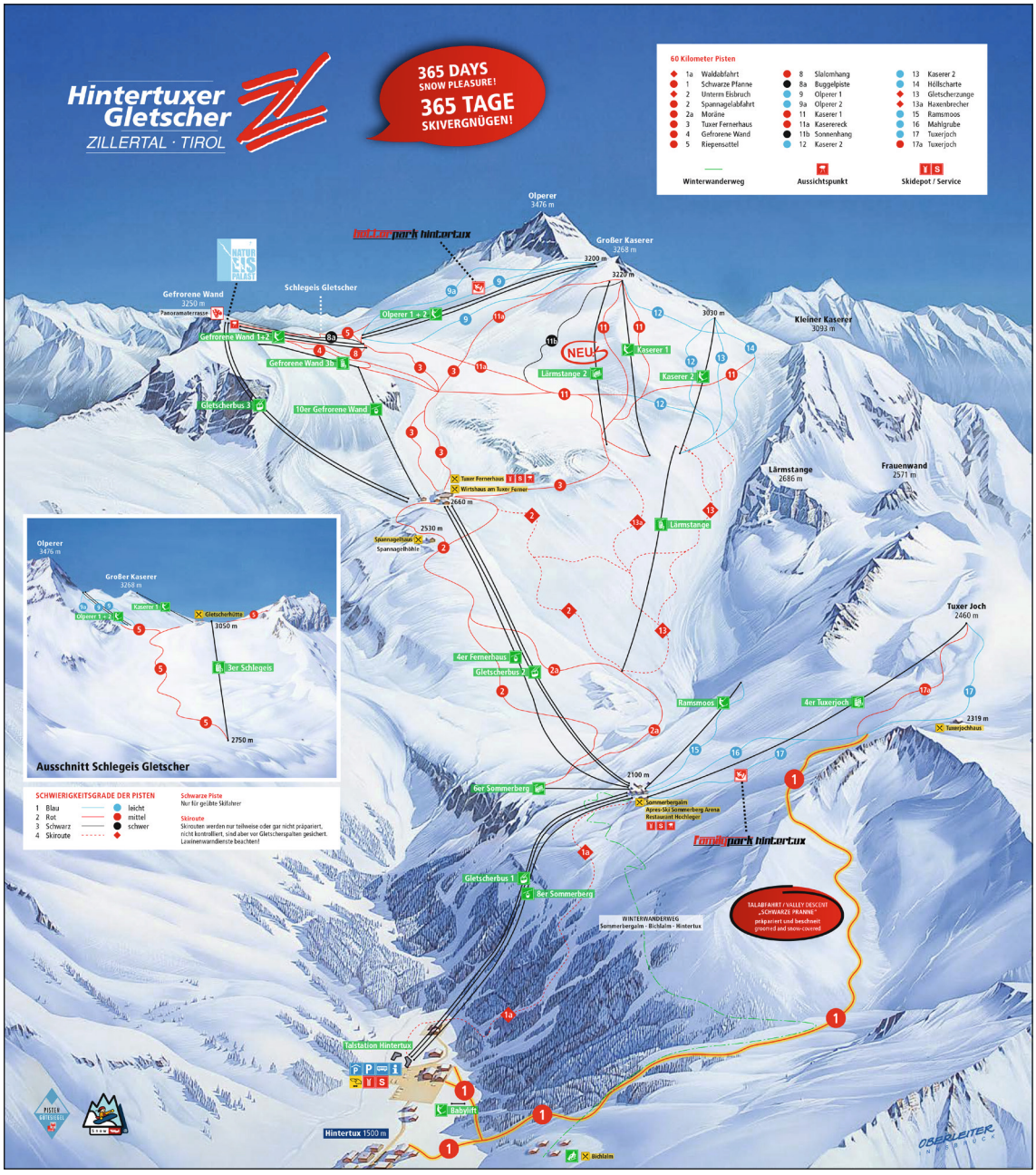


Abbildung 54: Pistenplan Gletscherschiegebiet am Hintertuxer Gletscher

Entstehung des Gletschers

„Der Hintertuxer Gletscher existiert wahrscheinlich schon mehr als zwei Millionen Jahre.“ [78]

Das Gefrorene Wand Kees und das Große Riepenkees erstrecken sich heute über eine Fläche von circa 6,3 km² mit einem Eisvolumen von rund 190 Millionen Kubikmetern, das 171 Milliarden Liter gefrorenem Wasser entspricht. Das Eis wird auf ein Alter zwischen 500 und 1000 Jahren geschätzt. Mit einer Länge von 4,1 km, gemessen von der Gefrorenen Wand [3250 m] bis zum Tuxer Fernerhaus [2660 m], weist der Gletscher eine maximale Dicke von bis zu 120 m auf. [79]

Im Laufe der Geschichte gab es immer wieder kältere und wärmere Zeitabschnitte, welche der Gletscher durchlebte. In sehr kalten Eiszeiten bestand eine Verbindung des Hintertuxer Gletschers zu anderen Nachbargletschern und die Eismassen reichten bis ins Alpenvorland und formten so die Topografie des Zillertals, bis das Tal vor rund 11000 Jahren wieder eisfrei wurde. Seither wies der Hintertuxer Gletscher durchschnittlich die heutige Größe auf. Ein Absinken der Durchschnittstemperaturen in Europa um circa zwei Grad Celsius am Anfang des 17. Jahrhunderts ließ auch die Zillertaler Gletscher wieder wachsen, was für die Einwohner mit viel Leid und Anstren-

78 Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG 2014, 64.

79 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG o. J. a, o. S.



Abbildung 55: Aufnahmen des Hintertuxer Gletschers um 1930

gung verbunden war, da es zu geringeren Ernten kam und bestimmte Pflanzenarten in großen Höhen nicht mehr wachsen konnten. Zahlreiche, seit Jahrtausenden bewirtschaftete Almen wurden von Gletschern überrollt und mussten aufgegeben werden.[80]

Um 1850 erwärmte sich die Erde wieder und die Eisflächen zogen sich allmählich zurück, wie schon so oft zuvor in der Vergangenheit. Heute zeugen die eindrucksvollen Moränen unterhalb des Tuxer Fernerhauses von den Bewegungen der Eismassen, welche das Tuxertal immer wieder neu gestalten. [81]

80 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG 2014, 64 ff.
81 Vgl. ebda., 66.

Entstehung von Gletschereis

Im obersten Teil eines Gletschers befindet sich das Akkumulations- oder Nährgebiet, wo das Gletschereis entsteht. Der **Schnee,** der im Winter auf den Gletscher fällt, überdauert zum Teil auch die warmen Sommermonate, in denen sogar häufig noch weiterer Schnee hinzukommt. Dabei können durchaus mehrere Meter im Jahr zusammen kommen. Durch teilweises Schmelzen und erneutes Gefrieren sowie durch den Druck von darüberliegenden Schneeschichten kommt es zu einer Verdichtung des Gefüges, welches nach einigen Wochen eine spezifische Dichte von 0,4 Gramm pro Kubikzentimeter erreichen kann. Als **Firn** wird der Altschnee bezeichnet, welcher den Sommer übersteht und bereits

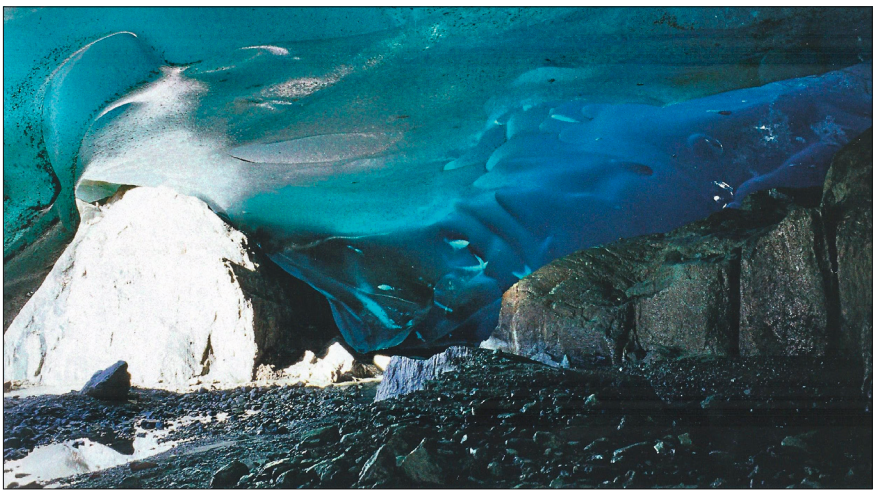


Abbildung 56: Gletschereis erscheint in dicken Schichten bläulich, da alle anderen Farbtöne des Sonnenlichts absorbiert werden

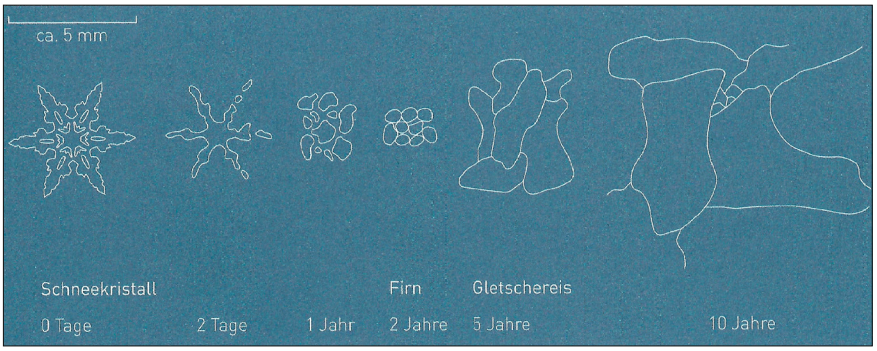


Abbildung 57: Umwandlung von Schnee über Firn zu Gletschereis

eine Dichte von über 0,5 Gramm pro Kubikzentimeter aufweist. Der Name führt dabei auf das althochdeutsche „*firni*“ zurück, was soviel wie „*aus dem letzten Jahr stammend*“ bedeutet. Das im Alpenraum verwendete Wort „*fern*“ für „*letztjährig*“ ist namensgebend für viele Gletscher des Zillertals, so wie auch für den Tuxer Ferner. Am höchsten Punkt des Nährgebiets entstehen jährlich neue Firnschichten, was die darunterliegenden Schichten letztlich zu **Gletschereis** werden lässt. Dieses entsteht, sobald die luftgefüllten Poren im Eis den Zusammenhang untereinander verloren haben und nur noch einzelne, isolierte Luftblasen auftreten. Die Dichte liegt mit 0,8 bis 0,91 Gramm pro Kubikzentimeter nur knapp unter der von Wasser. Ist das Gletschereis weitgehend frei von Luftblasen und Gesteinskörnern wie in Abbildung 56 wirkt es transparent und weist eine bläuliche Färbung auf. [82] Gletschereis macht einen spröden Eindruck. Unter ständiger Belastung verhält es sich jedoch auf Grund des hohen Druckes der darüberliegenden Eismasse plastisch und verformt sich allmählich. Ähnlich einer Flüssigkeit mit sehr hoher Viskosität „*fließt*“ der Gletscher unter Einfluss der Schwerkraft in Richtung Tal. Im unteren Teil eines Gletschers liegt das sogenannte Ablationsgebiet, in welchem der Gletscher jährlich an Masse vorwiegend durch Abschmelzen verliert, da mit abnehmender Meereshöhe die Lufttemperatur steigt und immer mehr Niederschlag in Form von Regen anstatt Schnee anfällt. Zwischen Akkumulations- und Ablationsgebiet liegt die Gleichgewichtslinie, bei der am Ende des Sommers gerade kein Schnee mehr übrig bleibt. [83]

82 Vgl. Alean 2010, 35 ff.

83 Vgl. ebda., 38-40.

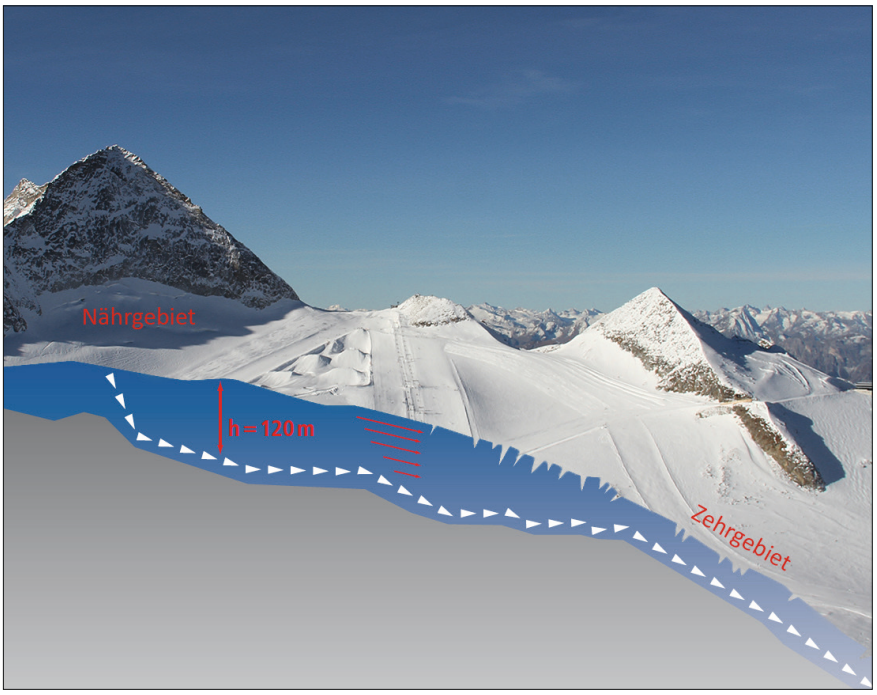


Abbildung 58: Eisbewegung am Hintertuxer Gletscher

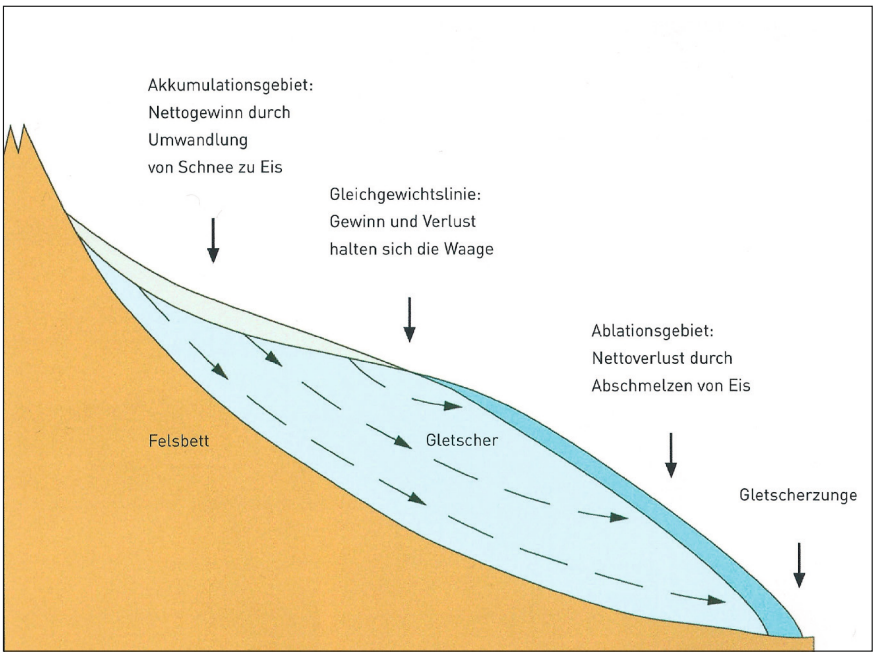


Abbildung 59: Längsschnitt durch einen Gletscher

Gletscherbewegung

Je nach Größe und Klimabedingung bewegen sich die Alpengletscher zwischen einem und zweihundert Metern pro Jahr in Richtung Tal.[84] Aufgrund von starken Niederschlagsmengen und vielen kühlen Sommertagen in den 1920er-Jahren und 1980er-Jahren rückte der Hintertuxer Gletscher eine Zeit lang bis zu 60 Meter im Jahr vor. Heute bewegt sich der Gletscher wieder langsamer mit einer Dicke von bis zu 80 Metern und einem Tempo von rund 8 Metern jährlich talwärts.[85] Wie in den Abbildungen 60 und 61 ersichtlich, erfolgt die Bewegung eines Gletschers durch Gleiten über das darunterliegende Felsbett sowie durch die interne, plastische Verformung der Eismasse, welche den größten Anteil einnimmt. Die Eisbewegung ist dabei umso schneller, je größer das Gefälle des Geländes und je höher das Eis des Gletschers übereinander gelagert ist. Mit welcher Geschwindigkeit er über den Untergrund gleitet ist abhängig von der Wassermenge im Inneren des Gletschers und den dadurch entstehendem hydrostatischen Druck. Im Verlauf des Sommers kann das Wasser durch Bildung von internen Kanälen wieder aus dem Gletscher abfließen, wodurch die größten Eisgeschwindigkeiten meist im Frühsommer verzeichnet werden. [86]

84 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG o. J. a, o. S.

85 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG 2014, 66.

86 Vgl. Alean 2010, 96-97.

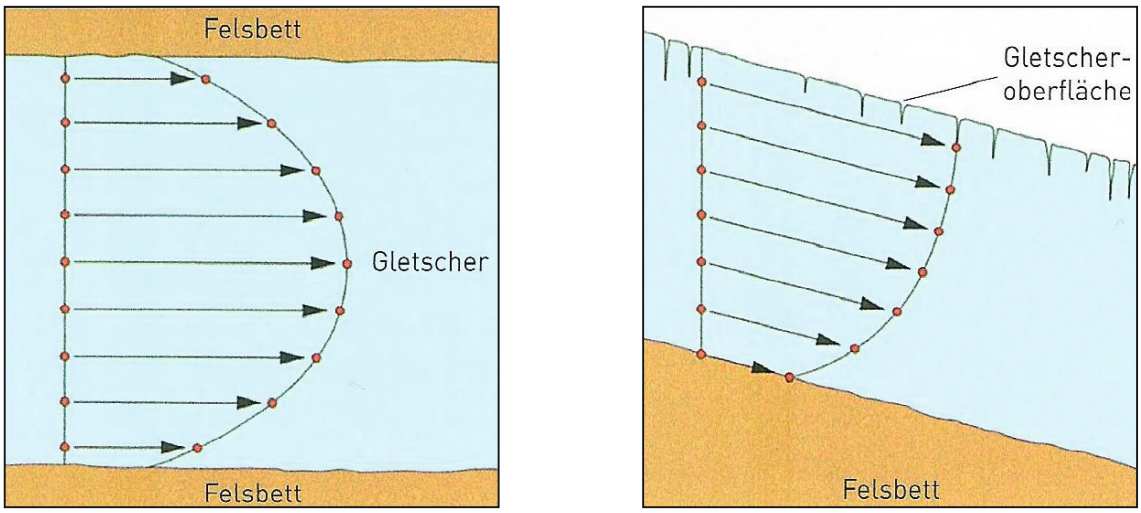


Abbildung 60: Darstellung des Fließens eines Gletschers in Grundriss und Längsschnitt

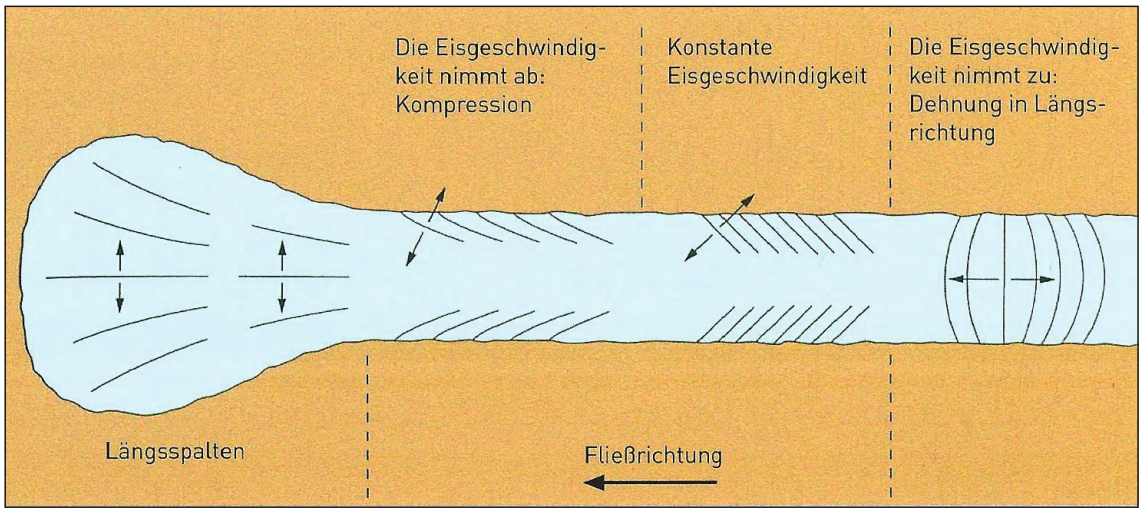


Abbildung 61: Grundriss eines Gletschers mit Darstellung der verschiedenen Arten von Gletscherspalten

Bildung von Gletscherspalten

Spalten entstehen an Stellen, wo das Eis durch Zugkräfte gedehnt wird.[87] Durch die Bewegung des Gletschers über Felsrücken, Felsstufen oder um Kurven fließen bestimmte Zonen des Eises mit einer höheren Geschwindigkeit als andere, was ein Reißen des spröden, nahe der Oberfläche liegenden Gletschereises zur Folge hat.[88]

Bei Gletschern in den Alpen sind große Spaltentiefen von bis zu 30 Metern keine Seltenheit. Je nach Entstehungsort werden verschiedene Arten von Spalten unterschieden. Spalten im Akkumulationsgebiet, häufig unterhalb von steilen Felswänden, entstehen durch Loslösen der Eismasse von den angefrorenen Partien und werden **Bergschrund** genannt. Dort, wo die Fließgeschwindigkeit aufgrund des steiler abfallenden Geländes zunimmt, wird das Eis in seiner Fließrichtung so stark gedehnt, dass quer dazu sogenannte **Querspalten** entstehen. An Stellen, an denen sich der Gletscher seitlich ausbreiten kann, treten die seltener vorkommenden **Längsspalten** auf. Kreuzen sich Längs- und Querspalten in einem Eisfall, ergeben sich turmartige Gebilde, welche auch „*Sérac*“ genannt werden.[89]

87 Vgl. ebda., 94 ff.

88 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG o. J. a, o. S.

89 Vgl. Alean 2010, 102-105.



Abbildung 62: Der Hintertuxer Gletscher im Sommer mit sichtbaren Gletscherspalten an der Oberfläche

Geologie

„Vor 60 Mio. Jahren hat sich die apulische Platte als Splitter vom afrikanischen Kontinent abgelöst, über das damalige ‚Tethys-Meer' nach Norden bewegt und ist vor etwa 50 Mio. Jahren mit dem europäischen Kontinent zusammengestoßen. [...] An der ‚Knautschzone' wurden die Alpen aufgefaltet." [90]

90 Reiter 2011, 122.

Die Alpen erreichten damals eine Höhe von mehr als 6000 Metern, wie auch der heute 3476 Meter hohe Gipfel des Olperers[91], welcher der Hauptgipfel des „*Tuxerkammes*" ist und im Bereich des Hintertuxer Gletschers liegt, wie aus Abbildung 53 hervorgeht.[92] Die Zillertaler Alpen, zu denen der Tuxer und der Zillertaler Hauptkamm sowie die Gerlosgruppe zählen, verfügen über dunkle Grate und Gipfel, welche zum Teil mit gleißenden Firnen der zahlreichen Gletscher bedeckt sind. Der Kern des Gebirges besteht hauptsächlich aus harten Gneisen, die Hülle setzt sich aus verschiedenartigsten Gesteinen, vorwiegend aus kristallinem Schiefer, zusammen. Zahlreiche Mineralien, darunter die besonders bekannten „*Zillertaler Granaten*", treten bis an die Oberfläche der Bergrücken hervor. Die Erosion schuf im Bereich der harten, widerstandsfähigen Gneise kühne Gipfelformen, wie beispielsweise das markante, pyramidenförmige „*Horn*" des Olperers in Abbildung 63, welche in der Vergangenheit sogar beim Höchststand der Eiszeiten noch aus den Eismassen der Gletscher hervorragten.[93]

91 Vgl. Ebda., 122.

92 Vgl. Klier 2013, 190.

93 Vgl. Kompass-Karten GmbH 2013 a, 3-4.



Abbildung 63: Markanter, pyramidenförmiger Gipfel des Olperers aus Porphyrgranitgneis | Eigene Aufnahme 01.11.2016

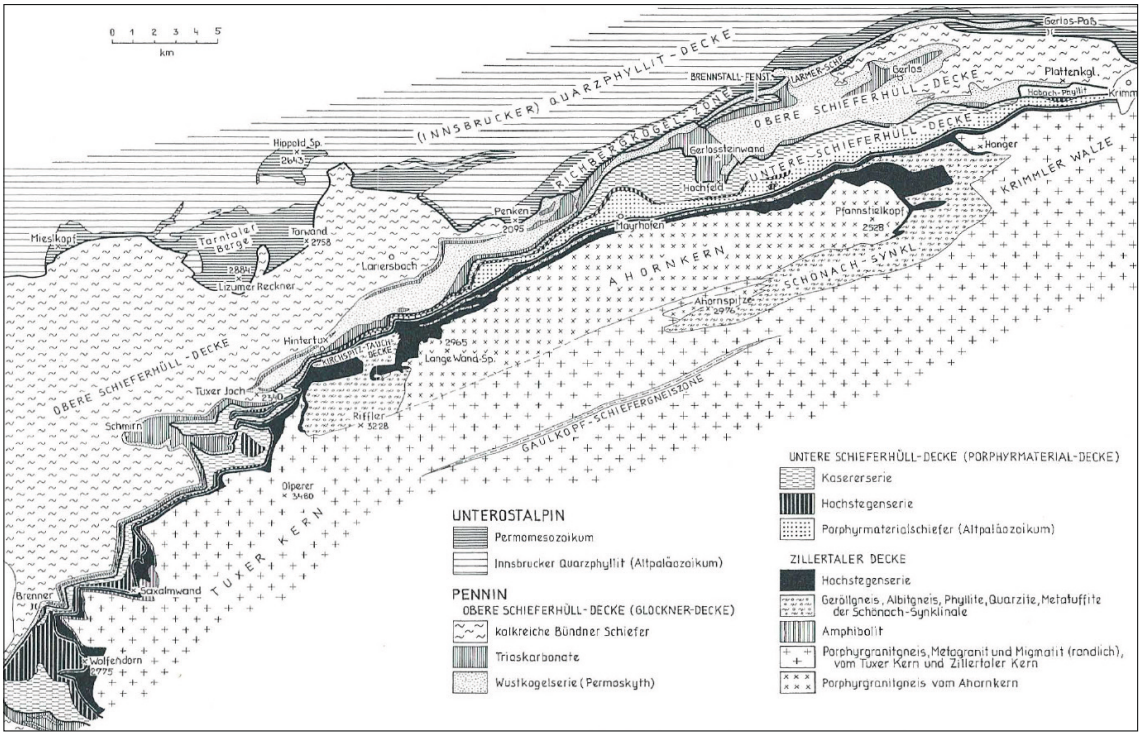


Abbildung 64: Geologische Karte der nordwestlichen Zillertaler Alpen

Natur Eis Palast

Als „*Natur Eis Palast*“ wird ein natürlicher, ohne menschliches Einwirken entstandener Hohlraum im Hintertuxer Gletscher im Bereich unterhalb des Südgipfels der „*Gefrorene-Wand-Spitzen*“ bezeichnet. Knapp 200 Meter [Fußweg] von der Bergstation des „*Gletscherbusses 3*“ entfernt und 25 Höhenmeter unter der Piste gelegen[94], ist der Eingang zur Eishöhle, der durch eine Wettertür geschützt ist, in drei bis vier Gehminuten erreichbar.[95] Im Inneren befinden sich funkelnde Eiskristalle, begehbare Gletscherspalten, gefrorene Wasserfälle und bis zu acht Meter lange Eisstalaktiten. Eine Besonderheit stellt der unterirdische Gletschersee dar, welcher mit sehr mineralstoffarmem Gletscherwasser gefüllt ist. Die Lufttemperatur beträgt im Sommer wie im Winter immer rund Null Grad Celsius innerhalb des Gletschers. 2007 wurde das faszinierende Naturjuwel von Roman Erler durch reinen Zufall im Zuge einer Bergtour entdeckt. Nach einer ersten Begehung wurde der Gletscher noch im selben Jahr genau vermessen. Ein Jahr später erfolgte eine weitere Vermessung, welche mit der vorhergehenden verglichen wurde, um die Größe der

94 Vgl. Natursport Tirol o. J. a, 1

95 Vgl. Natursport Tirol o. J. b, o. S.



Abbildung 65: Lage Natur Eis Palast | Eigene Aufnahme 01.11.2016



Abbildung 66: Eingang zur Eishöhle | Eigene Aufnahme 20.02.2017



Abbildung 67: Unterirdischer Gletschersee



Abbildung 68: Eisstalaktiten mit bis zu 8 Metern Länge

Eisbewegung nachvollziehen zu können. Da nur minimale Abweichungen zur ersten Messung festgestellt wurden, konnte der Natur Eis Palast der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Heute ist eine Besichtigung der Eishöhle ganzjährig und unabhängig von der Witterung durchführbar. Es werden geführte Touren für bis zu 20 Personen mit einer Dauer von 45 bzw. 70 Minuten mehrmals täglich durch den Gletscher angeboten. Diese können über, ins Eis geschlagene Stufen und Leitern, entlang eines gesicherten Handlaufs ohne jegliche Kletterkenntnisse auch schon von Kindern ab sechs Jahren problemlos bewältigt werden.[96] Für Schifahrer und Snowboarder ist die Begehung mit Schischuhen oder Snowboardboots und eigenem Helm möglich, Fußgänger benötigen ein festes Schuhwerk und bekommen einen Helm bereitgestellt.[97] Im Rahmen einer Führung ist auch eine Fahrt mit einem Schlauchboot auf dem Gletschersee möglich. Neuerdings wird auch „*Eisschwimmen*“, „*Stand Up Paddeling*“ sowie eine „*Kajak Session*“ auf dem See angeboten.[98]

96 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG o. J. c, o. S.
97 Vgl. Natursport Tirol o. J. a, 1.
98 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG o. J. c, o. S.

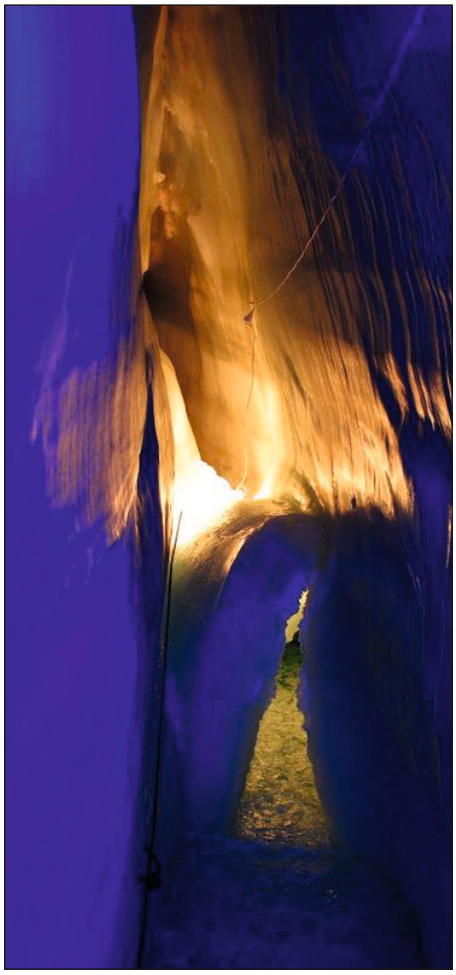


Abbildung 69: Natürlich entstandener Gang durch den Gletscher



Abbildung 70: Geführte Tour durch den Gletscher



Abbildung 71: Beleuchtete Eisformationen

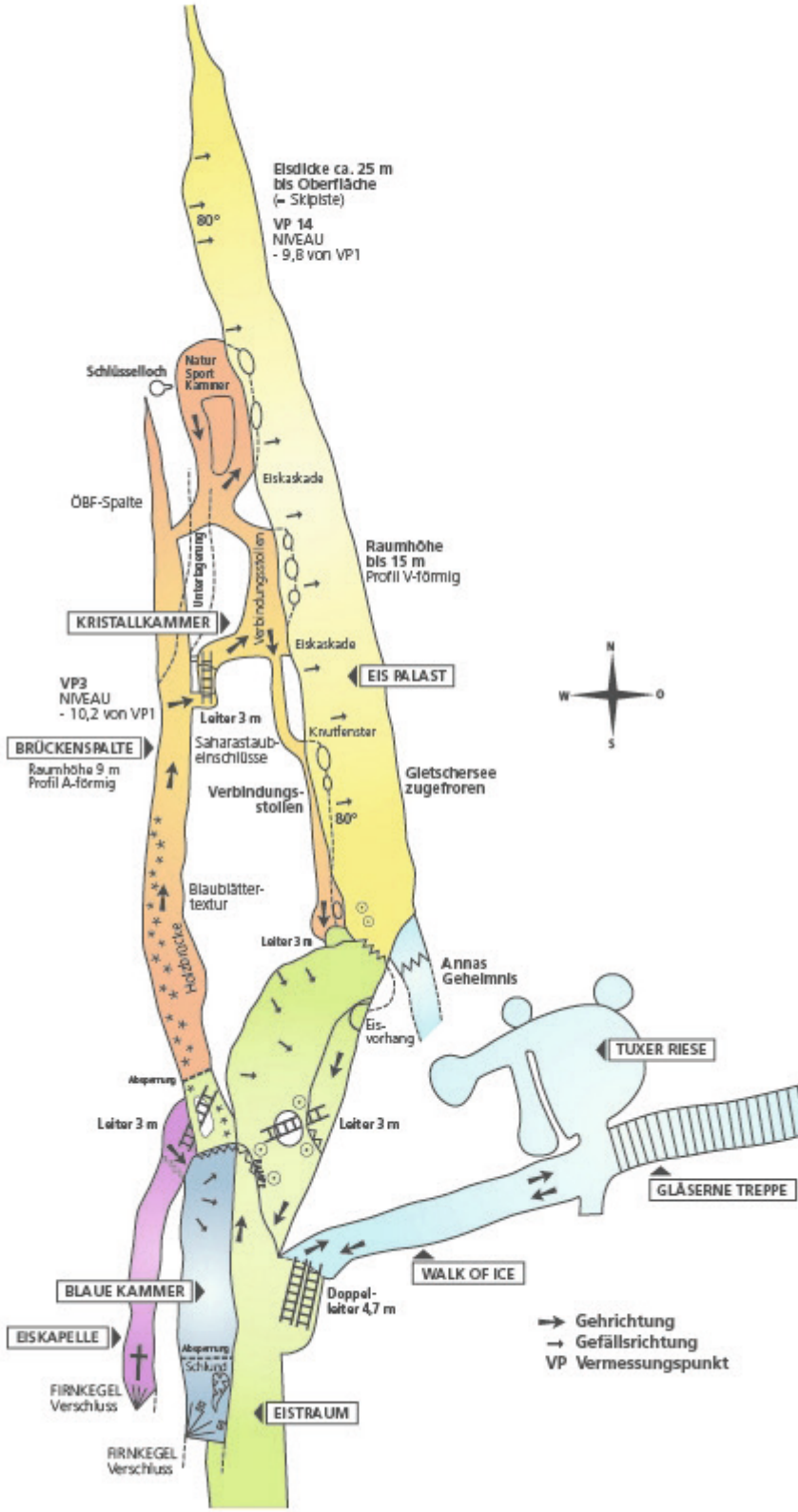


Abbildung 72: Karte Natureispalast | ohne Maßstab

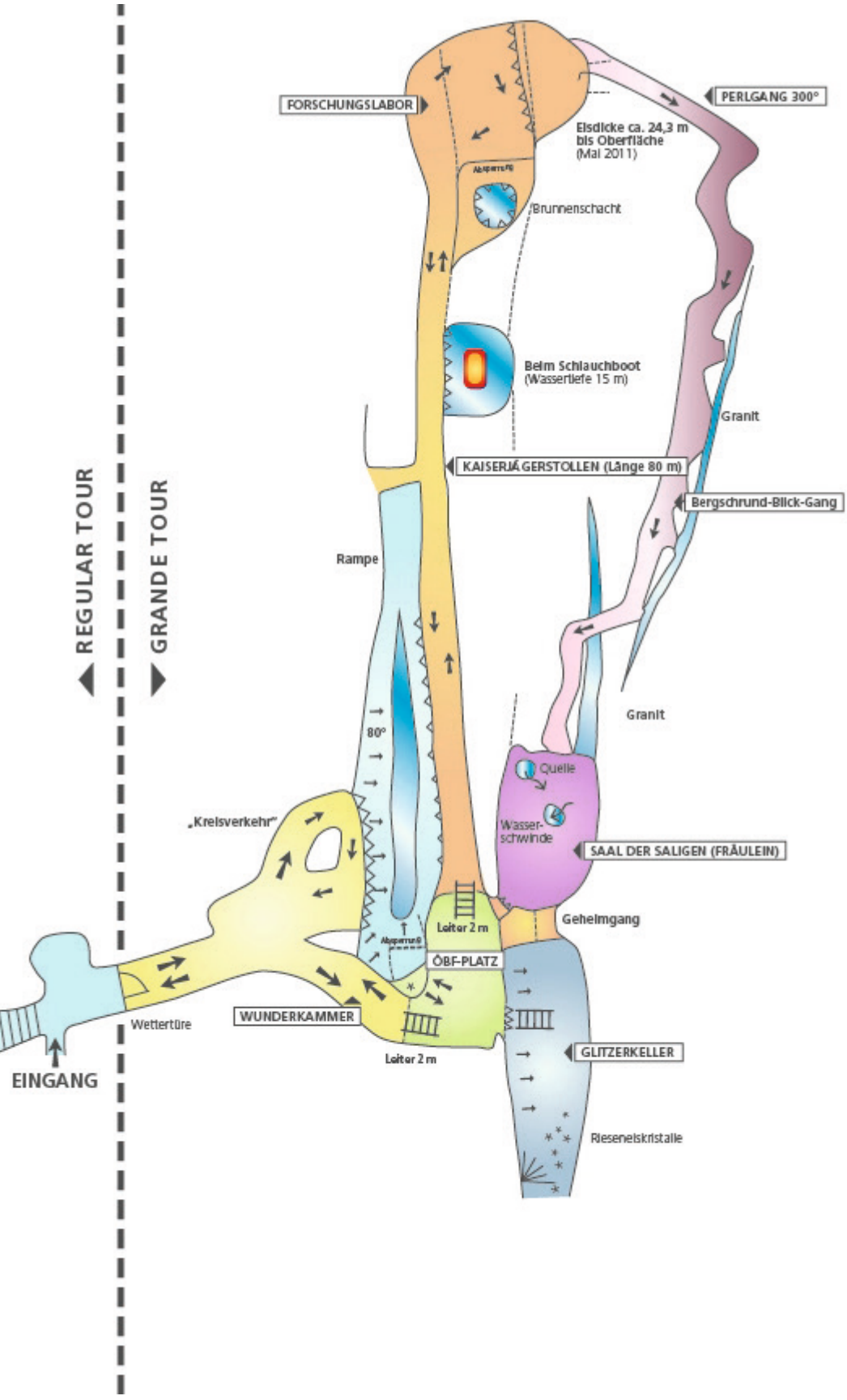

REGULAR TOUR
GRANDE TOUR
FORSCHUNGSLABOR
PERLGANG 300°
Eisdicke ca. 24,3 m
bis Oberfläche
(Mai 2011)
Brunnenschacht
Beim Schlauchboot
(Wassertiefe 15 m)
Granit
KAISERJÄGERSTOLLEN (Länge 80 m)
Bergschrund-Blick-Gang
Rampe
Granit
80°
Quelle
Wasser-
schwinde
„Kreisverkehr"
SAAL DER SALIGEN (FRÄULEIN)
Leiter 2 m
Geheimgang
ÖBF-PLATZ
WUNDERKAMMER
Wettertüre
Leiter 2 m
GLITZERKELLER
Rieseneiskristalle
EINGANG



Abbildung 73: Der Rand des Hintertuxer Gletschers im Sommer

Klimatische Veränderung

Aufzeichnungen aus dem 17. Jahrhundert dokumentieren eine Klimaverschlechterung und dadurch den Vorstoß der Gletscher im Alpenraum. In den *„Gründen"* des Zillertals mussten zu dieser Zeit viele, dauerhaft bewirtschaftete Flächen im hochalpinen Gelände aufgegeben werden.[99] Wissenschaftler gehen davon aus, dass bis zum Jahr 2050 nur noch ein Viertel der Gletscherfläche in Österreich vorhanden sein wird. Kleinere Gletscher werden überhaupt verschwinden, wobei jene auf dem Gebiet der Ostalpen als besonders gefährdet gelten. Auch der Hintertuxer Gletscher schmilzt allmählich und zieht sich dabei jährlich um rund 40 Meter zurück, verschwinden wird er jedoch nicht. Ein Vergleich von Aufnahmen des Gletschers seit Anfang der 1920er-Jahre bis heute zeigt in Abbildung 74 den deutlichen Rückzug der Gletscherzunge. Um den Prozess des Abschmelzens zu verlangsamen, werden im Sommer, wie in Abbildung 73 ersichtlich, oft große Teile des Gletschereises mit weißen Kunststoffplanen verdeckt, um die Ablation zu verlangsamen.[100] Heute ist gewiss, dass sich der Hintertuxer Gletscher immer in stetiger Veränderung befindet. Das Ausmaß dieses Wandels ist dabei von der

99 Vgl. Pinzer/Pinzer 2001, 256.

100 Vgl. Österreichische Bundesforste AG 2014, 55.



ungewissen Entwicklung des Klimas abhängig. Die großen Gletscher der Alpen werden wohl trotz aller aktuellen Tendenzen nie zur Gänze verschwinden.[101]

„In unserer Zeit spricht man davon, dass die Gletscher bald verschwunden sein werden. Dazu ist jedoch anzumerken, dass sich das Klima stetig verändert, auch ohne menschliches Zutun. Nur ist die menschliche Sichtweise der Vorgänge in der Natur sehr kurzsichtig, im Vergleich zu den sehr langen natürlichen Veränderungen.“ [102]

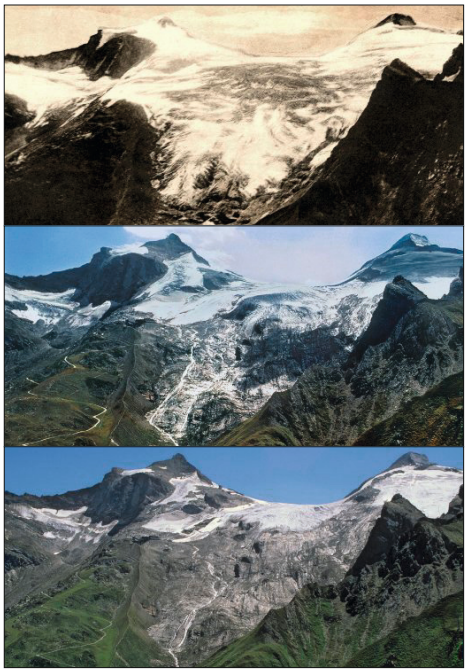


Abbildung 74: Fotodokmentation des Hintertuxer Gletschers. Oben: um 1924, Mitte: 2003, Unten: 2012

101 Vgl. Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG 2014, 67.
102 Ebda., 66.

Forschung

Die Erforschung der Alpen und ihrer Gletscher hat eine weit zurückliegende Vergangenheit. Beispielsweise unternahm Prof. Finsterwalder laut historischen Aufzeichnungen bereits 1886 erste Gletschervermessungen im Zillertal. Beinahe zeitgleich tätigte Viktor Sohm erste Gehversuche auf Gletschern mit Schneeschuhen. In der damaligen Zeit waren wissenschaftlicher und sportlicher Pioniergeist eng miteinander verbunden.[103]

Auch heute noch werden die Zillertaler Gletscher von Wissenschaftlern untersucht. Der Gletscherbericht des Alpenvereins der Saison 2014/2015 bestätigte den starken Rückzug der Gletscher im warmen Sommer 2015, welcher noch heißer als der Extremsommer im Jahr 2003 ausfiel. Der durchschnittliche Längenverlust der österreichischen Alpengletscher betrug mit 22,6 Metern mehr als das Doppelte des Vorjahres.[104]

Gleich mehrere Forschungsprojekte der Universität Innsbruck finden auf dem Hintertuxer Gletscher und in seinem unmittelbaren Umfeld statt. Das internationale Forschungsprojekt *„CAVE LIFE“* untersucht dabei, wie mikrobielle Organismen in der Eishöhle am Hintertuxer Gletscher unter extremsten Bedingungen bei tiefen Temperaturen, kaum vorhandenen Nährstoffen und wenig Licht über-

103 Vgl. Klier 2013, 16.

104 Vgl. Österreichischer Alpenverein 2016, o. S.

leben können. Die Institute für Ökologie, Geologie und Geophysik arbeiten dabei mit internationalen Partnern einer Universität in England sowie mit zwei amerikanischen Forschungsinstituten und der NASA zusammen.[105]

Das Institut für Geologie erforscht derzeit die Aktivität von alpinen Blockgletschern im Tuxertal. Im aktiven Zustand bestehen sie aus einem Gemenge aus Schutt und Eis und bewegen sich allmählich talwärts. Diese Bewegung wird mittels GPS dokumentiert und durch gezielte Probebohrungen können mehrere Tausend Jahre alte Temperaturänderungen festgestellt werden. Immer öfter stoßen die Klimaforscher dabei auf inaktive Blockgletscher ohne inneren Eiskern. Grund dafür sind die stattfindenden klimatischen Veränderungen. Auch die am Hintertuxer Gletscher gelegene Spannagelhöhle steht seit mehreren Jahren im Fokus der Forschung. Deren Existenz gilt als Beweis dafür, dass auch früher schon Plusgrade in dieser Höhenlage herrschten. Durch eine Analyse der chemischen Zusammensetzung der Tropfsteine in der Höhle gelang es den Forschern das Klima vergangener Jahre zu rekonstruieren.[106]

105 Vgl. Bezirksblätter Tirol GmbH 2013, o. S.

106 Vgl. Tiroler Tageszeitung Online 2017, o. S.



Abbildung 75: Bauplatz unterhalb des Südgipfels der Gefrorene-Wand-Spitzen | Eigene Aufnahme 01.11.2016



BAUPLATZ

Lage und Erschließung

Der Bauplatz für die Entwurfsaufgabe befindet sich auf rund 3235 Meter Seehöhe am Hintertuxer Gletscher. Unmittelbar auf einem Felsgrat aus hartem Granitgneis[107] unterhalb des 3270 Meter hohen Südgipfels der „*Gefrorene-Wand-Spitzen*“ gelegen, ist er rund 120 Meter [Luftlinie] von der Bergstation der dritten Sektion des Gletscherbusses der Hintertuxer Bergbahnen entfernt. Die beiden Gipfel der „*Gefrorene-Wand-Spitzen“* liegen rund 300 Meter [Luftlinie] voneinander entfernt und sind Teil des Gebirgszuges „*Tuxer Hauptkamm*“. Sie werden von mehreren Gletscherfeldern umgeben. Im Osten liegt das „*Friesenbergkees*“, im Süden das „*Kleine Riepenkees*“ und im Westen das gleichnamige „*Gefrorene-Wand-Kees*“ (auch „*Tuxer Ferner*“ genannt).[108]

Durch die Situierung des Bauplatzes am Rand des Gletschers ist die ganzjährig in Betrieb befindliche Bergbahn die einzige stationäre Erschließung des Bauplatzes, da keine Straße bis in diese Höhe führt. Gleich daneben grenzt eine Schipiste des Gletscherschigebietes an. Somit ist die Erreichbarkeit mittels Pistengerät und Schneemobil ganzjährig direkt über den Gletscher gegeben. Der Zugang zum „*Natur Eis Palast*“ liegt ebenfalls in unmittelbarer Nähe zum Projektstandort.[109]

Es führt auch ein Gletscherweg bis hinauf zur „*Gefrorenen Wand*“, welcher von Alpinisten benützt wird.[110]

Der überwiegende Teil der Besucher des Hintertuxer Gletschers gelangt heute als Tagestouristen mit der Seilbahn zum höchstgelegenen Punkt des Gletscherschigebietes auf rund 3250 Meter.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass der Bauplatz aufgrund der topographischen Lage und Exposition im Bereich des alpinen Permafrostes liegt, wodurch auch der Entwurf beeinflusst worden ist.[111]

107 Vgl. Kapitel „Geologie“.
108 Vgl. Klier 2013, 195 ff.
109 Vgl. Kapitel „Natur Eis Palast“.
110 Vgl. Klier 2013, 195 ff.
111 Vgl. Kapitel „Bauen im Permafrost“.

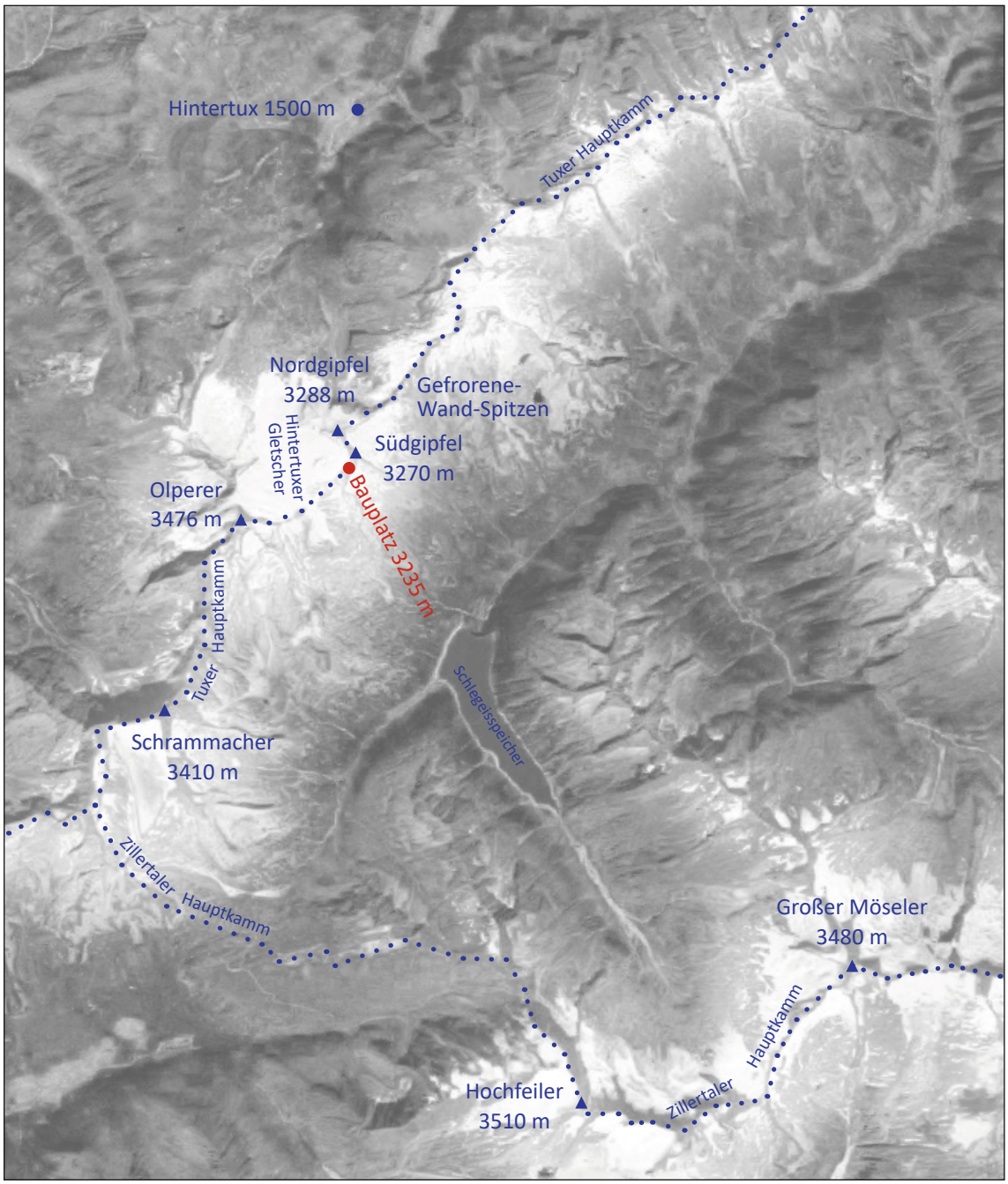


Abbildung 76: Ortholuftbild genordet | Lage des Bauplatzes und bedeutende Berggipfel im Umfeld

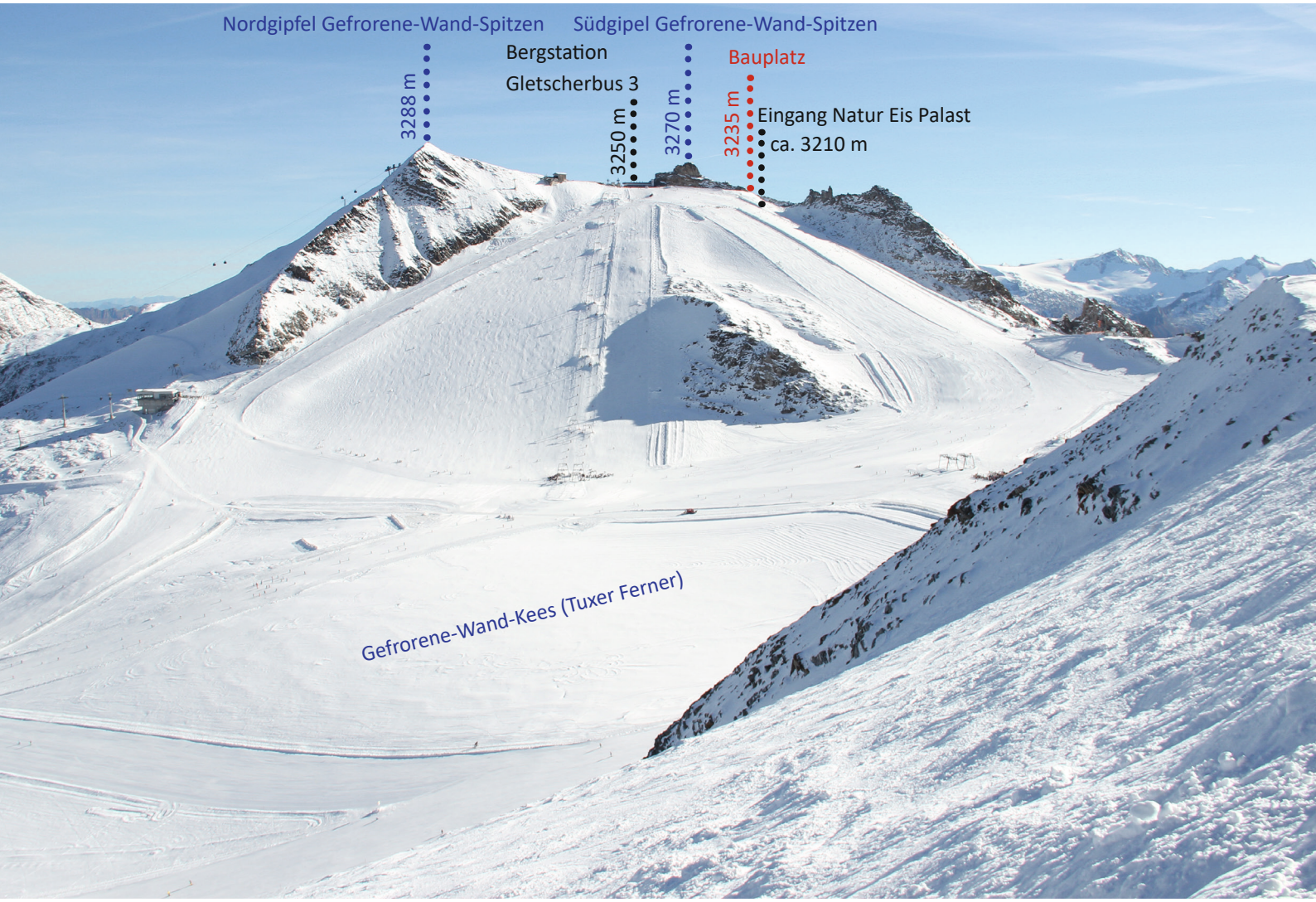


Abbildung 77: Blick von Westen in Richtung des Doppelgipfels der Gefrorene-Wand-Spitzen mit dazwischenliegender Bergstation des Gletscherbusses 3 auf 3250 Meter | Eigene Aufnahme 01.11.2016

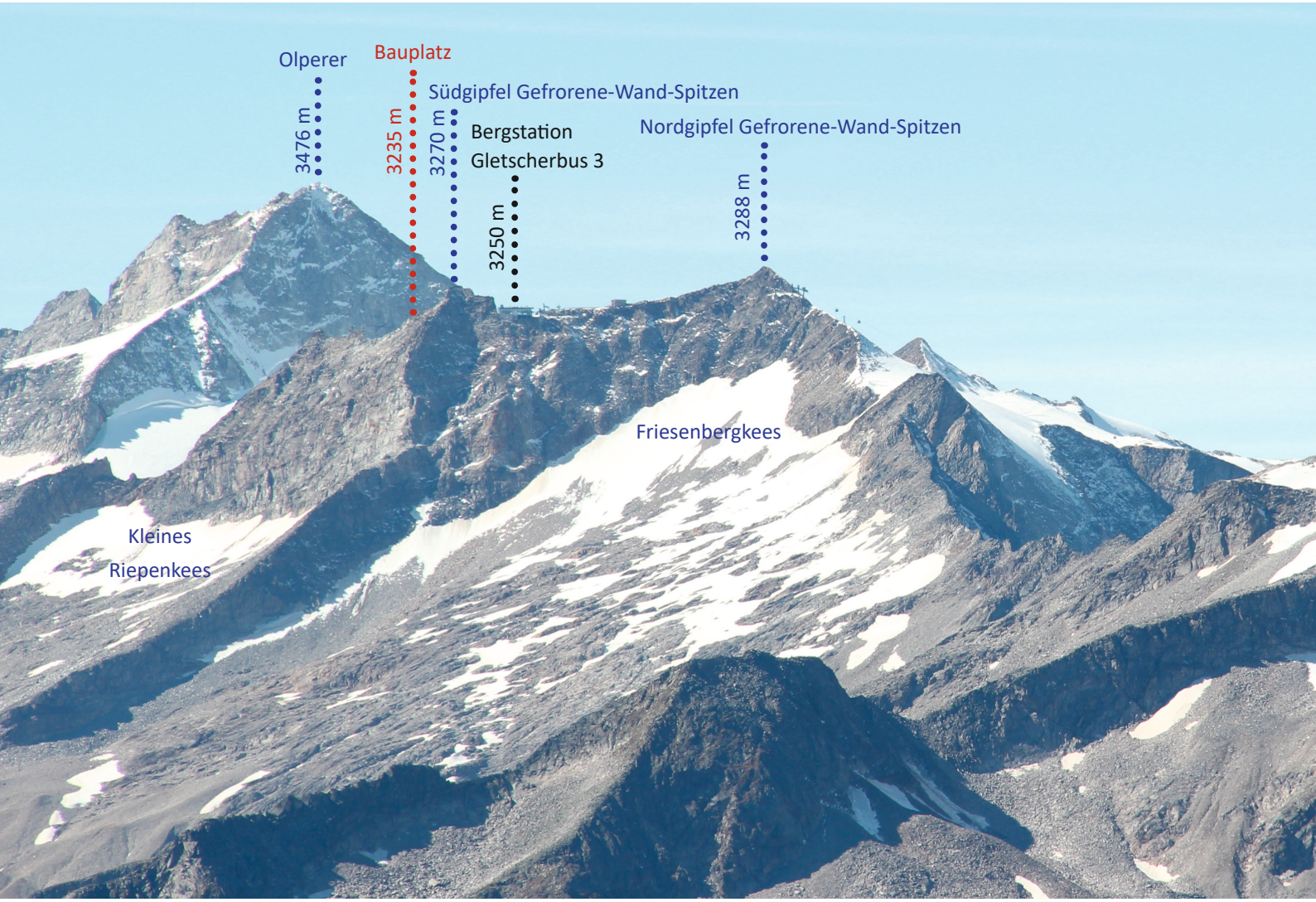


Abbildung 78: Blick von Osten zu den Gefrorene-Wand-Spitzen. Im linken Bildteil befindet sich der südwestlich gelegene Gipfel des Olperers | Eigene Aufnahme 06.08.2014

Umgebung

Das Umfeld des Bauplatzes ist geprägt von der hochalpinen Gebirgslandschaft. Die zahlreichen vergletscherten Gipfel in den Zillertaler Alpen eröffnen ein einzigartiges Panorama. Insgesamt 85 Dreitausender zählt die Gebirgsgruppe. Auch heute noch sind weite Teile unberührtes Bergland mit wilden Gletscherbrüchen, weiten Gratstrecken und steilen Bergflanken, welche noch nie ein Mensch betreten hat. Das Gebiet ist von Mayrhofen südlich bis zur italienischen Grenze und vom Olperer westlich bis zur Rieserfernergruppe als Naturpark unter Schutz gestellt, in welchem viele bedrohte Tier- und Pflanzenarten heimisch sind. Die Zillertaler Alpen lassen sich wiederum in die vier Untergruppen *„Tuxer Hauptkamm“*, *„Zillertaler Hauptkamm“*, *„Reichenspitzgruppe“* und *„Pfunderer Gruppe“* unterteilen. Zahlreiche weit über die Landesgrenzen hinaus bekannte Gipfel sind hier zu finden.[112]

Abbildung 79 zeigt den Blick vom Baugelände aus in Richtung Südwesten zum 3476 Meter hohen *„Olperer“* und zum 3410 Meter hohen *„Schrammacher“*. Diese markanten Gipfel stellen die höchsten des *„Tuxer Hauptkammes“* dar. In Abbildung 80 ist der Blick nach Südosten gerichtet. Hier liegen der 3510 Meter hohe *„Hochfeiler“* sowie der 3480 Meter hohe *„Große Möseler“*, die beiden größten Gipfel des *„Zillertaler Hauptkammes“*.

112 Vgl. Pinzer/Pinzer 2001, 12 ff.



Abbildung 79: Blick vom Bauplatz Richtung Südwesten | Eigene Aufnahme 20.02.2017

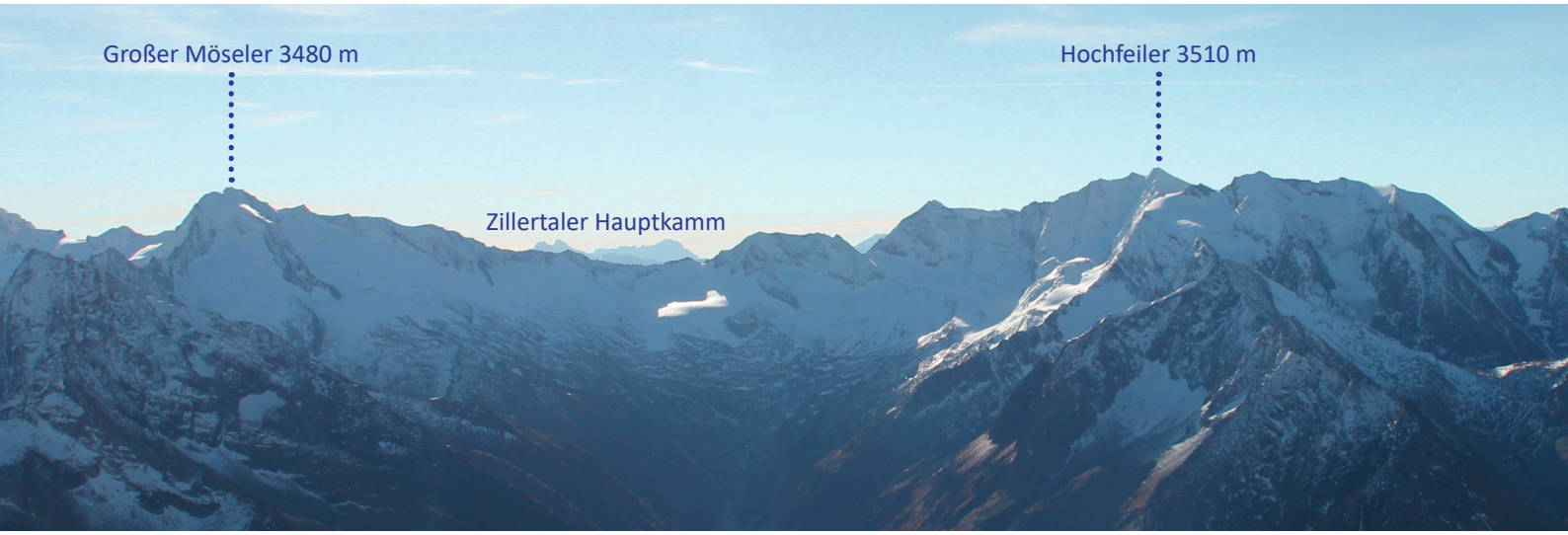
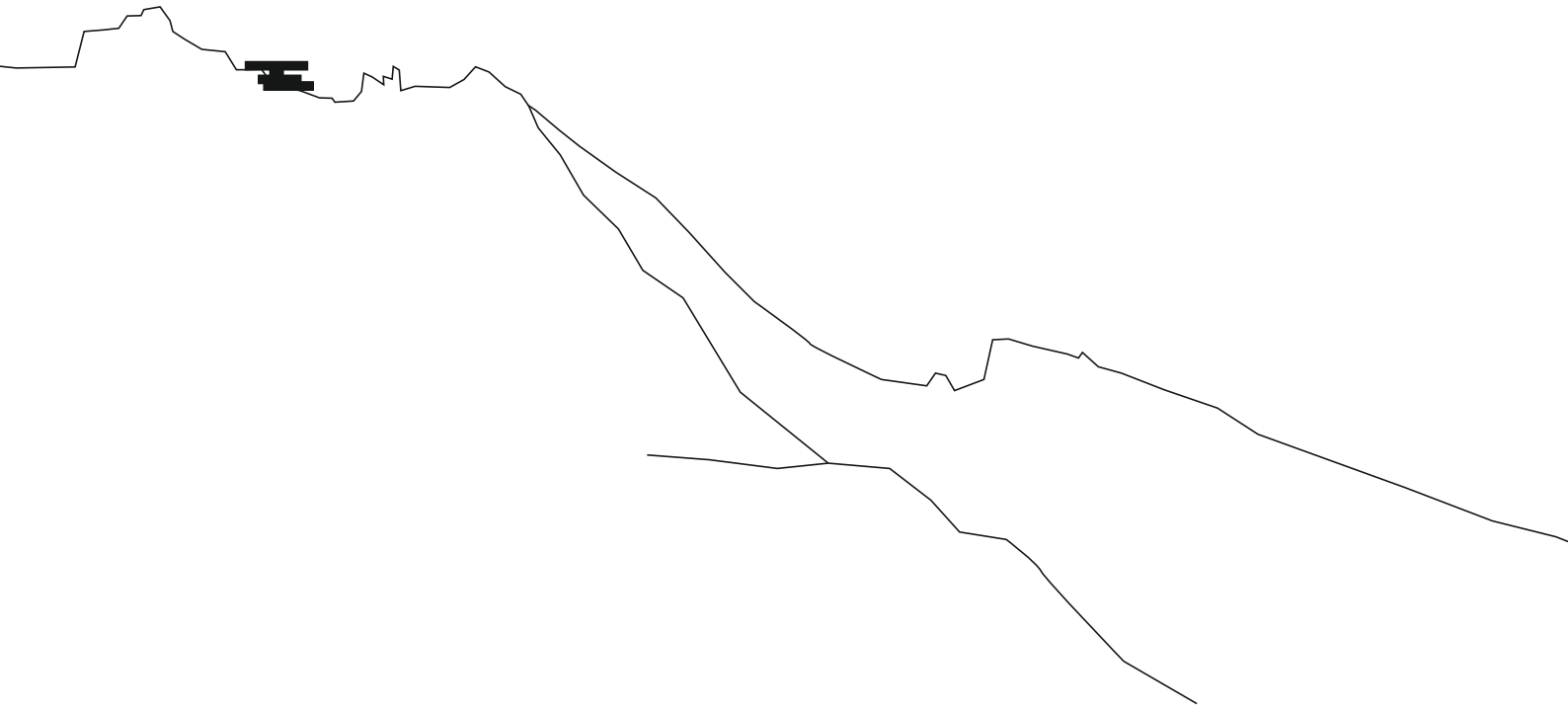


Abbildung 80: Blick vom Bauplatz Richtung Südosten | Eigene Aufnahme 01.11.2016





ENTWURF

Entwurfsbeschreibung

Die übergeordnete Idee des Entwurfes ist, ein universell nutzbares Gebäude am höchsten Punkt des Hintertuxer Gletschers zu schaffen, welches ein Forschungszentrum, ein Besucherzentrum für den „*Natur Eis Palast*“, einen Veranstaltungsbereich und ein Restaurant beinhaltet. Damit wird die bislang fehlende Infrastruktur im obersten Bereich des Gletschers ergänzt.

Das ganzjährig betriebene Forschungszentrum dient der Erforschung und dem Monitoring des Klimawandels und seinen Auswirkungen auf den Gletscher. Es werden Labor- und Büroräume für die tägliche Forschungsarbeit der Wissenschaftler, diverse Lagerräume sowie ein Wohn- und Aufenthaltsbereich mit vier Schlafräumen und zwei Sanitärbereichen vorgesehen. Dadurch wird eine permanente Überwachung des Gletschers ermöglicht, ohne auf die Betriebszeiten der Bergbahn angewiesen zu sein, da die tägliche An- und Abreise vom Tal und wieder retour entfällt.

Für den stetig wachsenden Besucherandrang auf den „*Natur Eis Palast*“ ist ein Besucherzentrum mit Anmeldungsbereich, Wartebereich, Büro- und Besprechungsraum, Lagermöglichkeit und Seminarraum geplant. Diese Räumlichkeiten ermöglichen die Vorbereitung und Planung von geführten Touren durch die nebenanliegende Eishöhle. Die Besucher



erhalten vorab eine Sicherheitsunterweisung und bekommen - je nachdem welche Tour durch den Gletscher gewählt wird - eine entsprechende Sicherheitsausrüstung zur Verfügung gestellt. Anschließend werden wissenschaftliche Informationen über den Gletscher vermittelt sowie ein Bewusstsein für dessen Existenzbedrohung durch den anthropogenen Klimawandel geschaffen. Der 45 m² große Seminarraum kann außerdem auch für externe Zwecke an Dritte vermietet werden.

Ein weiterer Teil des Besucherzentrums stellt der Veranstaltungsbereich dar. Dieser umfasst einen über 80 m² großen Veranstaltungssaal mit vorgelagertem Foyer und einem zusätzlichen Lagerbereich. Er kann für diverse Vorführungen und Zusammenkünfte genutzt werden, wobei die hochalpine Bergkulisse einen ganz besonderen Rahmen dafür bietet. Ebenfalls liegen hier die Sanitäreinrichtungen, welche durch ihre zentrale Lage von allen öffentlich zugänglichen Bereichen aus leicht erreichbar sind.

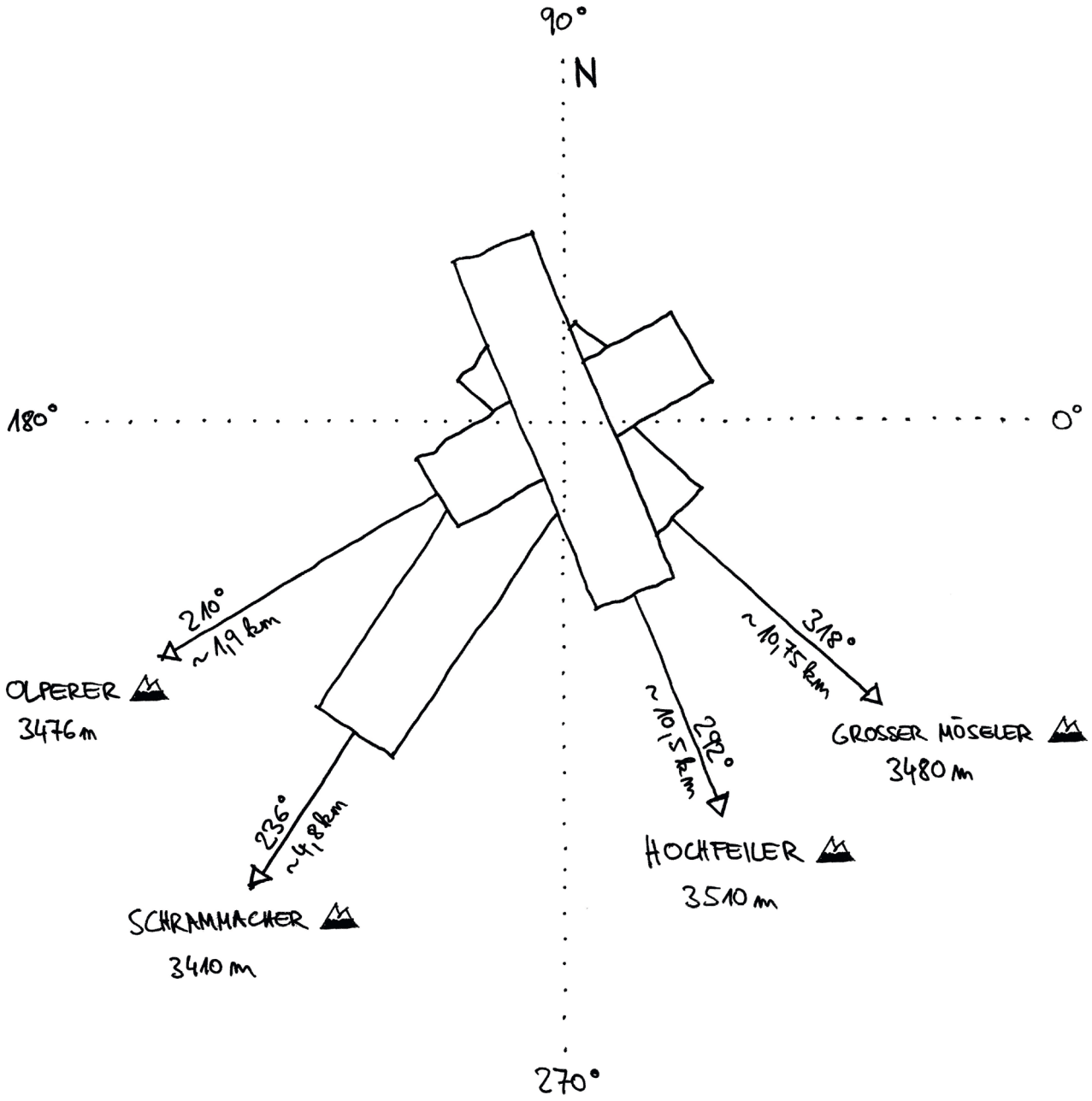
Die Gastronomie umfasst ein Restaurant mit Bar- und Selbstbedienungsbereich, zwei Terrassen sowie die Küche mit Anlieferung, Lager- und Kühllagerbereich. Sie dient als Einkehrmöglichkeit für Besucher des Gletscherschigebietes und kann von allen Bereichen des Gebäudes mitgenutzt werden.

Entwurfskonzept

Ausschlaggebend für den Entwurf ist die Integration des Gebäudes in die hochalpine Gletscherlandschaft. Dies wird unter anderem durch die vollständig verglaste Außenfassade erreicht, in der sich das umliegende Bergpanorama widerspiegelt und das Gebäude scheinbar mit der Umgebung verschmelzen lässt. Ausgehend von den vier Hauptnutzungen *„Forschung“*, *„Natur Eis Palast“*, *„Veranstaltung“* und *„Restaurant“* erfolgt die Aufteilung des Volumens in vier vertikal übereinander gestapelte, weit auskragende Quader. Dadurch kann die exponierte Hanglage des Bauplatzes bestmöglich für den Entwurf genutzt werden. Um einen Bezug zur hochalpinen Landschaft herzustellen, sind die einzelnen Baukörper im Grundriss verdreht und jeweils zu einem markanten Gipfel der umliegenden Gebirgszüge orientiert.[113] Ein vertikal eingeschobener Zylinder mit zentralem Erschließungskern dient dabei als *„Gelenk“*, welches die geometrische Verdrehung der Quader ermöglicht. Dieser übernimmt neben der vertikalen Erschließung durch die Wendeltreppe und den Aufzug auch noch weitere Funktionen.

113 Siehe Kapitel „Bauplatz“.

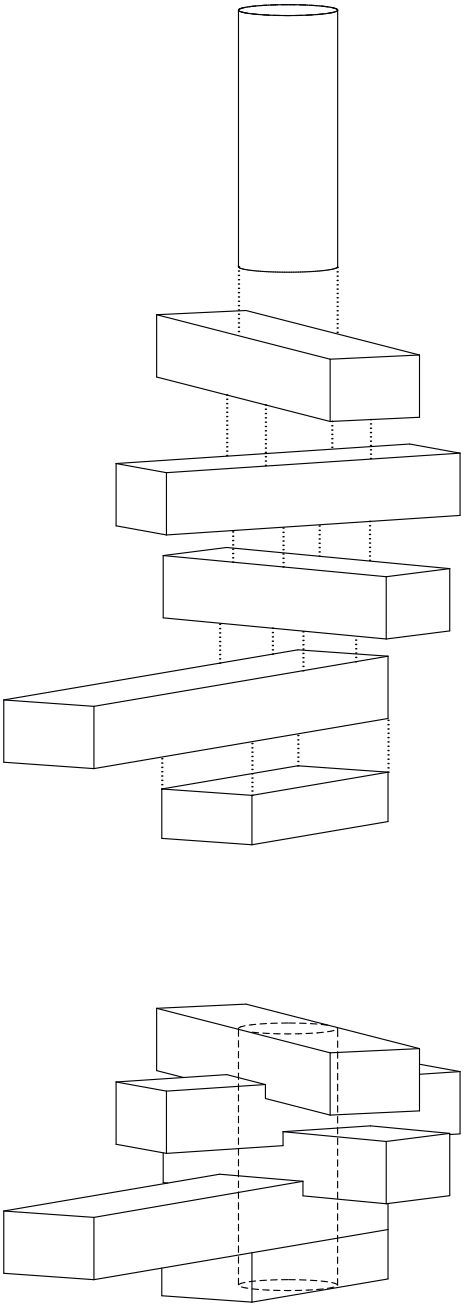


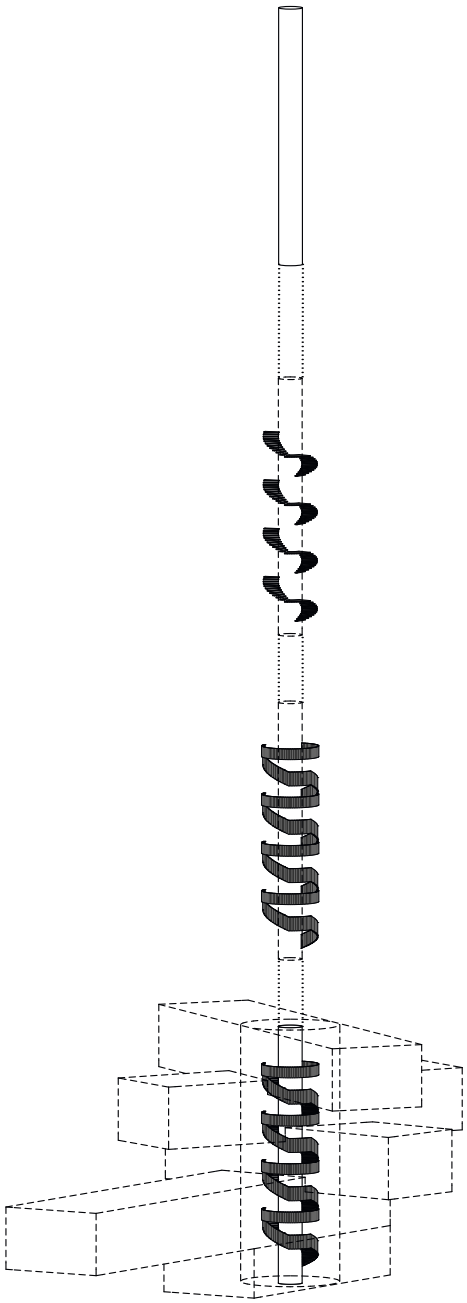

90°
N
180°
0°
270°
210°
~1,9 km
OLPERER
3476 m
236°
~4,8 km
SCHRAMMACHER
3410 m
292°
~10,5 km
HOCHFEILER
3510 m
318°
~10,75 km
GROSSER MÖSELER
3480 m

Durch die mittige Lage des Zylinders wird in jedem oberirdischen Geschoß ein großzügiges Foyer als Verteilerraum geschaffen. Auch alle statischen Anforderungen werden durch ihn übernommen. Die vertikale Lastabtragung erfolgt durch die im Grundriss kreisförmig angeordneten Stahlstützen, auf denen jeweils ein gesamtes Stockwerk ruht. Die horizontale Aussteifung des Gebäudes wird durch den massiven Liftkern aus Stahlbeton gewährleistet. Außerdem wird die vertikale Verteilung der gebäudetechnischen Installationen in diesem Teil geführt. Die Haustechnik findet in einem weiteren, überwiegend unterirdischen Geschoß Platz, welches einen soliden Sockel für das Bauwerk bildet. Um ein Auftauen des vorhandenen Permafrostbodens und die damit verbundenen Setzungen des Baugrundes durch die einwirkende Abwärme des Gebäudes zu vermeiden, wird ein mindestens ein Meter breiter Luftraum zwischen der Gebäudehülle und dem felsigen Untergrund vorgesehen.[114] Dadurch soll der natürliche Zustand des gefrorenen Bodens möglichst erhalten bleiben.

114 Siehe Kapitel „Permafrost“.







Raumprogramm

Forschung
Foyer
Empfang
Verwaltung
Archiv
Lager Allgemein
Labor 1
Labor 2
Büro 1
Büro 2
Lager Forschung
Tiefkühllager Forschung
Zimmer 1-4
Aufenthaltsbereich
WC|Du Damen
WC|Du Herren

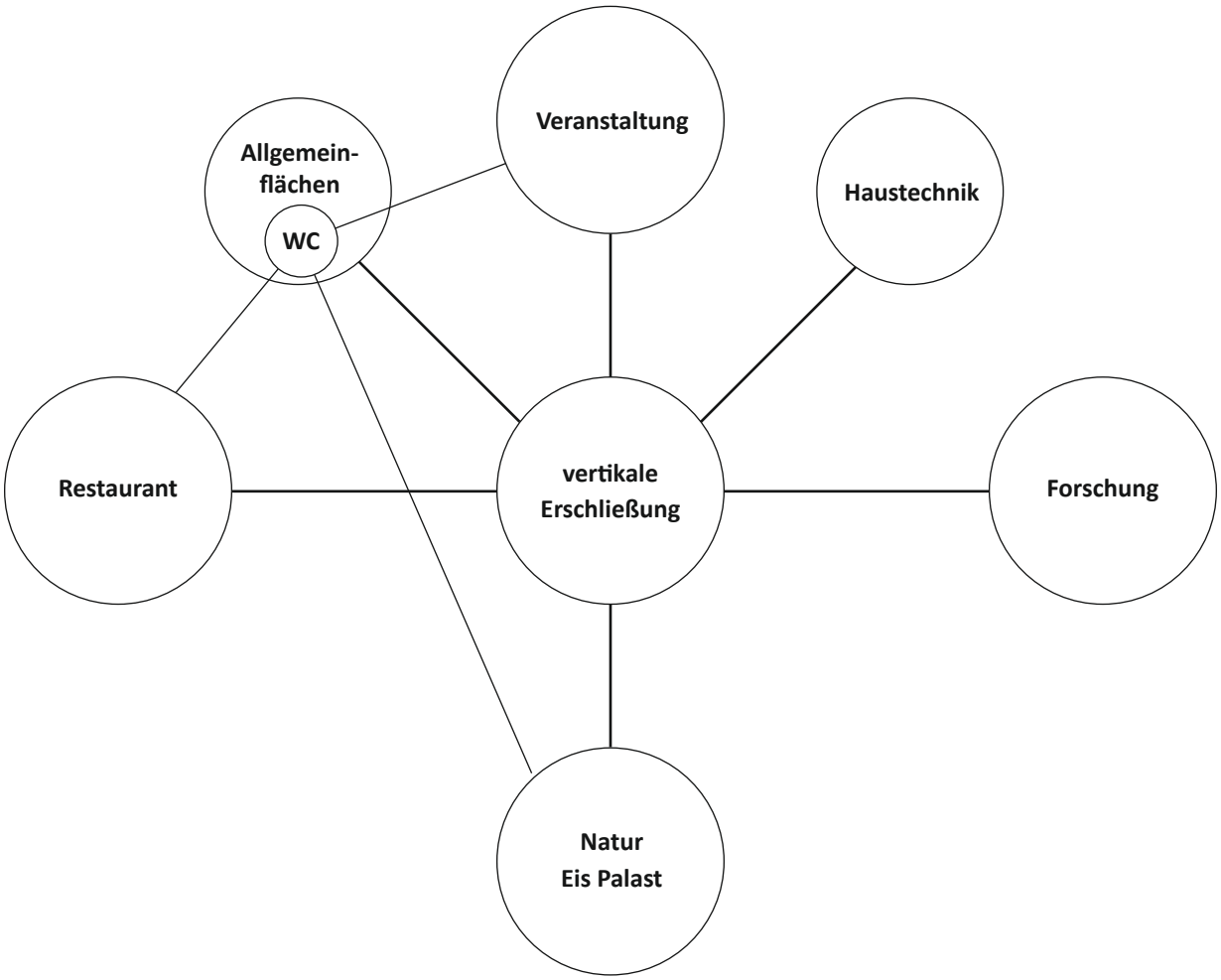
Natureispalast
Foyer
Anmeldung
Wartebereich
Büro
Besprechungsraum
Seminarraum
Lager Natur Eis Palast

Veranstaltung
Foyer
Veranstaltungssaal
Lager Veranstaltung

Restaurant
Foyer
Restaurant | Bar
Terrasse
Küche
Anlieferung
Kühllager
Tiefkühllager
Vorratslager Küche
Lager Müll
Umkleide Personal Herren
Umkleide Personal Damen

Allgemeinflächen
Empfang | front desk
Lager Winterdienst
Lager Allgemein
Putzlager
Hygienelager
WC Damen
WC Herren
WC Barrierefrei

Haustechnik
Wasseraufbereitung
Abwasserreinigung
Grauwasserspeicher
Heizung
Lüftung
Stromversorgung


Veranstaltung
Allgemein-
flächen
WC
Haustechnik
Restaurant
vertikale
Erschließung
Forschung
Natur
Eis Palast

Tragwerk

Für das Tragwerk wird aufgrund der großen Auskragungen von bis zu 18 Metern und der hohen auftretenden charakteristischen Schneelasten auf 3240 Meter Seehöhe von 12,95 kN/m² [entspricht 3,70 Meter Schneehöhe mit einer Masse von 350 kg/m³][115] eine Fachwerkträgerkonstruktion mit 4,5 Meter Höhe aus Stahl der Festigkeitsklasse S355 J2 gewählt. Der zentrale Liftkern und die Fundamente werden in Stahlbeton ausgeführt.

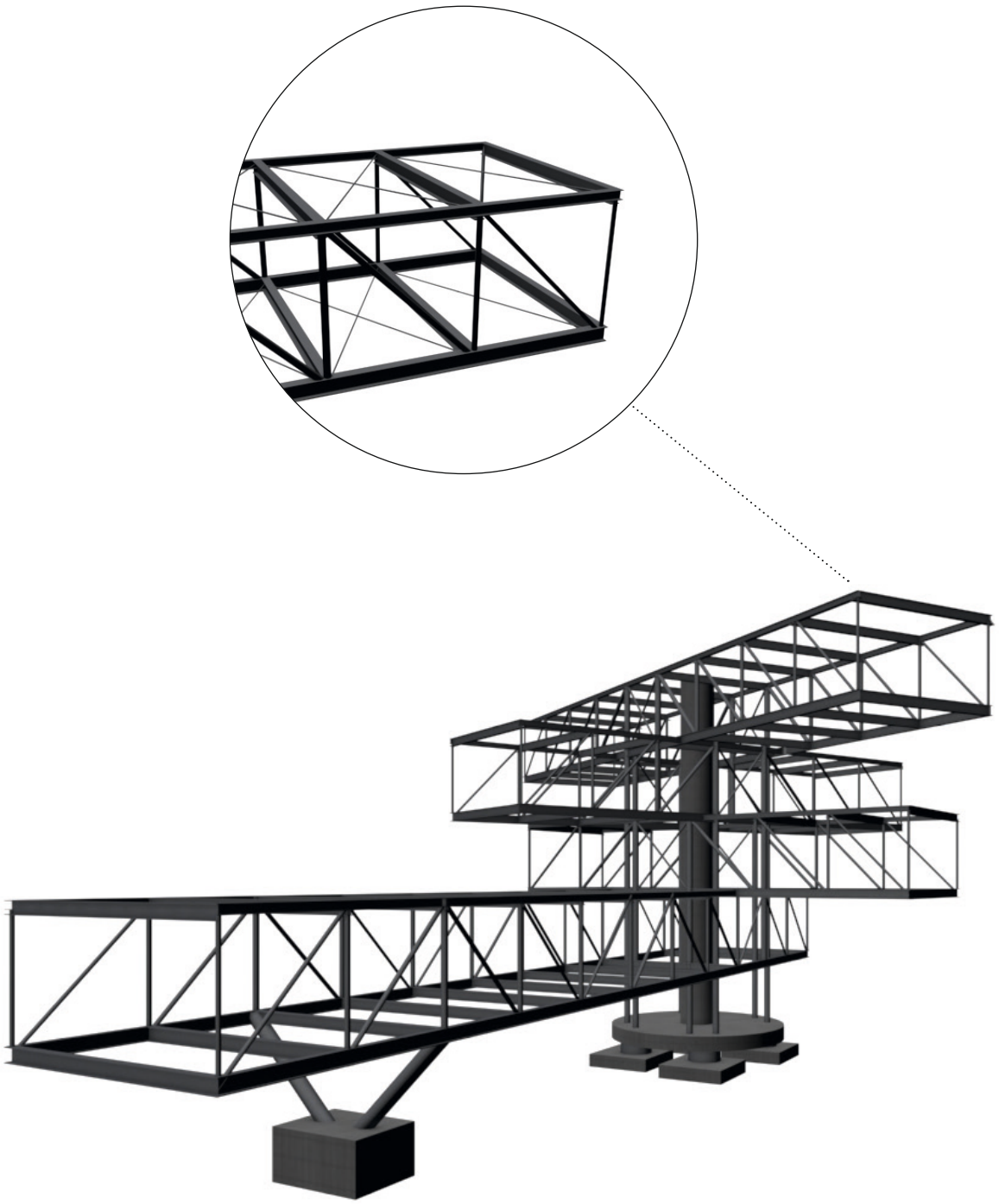
Die Wahl einer Stahlkonstruktion beruht auf der hohen Tragfähigkeit des Materials im Verhältnis zu seinem Eigengewicht bei sehr großen Spannweiten. Um die Bauteilabmessungen möglichst schlank zu halten sind die Diagonalstäbe der Fachwerkträger als Zugstäbe ausgelegt, um ein Stabilitätsversagen [Stabknicken] für die maßgebende Belastungssituation möglichst zu vermeiden. Aufgrund des Transportes per Hubschrauber und für den Bauzustand sind die Diagonalen außerdem als drucksteife Hohlrohrquerschnitte ausgeführt.

Die vertikalen Lasten werden über Stützen aus Hohlrohrquerschnitten mit einem maximalen Durchmesser von 406,4 mm in eine lastverteilende Stahlbetonplatte abgetragen, welche punktuell auf höhenverstellbaren Hydraulikzylindern über Einzelfundamenten gelagert ist. Diese spezielle Lagerung der Fundamente ist aufgrund des Permafrostbodens erforderlich, um zukünftig bei eventuell auftretenden Setzungen des Bodens das Bauwerk horizontal neu ausrichten zu können. Der unterste Baukörper wird wegen seiner großen Länge zusätzlich auf zwei schräg stehenden Stützen aufgelagert.

Die Aussteifung des Bauwerks gegenüber horizontal wirkenden Lasten erfolgt über den zentralen Liftkern aus Stahlbeton. Die maximal auftretenden charakteristischen Windlasten betragen dabei +2,22 kN/m² [Winddruck] und -4,99 kN/m² [Windsog].

Die Aussteifung der einzelnen Baukörper erfolgt in Querrichtung alle 4,5 Meter über biegesteife Rahmen sowie in Längsrichtung durch die beiden Fachwerkträger in der Fassadenebene. Durch die Anordnung von ausgekreuzten, druckschlaffen Rundstäben aus Stahl in der Boden- und Deckenebene [nur im Detail dargestellt] werden je zwei steife Deckenscheiben pro Geschoß hergestellt.

115 Vgl. Wildbach und Lawinenverbauung 2017, Schriftliche Mitteilung vom 10.04.2017.



Transport und Montage

Bedingt durch die hochalpine Lage des Bauplatzes am Rand des Gletschers kommen dem Transport und der Montage des Bauwerks besondere Bedeutung zu. Da keine Straße zum Bauplatz führt und die Erreichbarkeit mittels Seilbahn über drei Sektionen nur bedingt von Nutzen für den Material- und Bauteiltransport während der Errichtungsphase ist, beschränkt sich der An- und Abtransport auf den Lastenhelikopter.

Am Beispiel der Firma Heli Swiss International AG als *„Anbieter für präzise Lastenflüge mit Großhelikoptern mit Tätigkeiten auf der ganzen Welt"*[116] wird ein Helikopter vom Typ „*Super Puma*" mit einem maximalen Hebevermögen von 4500 kg für das Projekt vorgeschlagen[117].

Damit der spätere Bauablauf bei diesem logistisch anspruchsvollen Projekt im Hochgebirge bestmöglich gestaltet werden kann und die benötigten kohlenstoffdioxidintensiven Hubschrauberflüge auf ein notwendiges Minimum reduziert werden können, werden bereits in der Entwurfsphase erste Bestrebungen getroffen. An dieser Stelle sei festgehalten, dass die Durchführbarkeit eines derartigen Bauvorhaben mit der Logistik am Berg steht oder fällt, und viel Erfahrung aller Beteiligten am Projekt erforderlich ist. Verständlicherweise können im Zuge dieser Arbeit nur erste grundlegende Überlegungen getroffen werden.

Das Konstruktionsraster des Tragwerks ist mit 4,5 Meter beispielsweise so ausgelegt, dass jeweils zwei Segmente eines auskragenden Baukörpers im Tal vormontiert und in einem Stück zum Bauplatz geflogen werden können, um direkt vom Helikopter aus versetzt zu werden. Das Gewicht der Stahlträger beträgt dabei rund 4,2 Tonnen (ohne Hebevorrichtungen), womit eine theoretische Auslastung der Traglast des Hubschraubers von über 90 Prozent erreicht wird. Eine solche Auslastung wird natürlich nicht bei jedem Flug möglich sein. Jedoch kann die Gesamtanzahl der Transportflüge durch gezielte Planung der Bauteile und des Bauablaufes optimiert werden.

Generell wirken sich Hubschraubertransporte für die alpine Infrastruktur extrem negativ auf die CO_2-Bilanz der jeweiligen Gebäude aus und sollen deshalb auf das Unvermeidliche begrenzt werden.[118]

116 Heli Swiss International AG o. J., o. S.

117 Vgl. nebenstehende Abbildungen.

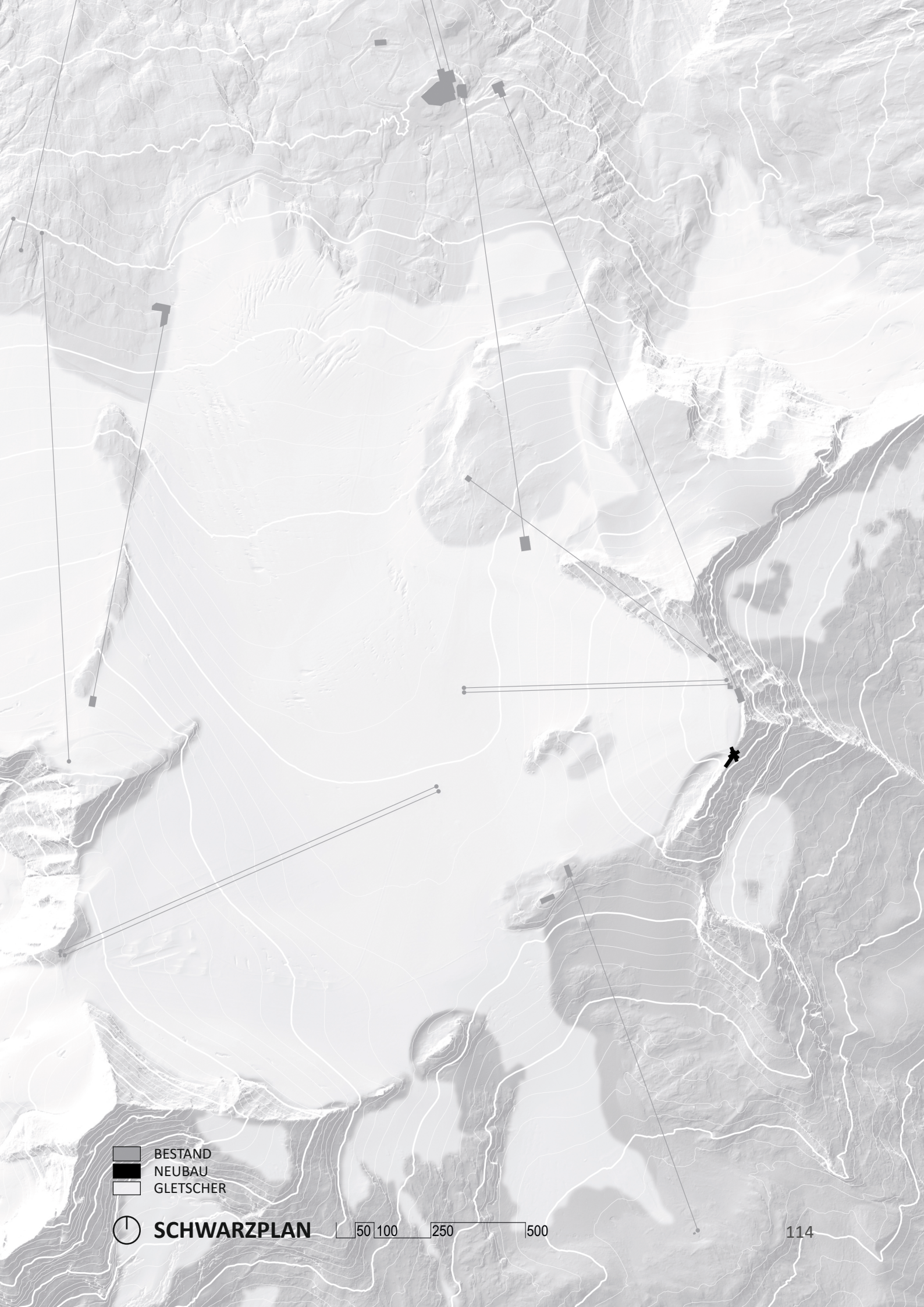
118 Vgl. Achrainer 2016, 16.



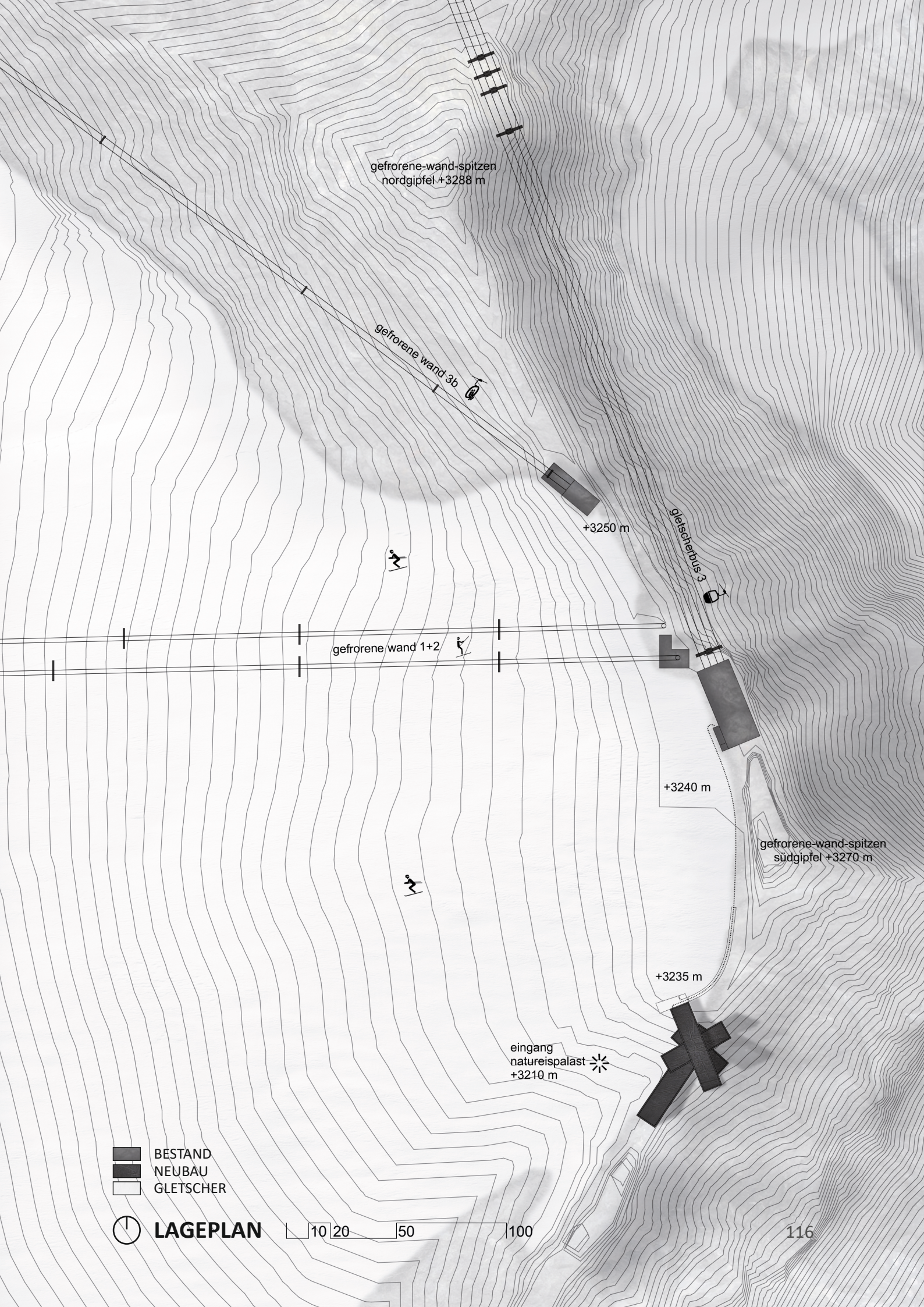
Abbildung 81: Mehrzweckhelikopter Typ Super Puma | Heli Swiss

Technische Daten:	
Triebwerke	2 Makila 1A1
Leistung	2 x 1833 PS
Rotordurchmesser	15.60 m
Höhe über alles	4.92 m
Leergewicht ohne Treibstoff	4350 kg
Helikopterleistungsdaten:	
max. Hebevermögen	4500 kg
max. Flugdauer/Reichweite	2h 30 min / 730 km
max. Geschwindigkeit	300 km/h
Reisegeschwindigkeit	260 km/h
max. Operationshöhe	6000 m

Abbildung 82: Kenndaten AS 332 Super Puma C1 HB-XVY



SCHWARZPLAN


gefrorene-wand-spitzen
nordgipfel +3288 m
gefrorene wand 3b
+3250 m
gletscherbus 3
gefrorene wand 1+2
+3240 m
gefrorene-wand-spitzen
südgipfel +3270 m
+3235 m
eingang
natureispalast
+3210 m
BESTAND
NEUBAU
GLETSCHER
LAGEPLAN
10 20 50 100



DACHDRAUFSICHT

1 2 5 10


zugang natur eis palast
geländekante
anlieferung pistengerät
schisländer
+- 0,00
- 2,00
rampe 4%
geländekante
- 4,50
- 14,90
- 9,00
+- 0,00
+4,50
+- 0,00
- 9,00
- 4,50
photovoltaik 15° bruttofläche 124,80 m²
solarthermie 45° bruttofläche 88,2 m²



RESTAURANT
NF 293,81 m²
BGF 366,96 m²

LEVEL 0

1 2 5 10

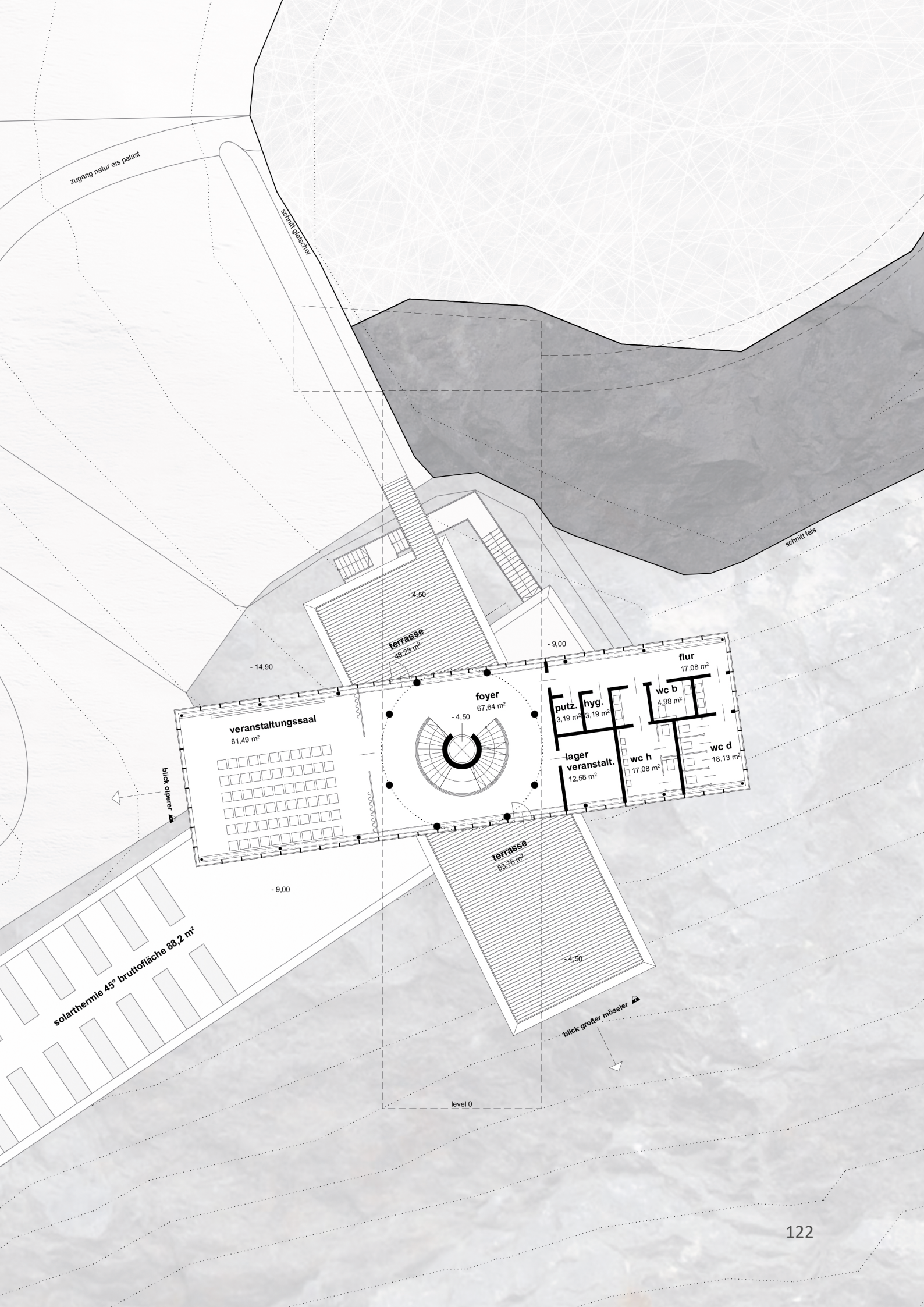

zugang natur eis palast
anlieferung pistengerät
geländekante
schiständer
panorama gletscher
plattform
54,08 m²
+- 0,00
- 2,00
rampe 4%
schnitt fels
lager wint.d.
4,88 m²
lager müll
6,45 m²
windfang
12,70 m²
anlieferung
10,55 m²
empfang
19,35 m²
front desk
tief-kühll.
3,42 m²
flur
5,22
kühll.
3,42 m²
geländekante
flur
11,10 m²
küche
36,24 m²
- 4,50
- 9,00
- 14,90
foyer
58,74 m²
+- 0,00
terrasse
80,01 m²
+- 0,00
bar
terrasse
79,59 m²
+- 0,00
blick olperer
service
sb-bereich
- 9,00
restaurant
121,74 m²
bar
- 4,50
solarthermie 45° bruttofläche 88,2 m²
blick hochfeiler



VERANSTALTUNG
NF 225,36 m²
BGF 286,41 m²

LEVEL -1

1 2 5 10


zugang natur eis palast
schnitt gletscher
schnitt fels
- 4,50
terrasse
46,23 m²
- 9,00
- 14,90
flur
17,08 m²
foyer
67,64 m²
- 4,50
putz.
3,19 m²
hyg.
3,19 m²
wc b
4,98 m²
veranstaltungssaal
81,49 m²
lager
veranstalt.
12,58 m²
wc h
17,08 m²
wc d
18,13 m²
blick olperer
terrasse
83,78 m²
- 9,00
- 4,50
solarthermie 45° bruttofläche 88,2 m²
blick großer möseler
level 0



NATUR EIS PALAST
NF 191,85 m²
BGF 245,46 m²

LEVEL -2

1 2 5 10


schnitt gletscher
schnitt fels
besprechung
22,43 m²
büro
13,65 m²
anmeldung
8,58 m²
foyer
67,66 m²
- 14,90
- 9,00
- 9,00
- 9,00
level -1
level 0
lager natur eis palast
16,97 m²
wartebereich
17,55 m²
seminarraum
48,31 m²
solarthermie 45° bruttofläche 88,2 m²
blick großer möseler



FORSCHUNG
NF 384,05 m²
BGF 498,93 m²

LEVEL -3

1 2 5 10

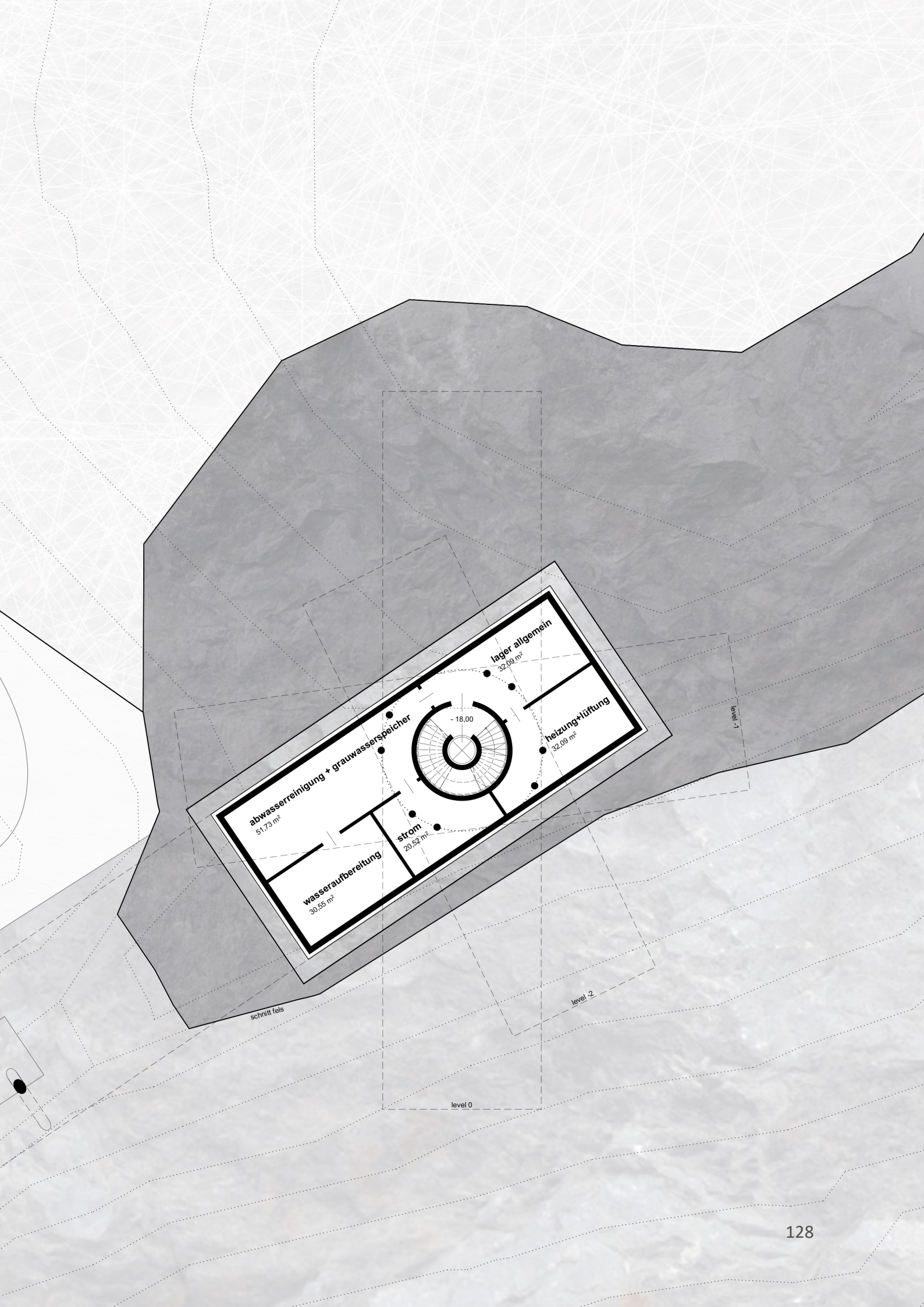

schnitt gletscher
- 13,50
plattform
23,57 m²
- 14,90
foyer
81,14 m²
- 13,50
vorrats-
lager küche
15,06 m²
umkleide
personal d
7,25 m²
umkleide
personal h
7,25 m²
schnitt fels
level -1
empfang
forschung
22,57 m²
archiv
15,40 m²
tiefkühll.
9,48 m²
labor
15,40 m²
verwaltung
15,83 m²
lager a.
15,40 m²
lager f.
11,41 m²
büro
15,40 m²
flur
38,66 m²
büro
15,40 m²
labor
15,40 m²
zimmer
11,41 m²
level -2
level 0

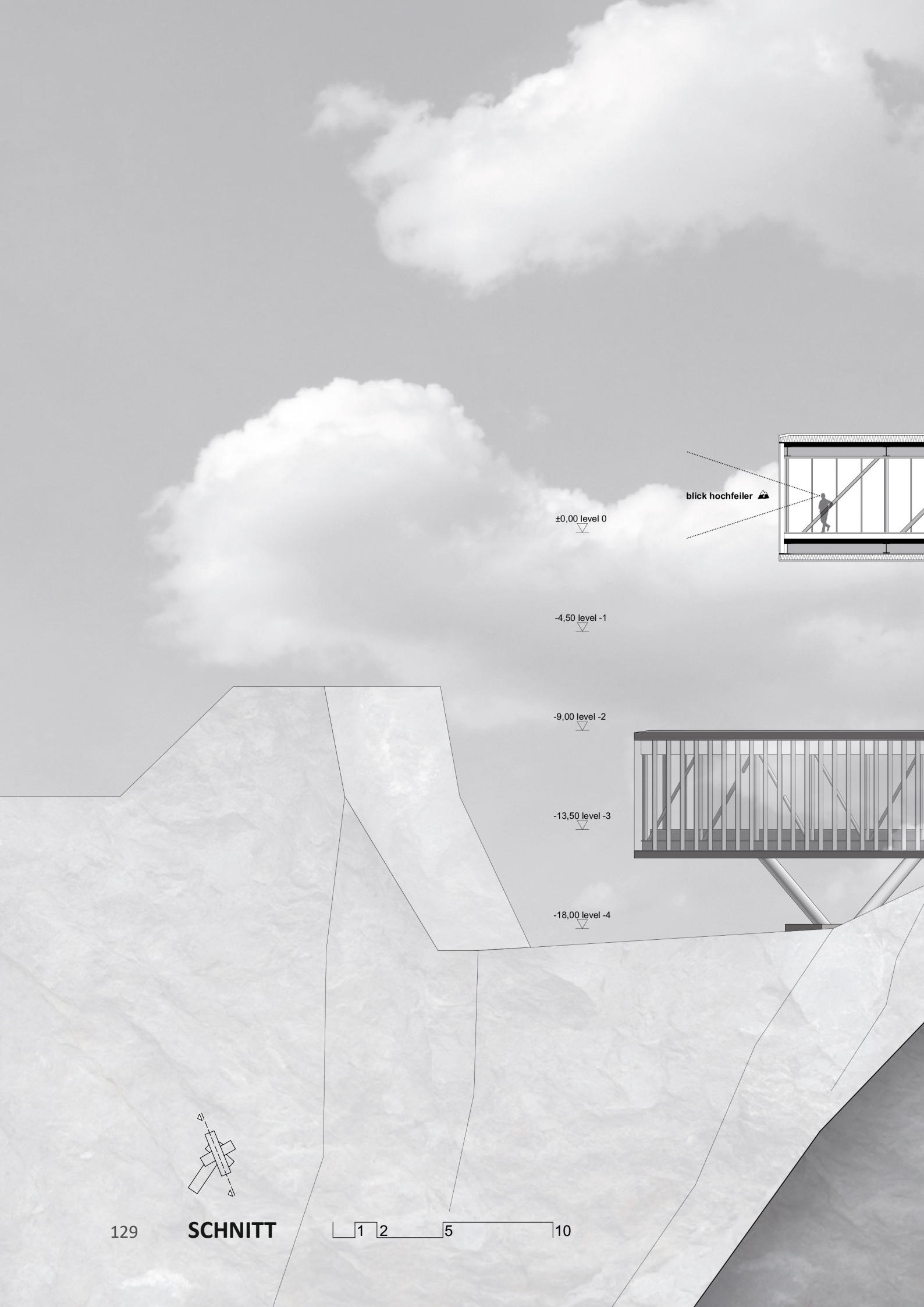


HAUSTECHNIK
NF 166,98 m²
BGF 230,85 m²

LEVEL -4

1 2 5 10

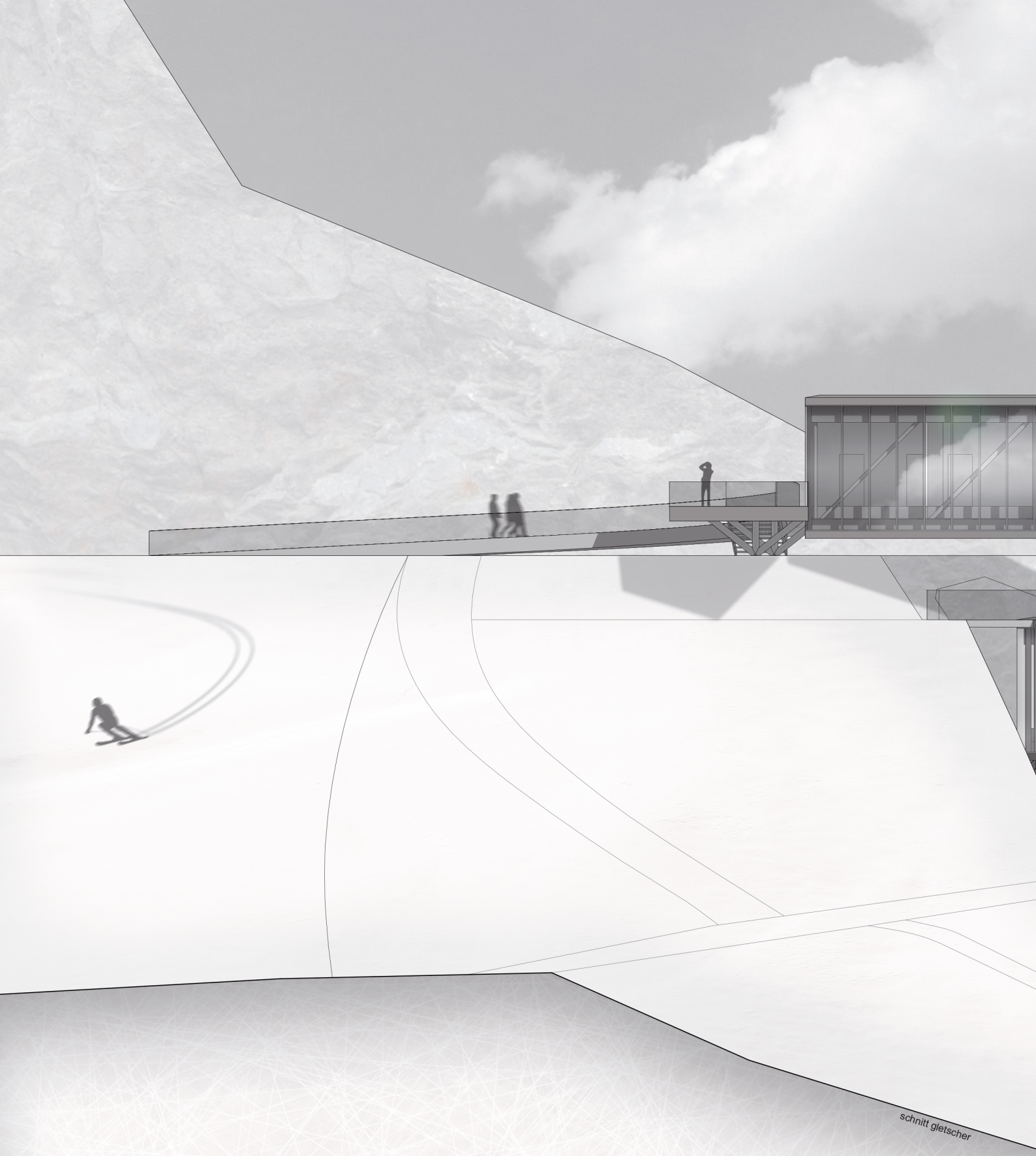

lager allgemein
32,09 m²
- 18,00
heizung+lüftung
32,09 m²
abwasserreinigung + grauwasserspeicher
51,73 m²
strom
20,52 m²
wasseraufbereitung
30,55 m²
level -1
level -2
level 0
schnitt fels

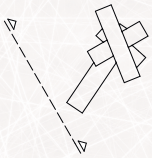


SCHNITT

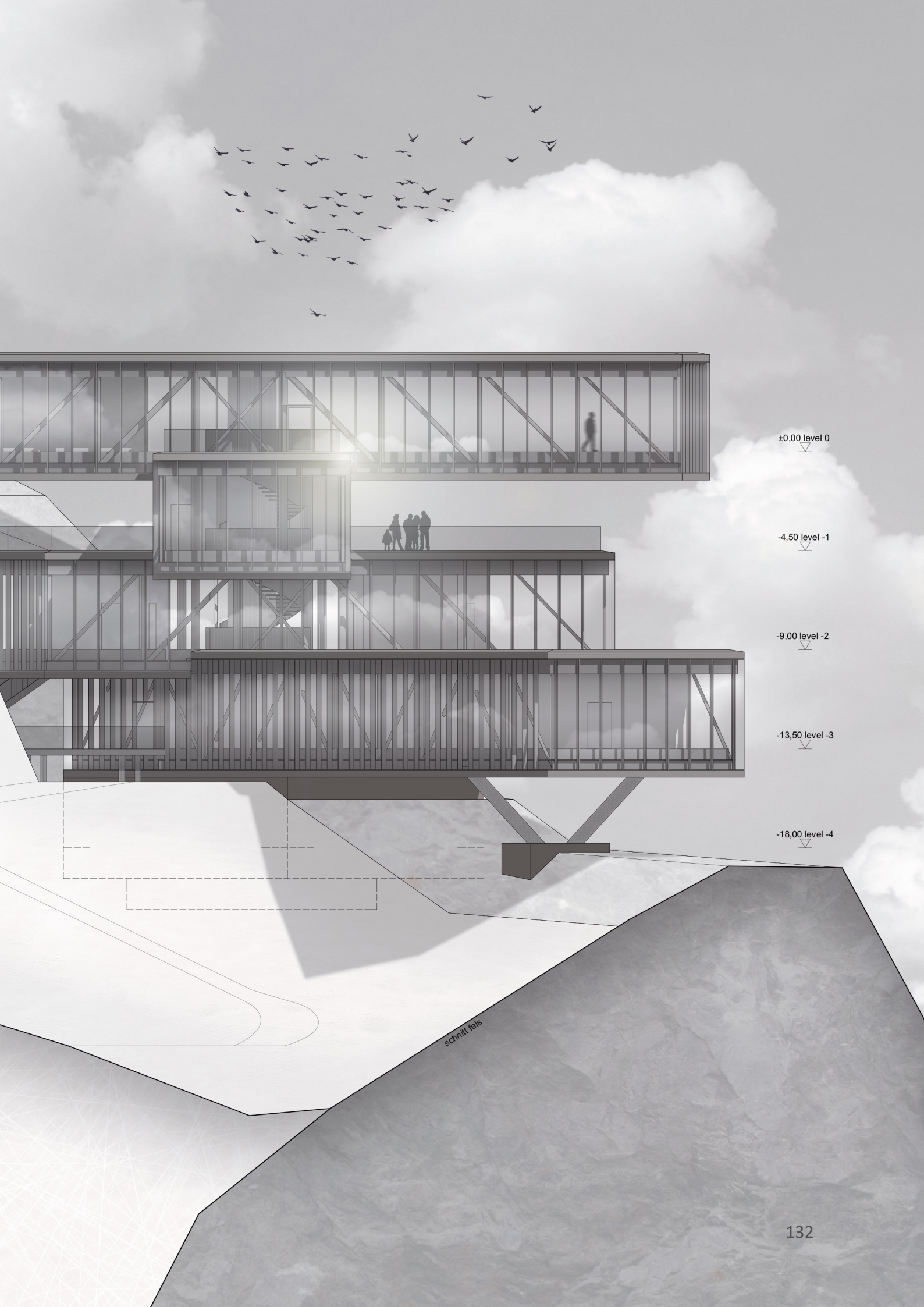
1 2 5 10

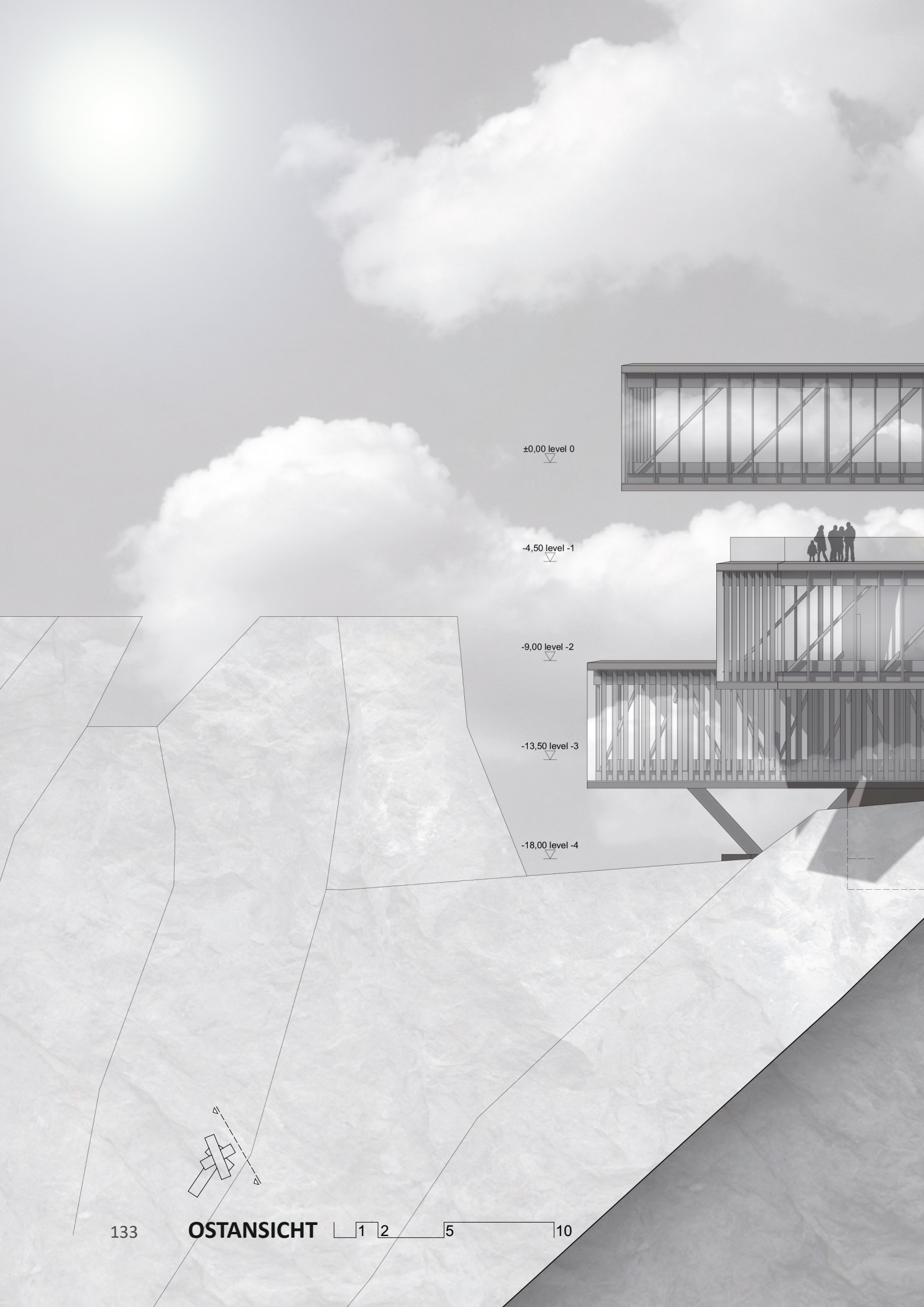

schnitt fels





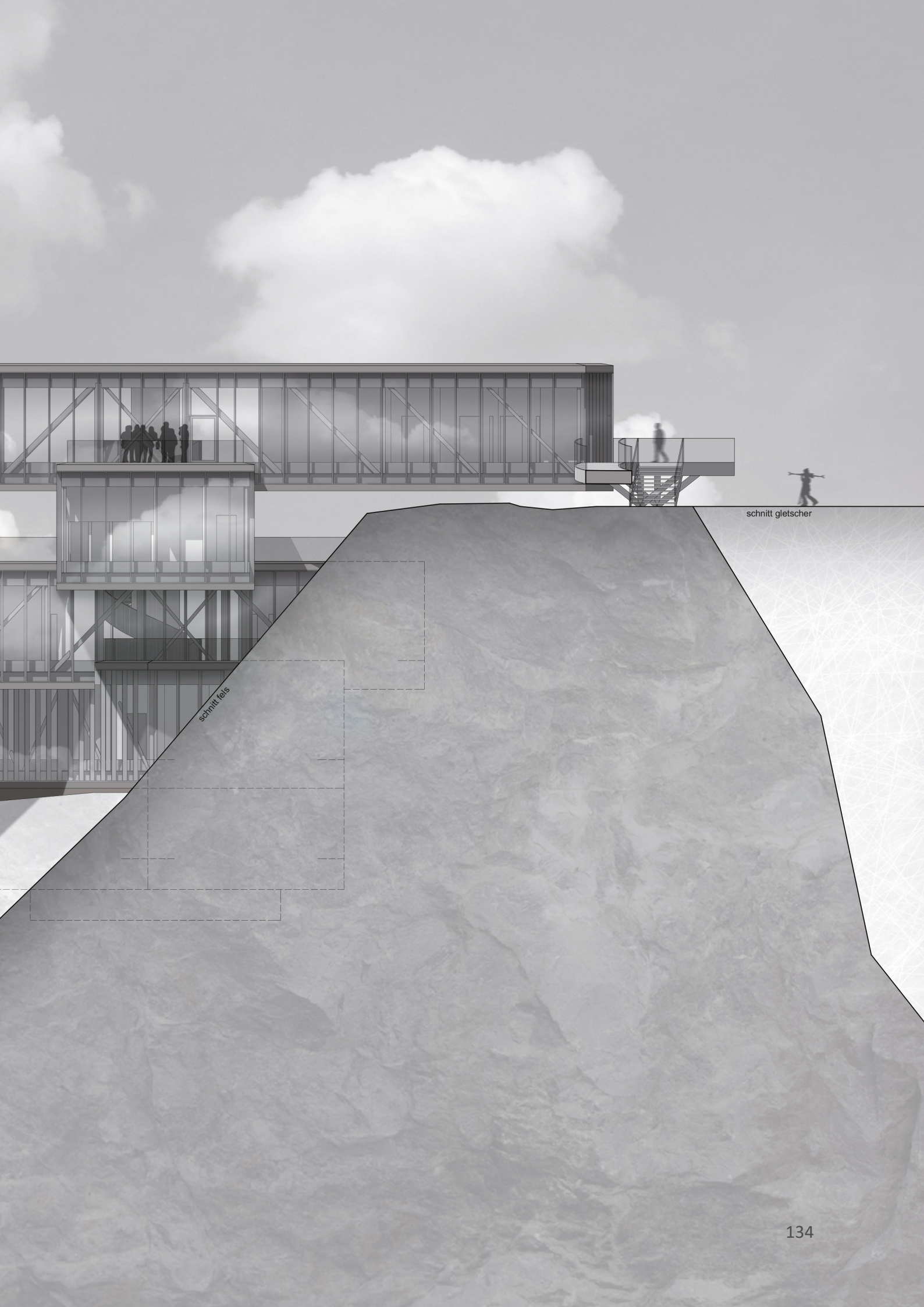
WESTANSICHT 1 2 5 10

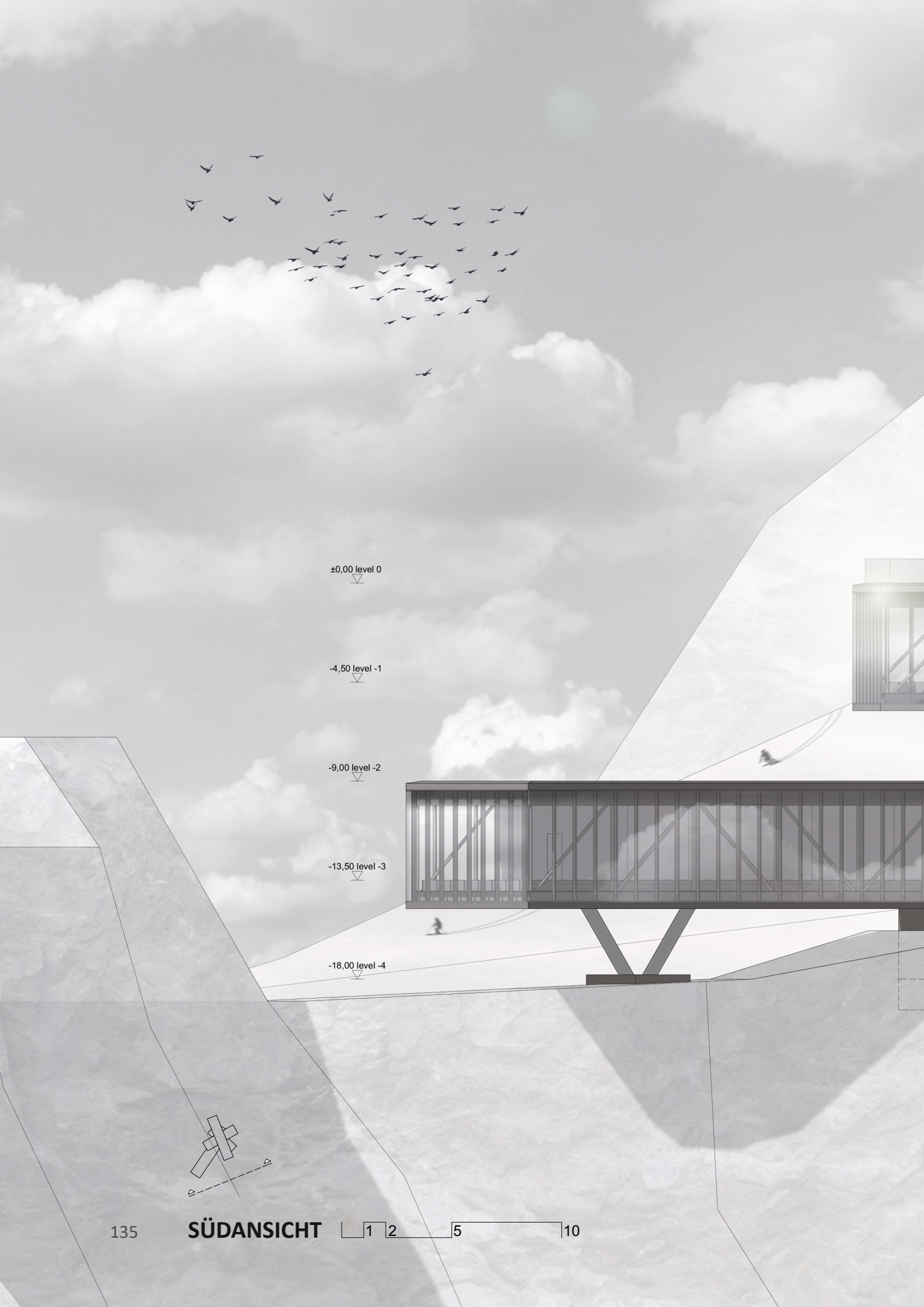

±0,00 level 0
-4,50 level -1
-9,00 level -2
-13,50 level -3
-18,00 level -4
schnitt fels



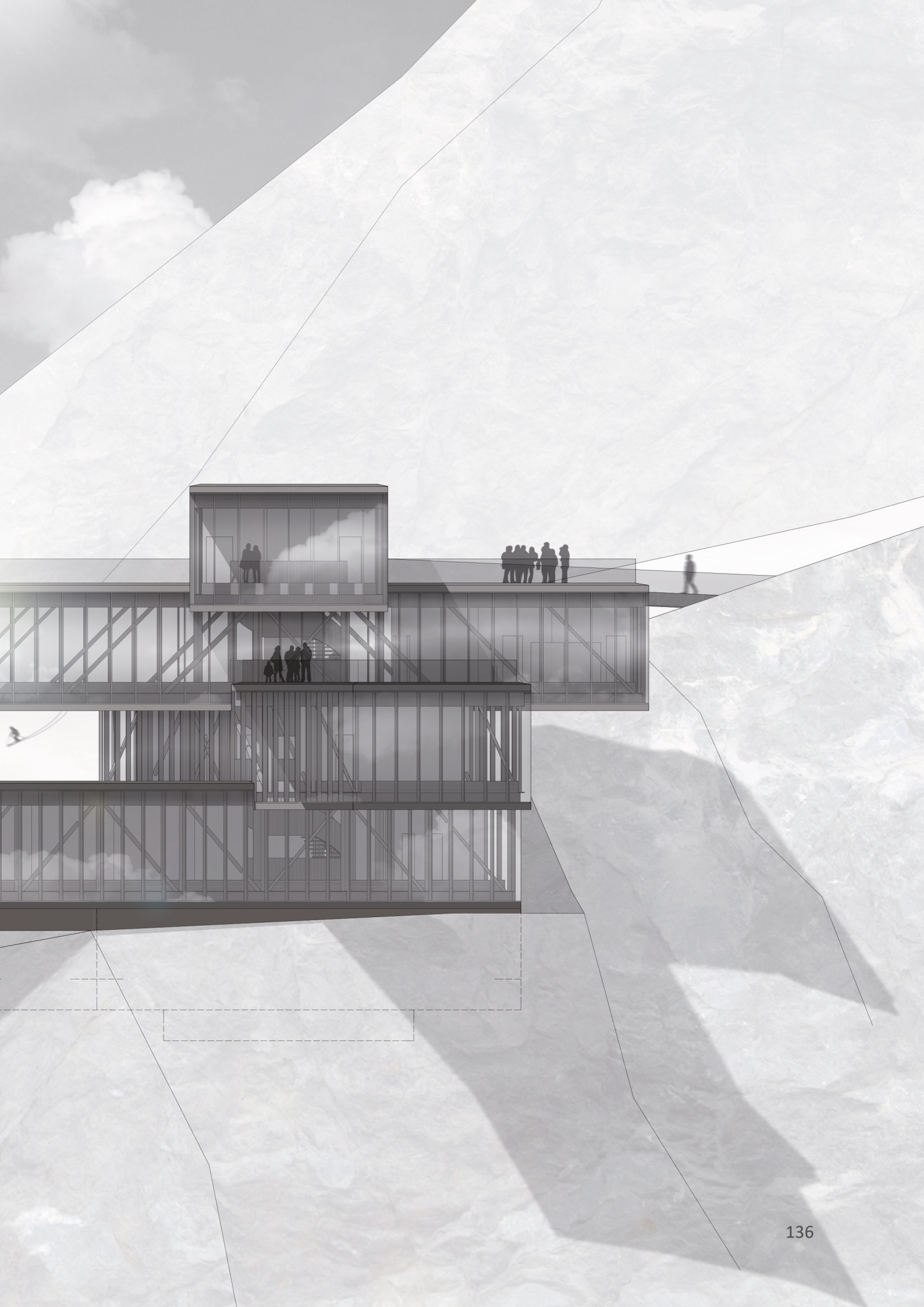
OSTANSICHT

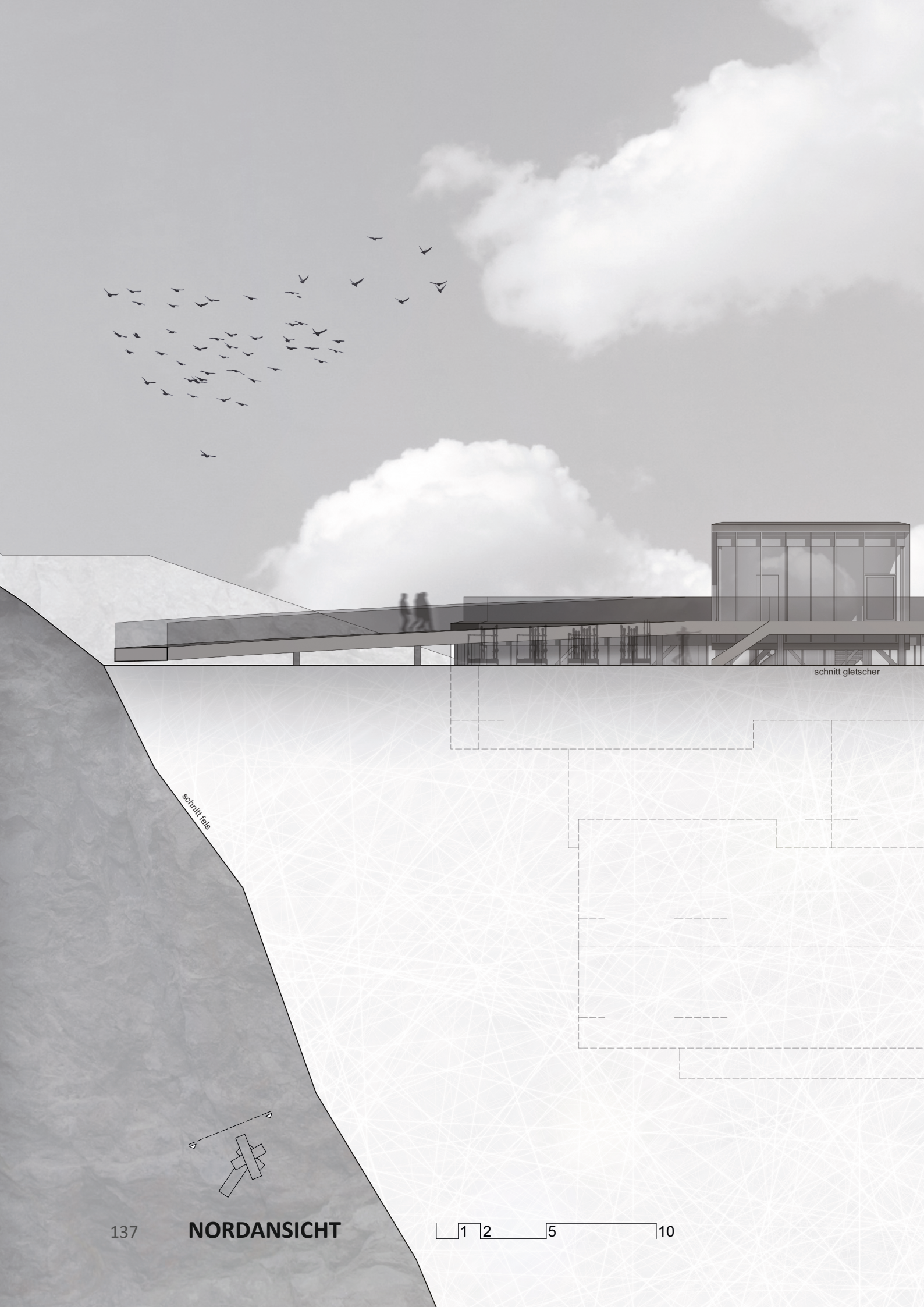
1 2 5 10


schnitt gletscher
schnitt fels

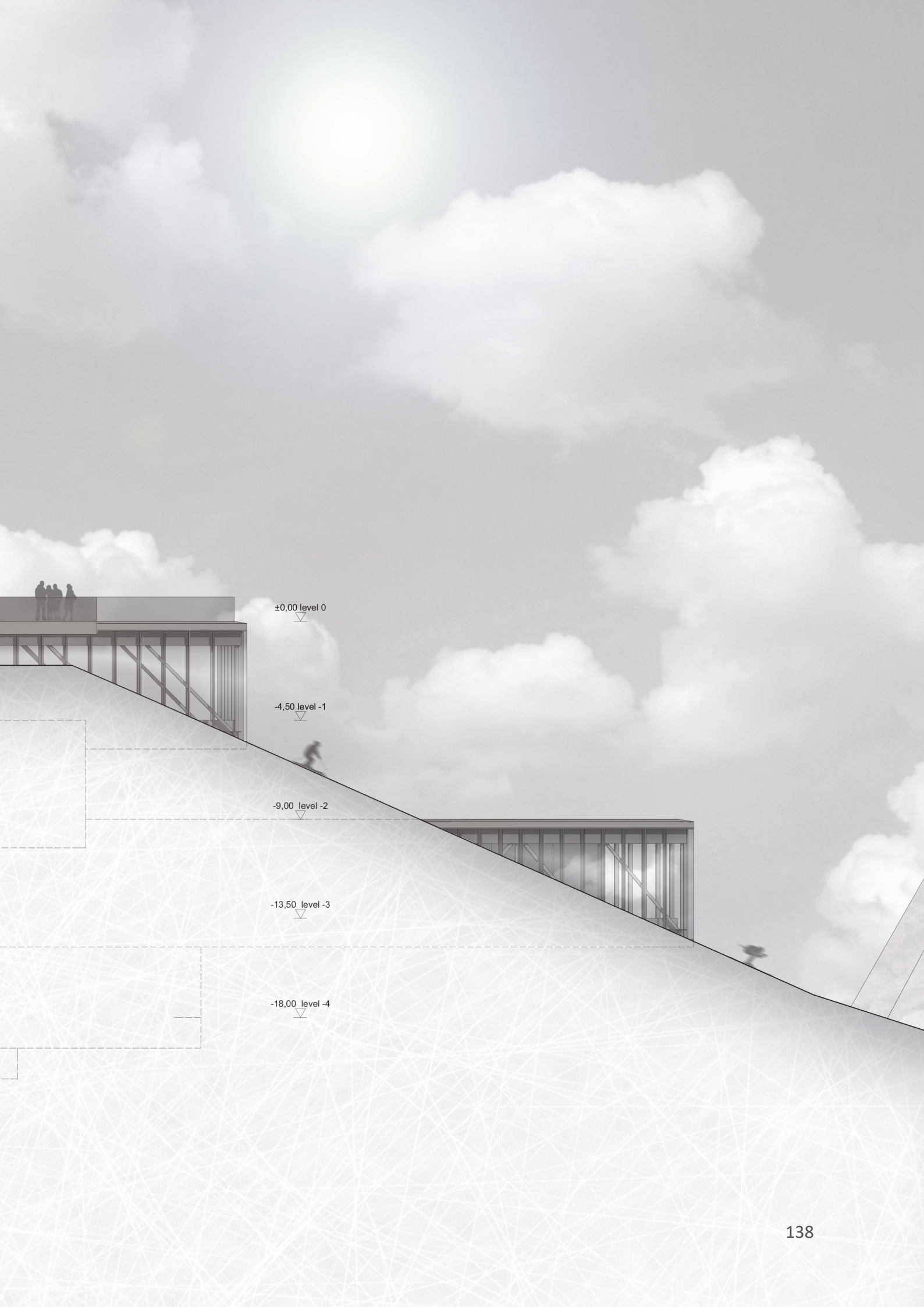


SÜDANSICHT 1 2 5 10





NORDANSICHT


±0,00 level 0
-4,50 level -1
-9,00 level -2
-13,50 level -3
-18,00 level -4

1 Holzbohlen Lärche 40 mm
Unterkonstruktion Stahl 50 mm
Luftraum - Toleranzausgleich max. 100 mm
Bautenschutzmatte 10 mm
EPDM-Abdichtung 2 mm
Wärmedämmung PUR 180 mm
Gefälledämmung PUR 3% 20-120 mm
Dampfsperre PE 0,2 mm min. sd 200 m
Decke Brettsperrholz 7s 200 mm
Alternativ: Decke Kielstegelement 380 mm
Stahlträger HEB 450
Luftraum - Installationsebene 450 mm
Abgehängte Decke 100 mm
Luftraum - Toleranzausgleich 33 mm
Unterkonstruktion - Mineralwolle 40 mm
3s-Platte Fichte Sichtqualität 27 mm

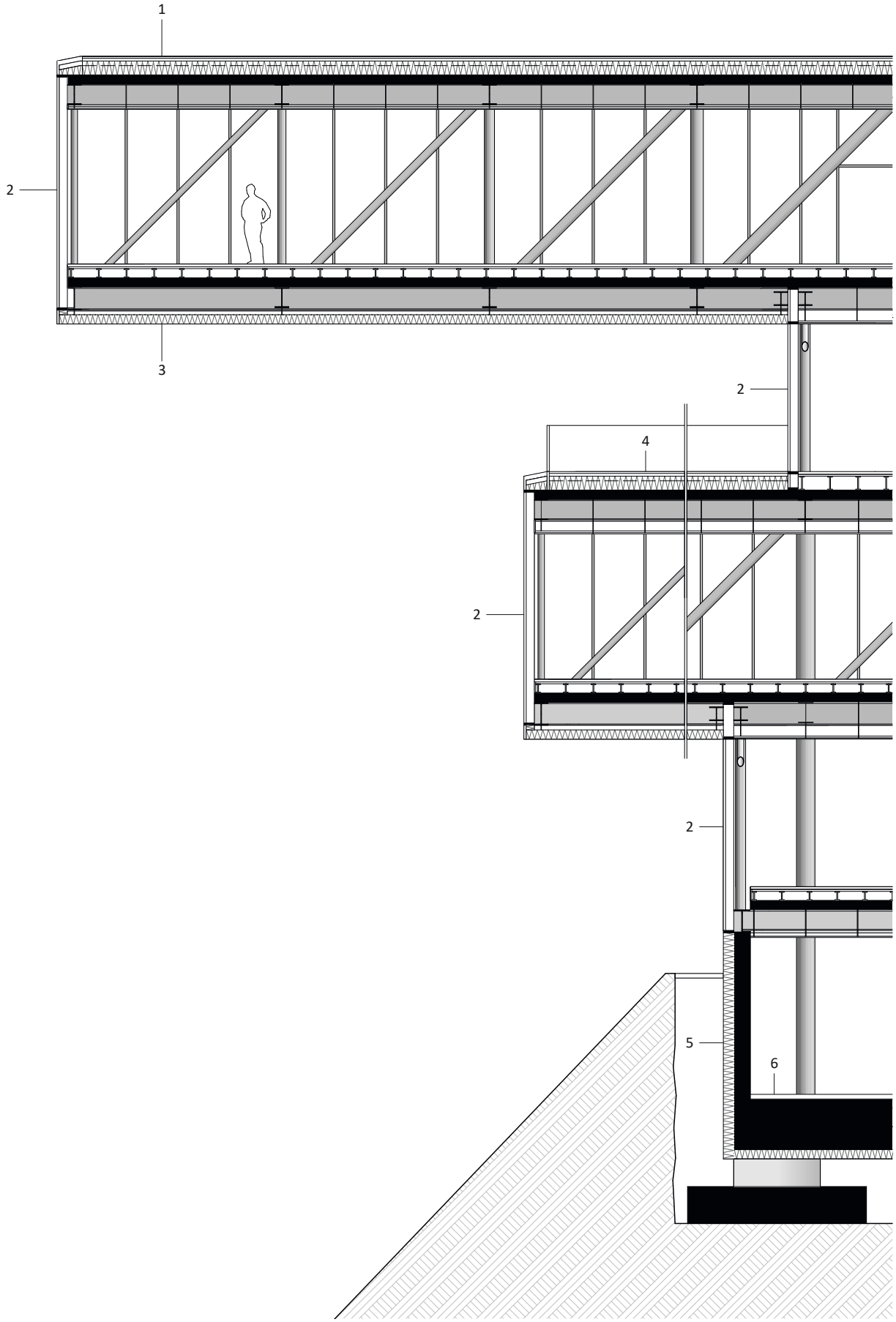
2 Pfosten-Riegel-Fassade 245 mm
Glashalteleiste Aluminium 56 x 20 mm
Dreifach-Isolierglas 58 mm min. U_g 0,4 W/m²K
(Standard-Glasformat 1125 x 5000 mm)
Einscheibensicherheitsglas ESG 10 mm
Scheibenzwischenraum - Kryptonfüllung 14 mm
Teilvorgespanntes Glas TVG 8 mm
Scheibenzwischenraum - Kryptonfüllung 14 mm
Teilvorgespanntes Glas TVG 6 mm
Verbundfolie PVB 0,38 mm
Teilvorgespanntes Glas TVG 6 mm
EPDM-Dichtung 12 mm
Tragprofile Aluminium 56 x 155 mm

3 Naturstein Granitgneis spaltrau 40 mm
Dickbettmörtel 20 mm
Trennfolie PE 0,02 mm
Dichtungsbahn 1 mm
Doppelboden 240 mm
Hochverdichtete Holzwerkstoffplatte 40 mm
Unterkonstruktion Stahlfüße 200 mm
Stützenfußraster 600x600 mm
Luftraum - Installationsebene 200 mm
Decke Brettsperrholz 7s 200 mm
Alternativ: Decke Kielstegelement 380 mm
Stahlträger in Längsrichtung HEB 500
Stahlträger in Querrichtung HEB 450 - Luftr. 450 mm
Luftraum 50 mm
Abgehängte Decke 300 mm
Luftraum - Toleranzausgleich max. 20 mm
Unterkonstruktion Aluminium 80 mm
Sandwichpaneel PUR 200 mm
diffusionsdicht verklebt
PU-beschichtet, anthrazitgrau

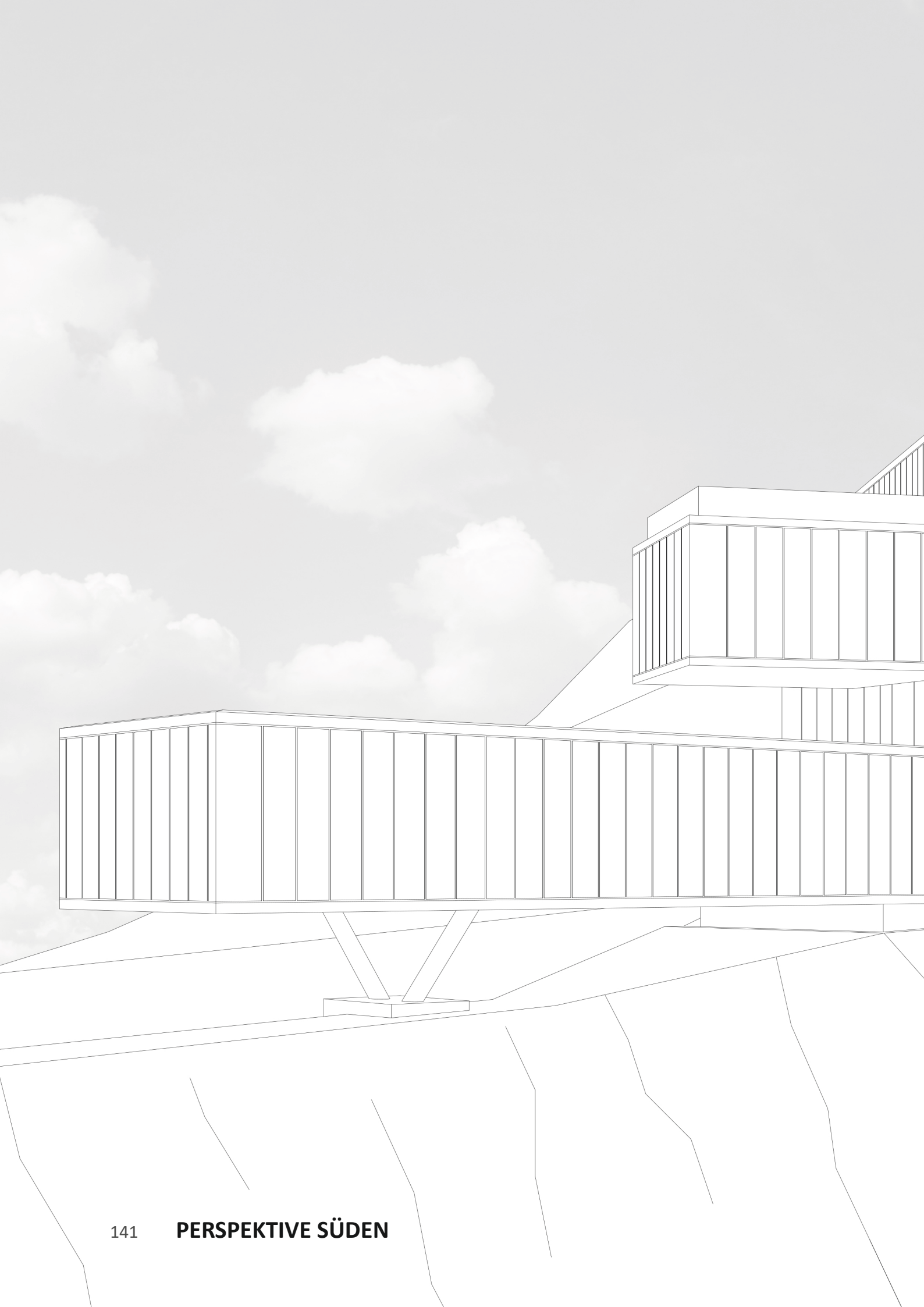
4 Holzbohlen Lärche 40 mm
Unterkonstruktion Stahl 50 mm
Luftraum - Toleranzausgleich max. 100 mm
Bautenschutzmatte 10 mm
EPDM-Abdichtung 2 mm
Wärmedämmung PUR 180 mm
Gefälledämmung PUR 3% 20-120 mm
Dampfsperre PE 0,2 mm min. sd 200 m
Decke Brettsperrholz 7s 200 mm
Alternativ: Decke Kielstegelement 380 mm
Stahlträger HEB 450
Luftraum - Installationsebene 450 mm
Abgehängte Decke 300 mm
Luftraum - Installationsebene 245 mm
Unterkonstruktion - Mineralwolle 40 mm
Gipskartonplatte GKB 15 mm

5 Sandwichpaneel PUR 200 mm
diffusionsdicht verklebt
PU-beschichtet, grau
Unterkonstruktion Aluminium 20 mm
Stahlbeton 300 mm

6 Verbundestrich versiegelt 100 mm
Fundamentplatte Stahlbeton 400-1000 mm
Unterkonstruktion Aluminium 20 mm
Sandwichpaneel PUR 200 mm
diffusionsdicht verklebt
PU-beschichtet,grau

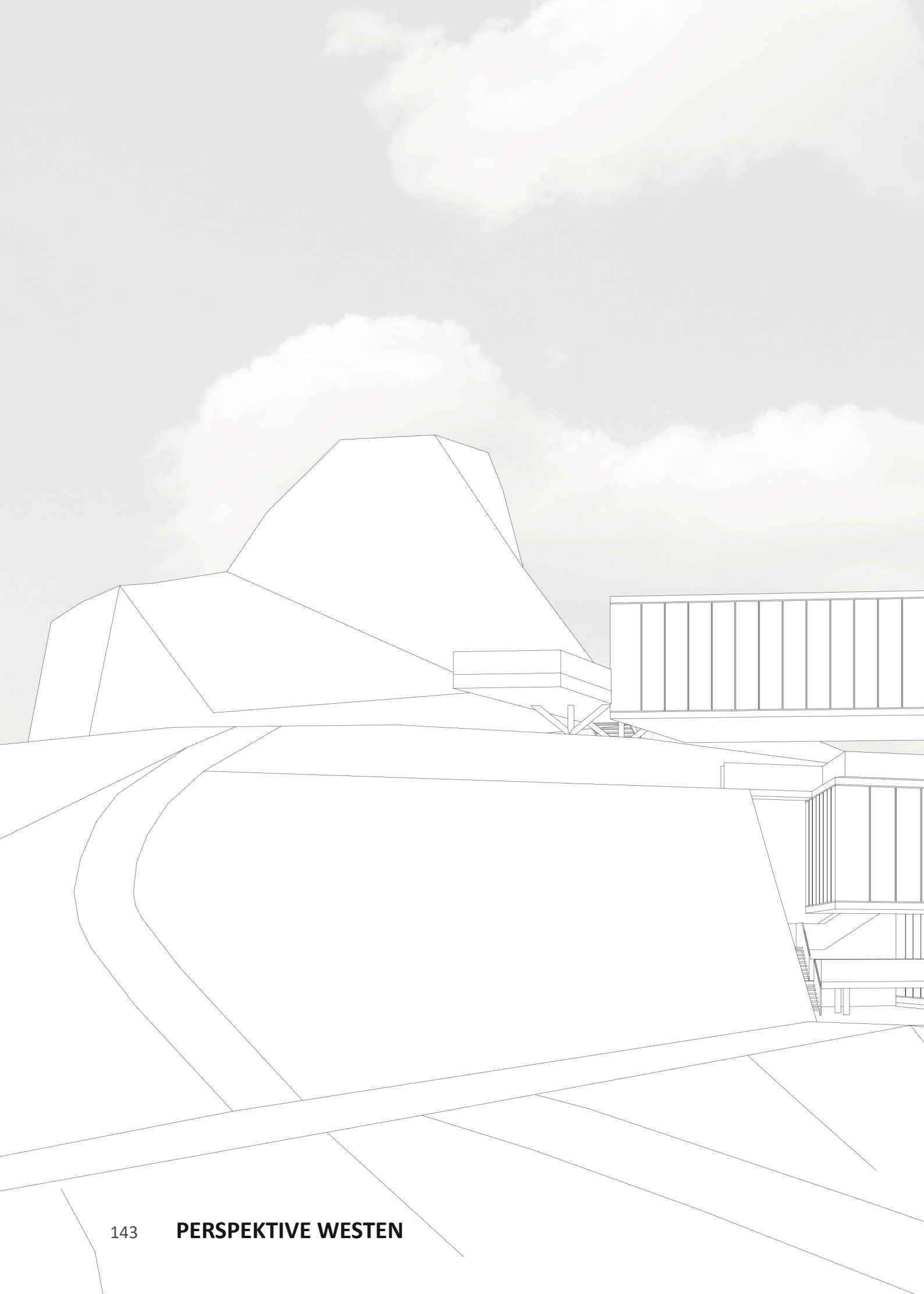


FASSADENSCHNITT 1 2,5 5

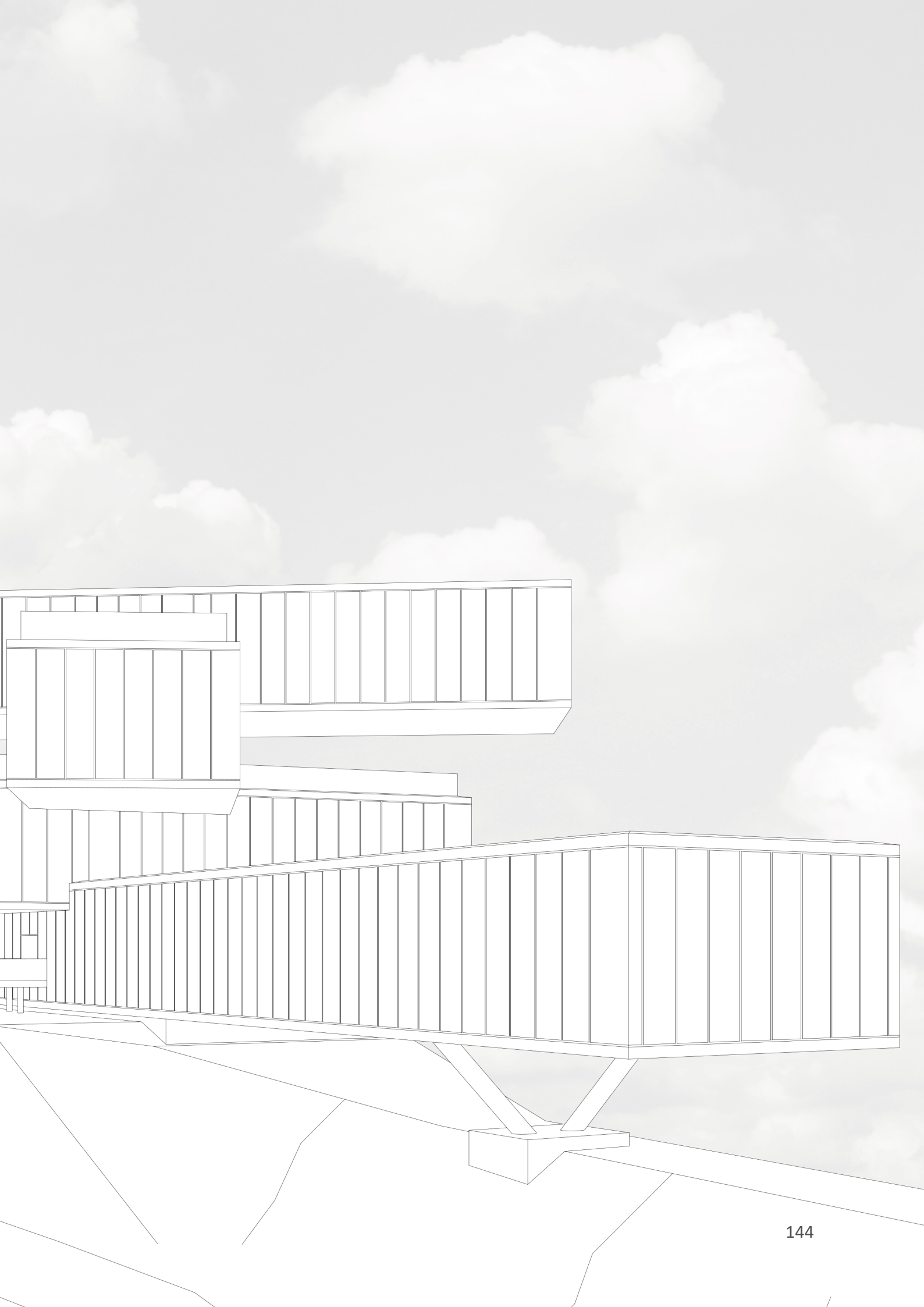


141 **PERSPEKTIVE SÜDEN**





143 **PERSPEKTIVE WESTEN**





Veranstaltungssaal mit Blick in Richtung Olperer

LITERATURVERZEICHNIS

Achrainer, Martin: *Hoch hinaus! Buch und Ausstellung zu Wege und Hütten*, in: Österreichischer Alpenverein (Hg.): Bergauf 04, Innsbruck 2016, 11-16

Achrainer, Martin/ Ritter, Stefan/ Trojer, Florian: *Erschließung und Erhaltung*, in: Deutscher Alpenverein/ Österreichischer Alpenverein/ Alpenverein Südtirol (Hg.): *Hoch hinaus! Wege und Hütten in den Alpen*, Köln-Weimar-Bonn 2016, 49 f.

Alean, Jürg: *Gletscher der Alpen*, Bern-Stuttgart-Wien 2010

Antes, Birgit/ Antes, Harald: *Zillertaler Alpen. Berge. Täler. Touren. Geschichten*, Rosenheim 1992

aut. architektur und tirol, 2015: *Bergrestaurant Ice Q*, https://www.nextroom.at/building.php?_q=n,150409&id=36997&sid=39427, in https://www.nextroom.at/, Zugriff am 04.06.2016

Bezirksblätter Tirol GmbH, 2013: *Feldstudie CAVE.LIFE am Hintertuxer Gletscher*, https://www.meinbezirk.at/telfs/lokales/feldstudie-cavelife-am-hintertuxer-gletscher-d718884.html, in; https://www.meinbezirk.at/tirol/, Zugriff am 08.04.2016

Bibliographisches Institut GmbH a: *alpin*, http://www.duden.de/rechtschreibung/alpin, in: http://www.duden.de, Zugriff am 08.04.2016

Bibliographisches Institut GmbH b: *hochalpin*, http://www.duden.de/rechtschreibung/hochalpin, in: http://www.duden.de, Zugriff am 08.04.2016

Binderholz Bausysteme GmbH: *Olpererhütte, Zillertal | A*, Hallein 2014

Bommer, Christian u.a.: *Bauen im Permafrost: Ein Leitfaden für die Praxis*, Birmensdorf 2009

BUILD LLC, 27.12.2010: *Alpine Architecture*, http://blog.buildllc.com/2010/12/alpine-architecture/, in: http://www.buildllc.com/, Zugriff am 08.04.2016

Bürgler, Rupert, o. J.: *Berliner Hütte - Das Ambiente der Pionierzeit des Alpinismus*, http://berlinerhütte.at/die-huette/wiege-des-alpinismus/prunkvoll-praechtig/, in: http://berlinerhütte.at/, Zugriff am 01.10.17

Caramelle, Franz/ Pflanzer, Hella: *Zillertal*, Innsbruck 1991

Darbellay, Jean-Paul: *Bauen in den Alpen*, in: (Das) Werk 56 (1969), H. 4, 232

Forkel, Matthias, 4.11.2015: *Klimate der Hochgebirge. Gebirge und ihr Einfluss auf das Klima*, http://www.klima-der-erde.de/gebirge.html, in: http://www.klima-der-erde.de, Zugriff am 03.03.2017

Furrer, Benno: *Bauen mit Niveauunterschieden. Ländliches Bauen und Wohnen in den Alpen*, in: Internationale Gesellschaft für historische Alpenforschung (Hg.): *L'invention de l'architecture alpine. Die Erfindung der alpinen Architektur*, Zürich 2011, 27-48

Hagedorn, F./ Rigling, A./ Bebi, P.: *Die Waldgrenze. Wo Bäume nicht mehr wachsen können*, in: Die Alpen 9/2006

Hallama, Doris: *Hüttenbauen im Hochalpinen*, in: Deutscher Alpenverein/ Österreichischer Alpenverein/ Alpenverein Südtirol (Hg.): *Hoch hinaus! Wege und Hütten in den Alpen*, Köln-Weimar-Bonn 2016, 121 f.

Heli Swiss International AG o. J.: *Unternehmensleitbild der HELISWISS INTERNATIONAL AG*, https://www.heliswissinternational.com/de/ueber-uns/unternehmensleitbild/, in: https://www.heliswissinternational.com, Zugriff am 06.08.2017

Hofer, Rudolf (Hg.): *Die Alpen. Einblicke in die Natur* (= alpine space- man & environment: vol. 9), Innsbruck 2009

Holzdirekt Montagen und Vertriebs GmbH: *Die Bedeutung des Glockenturms*, http://www.holzdirekt.at/shop/product_info.php?info=p42_glockenturm-glockenstuhl-gl7a-in-fichten--und-laerchenholz-handgefertigt.html, in: http://www.holzdirekt.at/, Zugriff am 08.03.2017

Klier, Walter: *Zillertaler Alpen. Alpenvereinsführer. Ein Führer für Täler, Hütten und Berge*, München ^{12}2013

Kompass-Karten GmbH a: *Zillertaler Alpen. Tuxer Alpen. Lexikon*, Innsbruck 2013

Kompass-Karten GmbH b: *Zillertaler Alpen. Tuxer Alpen. Wandern. Rad. Schitouren*, Innsbruck 2013

Konradin Medien GmbH, 2014-2017: *Höhenstufen der Vegetation: Vom Tal zum Gipfel*, http://www.wissen.de/bildwb/hoehenstufen-der-vegetation-vom-tal-zum-gipfel, in: http://www.wissen.de/, Zugriff am 03.03.2017

Lackner, Reinhard/Psenner Roland: *Alpiner Raum - Mensch & Umwelt. Eine Forschungsplattform der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck*, in: A. Borsdorf, S. Lange (Hg.): Politische, kulturelle und wissenschaftliche Perspektiven der nachhaltigen Raumentwicklung in den Alpen. Erste Ergebnisse des an der LFU Innsbruck koordinierten EU-Projektes DIAMONT, Innsbruck o. J., 9-19

Lauber IWISA AG, 2009: *Neue Monte Rosa-Hütte SAC «Die Berghütte der Zukunft»*, https://www.lauber-iwisa.ch/data/Ressources/1325585926-Broschuere_Monte_Rosa.pdf, in: https://www.lauber-iwisa.ch/meta/home, Zugriff am 05.04.2017

Mathieu, Jon: *Von der Architektur in den Alpen zur alpinen Architektur. Eine historische Einführung*, in: Internationale Gesellschaft für historische Alpenforschung (Hg.): *L'invention de l'architecture alpine. Die Erfindung der alpinen Architektur*, Zürich 2011, 13-26

Mathieu, Jon: *Maiensässwirtschaft in Graubünden. 15.-19. Jahrhundert*, in: D. Giovanoli, *Alpschermen und Maiensässe in Graubünden*, Bern 2003, 495

Natursport Tirol a: *Basisinformation*, http://www.natursport.at/images/eispalast-basisinformation.pdf, in: http://www.natursport.at/, Zugriff am 13.03.2017

Natursport Tirol b: http://www.natursport.at/, Zugriff am 13.03.2017

Österreichischer Alpenverein o. J.: *Geschichte des Alpenvereins*, https://www.alpenverein.at/portal/der-verein/geschichte/index.php, in: https://www.alpenverein.at, Zugriff am 01.10.2017

Österreichischer Alpenverein 2012: *Präsentation zur Alpenvereinsgeschichte als Download*, https://www.alpenverein.at/portal_wAssets/docs/der-verein/geschichte-des-alpenvereins-2012.pdf, in: https://www.alpenverein.at, Zugriff am 01.10.2017

Österreichischer Alpenverein 2016: *Gletscherbericht des Alpenvereins 2014/2015*, http://www.alpenverein.at/portal/news/aktuelle_news/2016/2016_04_08_gletscherbericht.php, in: https://www.alpenverein.at, Zugriff am 01.10.2017

Österreichische Bundesforste AG: *Wald. Das Magazin für Draußen. Sonderausgabe*, Purkersdorf 2014

Pinzer, Beatrix/ Pinzer, Egon: *Zillertal. Gerlostal. Tuxertal*, Innsbruck 2001

Reiter, Martin: *Zillertal*, Innsbruck-Wien 1991

Reiter, Martin: *Das alte Zillertal - Menschen, Gemeinden und Landschaften auf historischen Photographien.* , Reith im Alpbachtal 2011

Scharfe, Martin: *Wege ins Behauste, Wege ins Offene*, in: Deutscher Alpenverein/ Österreichischer Alpenverein/ Alpenverein Südtirol (Hg.): *Hoch hinaus! Wege und Hütten in den Alpen*, Köln-Weimar-Bonn 2016, 11 f.

Scharr, Kurt/ Steinicke, Ernst (Hg.): *Tourismus und Gletscherschigebiete in Tirol. Eine vergleichende geographische Analyse*, Innsbruck 2011

SNS-TIROL a: *Das Zillertal - Tirol*, http://www.hintertux.at/winter/zillertal-tuxertal/, in: http://www.hintertux.at/, Zugriff am 09.03.2017

SNS-TIROL b: *Das Tuxertal*, http://www.hintertux.at/winter/zillertal-tuxertal/, in: http://www.hintertux.at/, Zugriff am 09.03.2017

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH: *Baumgrenze*, http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/alpine-baumgrenze/2452, in: http://www.spektrumverlag.de, Zugriff am 02.03.2017

Stacher, Susanne/Hölz, Christph (Hg.): *Dreamland Alps. Utopische Projekte und Projektionen in den Alpen*, Innsbruck 2014

Tiroler Tageszeitung Online: *Klimaforschung im Zillertaler Naturpark*, http://www.tt.com/panorama/natur/11879319-91/klimaforschung-im-zillertaler-naturpark.csp?tab=article, in: http://www.tt.com/, Zugriff am 01.10.2017

Tollmann, Alexander: *Geologie von Österreich. Die Zentralalpen*, Wien 1977

Tourismusverband Tux-Finkenberg, o. J.: *Olperer 150 - A Magic Night on 3.250m*, https://www.tux.at/olperer150/, in: https://www.tux.at, Zugriff am 01.10.2017

Wildbach und Lawinenverbauung: *Schriftliche Mitteilung vom* 10.04.2017

Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG: *50 Jahre Erfolgsgeschichte (1964-2014)*, Tux-Hintertux 2014

Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG, o. J. a: *Faszination Eis*, http://www.hintertuxergletscher.at/de/service1/faszination-eis/, in: http://www.hintertuxergletscher.at, Zugriff am 11.03.2017

Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG, o. J. b: *Barrierefrei auf den Hintertuxer Gletscher*, http://www.hintertuxergletscher.at/de/highlights/sehenswertes/barrierefrei/, in: http://www.hintertuxergletscher.at, Zugriff am 11.03.2017

Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG, o. J. c: *Einblicke ins ewige Eis im Natur Eis Palast*, https://www.hintertuxergletscher.at/de/highlights/sehenswertes/natur-eis-palast/, in: http://www.hintertuxergletscher.at, Zugriff am 01.10.2017

Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG, o. J. d: *Kulinarik am Hintertuxer Gletscher*, https://www.hintertuxergletscher.at/de/skifahren/aktuelles/unsere-huetten/, in: http://www.hintertuxergletscher.at, Zugriff am 11.03.2017

Zillertal Tourismus GmbH: *Schriftliche Mitteilung vom* 02.10.2017

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Hintertuxer Gletscher mit Blick auf den Doppelgipfel der Gefrorene-Wand-Spitzen | Eigene Aufnahme 01.11.2016	1
Abbildung 2:	Restaurant ICE Q und Bergstation Gaislachkogelbahn Sölden | Architekturbüro obermoser arch-omo zt gmbh | https://www.snowsociety.com/de/fashion-und-lifestyle/james-bond-spectre-soelden-oetztal	5
Abbildung 3:	„Capella Granata“ am Penkenjoch, Zillertal | Architetti Mario Botta	8
Abbildung 4:	Hochalpines Gelände im Hochgebirgs-Naturpark Zillertaler Alpen | Eigene Aufnahme 24.09.2014	10
Abbildung 5:	Höhenstufengliederung der Alpen | bergundsteigen #99, 84-85	12
Abbildung 6:	Verlauf der Höhenstufen von der montanen bis zur nivalen Stufe am Tuxer Hauptkamm auf der Seite des Zemmgrundes im hinteren Zillertal. Bei genauerer Betrachtung lassen sich Waldgrenze, Baumgrenze und Schneegrenze erkennen.	13
Abbildung 7:	Bauernhof im Tuxertal, Fotografie um 1930 | Reiter 2011, 152	16
Abbildung 8:	Lanersbach im Tuxertal, Fotografie um 1930 | Reiter 2011, 155	18
Abbildung 9:	Zillertaler Trachtenpaar am Hainzenberg, Fotografie 1928 | Reiter 2011, 69	20
Abbildung 10:	Spätmittelalterlicher Blockbau aus dem Jahr 1287 in Schwyz, Schweiz | Furrer 2011, 31	24
Abbildung 11:	Maiensäss mit gemauertem Feuerhaus in Fusio, Schweiz, Fotografie 1968 | Furrer 2011, 35	26
Abbildung 12:	Einräumige Sennhütte in Bruchstein mit Steinplattendach in Ulrichen, Schweiz, um 1950 | Furrer 2011, 37	28
Abbildung 13:	In Blockbauweise errichtete Almhütte im Zemmgrund, Zillertal, Fotografie um 1929 | Reiter 2011, 135	30
Abbildung 14:	Almhütten in Steinbauweise, ehem. Hörbergeralm im Schleigeistal, Zillertal, Fotografie um 1929 | Reiter 2011, 139	30
Abbildung 15:	Über 200 Jahre alter, zur Gänze in Holz errichteter Hof im Zillergrund, Zillertal | Caramelle/Pflanzer 1991, 46	32
Abbildung 16:	Bauernhaus in Brandberg, Zillertal | Pinzer/Pinzer 2001, 38	32
Abbildung 17:	Bauernhof mit teilweise gemauertem Erdgeschoß am Anfang des Tuxertales, Fotografie um 1930 | Reiter 2011, 146	33
Abbildung 18:	Bauernhöfe und Heustadel im Tuxertal, Fotografien um 1930 | Reiter 2011, 147	34
Abbildung 19:	Detailansichten eines Bauernhofes in Stumm, Zillertal | Caramelle/Pflanzer 1991, 41	36
Abbildung 20:	Typischer Zillertaler Bauernhof mit Glockenturm am Bruckerberg | Caramelle/Pflanzer 1991, 40	36
Abbildung 21:	Schlegeisspeicher im hinteren Zillertal auf 1782 Metern Seehöhe	38
Abbildung 22:	Mayrhofen im Zillertal gilt als typischer Wintersportort im Alpenraum | © Archiv Tourismusverband Mayrhofen-Hippach, Fotografie Laurin Moser	38
Abbildung 23:	Großglockner und Pasterze, Aquarell von Karoly Libay 1860 | Achrainer/Ritter/Trojer 2016, 50	40
Abbildung 24:	Historische Aufnahme der Berliner Hütte um 1930 | https://media05.regionaut.meinbezirk.at/2013/02/05/3700620_web.jpg?1360097665	42
Abbildung 25:	Prunkvoller Speisesaal mit 5 Metern Raumhöhe | https://www.blog.tirol/2017/06/berliner-huette/	42
Abbildung 26:	Auf dieser aktuellen Aufnahme der Berliner Hütte sind die zeitlich unterschiedlichen Bauphasen deutlich zu erkennen. Die Hütte markiert heute den Start- und Zielpunkt des Berliner Höhenweges im Zillertal. | https://www.blog.tirol/2017/06/berliner-huette/	42
Abbildung 27:	Permafrostvorkommen in Österreich | verändert nach: http://www.zamg.ac.at/cms/de/images/topmenu/medien/sonnblick/permafrost/permat_basemap4_uni-zuerich-boeckli	44
Abbildung 28:	Diagramm zur Abschätzung des Permafrostvorkommens in Hanglagen als Funktion der Meereshöhe und Exposition | Bommer 2009, 46	44
Abbildung 29:	Schematische Darstellung verschiedener Permafrost erhaltender Bauverfahren. Das Bauwerk wird a) erhöht durch Pfähle, b) erhöht durch Einzelfundationen, c) auf Schüttung fundiert (Bodenaustausch), d) unterkellert (ungenutzter, kalter Keller ohne wärmeerzeugende Geräte) | Bommer 2009, 115	44

Abbildung 30:	Grundriss Obergeschoß, maßstabslos | Binderholz Bausysteme GmbH 2014, 5	45
Abbildung 31:	Grundriss Erdgeschoß, maßstabslos | Binderholz Bausysteme GmbH 2014, 5	45
Abbildung 32:	Blick Richtung Olpererhütte | Eigene Aufnahme 2015	46
Abbildung 33:	Visualisierung des Innenraumes, Aufnahmen während der Bauphase und fertige Hütte | Binderholz Bausysteme GmbH 2014, 3-8	46
Abbildung 34:	Außenaufnahmen und Restaurantbereich im Erdgeschoß | © Markus Bstieler, https://www.nextroom.at/building.php?_=n,150409&id=36997&sid=39427	47
Abbildung 35:	Bergrestaurant ICE Q am Gaislachkogel in Sölden| Eigene Aufnahme 17.03.2017	48
Abbildung 36:	Lageplan | maßstabslos | © obermoser arch-omo, http://www.nextroom.at/building.php?id=36997&sid=, 04.04.2017	49
Abbildung 37:	Grundriss Erdgeschoß, Restaurantebene | maßstabslos | © obermoser arch-omo, http://www.nextroom.at/building.php?id=36997&sid=, 04.04.2017	49
Abbildung 38:	Grundriss Obergeschoß, Loungeebene | maßstabslos | © obermoser arch-omo, http://www.nextroom.at/building.php?id=36997&sid=, 04.04.2017	50
Abbildung 39:	Schnitt | maßstabslos | © obermoser arch-omo, http://www.nextroom.at/building.php?id=36997&sid=, 04.04.2017	50
Abbildung 40:	Grundriss Erdgeschoß und Schnitt | maßstabslos | Stacher/Hölz (Hg.) 2014, 88-89	51
Abbildung 41:	Außenaufnahmen der Neuen Monte Rosa Hütte, komplett in Holz gehaltener Innenraum und Errichtung der Hütte mittels Helikopter | http://www.holzbaubuero.ch/131, Zugriff am 05.04.2017	52
Abbildung 42:	Hintertuxer Gletscher, Blick von der Gefrorenen Wand [3250 m] in Richtung Olperer [3476 m] | © Zillertal Tourismus GmbH, Fotografie Bernd Ritsch	53
Abbildung 43:	Übersichtskarte zur geographischen Lage des Zillertals | © Zillertal Tourismus GmbH	56
Abbildung 44:	Sommer im Zillertal | © Zillertal Tourismus GmbH, Fotografie Philip Platzer	57
Abbildung 45:	Winter im Zillertal | © Zillertal Tourismus GmbH, Fotografie Thomas Straub	58
Abbildung 46:	Das Zillertal auf einem Ausschnitt aus der historischen Tirol-Karte von Peter Anich und Blasius Hueber, 1774 | Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum | Reiter 1991, Umschlagbild vorne	59
Abbildung 47:	Karte des Zillertals mit Seitentälern und Gebirgszügen, Blickrichtung Süden. In der Bildmitte liegt das Zillertal, welches von Norden nach Süden verläuft. Im rechten, unteren Bildteil ist ein Teil des Unterinntals abgebildet. Im oberen Teil sind von links nach rechts die vier inneren Gründe des Zillertals, der Zillergrund, der Stillupgrund, der Zemmgrund mit weiteren Seitentälern sowie der Tuxergrund zu erkennen. Rechts oben im Bild befindet sich der Hintertuxer Gletscher am Ende des Tuxergrundes. | http://www.zillertal.de/ZillertalSommer/Bilder/SommerPanorama.jpg	60
Abbildung 48:	Blick vom Tuxertal in Richtung Hintertuxer Gletscher | Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG 2014, 2	62
Abbildung 49:	Schifahren am Hintertuxer Gletscher | © Zillertal Tourismus GmbH, Fotografie Thomas Straub	63
Abbildung 50:	Übersicht der Gletscherschigebiete in Tirol | Scharr/Steinicke (Hg.) 2011, 17.	64
Abbildung 51:	Längster Sessellift Österreichs 1968 | Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG 2014, 22	66
Abbildung 52:	Herbstschilauf am „Kaserer Kees“ im Jahr 1978 | Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG 2014, 27	66
Abbildung 53:	Kartenausschnitt der Zillertaler Alpen, genordet, ohne Maßstab | Kompass-Karten GmbH b	67
Abbildung 54:	Pistenplan Gletscherschiegebiet am Hintertuxer Gletscher | http://www.hintertuxergletscher.at/de/skifahren/skigebietsinfo/pistenplaene/	68
Abbildung 55:	Aufnahmen des Hintertuxer Gletschers um 1930 | Reiter 2011, 159-160	70
Abbildung 56:	Gletschereis erscheint in dicken Schichten bläulich, da alle anderen Farbtöne des Sonnenlichts absorbiert werden | Alean 2010, 37	72
Abbildung 57:	Umwandlung von Schnee über Firn zu Gletschereis | Alean 2010, 35	72
Abbildung 58:	Eisbewegung am Hintertuxer Gletscher | verändert nach: Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG o. J. c, o. S.	74

Abbildung 59:	Längsschnitt durch einen Gletscher | Alean 2010, 40	74
Abbildung 60:	Darstellung des Fließens eines Gletschers in Grundriss und Längsschnitt | Alean 2010, 96.	76
Abbildung 61:	Grundriss eines Gletschers mit Darstellung der verschiedenen Arten von Gletscherspalten | Alean 2010, 102.	76
Abbildung 62:	Der Hintertuxer Gletscher im Sommer mit sichtbaren Gletscherspalten an der Oberfläche | http://www.sommerschi.com/forum/sommerschi-f5/hintertuxer-gletscher-sommer-2015-t3298.html	78
Abbildung 63:	Markanter, pyramidenförmiger Gipfel des Olperers aus Porphyrgranitgneis| Eigene Aufnahme 01.11.2016	80
Abbildung 64:	Geologische Karte der nordwestlichen Zillertaler Alpen | Tollmann 1977, 64.	80
Abbildung 65:	Lage Natur Eis Palast | Eigene Aufnahme 01.11.2016	82
Abbildung 66:	Eingang zur Eishöhle | Eigene Aufnahme 20.02.2017	82
Abbildung 67:	Unterirdischer Gletschersee | copyright ORF, Sabine Aichner, https://www.hintertuxergletscher.at/de/highlights/sehenswertes/natur-eis-palast/	82
Abbildung 68:	Eisstalaktiten mit bis zu 8 Metern Länge | Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG 2014, 65	82
Abbildung 69:	Natürlich entstandener Gang durch den Gletscher | http://www.natursport.at/natureispalast/images/img_3772.jpg	84
Abbildung 70:	Geführte Tour durch den Gletscher | Fotografie © Christoph Schöch, http://www.natursport.at/images/P100127_18.jpg	84
Abbildung 71:	Beleuchtete Eisformationen | Fotografie © Christoph Schöch, http://www.natursport.at/images/hintertux_shooting2011_115_by_schoech_christoph.jpg	84
Abbildung 72:	Karte Natureispalast | ohne Maßstab | http://www.natursport.at/images/Plan_Natureispalast_2012_1066x857.jpg	85
Abbildung 73:	Der Rand des Hintertuxer Gletschers im Sommer | OeAV/Fachabteilung Raumplanung-Naturschutz, https://www.alpenverein.at/portal/news/archiv_2012/2012_10_19_landschaftsverbrauch.php	87
Abbildung 74:	Fotodokmentation des Hintertuxer Gletschers. Oben: um 1924, Mitte: 2003, Unten: 2012 | © Gesellschaft für ökologische Forschungen, Greenpeace, https://www.greenpeace.de/themen/gletscher-schmelzen-rasant	88
Abbildung 75:	Bauplatz unterhalb des Südgipfels der Gefrorene-Wand-Spitzen | Eigene Aufnahme 01.11.2016	91
Abbildung 76:	Ortholuftbild genordet | Lage des Bauplatzes und bedeutende Berggipfel im Umfeld | verändert nach: https://www.google.de/maps/@47.030439,11.6992673,22448m/data=!3m1!1e3	94
Abbildung 77:	Blick von Westen in Richtung des Doppelgipfels der Gefrorene-Wand-Spitzen mit dazwischenliegender Bergstation des Gletscherbusses 3 auf 3250 Meter | Eigene Aufnahme 01.11.2016	95
Abbildung 78:	Blick von Osten zu den Gefrorene-Wand-Spitzen. Im linken Bildteil befindet sich der südwestlich gelegene Gipfel des Olperers | Eigene Aufnahme 06.08.2014	96
Abbildung 79:	Blick vom Bauplatz Richtung Südwesten | Eigene Aufnahme 20.02.2017	98
Abbildung 80:	Blick vom Bauplatz Richtung Südosten | Eigene Aufnahme 01.11.2016	98
Abbildung 81:	Mehrzweckhelikopter Typ Super Puma | Heli Swiss | https://www.heliswissinternational.com/de/flotte/as-332-super-puma-c1/#&gid=1&pid=4	112
Abbildung 82:	Kenndaten AS 332 Super Puma C1 HB-XVY | https://www.heliswissinternational.com/de/flotte/as-332-super-puma-c1/	112

ICONVERZEICHNIS

 Gletscher | Handbuch Tirol Icons, Version 2015.09, 17 | www.tirolwerbung.at

 Ski Alpin | Handbuch Tirol Icons, Version 2015.09, 17 | www.tirolwerbung.at

 Sessellift 2er | Handbuch Tirol Icons, Version 2015.09, 22 | www.tirolwerbung.at

 Sommerbahn | Handbuch Tirol Icons, Version 2015.09, 23 | www.tirolwerbung.at

 Ausflugsziel | Handbuch Tirol Icons, Version 2015.09, 24 | www.tirolwerbung.at