

Regionalklimaanalyse Inntal

Endbericht

Wien, am 28.11.2025
GZ 25604

KLI Regionalklimaanalyse Inntal

GZ 25604

Auftraggeber

Land Tirol,
Heiligeiststraße 7, 6020 Innsbruck

Auftragnehmer

Rosinak & Partner ZT GmbH
Schloßgasse 11
1050 Wien

In Kooperation mit:
GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Große Pfahlstraße 5A
30161 Hannover, Deutschland

Wien, am 28.11.2025


ROSINAK & PARTNER
Ziviltechniker GmbH
Schloßgasse 11, 1050 Wien,
Tel. (+431) 544 07 07, Fax (+431) 544 07 27
office@rosinak.at, www.rosinak.at

DI Karl Schönhuber
Geschäftsführer
Rosinak & Partner ZT GmbH

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	5
1 Einleitung.....	7
2 Fachliche Grundlagen.....	8
2.1 Stadtclima und städtischer Wärmeinseleffekt	8
2.2 Thermische Belastung.....	8
2.3 Kaltluftprozesse	10
3 Das Inntal – Räumliche Ausgangslage.....	12
3.1 Topografie und Lage	12
3.2 Flächennutzung und Dauersiedlungsraum	12
3.3 Raumplanerische Herausforderungen.....	12
4 Das Inntal – Klimatologische Ausgangslage.....	14
4.1 Temperaturrentwicklungen	14
4.2 Hitzetage und Hitzewellen	14
4.3 Häufigkeit der Strahlungsnächte	15
4.4 Prognosen für Tirol.....	16
5 Methodik	17
5.1 Modellierung, Modellergebnisse und Projektgebiet	17
5.2 Aufbereitung der Modellergebnisse und Vorarbeiten für Planhinweise.....	19
5.2.1 PET-Tag (14 Uhr).....	19
5.2.2 Lufttemperatur Nacht (04 Uhr)	20
5.2.3 Kaltluftvolumenstromdichte (04 Uhr)	21
5.2.4 Kaltluftproduktion	21
5.2.5 Übergeordnete Kaltluftleitbahnen.....	22
5.3 Betrachtungsebenen und Schwerpunktsetzung.....	22
5.3.1 Übersichtsebene - Gesamtes Inntal	23
Typ A: Große Talstädte	23
Typ B: Mittelzentren und Kleingemeinden	24
Typ C: Hanglagen und Seitentaleingänge	24
5.3.2 Besondere Freiflächen im Talbereich (exemplarisch).....	25
5.3.3 Übersicht der abgeleiteten Parameter	25
6 Beschreibung der Ergebnisse und Interpretation.....	28
6.1 Übersichtsebene	28
6.1.1 Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET, 14 Uhr).....	28
6.1.2 Lufttemperatur nachts (04 Uhr)	29
6.1.3 Differenz der Lufttemperatur zwischen Tag und Nacht (14 Uhr – 04 Uhr)	29
6.1.4 Überlagerung der Belastungsbereiche	30
6.1.5 Kaltluftparameter: Produktion, Volumenstrom, übergeordnete Leitbahnen und Einwirkbereiche.....	31
6.2 Hanglagen und Seitentaleingänge (Typ C)	33
7 Empfehlungen und Planhinweise	34
7.1 Planhinweise für Siedlungsgebiete im Inntal (Typ A & B)	34
7.2 Hitzebelastung in Siedlungsgebieten reduzieren	34
7.3 Kaltluftprozesse erhalten und fördern (Typ A, B & C).....	37
7.4 Bedeutung klimarelevanter Frei- und Grünflächen im Talboden	38
7.4.1 Talwälder	39

7.4.2	Landwirtschaftliche Vorsorgeflächen und Grünzonen	40
7.5	Querschnittsaufgaben in der Planung	42
8	Talstädte (Typ A) – Detaillierte Analyse	44
8.1	Planhinweise für große Talstädte.....	44
8.2	Situation in den Talstädten	48
9	Einordnung und Grenzen der Aussagekraft.....	58
9.1	Modellierung als Momentaufnahme	58
9.2	Aufbereitung und Generalisierung der Daten.....	58
9.3	Planungshinweise als fachliche Orientierung.....	58
9.4	Klimatische Prozesse und ihre Rahmenbedingungen	59
Abbildungsverzeichnis	60
Literaturverzeichnis	61
Anhang	62
Technischer Bericht von Geonet.....		62
Kartenband in Originalgröße.....		62

Zusammenfassung

Die Regionalklimaanalyse für das Inntal von Landeck bis Kufstein beschreibt die klimatischen Herausforderungen, denen die zentrale Siedlungsachse Tirols zunehmend ausgesetzt ist. Auf Grundlage hochauflösender Klimamodellierungen werden räumlich differenzierte Belastungsmuster dargestellt und daraus konkrete Planungshinweise für eine klimaangepasste Raumentwicklung abgeleitet.

Ausgangslage und Methodik

Rund die Hälfte der Tiroler Bevölkerung lebt im Inntal auf engem Raum zwischen den Nördlichen Kalkalpen und den Zentralalpen. Seit den 1980er-Jahren zeigt sich hier eine deutliche Erwärmung mit einer spürbaren Zunahme von Hitzetagen und Hitzewellen. Die topografische Form des Trogtales verstärkt diese Entwicklung zusätzlich.

Für die Analyse wurden mit dem Stadtklimamodell FITNAH-3D klimatische Kenngrößen wie die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET), Lufttemperatur, Kaltluftproduktion und Kaltluftvolumenstromdichte modelliert und für das gesamte Inntal ausgewertet.

Zentrale Ergebnisse

Die Modellierungsergebnisse zeigen, dass die höchsten thermischen Belastungen in den dicht bebauten und stark versiegelten Talbodenbereichen auftreten. Hier wird der städtische Wärmeinseleffekt deutlich: Hohe Temperaturen am Tag und eingeschränkte nächtliche Abkühlung führen zu einer deutlichen Belastung. Besonders betroffen sind die Talstädte wie Innsbruck, Hall in Tirol, Schwaz, Wörgl und Kufstein.

Klimatisch ausgleichende Strukturen finden sich vor allem in Freiflächen und landwirtschaftlich genutzten Bereichen, die als wichtige Kaltluftproduktionsgebiete wirken. Über Kaltluftleitbahnen, häufig entlang von Seitentälern und Hanglagen, gelangt diese kühlere Luft in die Siedlungsgebiete und sorgt in austauscharmer Strahlungsnächten für thermische Entlastung.

Planungshinweise und Empfehlungen

Aus den Ergebnissen ergeben sich zentrale Handlungsfelder für eine klimaangepasste Raumentwicklung:

- » Hitzeminderung in Siedlungsgebieten durch Entsiegelung, Begrünung, Beschattung und Erhalt kühler Mikroklima
- » Sicherung von Kaltluftprozessen durch Freihaltung von Leitbahnen und Schutz von Kaltluftproduktionsflächen
- » Erhalt klimarelevanter Frei- und Grünflächen, insbesondere im Talboden
- » Sorgfältiger Umgang mit Talwäldern, die tagsüber als Kühlräume wirken können

Angesichts der hohen Flächenkonkurrenz im Inntal sollte jede weitere Verdichtung und Versiegelung sorgfältig auf ihre klimatische Wirkung geprüft werden. Klimatische Belange sind als Querschnittsaufgabe in allen Bereichen der Planung zu berücksichtigen, von der örtlichen Raumplanung über die Verkehrsplanung bis zur Freiraumgestaltung.

Die zu erwartende Beschleunigung der klimatischen Veränderungen macht eine **vorausschauende und klimasensible Raumentwicklung** unabdingbar. Nur durch frühzeitige Berücksichtigung klimatischer Aspekte kann die **Lebensqualität im Inntal langfristig erhalten und verbessert** werden.

1 Einleitung

Die Auswirkungen des Klimawandels sind in Tirol bereits deutlich erkennbar. Vor allem die zunehmende Häufigkeit und Intensität von Hitzeperioden führt in den Sommermonaten zu spürbaren Belastungen in den Siedlungsräumen und stellt ein wachsendes Gesundheitsrisiko dar. Seit den 1980er-Jahren zeigt sich eine beschleunigte Erwärmung, die Zahl der Hitzetage nimmt stetig zu – ein Trend, der sich laut aktuellen Klimaprojektionen weiter verstärken wird. Neben Maßnahmen zum Klimaschutz rückt daher die gezielte Anpassung an die veränderten klimatischen Bedingungen immer stärker in den Fokus, um Lebensqualität und Gesundheit langfristig zu sichern.

Das Inntal nimmt als zentrale Siedlungs- und Entwicklungsachse Tirols eine besondere Stellung ein. Etwa die Hälfte der Tiroler Bevölkerung lebt in diesem engen Talraum. Die topografische Struktur – ein langgestrecktes Trogtal zwischen den Nördlichen Kalkalpen und den Zentralalpen – prägt das lokale Klima maßgeblich. Durch die Kombination aus dichter Besiedelung, hohem Versiegelungsgrad und der ausgeprägten Tallage treten Hitzebelastungen hier besonders stark auf. Gleichzeitig bestehen auf begrenztem Raum vielfältige Nutzungsansprüche von Wohnen, Arbeiten, Verkehr, Tourismus, Landwirtschaft und Naturschutz.

Vor diesem Hintergrund wurde die vorliegende Regionalklimaanalyse für das Inntal von Landeck bis Kufstein erstellt. Sie bildet eine fundierte Grundlage, um die klimatischen Verhältnisse räumlich differenziert darzustellen und daraus konkrete Ansätze für eine klimaangepasste Raum- und Siedlungsentwicklung abzuleiten.

Die Klimamodellierungen wurden von der GEO-NET Umweltconsulting GmbH mit dem hochauflösenden Stadtklimamodell FITNAH-3D durchgeführt. Die methodischen Grundlagen sind im technischen Bericht von GEO-NET dokumentiert (siehe Anhang). Die Rosinak & Partner ZT GmbH übernahm die Aufbereitung und Interpretation der Modellergebnisse sowie die Ableitung klimarelevanter Planungshinweise für die räumliche Planung.

Der Bericht gliedert sich in folgende Kapitel:

- » Fachliche Grundlagen
- » Räumliche und klimatologische Ausgangslage des Inntals
- » Methodik der Klimamodellierung und Datenaufbereitung
- » Interpretation der Modellergebnisse auf Übersichtsebene für das gesamte Inntal
- » Detailanalysen der größeren Talstädte mit konkreten Planungshinweisen
- » Empfehlungen für eine klimaangepasste Raumentwicklung

Im Mittelpunkt der Analyse stehen zwei Fragen: Wo treten thermische Belastungen besonders stark auf? Und welche Räume leisten durch Kaltluftprozesse einen Beitrag zur nächtlichen Abkühlung? Die Ergebnisse sollen Gemeinden, Planungsbüros und Entscheidungsträger dabei unterstützen, klimatische Aspekte systematisch in Planungsprozesse einzubeziehen und wirkungsvolle Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln.

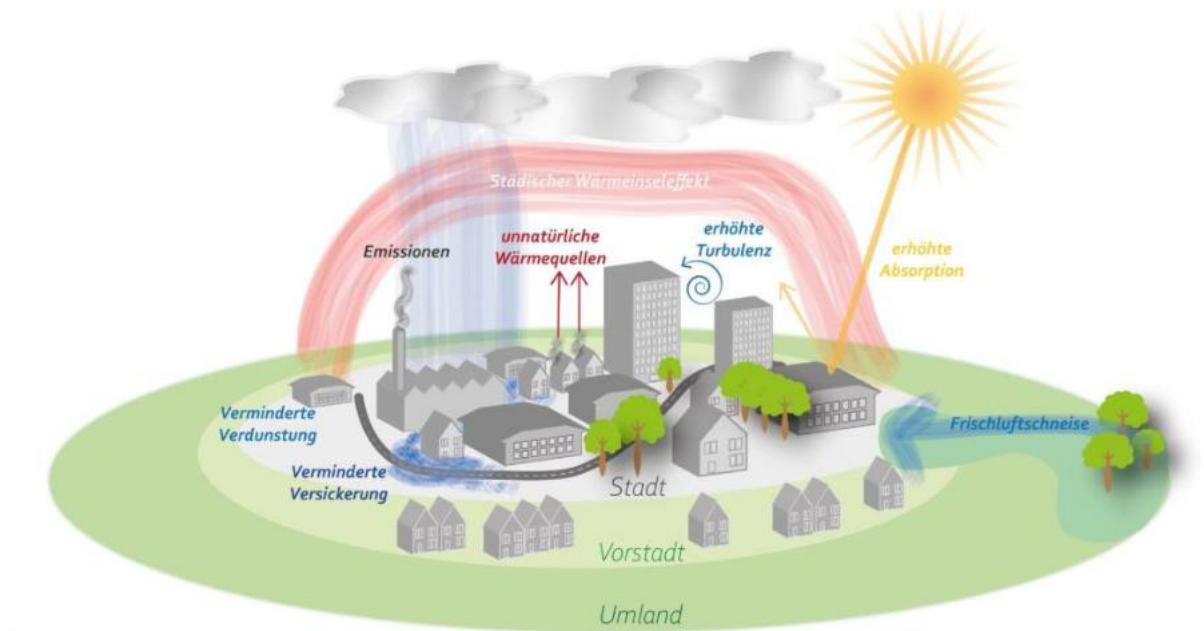
2 Fachliche Grundlagen

2.1 Stadtklima und städtischer Wärmeinseleffekt

Städte sind besonders anfällig für die Auswirkungen des Klimawandels. Verdichtete Bebauung und versiegelte Flächen führen zu einem Verlust von Grünräumen, die für die Anpassung an klimatische Veränderungen essenziell sind. Das Stadtklima unterscheidet sich daher von jenem ländlicher Gebiete und wird durch Faktoren wie Bebauungsdichte, Bodenversiegelung, anthropogene Wärmeabgabe und Emissionen maßgeblich geprägt.

Dies zeigt sich insbesondere durch den Effekt der städtischen Wärmeinsel (Urban Heat Island) (Oke et al., 2017), siehe Abbildung 1. Dieser beschreibt die höheren Temperaturen in Städten im Vergleich zum Umland. Gründe dafür sind sowohl die dichte Bebauung, dunkle und versiegelte Oberflächen, der geringe Anteil an Vegetation sowie zusätzliche Wärmequellen wie Verkehr, Gebäude und technische Anlagen. Der motorisierte Verkehr trägt dabei nicht nur durch Motorabwärme während des Fahrbetriebs, sondern auch durch die Wärmeabgabe parkender Fahrzeuge und die Nutzung versiegelter Parkflächen zur Hitzebildung bei (Jaschinsky 2024, VCÖ 2024). Versiegelte Materialien wie Asphalt und Beton speichern tagsüber Sonnenenergie und geben diese nachts nur langsam wieder ab. Gleichzeitig behindern Gebäude die Luftzirkulation, was die nächtliche Abkühlung weiter hemmt.

Abb. 1: Städtischer Wärmeinseleffekt, schematische Darstellung (Quelle: Stadt Herten, 2023)



2.2 Thermische Belastung

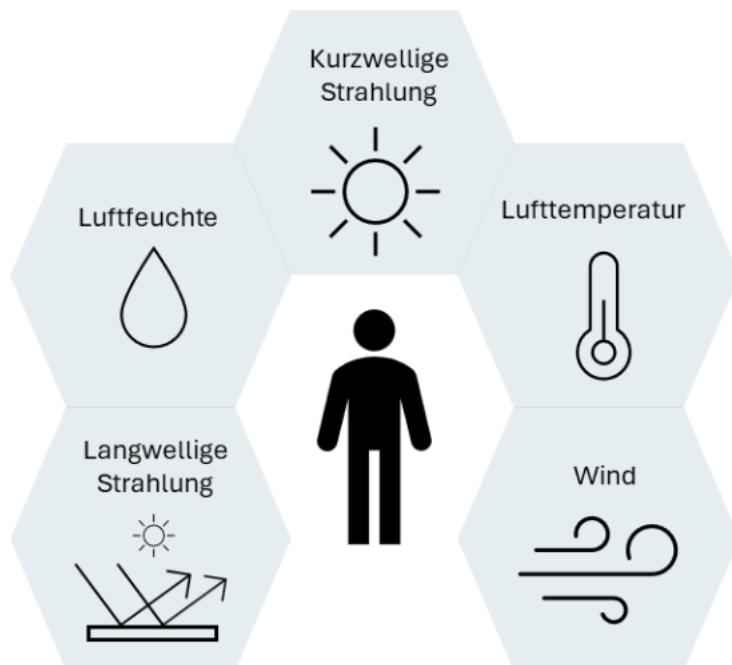
Die Wärmebelastung zählt zu den wichtigsten human-bioklimatischen Stressfaktoren. Sie tritt auf, wenn der menschliche Körper nicht mehr in der Lage ist, überschüssige Wärme ausreichend abzugeben, um die Körpertemperatur im Gleichgewicht zu halten. Dies gelingt dann entweder gar nicht oder

nur durch erhebliche Anstrengungen wie verstärktes Schwitzen. Besonders während Hitzeperioden ist die nächtliche Abkühlung entscheidend, damit sich der Organismus regenerieren kann und gesundheitliche Risiken verringert werden. In Städten wird diese nächtliche Entlastung jedoch durch den Wärmeinseleffekt oft stark eingeschränkt.

Zur Definition der Wärmebelastung bzw. des thermischen Komforts existieren verschiedene Indizes, wie zum Beispiel der UTCI (Universal Thermal Climate Index) oder die PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur). Im alltäglichen Sprachgebrauch wird in diesem Zusammenhang häufig der Begriff der „gefühlten Temperatur“ verwendet.

Die vorliegende Modellierung basiert auf der PET als Maß zur Bewertung der thermischen Belastung. Die PET basiert auf dem "Munich Energy Balance Model for Individuals" (MEMI) und berücksichtigt wesentliche Faktoren wie Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Sonneneinstrahlung und Luftfeuchtigkeit sowie der langwelligen Strahlung (vgl. Abb. 2). Besonders die kurzwellige Sonneneinstrahlung beeinflusst die Größe maßgeblich. Die höchsten PET-Werte und damit die größte Wärmebelastung treten in der Regel am frühen Nachmittag auf, da die Sonneneinstrahlung hier am höchsten ist.

Abb. 2: Einflussgrößen der PET, schematische Darstellung



Die Ergebnisse der PET können anhand von Klassifikationstabellen ausgewertet werden, die speziell für die jeweilige Region entwickelt wurden. Für Mitteleuropa gibt es eine Einteilung in neun Kategorien der thermischen Wahrnehmung, eingeführt von Matzarakis und Mayer (1996). Diese Einteilung definiert eine extreme Hitzebelastung ab einem PET-Wert über 41 °C. Werte oberhalb dieser Grenze werden nicht weiter differenziert.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass der Index auf Grundlage eines "Standardmenschen" entwickelt wurde. Dieser "Standardmensch" ist männlich, 35 Jahre alt und körperlich fit. Für vulnerable Gruppen kann das in Abbildung 3 angeführte thermische Empfinden bzw. die Belastungskategorie abweichen.

Abb. 3: Kategorisierung der PET in Bereiche unterschiedlichen thermischen Empfindens nach Matzarakis & Mayer 1996

PET (°C)	Thermisches Befinden	Belastungskategorie
PET > 41	sehr heiß	extrem starke Wärmebelastung/ Hitzestress
35 < PET ≤ 41	heiß	starke Wärmebelastung/ Hitzestress
29 < PET ≤ 35	warm	moderate Wärmebelastung
23 < PET ≤ 29	leicht warm	leichte Wärmebelastung
18 < PET ≤ 23	komfortabel (neutral)	kein thermischer Stress
13 < PET ≤ 18	leicht kühl	leichter Kältestress
8 < PET ≤ 13	kühl	moderer Kältestress
4 < PET ≤ 8	kalt	starker Kältestress
PET ≤ 4	sehr kalt	extremer Kältestress

2.3 Kaltluftprozesse

Kaltluftprozesse gewinnen in der Raum- und Stadtplanung zunehmend an Bedeutung, da sie wesentlich zur Verbesserung des lokalen Klimas beitragen. Einerseits können Kaltluftströme die Lufttemperatur in Siedlungsgebieten senken und damit Wärmebelastungen abschwächen. Andererseits transportieren sie oft lufthygienisch hochwertige Luftmassen, die zur Verbesserung der Luftqualität beitragen.

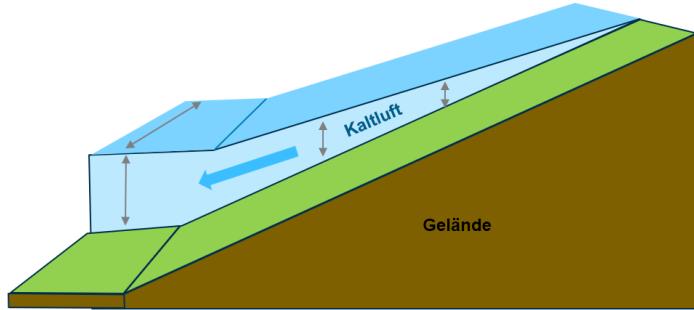
Während Hitzeperioden, in denen heiße Tage häufig nahtlos in Tropennächte übergehen, ist eine ausreichende nächtliche Abkühlung von besonderer Bedeutung. Die Voraussetzung für die Bildung von Kaltluft ist eine wolkenarme, windschwache Nacht, auch bezeichnet als Strahlungsnacht. Solche Bedingungen treten typischerweise während Hochdrucklagen auf, wenn die Atmosphäre stabil geschichtet ist und großräumige Luftbewegungen kaum eine Rolle spielen - eine sogenannte autochthone Wetterlage. Bereits kurz nach Sonnenuntergang setzt durch die starke Ausstrahlung der Erdoberfläche eine rasche Abkühlung ein. Ausgehend vom Boden entsteht ein zunehmend ausgeprägter Temperaturgradient, bei dem die Luft in Bodennähe deutlich kälter wird als die darüberliegenden Schichten.

Neben den meteorologischen Faktoren beeinflussen auch Topografie und Landnutzung die Kaltluftprozesse. Besonders Freiflächen wie Wiesen oder Felder produzieren unter geeigneten meteorologischen Bedingungen große Mengen an Kaltluft. Sobald sich über geneigten Flächen, etwa über Hängen ausreichend Kaltluft gebildet hat, beginnt diese unter dem Einfluss der Schwerkraft hangabwärts zu fließen. Über Freiflächen wird diese Kaltluft dann in Siedlungsgebiete transportiert, wo sie zu für Abkühlung in bebauten Gebiet sorgen. In ebenem Gelände dagegen entstehen in einer Strahlungsnacht eher schwächere Luftbewegungen, die vor allem als Ausgleichsströmungen zwischen kühleren Umlandbereichen und wärmeren Siedlungsflächen auftreten, sogenannte Flurwinde.

Wenn man von Kaltluft spricht, wird diese üblicherweise durch die Kaltluftvolumenstrom beschrieben, also diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit m^3 , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges oder einer Leitbahn fließt.

Abbildung 4 zeigt anhand eines Querschnitts, dass bei der Betrachtung des Kaltluftvolumenstroms stets die gesamte Luftsäule berücksichtigt wird. Der Kaltluftvolumenstrom ergibt sich dabei sowohl aus der Strömungsgeschwindigkeit als auch aus der Mächtigkeit der Kaltluftschicht.

Abb. 4: Querschnitt der Kaltluftströmung entlang eines Hanges (Quelle: GEO-NET)



3 Das Inntal – Räumliche Ausgangslage

3.1 Topografie und Lage

Das Inntal erstreckt sich quer durch die Ostalpen von Südwesten nach Nordosten und wird vom Fluss Inn durchzogen. In Tirol unterscheidet man zwischen Oberinntal und Unterinntal.

Oberinntal: Das Tiroler Oberinntal reicht von der Schweizer Grenze bis westlich von Innsbruck, wo die Melach einmündet. Das Tal trennt die Nördlichen Kalkalpen von den südlich gelegenen Zentralalpen, wobei die geologische Grenze durch die Grauwackenzone markiert wird (Lütke & Spötl, 2018). Es ist enger als das Unterinntal, teilweise schluchtenartig eingeschnitten, etwa bei Zams oder Roppen. Ab Silz weitet sich das Tal, begleitet von Mittelgebirgsterrassen, wobei das Mieminger Plateau die größte ist. Bedeutende Seitentäler sind das Pitztal und Ötztal im Süden sowie das Stanzertal und Gurgltal im Norden und Westen. Das Oberinntal besitzt ein inneralpines Klima mit wenig Niederschlag, sonnigen Wintern, wenig Nebel und Wind – Bedingungen, die Landwirtschaft auf den breiteren Talböden und Terrassen begünstigen.

Unterinntal: Das Unterinntal beginnt bei Zirl und reicht von dort bis zur bayerischen Grenze. Es bildet das wichtigste Siedlungs- und Wirtschaftszentrum Tirols. Das Tal ist als breites Trogtal geformt, das auf knapp 90 km nur einen Höhenunterschied von etwa 100 m aufweist (Geologische Bundesanstalt, 2020). Große Seitentäler sind das Wipptal, Zillertal und Brixental. Geologisch wurde es durch Gletscher der Eiszeiten geprägt: Beim Rückzug füllten Schottermassen das Tal auf, in die sich der Inn später einschnitt. Die heutigen Mittelgebirgsterrassen sind Reste dieser Aufschüttungen (Geologische Bundesanstalt, 2020). Klimatisch liegt das Unterinntal in einer Übergangszone zwischen dem trockeneren inneralpinen Talklima des Oberinntals und dem niederschlagsreicherem Klima des nördlichen Alpenvorlandes. Im Gegensatz zum Oberinntal ist es weiträumiger, stark besiedelt und industrialisiert.

3.2 Flächennutzung und Dauersiedlungsraum

Tirol weist den geringsten Anteil nutzbarer Fläche aller österreichischen Bundesländer auf (Land Tirol, Abteilung Umweltschutz, 2024). Diese Flächenknappheit zeigt sich besonders deutlich im Inntal, wo auf engem Raum unterschiedliche Nutzungsansprüche zusammentreffen: Wohnen, Arbeiten, Verkehr, Tourismus, Landwirtschaft und Naturschutz. Da sich die Bevölkerung und wirtschaftliche Aktivitäten auf einen vergleichsweise kleinen Teil der Landesfläche konzentrieren, kommt dem Inntal eine besondere Bedeutung zu. Die Talsohle ist geprägt von dichter Besiedlung, Gewerbe- und Industriegebieten sowie Verkehrsinfrastruktur.

3.3 Raumplanerische Herausforderungen

Eine Studie des Umweltbundesamts warnt vor enormem Flächenverbrauch: Bei gleichbleibender Verbauungsrate könnte das Inntal bis 2050 weitgehend zugebaut sein. In Tirol wird täglich eine Fläche in der Größe eines Fußballfeldes verbaut. (ORF Tirol, 2023)

Aktuelle Daten zeigen auch eine gegenläufige Entwicklung: Die Widmungsbilanz 2024 weist mit 60 Hektar neu gewidmeter Fläche den niedrigsten Wert seit Beginn der Erhebungen im Jahr 1976 aus (Land Tirol, Abteilung Raumordnung, 2024). Dies wird als Beleg für den nachhaltigen Kurs des

Landes gewertet, und Tirol wird von verschiedenen Institutionen für den vergleichsweise sorgfältigen Umgang mit Flächen positiv bewertet (Land Tirol, Abteilung Raumordnung, 2024).

Dennoch konkurrieren Siedlungsentwicklung, Gewerbe, Tourismus und ökologisch wichtige Grün- und Freiflächen miteinander auf engem Raum. Diese intensive Nutzung führt zu einer fortschreitenden Flächenversiegelung, die zunehmend in Konflikt mit ökologischen Anforderungen steht. Gleichzeitig schafft die topografische Struktur des Inntals – ein langgestrecktes Trogtal zwischen den Nördlichen Kalkalpen und den Zentralalpen (Lütke & Spötl, 2018) – spezifische räumliche und klimatische Rahmenbedingungen, die bei der weiteren Entwicklung berücksichtigt werden müssen.

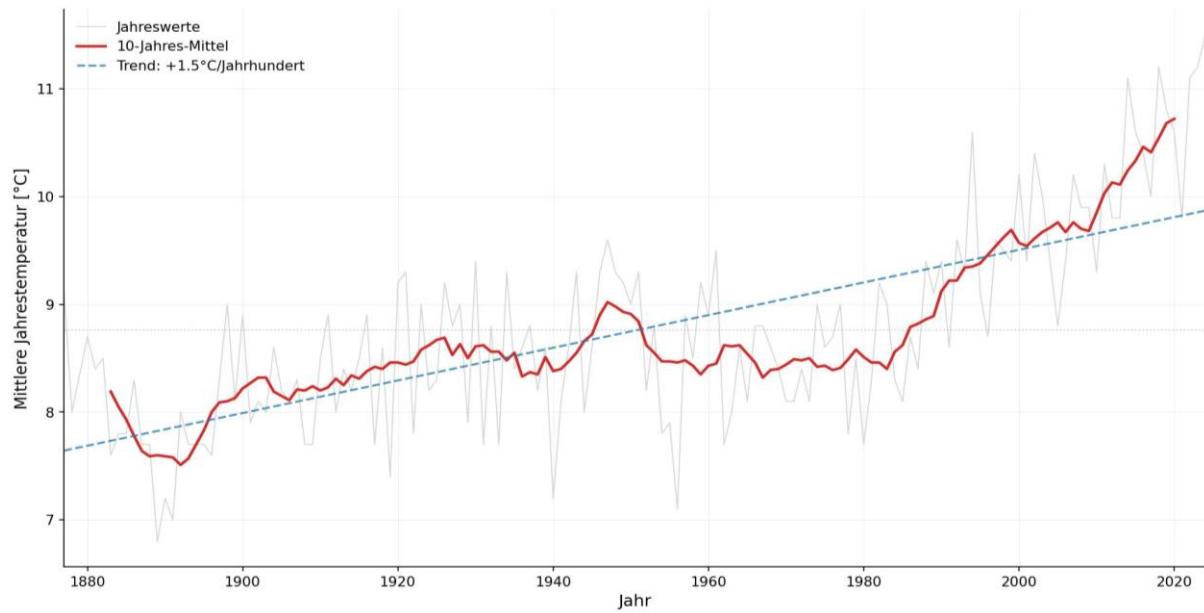
4 Das Inntal – Klimatologische Ausgangslage

Um die klimatischen Herausforderungen im Inntal zu verstehen und die Modellierungsergebnisse einzuordnen zu können, wird im Folgenden die klimatologische Ausgangslage erläutert. Der Fokus liegt dabei auf der Temperaturentwicklung, der Hitzebelastung sowie den regionalen meteorologischen Besonderheiten, die das Klima im Inntal prägen.

4.1 Temperaturentwicklungen

Folgende Abbildung veranschaulicht die Temperaturentwicklung in Innsbruck über einen Zeitraum von mehr als 150 Jahren. Dargestellt sind sowohl die jährlichen Mittelwerte (graue Linie) als auch das geglättete 10 Jahres-Mittel (rote Linie), das kurzfristige Schwankungen ausgleicht und den langfristigen Trend sichtbar macht. Eine blaue Trendlinie zeigt zudem eine durchschnittliche Erwärmung von rund $+1,5^{\circ}\text{C}$ pro Jahrhundert. Während die Temperaturen bis etwa 1980 überwiegend stabil blieben und nur natürliche Schwankungen aufwiesen, ist seither eine deutliche und beschleunigte Erwärmung zu beobachten. Besonders seit den 1990er Jahren steigt das 10 Jahres Mittel deutlich an und erreicht in den letzten Jahren Werte, die deutlich über dem historischen Durchschnitt liegen.

Abb. 5: Temperaturentwicklung in Innsbruck



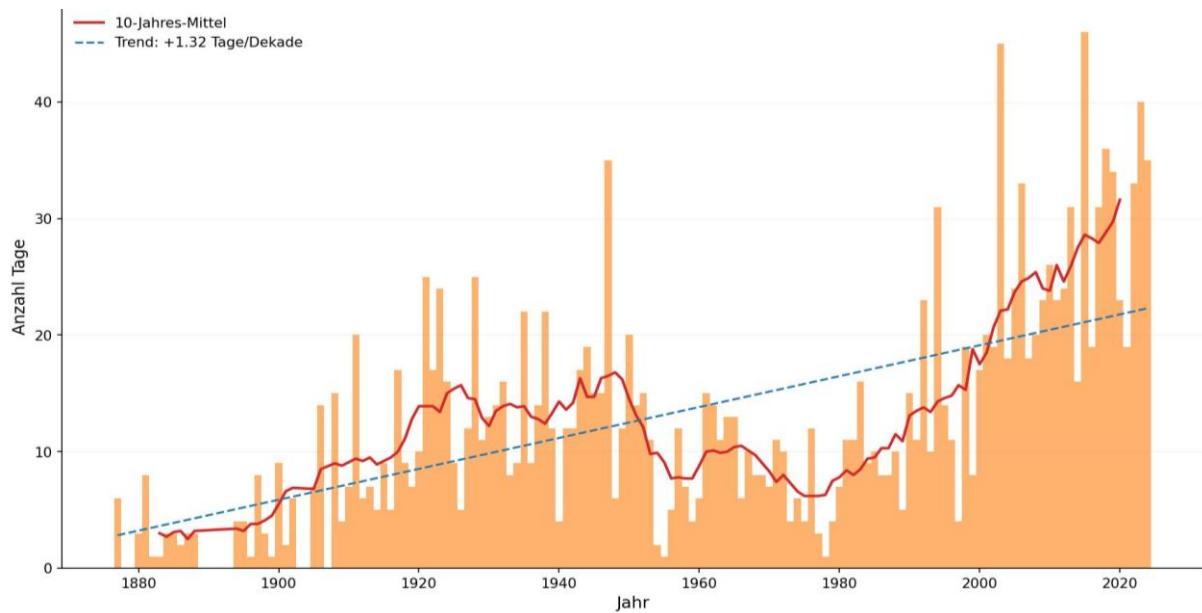
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten von GeoSphere Austria.

4.2 Hitzetage und Hitzewellen

Die Kenngröße der Hitzetage basiert auf der täglichen Höchsttemperatur, wobei alle Tage mit einem Maximum über 30°C gezählt werden. Das Zehnjahresmittel zeigt eine deutliche Zunahme der Hitzetage in den letzten Jahrzehnten. Besonders die jüngeren Jahre verdeutlichen diese Entwicklung: Im Jahr 2022 wurden 33 Hitzetage verzeichnet, 2023 bereits 40 und 2024 noch 35. Damit wird ersichtlich,

dass Hitzetage mittlerweile regelmäßig in hoher Zahl auftreten und im Vergleich zu früheren Zeiträumen deutlich häufiger geworden sind.

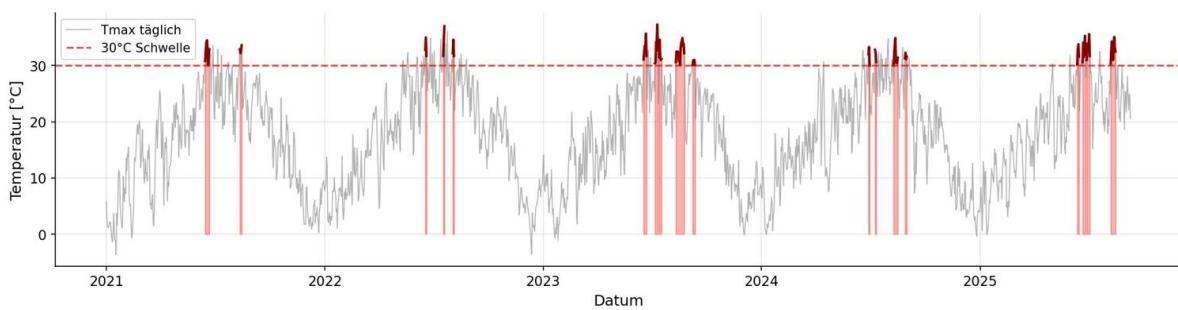
Abb. 6: Anzahl der Hitzetage in Innsbruck



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten von GeoSphere Austria.

Treten Hitzetage an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen auf, wird von einer Hitzewelle gesprochen. Diese Phasen stellen eine besondere Belastung für die menschliche Gesundheit dar. Auf Grundlage der Tagesdaten der Wetterstation Innsbruck aus den letzten fünf Jahren wurde die Häufigkeit solcher Ereignisse analysiert. Die Auswertung zeigt, dass in jedem Jahr mindestens zwei, teils auch mehrere Hitzewellen aufgetreten sind.

Abb. 7: Hitzewellen in Innsbruck



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten von GeoSphere Austria.

4.3 Häufigkeit der Strahlungsnächte

Wie häufig Kaltluftprozesse tatsächlich auftreten, lässt sich anhand der Bedingungen sogenannter Strahlungsnächte abschätzen.

Zur Ermittlung ihrer Häufigkeit wurden stündliche SYNOP-Daten der Wetterstation Innsbruck Flughafen (Station 11120) für den Zeitraum 2015 bis 2025 ausgewertet. Die Identifikation der Strahlungsnächte erfolgte gemäß den Kriterien der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 8. Eine Nacht wird als Strahlungsnacht klassifiziert, wenn während des Zeitraums zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang für mindestens vier aufeinanderfolgende Stunden folgende Bedingungen erfüllt sind:

- » Bewölkungsgrad ≤ 3 Achtel (≤ 3 Okta),
- » Windgeschwindigkeit $\leq 2,0$ m/s in 10 m Höhe,
- » Zeitraum innerhalb der Nachtstunden (18:00 bis 06:00 Uhr).

Im untersuchten Zeitraum von zehn Jahren traten Strahlungsnächte in Innsbruck regelmäßig auf. Im Mittel betraf dies knapp ein Drittel aller Nächte, was etwa 100 Strahlungsnächten pro Jahr entspricht.

Die Häufigkeit ist in den Sommermonaten am größten, mit einem deutlichen Maximum im August. Diese Konzentration hängt mit stabilen Hochdruckwetterlagen zusammen, die eine starke nächtliche Auskühlung begünstigen.

Zwischen Juni und August treten durchschnittlich rund 30 Strahlungsnächte pro Jahr auf. In dieser Zeit sind sie klimatisch besonders relevant, da sie während Hitzeperioden häufig die einzige Möglichkeit für eine wirksame nächtliche Abkühlung bieten.

4.4 Prognosen für Tirol

Die bisherigen Klimaszenarien für Tirol (CCCA) geben einen Eindruck davon, wie sich Temperatur, Niederschlag und weitere Klimaindizes bis zum Ende des Jahrhunderts entwickeln könnten. Dabei ist zu beachten, dass es sich um Mittelwerte für das gesamte Bundesland handelt, in Tallagen wie dem Inntal liegt beispielsweise die Anzahl der Hitzetage bereits deutlich höher.

Insgesamt zeigen die Projektionen eine Erwärmung zwischen rund 2,3 °C (RCP4.5) und 4,2 °C (RCP8.5), eine Verlängerung der Vegetationsperiode um mehrere Wochen sowie einen deutlichen Rückgang der Frosttage. Eine Zunahme von Hitzetagen: Von durchschnittlich kaum einem Tag pro Jahr (1971–2000) steigt deren Zahl bis 2100 auf etwa 7 Tage (RCP4.5) bzw. bis zu 18 Tage (RCP8.5). Beim Niederschlag sind die Veränderungen weniger eindeutig; langfristig zeichnet sich jedoch im Winter ein Anstieg ab, während die Sommerniederschläge stagnieren oder zurückgehen.

Der Zweite Österreichische Sachstandsbericht zum Klimawandel 2025 (APCC, AAR2) verdeutlicht allerdings, dass diese Projektionen den tatsächlichen Temperaturanstieg unterschätzen. Das aktuelle Niveau des Jahres 2024 entspricht in den ÖKS15 Simulationen bereits etwa den Modelljahren 2050 (RCP8.5) bzw. 2065 (RCP4.5). Damit ist davon auszugehen, dass die klimatischen Veränderungen für Tirol nicht nur eintreten werden, sondern deutlich früher und ausgeprägter als in den bisherigen Szenarien dargestellt.

5 Methodik

Die Grundlagen der Modellierung zur Berechnung der Klimaparameter für das Inntal sind im beigefügten technischen Bericht dokumentiert (siehe Anhang).

Das vorliegende Kapitel beschreibt die methodische Vorgehensweise zur Ableitung klimarelevanter Planungshinweise für das Inntal.

5.1 Modellierung, Modellergebnisse und Projektgebiet

Warum wurde modelliert?

Klimamodellierungen ermöglichen eine flächendeckende Analyse klimatischer Verhältnisse. Messungen liefern zwar wichtige Informationen, sind jedoch aufgrund der geringen Zahl an Messstationen räumlich begrenzt. Modellierungen schließen diese Lücke, indem sie die klimatischen Bedingungen auch zwischen und abseits der Messstandorte abbilden.

Für das Inntal wurde das hochauflösende Stadtklimamodell FITNAH-3D eingesetzt, durchgeführt von GEO-NET. Grundlage waren umfangreiche Eingangsdaten, wie zum Beispiel Landnutzungsdaten und meteorologische Daten. Für die Modellierung wurde eine autochthone Wetterlage angenommen. Die Berechnung erfolgte dann in mehreren Kacheln (vgl. Abbildung 9, gelb markiert). Als Modellergebnisse stehen hochauflöste Klimaparameter für das gesamte Untersuchungsgebiet zur Verfügung. Weiterführende Details zur Modellierung sind im technischen Bericht im Anhang dokumentiert.

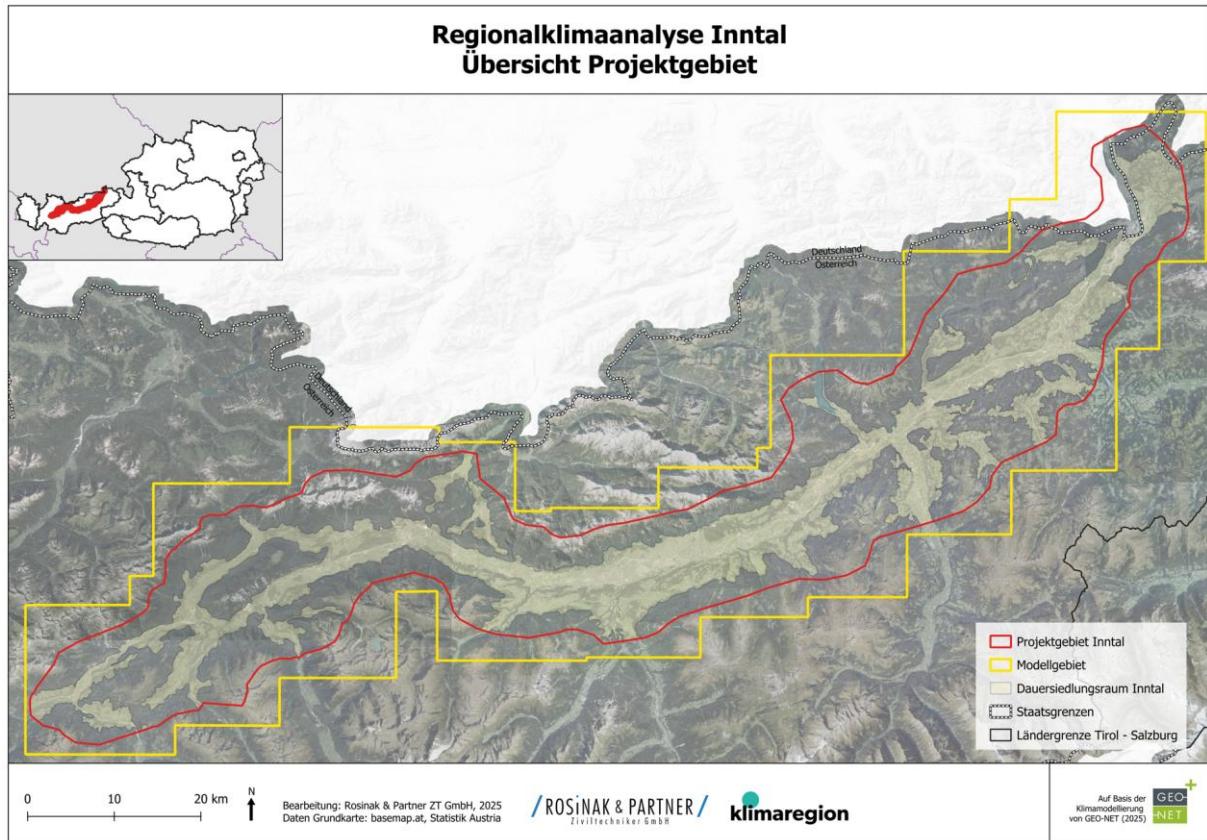
Für die weiteren Auswertungen wurden die in Tabelle 1 angeführten Klimaparameter herangezogen.

Abb. 8: Herangezogene Klimaparameter und deren Auswertungscharakteristika

Parameter	Beschreibung
Lufttemperatur	Temperatur in 2 m Höhe, ausgewertet für 04 Uhr und 14 Uhr, in °C.
Physiologisch äquivalente Temperatur (PET)	Die physiologisch äquivalente Temperatur (PET) beschreibt die thermische Belastung des Menschen als empfundene Temperatur unter Berücksichtigung von Lufttemperatur, Wind, Luftfeuchtigkeit und Strahlung, ausgewertet in 1,1 m Höhe für 14 Uhr, in °C.
Windgeschwindigkeit und Windrichtung	Windparameter, ausgewertet für 10 m Höhe für 04 Uhr.
Kaltluftproduktion	Luftvolumen, das sich pro Flächeneinheit und Zeiteinheit abkühlt, ausgewertet für 04 Uhr; abhängig von Landnutzung und Relief in $m^3/(m^2 \cdot h)$.
Kaltluftvolumenstromdichte	Luftvolumen, dass pro Sekunde durch einen 1 m breiten Streifen zwischen Erdoberfläche und Obergrenze der Kaltluftschicht fließt, ausgewertet für 04 Uhr, in $m^3/(m \cdot s)$.

Die genannten Klimaparameter wurden für das in folgender Abbildung rot dargestellte Projektgebiet weiter betrachtet. Dieses umfasst den Dauersiedlungsraum des Inntals sowie angrenzende Freiflächen.

Abb. 9: Übersicht Projektgebiet



5.2 Aufbereitung der Modellergebnisse und Vorarbeiten für Planhinweise

Die Modellergebnisse liegen in einer hohen räumlichen Auflösung von 5×5 Metern vor und liefern damit detaillierte Informationen für das gesamte Projektgebiet. Durch die feine Rasterauflösung entsteht zugleich ein sehr umfangreicher Datenbestand. Um daraus planungsrelevante Informationen ableiten zu können, waren verschiedene Verarbeitungsschritte erforderlich.

Ein wesentlicher Schritt war die Festlegung von Schwellenwerten, mit deren Hilfe räumliche Muster erkennbar werden. Dazu wurden alle Zellenwerte der Raster-Datensätze im Projektgebiet statistisch ausgewertet und auf Basis der Verteilungsanalyse geeignete Perzentilwerte (statistische Grenzwerte innerhalb der Datenverteilung) bestimmt. Die ermittelten Perzentilwerte dienten als Grundlage zur Abgrenzung besonders belasteter Bereiche.

Ergänzend wurden GIS-basierte Generalisierungsschritte durchgeführt, um die Ergebnisse in einer für allgemeine Hinweise und Empfehlungen nutzbaren Form aufzubereiten.

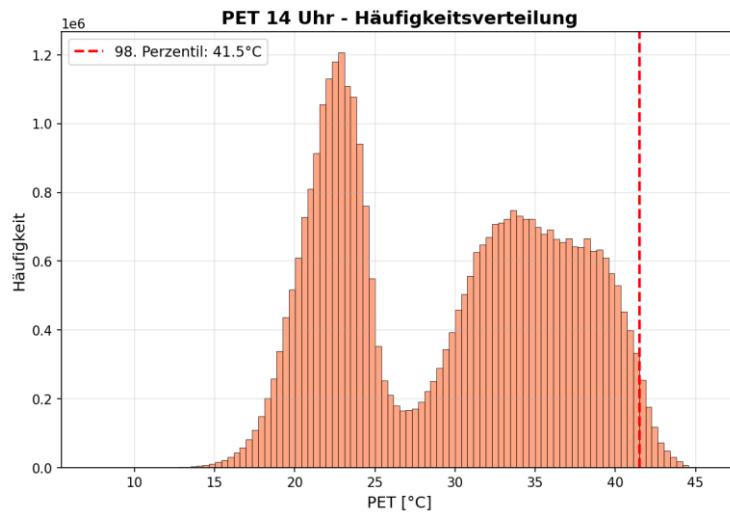
5.2.1 PET-Tag (14 Uhr)

Zur Identifikation thermisch besonders belasteter Räume wurde das 98. Perzentil der PET-Werte im Dauersiedlungsraum des Projektgebiets herangezogen. Damit werden jene zwei Prozent der Gesamtfläche des Dauersiedlungsraums erfasst, die tagsüber die höchste Belastung im Inntal aufweisen.

Der Dauersiedlungsraum (DSR) weist naturgemäß im Durchschnitt höhere PET-Werte auf als das gesamte Projektgebiet, das auch die höher gelegenen Berglagen umfasst. Für die Beurteilung der thermischen Belastung ist jedoch insbesondere der Dauersiedlungsraum von Relevanz, weshalb sich die Auswertung der PET- sowie der nächtlichen Temperaturwerte auf diesen Bereich konzentriert.

Die Verteilung der PET-Werte im DSR zeigt ein zweigipfliges Muster (vgl. folgende Abbildung): Das erste Maximum im niedrigeren Bereich spiegelt die kühleren, höher gelegenen Randlagen wider, während das zweite Maximum die stark belasteten Siedlungsflächen im Talboden markiert. Der Schwellenwert des 98. Perzentils liegt bei $41,5^{\circ}\text{C}$ und entspricht nach VDI 3787 Blatt 9 der Kategorie „extremer Hitzestress“ ($> 41^{\circ}\text{C}$).

Abb. 10: Häufigkeitsverteilung PET (14 Uhr) im DSR

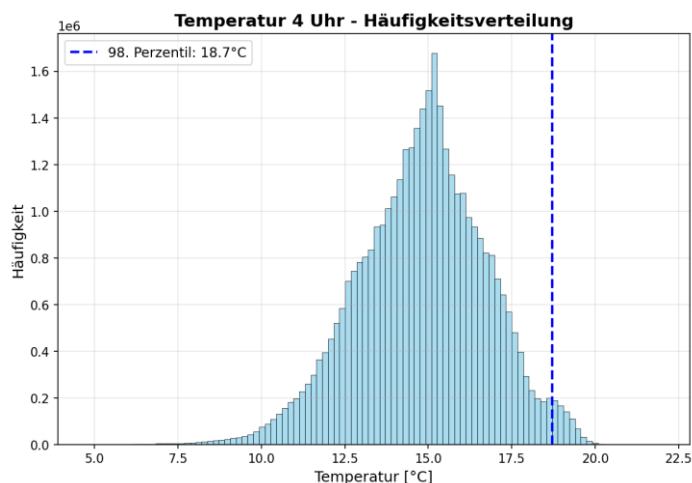


5.2.2 Lufttemperatur Nacht (04 Uhr)

Analog zur Methodik der Schwellenwertbildung am Tag wurde auch für die nächtliche Lufttemperatur um 04 Uhr das 98. Perzentil als Schwellenwert für belastete Räume herangezogen. Im Unterschied zur PET weist die Verteilung ein gleichmäßigeres Muster mit einem singulären Maximum bei etwa 15 °C auf (vgl. folgende Abbildung). Der Schwellenwert des 98. Perzentils im Dauersiedlungsraum Inntal beträgt 18,7 °C. Dieser Wert weist somit Gebiete im Projektgebiet aus, die innerhalb des Projektgebiets überdurchschnittlich hoch sind.

Hinweis: Das in der Modellierung weitgehend ausbleibende Auftreten von Tropennächten bedeutet nicht, dass solche im Inntal grundsätzlich nicht vorkommen. Die Ergebnisse spiegeln die spezifischen meteorologischen Randbedingungen der Simulation wider, die auf einen typischen, aber nicht extremen sommerlichen Wettertag ausgerichtet sind.

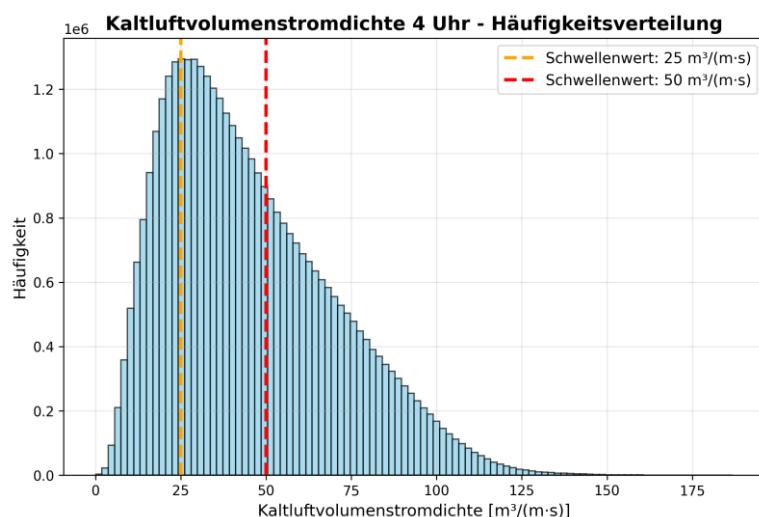
Abb. 11: Häufigkeitsverteilung Lufttemperatur (04 Uhr) im DSR



5.2.3 Kaltluftvolumenstromdichte (04 Uhr)

Das ausgeprägte Relief im Inntal führt zu hohen Werten der Kaltluftvolumenstromdichte. Für deren Bewertung wurde die VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ herangezogen. Zur Abgrenzung siedlungsrelevanter Bereiche im Talboden wurden Schwellenwerte definiert: $\geq 25 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ für sehr gutes und $\geq 50 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ für extrem gutes Durchlüftungspotenzial. Damit ließen sich im Dauersiedlungsraum jene Flächen bestimmen, in denen Siedlungen von den Kaltluftströmen profitieren (Kaltlufteinwirkbereiche).

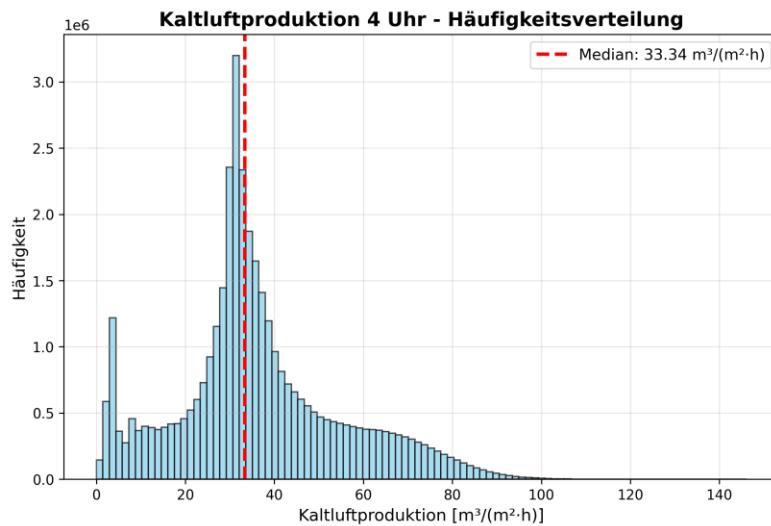
Abb. 12: Häufigkeitsverteilung Kaltluftvolumenstromdichte (04 Uhr)



5.2.4 Kaltluftproduktion

Zur Identifikation der wertvollen Kaltluftproduktionsgebiete wurden jene Flächen ausgewählt, deren Produktionsrate über dem Median liegt (im Projektgebiet rund $33 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$). Für die weitere Verarbeitung war eine Generalisierung der hochauflösten Rasterdaten ($5 \times 5 \text{ m}$) in eine gröbere Auflösung erforderlich. Anschließend erfolgte eine Polygonisierung der Rasterdaten. Da größere, zusammenhängende Produktionsgebiete eine besonders hohe Bedeutung für die Kaltluftentstehung besitzen, wurden ausschließlich Flächen mit einer Größe von mehr als einem Hektar als besonders wertvolle Kaltluftproduktionsgebiete klassifiziert.

Abb. 13: Häufigkeitsverteilung Kaltluftproduktion (04 Uhr)



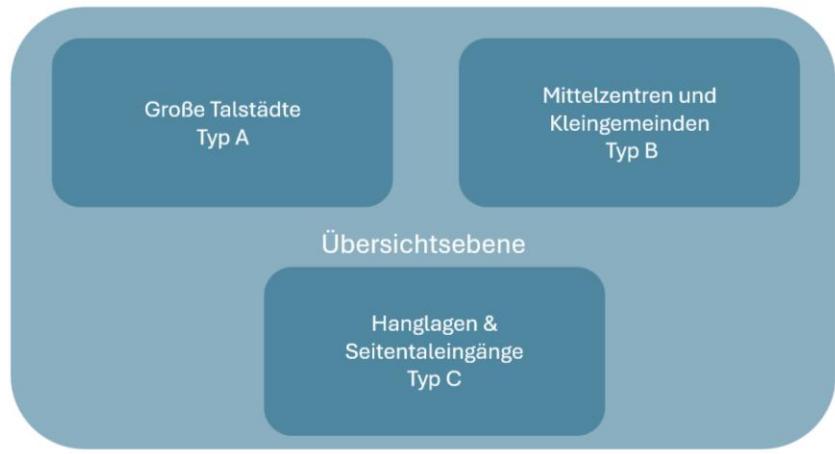
5.2.5 Übergeordnete Kaltluftleitbahnen

Für die Ableitung der übergeordneten Kaltluftleitbahnen in die Siedlungsgebiete wurden modellierte Windfelder mit Geschwindigkeiten über 2 m/s berücksichtigt. Diese Windvektoren wurden im GIS nach Geschwindigkeit und Entfernung zu den Siedlungsgebieten gefiltert und anschließend mittels Clustering-Methoden zu Hauptströmungsrichtungen zusammengefasst. Daraus entstanden die Leitbahnen, welche anschließend qualitativ überprüft und ggf. manuell korrigiert wurden.

5.3 Betrachtungsebenen und Schwerpunktsetzung

Aufgrund der Größe und Komplexität des Projektgebiets ist es erforderlich, räumliche und thematische Schwerpunkte für die Analyse festzulegen. Die Auswertungen erfolgen daher auf verschiedenen Detalebenen, die unterschiedliche Zielsetzungen und räumliche Bezüge abbilden. In der folgenden Abbildung ist das Schema der betrachteten Ebenen dargestellt. In den anschließenden Unterkapiteln wird jede Betrachtungsebene kurz erläutert.

Abb. 14: Betrachtungsebenen und Schwerpunktsetzung



5.3.1 Übersichtsebene - Gesamtes Inntal

Zunächst erfolgt eine übergeordnete Betrachtung des gesamten Inntals, bei der die wesentlichen klimatischen Parameter ausgewertet und interpretiert werden. Er ermöglicht eine Gesamtschau des Inntals und bildet die Grundlage für weiterführende Analysen sowie für die Ableitung von Empfehlungen und planerischen Hinweisen.

Im Fokus stehen die Erfassung großräumiger thermischer Belastungen und Kaltluftprozesse sowie die Darstellung übergeordneter klimatischer Zusammenhänge. Die Übersichtsebene vermittelt ein umfassendes Verständnis der klimatischen Situation im gesamten Inntal und bildet den Rahmen für die detaillierteren Betrachtungen auf den nachfolgenden Ebenen.

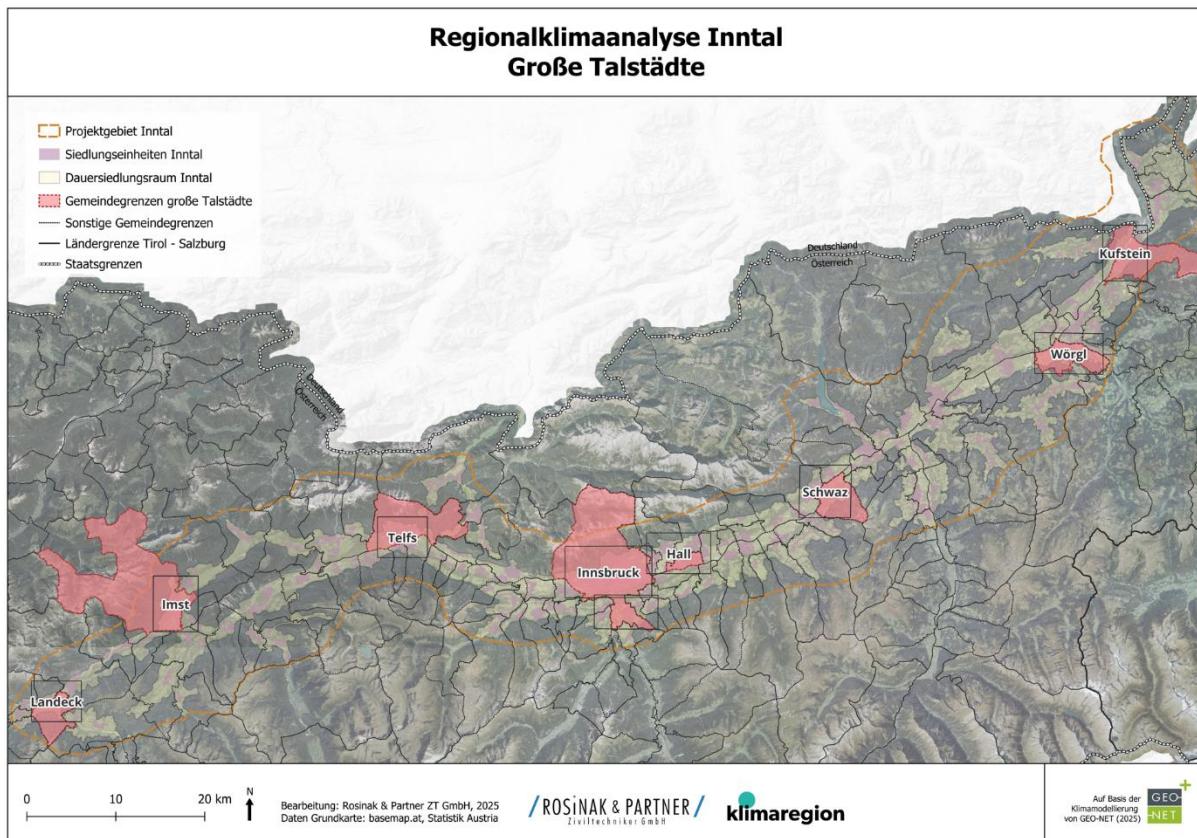
- **Typ A: Große Talstädte**

Aufgrund des städtischen Wärmeinseleffekts sind größere Siedlungen besonders von Hitzebelastung betroffen. Daher werden die großen Talstädte im Inntal besonders detailliert und umfassend untersucht. Für jede dieser Städte wird ein eigener Kartenausschnitt erstellt, der die jeweiligen Problembeziehe sowie entsprechende Planungshinweise aufzeigt (Kap. 8).

Dabei werden unter anderem die Hitzebelastungen am Tag als auch in der Nacht betrachtet, innerörtliche Kühlorte aufgezeigt sowie die Kaltluftparameter analysiert. Außerdem werden kaltluftsensible Siedlungsrandbereiche sowie kaltluftsensible größere Siedlungsentwicklungsflächen aufgezeigt.

Für die Festlegung der betrachteten großen Talstädte wurde die Urban-Rural-Typologie von Statistik Austria herangezogen. Folgende Gemeinden wurden als urbane bzw. regionale Zentren ausgewählt: Kufstein, Wörgl, Schwaz, Innsbruck, Telfs und Imst als urbane Zentren sowie Landeck als regionales Zentrum. Zusätzlich wurde Hall in Tirol aufgrund der Einwohnerzahl von über 10.000 in die Analyse einbezogen.

Abb. 15: Betrachtete Talstädte im Inntal



- **Typ B: Mittelzentren und Kleingemeinden**

Neben den großen Talstädten werden auch die kleineren Siedlungsgebiete wie Mittelzentren oder Kleingemeinden im Inntal betrachtet, wenngleich mit geringerem Detaillierungsgrad als bei Typ A. So werden neben den ohnehin flächendeckend vorliegenden Kaltluftparametern (Leitbahnen, Produktion und Einwirkbereiche) auch analog zu den großen Talstädten die kaltluftsensiblen Siedlungsrandbereiche für alle Siedlungsgebiete ausgewiesen, ebenso kaltluftsensible größere Siedlungsentwicklungsflächen (siehe auch Übersicht, Kap. 5.3.3).

Die Ergebnisse können in TIRIS eingesehen werden.

- **Typ C: Hanglagen und Seitentaleingänge**

Hanglagen und Seitentaleingänge werden hinsichtlich ihrer Bedeutung für die nächtliche Kaltluftbildung und den Kaltluftzufluss an ausgewählten Beispielen erläutert. Hanglagen fungieren dabei als wichtige Entstehungsgebiete von Kaltluft, die hangabwärts in Richtung Talboden abfließt. Einige Seitentäler weisen ein besonders hohes Durchlüftungspotenzial auf und tragen sowohl zur Belüftung der dortigen Siedlungen als auch zur Kaltluftzufuhr in den Inntalboden bei.

5.3.2 Besondere Freiflächen im Talbereich (exemplarisch)

Neben den Siedlungen sind auch die Gänf lächen im Talbereich von besonderer Bedeutung. Aus Sicht der Raumplanung und des Flächenmanagements kommt ihnen eine zentrale Rolle zu, insbesondere im Hinblick auf Flächeninanspruchnahme und die Sicherung klimatisch wirksamer Räume.

Grünflächen haben positive Auswirkungen auf das lokale Klima, da sie thermisch ausgleichend wirken und nachts insbesondere für die Kaltluftprozesse von Relevanz sind, sowohl hinsichtlich der Kaltluftentstehung als auch des Transports von Kaltluft in die Siedlungsgebiete.

Da eine flächendeckende Betrachtung aller Freiräume nicht möglich ist, konzentriert sich die Analyse auf ausgewählte Teilräume. Im Fokus stehen einerseits Talwälder und andererseits landwirtschaftliche Vorsorgeflächen. Anhand ausgewählter Beispiele wird aufgezeigt, wie die Auswertungen der Modelleergebnisse zu interpretieren sind und welche Bedeutung diese Flächen für die Kaltluftbildung und -leitung sowie den thermischen Ausgleich tagsüber besitzen.

5.3.3 Übersicht der abgeleiteten Parameter

Zusätzlich zu den Klimaparametern, die als Ergebnis der Modellierung vorliegen (siehe Kap. 5.1), liegen nach der oben dargelegten Aufbereitung der Datensätze folgende Parameter in digitaler Form als GIS-Layer vor. Die Spalte „Raumtyp“ zeigt dabei auf, für welche Betrachtungsebenen die Parameter zu Verfügung stehen.

Abb. 16: Übersicht aller aus den Modellergebnissen abgeleiteten Parameter.

Parameter	Beschreibung	Datei-Format	Raumtyp
Projektgebiet	Die für interne Zwecke erstellte Abgrenzung des Untersuchungsgebiets Inntal (unter Berücksichtigung des DSR)	Vektor (Polygon)	Übersicht
Übergeordnete Kaltluftleitbahnen	Wesentliche Kaltluftströmungen (ins Siedlungsgebiet)	Vektor (Punkt)	Übersicht, A, B, C
Kaltlufteinwirkbereiche/ Durchlüftungspotenzial	Kaltluftdurchlüftungspotenzial für die Siedlungseinheiten des Inntals (Abgrenzung Stat. Austria)	Vektor (Polygon)	Übersicht, A, B
Kaltluftvolumenstromdichte außerhalb der Siedlungsgebiete	Klassifizierte Rasterdatei für das Projektgebiet, ohne Siedlungsgebiete	Raster	Übersicht, C
Wertvolle Kaltluftproduktionsgebiete - Vektor (generalisiert)	(Generalisierte) Flächen mit Kaltluftproduktion > Median im DSR mit einer Größe von über einem Hektar.	Vektor (Polygon)	Übersicht, A, B, C
PET 98. Perzentil (Raster)	Rasterzellen mit Werten > 98. Perzentil	Raster	Übersicht, A, B
Temperatur Nacht 98. Perzentil (Raster)	Rasterzellen mit Werten > 98. Perzentil	Raster	Übersicht, A, B

Überlagerung PET und Temperatur Nacht 98. Perzentil (Raster)	Überlagerung Rasterzellen mit Werten > 98. Perzentil	Raster	Übersicht, A, B
Tag-Nacht-Temperatur-Differenz	°C, 2m Höhe ü. Gr., horizontale Auflösung: 5 m; für komplettes Projektgebiet	Raster	Übersicht, A, B, C
Extrem starke Wärmebelastung am Tag	Flächen mit der höchsten thermischen Belastung am Tag (> 98. Perzentil der PET-Werte um 14 Uhr im DSR)	Vektor (Polygon)	A
Überdurchschnittliche Überwärmung in der Nacht	Flächen mit der höchsten Überwärmung in der Nacht (> 98. Perzentil der Temperatur um 04 Uhr im DSR)	Vektor (Polygon)	A
Überwärmung Tag & Nacht	Flächen, die sowohl hinsichtlich der PET (Tag) als auch der Nacht-Temperatur die 2 % höchsten Werte aufweisen (> 98. Perzentil)	Vektor (Polygon)	A
Siedlungsentwicklungsflächen	<p>Vom Land Tirol bereitgestellter Datensatz, gefiltert nach Größe (> 1 Hektar) und hinsichtlich der Kaltluftsensibilität beurteilt.</p> <p><u>Kriterien „kaltluftsensibel“:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kaltluftvolumenstrom $\geq 25 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ <i>und/oder</i> - wertvolle Kaltluftproduktion $\geq 50 \%$ der Fläche <p><u>Kriterien „besonders kaltluftsensibel“:</u></p> <p>Flächen, die nach oben genannten Kriterien als „kaltluftsensibel“ eingestuft wurden und außerdem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - in oder am Rand von Siedlungsgebieten mit hoher thermischer Belastung liegen und - in Richtung ausgewiesener Kaltluftleitbahnen liegen. <p><i>*Nicht beurteilte Flächen sind aus klimatologischer Sicht nicht generell als unsensibel zu bewerten; die vorliegende Bewertung fokussiert ausschließlich auf Kaltluftprozesse.</i></p>	Vektor (Polygon)	A, B

Planhinweise Punkte	<p>6 Kategorien werden unterschieden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Extrem starke Wärmebelastung am Tag - Überdurchschnittliche Überwärmung in der Nacht - Überwärmung Tag & Nacht - Innerstädtische Kühlorte - Wertvolle Kaltluftproduktionsflächen - Klimasensible Bebauung 	Vektor (Punkt)	A
Planhinweis: kaltluftsensibler Siedlungsrand	<p>Generalisiert, auf Grundlage der Grenzen der Siedlungseinheiten nach Statistik Austria.</p> <p>Kriterien für die Ausweisung als kaltluftsensiblen Siedlungsrand:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sehr gutes bis extrem gutes Durchlüftungspotenzial (Teil einer Kaltluftleitbahn) - Größere, zusammenhängende, eher dichte Siedlungsbereiche 	Vektor (Linie)	A, B
Planhinweis: Kaltluftschneisen	Kaltluft- bzw. Durchlüftungsschneisen ins Siedlungsgebiet (z.B. entlang von Fließgewässern)	Vektor (Punkt)	A
Talwälder	Beurteilung Klimasensibilität relevanter Waldflächen im Talboden (Auswahl).	Vektor (Polygon)	exemplarisch

Wie oben erläutert, wurden die Klimaparameter aus der Modellierung in mehreren Verarbeitungsschritten aufbereitet, um aus den sehr detaillierten Datensätzen verständliche Aussagen und in weiterer Folge Planhinweise ableiten zu können. Die Aufbereitung diente demnach dazu, die Daten übersichtlich darzustellen, einen Überblick zu gewinnen, räumliche Muster und klimatisch bedeutsame Strukturen erkennen zu können sowie die größten Problemberiche zu identifizieren.

Die Einbettung in TIRIS ermöglicht es nicht nur, verschiedene Informationslayer zu überlagern, sondern auch, sich in einem ersten Schritt einen Überblick zu verschaffen und anschließend Teilbereiche detaillierter zu betrachten. Die flächendeckend für das gesamte Modellgebiet vorliegenden Modellergebnisse können im Detail für alle Frei-, Grün und Siedlungsflächen eingesehen werden.

6 Beschreibung der Ergebnisse und Interpretation

In diesem Kapitel werden die aufbereiteten Modellergebnisse für die Übersichtsebene interpretiert. Die Auswertungen konzentrieren sich auf die thermische Belastung am Tag und in der Nacht sowie auf die nächtlichen Kaltluftprozesse.

Die dargestellten Karten sind im Anhang in Originalgröße enthalten. Weitere, hier nicht abgebildete Karten können im TIRIS eingesehen werden.

6.1 Übersichtsebene

Folgende Parameter stehen für das gesamte Inntal zu Verfügung:

- » Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET, 14 Uhr)
- » Lufttemperatur nachts (04 Uhr)
- » Differenz der Lufttemperatur zwischen Tag und Nacht (14 Uhr – 04 Uhr)
- » Überlagerung der Belastungsbereiche (98. Perzentil der PET am Tag, sowie 98. Perzentil der Lufttemperatur in der Nacht)
- » Kaltluftparameter: übergeordnete Leitbahnen, Einwirkbereiche und Produktionsgebiete

6.1.1 Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET, 14 Uhr)

Die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) beschreibt die thermische Wirkung der Atmosphäre auf den Menschen (siehe Kap. 2). Anders als die reine Lufttemperatur berücksichtigt sie auch Strahlung, Luftfeuchtigkeit und Wind und bildet damit die tatsächlich empfundene Wärmebelastung realitätsnäher ab.

Die Modellierungsergebnisse zeigen die räumliche Verteilung der PET im Inntal zum Zeitpunkt des sozialen Höchststands um 14:00 Uhr. Der Einfluss der Topografie wird deutlich: In den Tallagen führen höhere Temperaturen und geringere Luftbewegung zu deutlich höheren Belastungswerten als an den umliegenden Hängen und Gipfeln. Auch innerhalb des Inntals zeigen sich Unterschiede: so liegen die PET-Werte in Landeck aufgrund der größeren Seehöhe tendenziell niedriger als in Kufstein.

Zur Mittagszeit wirkt die kurzwellige Sonneneinstrahlung am stärksten. Besonders betroffen sind unverschattete Freiflächen wie beispielsweise Wiesen. Diese Flächen weisen trotz geringerer Wärmespeicherung meist höhere PET-Werte auf als versiegelte Flächen, die durch Gebäude verschattet werden. Hinzu kommt die langwellige Wärmestrahlung von aufgeheizten Oberflächen wie Asphalt, Beton oder Gebäudefassaden, die die Belastung in dicht bebauten oder stark versiegelten Bereichen zusätzlich verstärkt.

Umso wichtiger sind kühlende Strukturen: Schatten und Verdunstungskühlung durch Bäume, Wasserflächen oder Grünkorridore entlang von Fließgewässern leisten einen wesentlichen Beitrag zur thermischen Entlastung, insbesondere in städtischen Gebieten während sommerlicher Hitzeperioden.

6.1.2 Lufttemperatur nachts (04 Uhr)

Für die Nachtsituation wird die Lufttemperatur um 04:00 Uhr in 2 m Höhe betrachtet. Das ist jener Zeitpunkt, an dem die nächtliche Abkühlung ihr Maximum erreicht. Da keine kurzwellige Sonneneinstrahlung mehr wirkt, wird das Wärmeempfinden in erster Linie durch die Umgebungstemperatur bestimmt.

Die Modellierungsergebnisse verdeutlichen die Höhenabhängigkeit der Temperatur: In den Tallagen liegen die Werte höher als auf den umliegenden Hängen und Gipfeln. Im Unterinntal – etwa im Raum Kufstein – liegen die nächtlichen Temperaturen deutlich höher als in Landeck, was vor allem auf die Seehöhe zurückzuführen ist.

Darüber hinaus zeigen sich charakteristische Unterschiede zwischen verschiedenen Flächennutzungen:

- » **Dicht bebaute Siedlungen:** In engen Straßenschluchten und Ortszentren wird tagsüber viel Wärme gespeichert und nur langsam wieder abgegeben. Die höchsten nächtlichen Temperaturen treten daher in stark versiegelten Talbodenbereichen auf; ein klarer Hinweis auf den städtischen Wärmeinseleffekt in den Talstädten.
- » **Waldflächen:** Durch die dichte Vegetation und das geschlossene Kronendach speichern Wälder mehr Wärme als angrenzende Wiesen oder Freiflächen. Die Ausstrahlung wird reduziert, sodass die Temperaturen höher bleiben.
- » **Gewässer:** Entlang des Inns zeigen sich niedrigere Temperaturen. Aufgrund seiner hohen Wärmekapazität erwärmt sich das Wasser am Tag langsamer und kühlst nachts verzögert ab, wodurch der Inn eine temperatursausgleichende Funktion übernimmt.
- » **Freiflächen:** Offene Wiesen und landwirtschaftlich genutzte Flächen kühlen am stärksten aus. Sie weisen die niedrigsten nächtlichen Temperaturen auf und fungieren als wichtige Kaltluftproduktionsgebiete.

6.1.3 Differenz der Lufttemperatur zwischen Tag und Nacht (14 Uhr – 04 Uhr)

Die Differenz der Lufttemperatur zwischen Tag und Nacht in einer Höhe von 2 m zeigt, wie stark sich unterschiedliche Flächen im Tagesverlauf erwärmen und wieder abkühlen. Sie beschreibt damit das Wärmespeicherverhalten verschiedener Oberflächen und liefert Hinweise auf die thermische Trägheit von Materialien und Nutzungen.

Geringe Temperaturdifferenzen treten dort auf, wo Wärme nur langsam aufgenommen und wieder abgegeben wird:

- » **Gewässer:** Am deutlichsten zeigt sich dies beim Inn und bei Gebirgsseen. Aufgrund der hohen Wärmekapazität von Wasser bleibt die Lufttemperatur darüber weitgehend konstant; die Unterschiede zwischen Tag und Nacht sind gering.
- » **Dicht bebaute Stadtbereiche:** Auch in Siedlungskernen sind die Differenzen klein. Versiegelte Flächen kühlen nachts nur schwach aus und geben kontinuierlich Wärme ab. Dies verstärkt den städtischen Wärmeinseleffekt und erschwert die nächtliche Erholung während Hitzeperioden.

Hohe Temperaturdifferenzen finden sich in Bereichen, die sich am Tag rasch aufheizen und nachts stark auskühlen:

- » Offene Freiflächen im Talboden: Wiesen, Äcker und unversiegelte Flächen weisen die größten Unterschiede auf. Sie heizen sich tagsüber stark auf und kühlen nachts deutlich ab – wichtige Prozesse für die Kaltluftproduktion.
- » Höhere, vegetationsarme Lagen: Auch hier treten große Differenzen auf, da die nächtliche Ausstrahlung besonders wirkt und wenig Vegetation vorhanden ist, die sie hemmen könnte.

Wälder nehmen eine Zwischenstellung ein: Am Tag sorgen Beschattung und Verdunstungskühlung für geringere Erwärmung, während nachts das Kronendach die Ausstrahlung reduziert. Dadurch fallen die Temperaturunterschiede deutlich geringer aus als auf offenen Flächen.

6.1.4 Überlagerung der Belastungsbereiche

Folgende Abbildung zeigt die Überlagerung der am stärksten belastete Bereiche am Tag (98. Perzentil der PET) und in der Nacht (98. Perzentil der Lufttemperatur). Die dargestellten Cluster kennzeichnen jene Gebiete, in denen hohe Hitzebelastung am Tag mit unzureichender nächtlicher Abkühlung zusammenfällt.

Je größer ein Cluster, desto umfangreicher sind die betroffenen Flächen. Diese Bereiche sind besonders kritisch, da sie der Bevölkerung weder tagsüber noch nachts thermische Entlastung bieten.

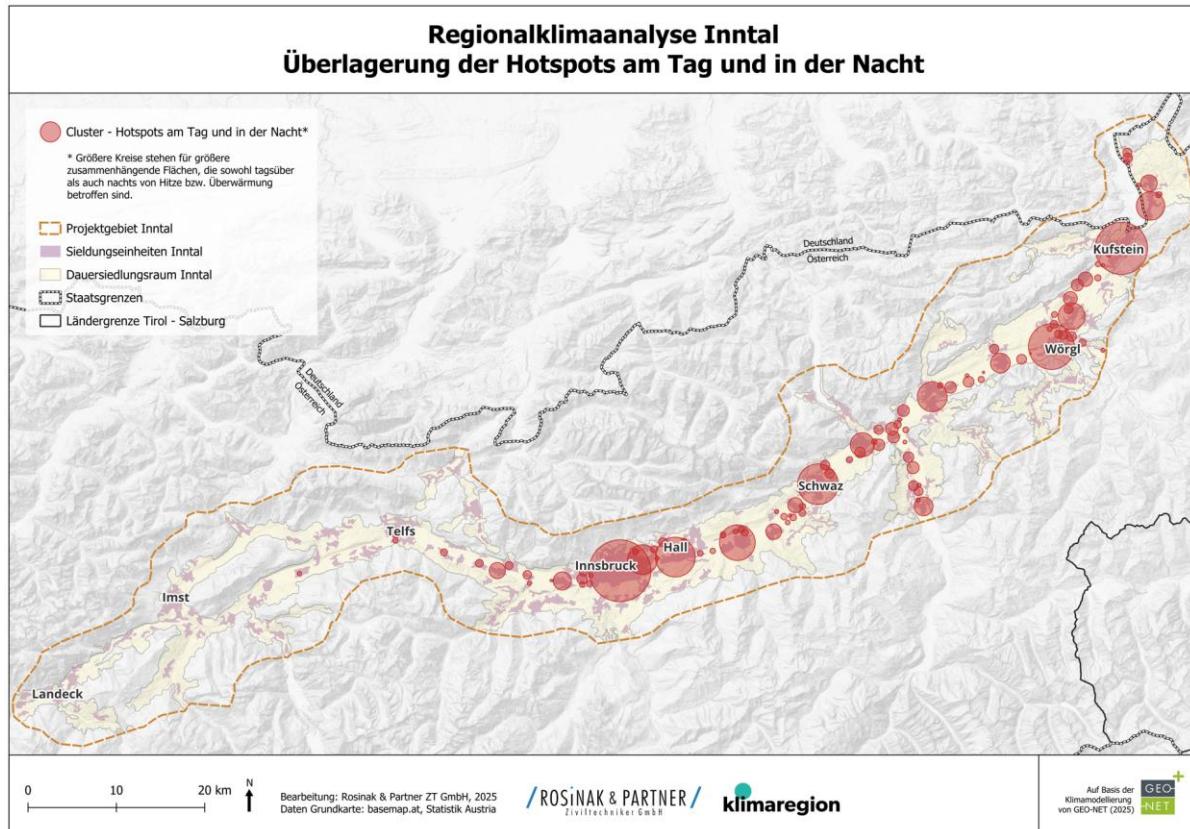
Besonders ausgeprägt sind solche für Tag und Nacht überlagerten Hotspots in den Siedlungsräumen rund um Innsbruck, Hall in Tirol, Schwaz, Wörgl und Kufstein, wo der städtische Wärmeinseleffekt großflächig sichtbar wird.

In höher gelegenen Talstädten wie zum Beispiel in Imst oder Landeck treten keine solchen Hotspots auf. Ursache sind die niedrigeren nächtlichen Temperaturen, die – bedingt durch die Seehöhe – die für die Schwellenwertbildung definierten Perzentilgrenzen nicht erreichen.

An dieser Stelle sei jedoch angemerkt, dass dies nicht automatisch bedeutet, dass in anderen Siedlungsbereichen keine Hitzebelastung auftritt. Die in der Karte ausgewiesenen überlagerten Bereiche zeigen lediglich die extremsten Zonen. Hohe Hitzebelastungen können in allen Siedlungsgebieten beziehungsweise auch in kleineren Gemeinden auftreten. Zur genaueren Beurteilung können daher die PET-Werte direkt betrachtet werden.

Die Überlagerungskarte dient als Grundlage für die Priorisierung von Klimaanpassungsmaßnahmen. In Bereichen mit größeren Clustern sollte die Umsetzung vorrangig erfolgen, da hier die Belastung am höchsten ist. Dennoch ist es wichtig, auch in anderen Siedlungsgebieten Maßnahmen zu setzen.

Abb. 17: Überlagerung der Hotspots am Tag und in der Nacht im Inntal



6.1.5 Kaltluftparameter: Produktion, Volumenstrom, übergeordnete Leitbahnen und Einwirkbereiche

Abbildung 18 zeigt die räumliche Verteilung der Kaltluftprozesse im Inntal. Dargestellt sind die Kaltluftproduktionsgebiete (türkis punktiert), die Kaltlufeinwirkbereiche in Siedlungsgebieten (blau schraffiert) sowie die übergeordneten Kaltluftleitbahnen (blaue Pfeile). Die Karte verdeutlicht das Zusammenspiel dieser Prozesse: Kaltluft bildet sich über Freiflächen, fließt talwärts und gelangt über Leitbahnen in die Siedlungsräume.

Kaltluftproduktion

Die Kaltluftproduktionsgebiete erstrecken sich großflächig über das gesamte Inntal. Besonders ausgeprägt sind sie im Talboden sowie an den unteren Hanglagen, wo Wiesen und landwirtschaftlich genutzte Flächen eine starke nächtliche Auskühlung begünstigen. Die Intensität der Kaltluftbildung variiert in Abhängigkeit von Landnutzung und Relief: Offene Flächen mit niedriger Vegetation kühlen stärker aus als bewaldete Bereiche, deren Kronendach die nächtliche Ausstrahlung dämpft.

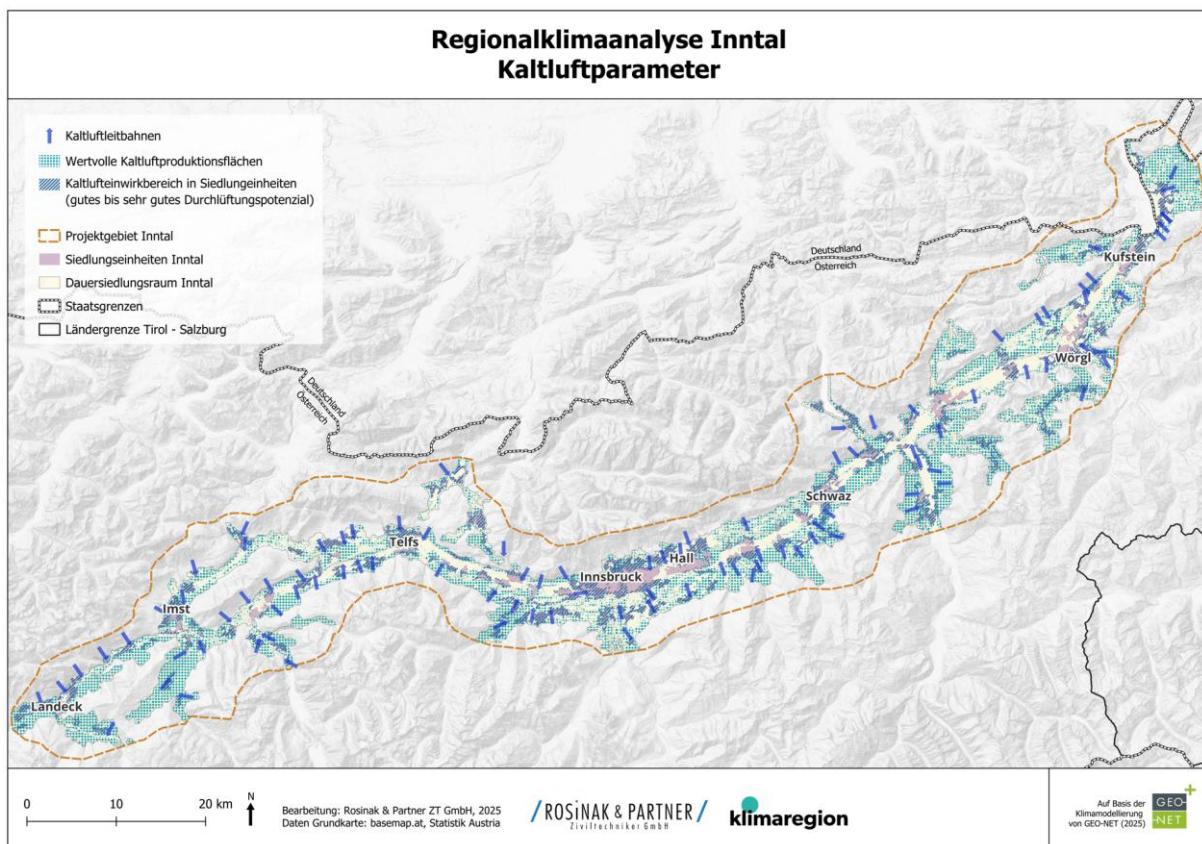
Regionale Unterschiede in der Kaltluftproduktion zwischen West-, Mittel- und Ost-Inntal sind gering.

Volumenstrom, Leitbahnen und Einwirkbereich

Aufgrund des ausgeprägten Reliefs treten im Inntal insgesamt hohe Werte der Kaltluftvolumenstromdichte auf. Die Kaltluft strömt mit hoher Geschwindigkeit talwärts, wobei die Mächtigkeit der Kaltluftschicht variiert: In höheren Hanglagen bilden sich meist dünne Schichten, während in Tallagen und Senken deutlich mächtigere Kaltluftschichten entstehen.

Die Karte zeigt mit blauen Pfeilen die übergeordneten Kaltluftleitbahnen, die die Hauptströmungsrichtungen in das Inntal kennzeichnen. Die blau schraffierten Flächen markieren die Kaltlufteinwirkbereiche, also jene Zonen, in denen Kaltluftströme mit ausreichender Intensität in die Siedlungsräume vordringen. Die Einwirkbereiche liegen häufig entlang offener Strukturen, die den Transport von Kaltluft in die bebauten Bereiche begünstigen.

Abb. 18: Kaltluftparameter im Inntal



6.2 Hanglagen und Seitentaleingänge (Typ C)

Die vorangegangene Abbildung zeigt auch jene Seitentäler und Hanglagen, die wesentlich zur Kaltluftversorgung des Inntals beitragen. Die nachstehenden Beispiele dienen der Veranschaulichung besonders wirksamer Bereiche; weitere relevante Seitentäler und Hänge können im TIRIS im Detail nachvollzogen werden.

Hanglagen

- » In Kufstein wirkt der Stadtberg als wertvolles Kaltluftproduktionsgebiet, das Kaltluft in Richtung Stadtgebiet transportiert.
- » Für Innsbruck und die nördlich angrenzenden Stadtteile spielt die Nordkette eine wichtige Rolle für die nächtliche Durchlüftung; Gleches gilt für die Hanglagen im Bereich von Hall in Tirol.
- » Der Tschirgant sorgt durch seine steile Nordwand für hohe Kaltluftvolumenstromdichten und trägt zur Versorgung der angrenzenden Siedlungsräume bei.

Seitentäler

- » Wipptal: Bedeutende Kaltluftzufuhr für den Großraum Innsbruck aus südlicher Richtung. Im Bereich der Brennerautobahn ist jedoch auch mit lufthygienischen Belastungen zu rechnen.
- » Brixental: Weist eine besonders hohe Kaltluftvolumenstromdichte auf und trägt wesentlich zur nächtlichen Durchlüftung des Raums um Wörgl bei.
- » Ötztal: Von regionaler Bedeutung für die nächtliche Durchlüftung und Belüftung der dortigen Siedlungen.
- » Zillertal: Weist ebenfalls ein hohes Durchlüftungspotenzial auf und spielt insbesondere für die Belüftung der im Zillertal gelegenen Siedlungen eine wichtige Rolle.
- » Kundler Klamm: Auch kleinere Taleinschnitte wie die Kundler Klamm leisten einen Beitrag zur Kaltluftversorgung, insbesondere für die Marktgemeinde Kundl.

Allgemeine Empfehlungen zum Erhalt und zur Förderung der Kaltluft finden sich in Kapitel 7.3.

7 Empfehlungen und Planhinweise

Die Klimaprojektionen für Tirol zeigen – wie in allen Bundesländern Österreichs – einen deutlichen Anstieg der Temperaturen sowie eine Zunahme von Hitzetagen und Hitzewellen. Gleichzeitig lebt rund die Hälfte der Tiroler Bevölkerung im Inntal, auf einem vergleichsweise kleinen Teil der Landesfläche. Dadurch steigt der Nutzungsdruck auf die ohnehin knappen Flächen. Diese Entwicklung macht klimaangepasstes Planen und Bauen zu einer zentralen Aufgabe für die Zukunft.

Die folgenden Empfehlungen zielen darauf ab, die Lebensqualität im Inntal auch unter veränderten klimatischen Bedingungen zu sichern. Im Mittelpunkt stehen zwei Aspekte:

- » **Tagsüber** die Verringerung der thermischen Belastung des Menschen (PET), insbesondere durch Beschattung und Begrünung.
- » **Nachts** die Begrenzung des Wärmeinseleffekts, wobei der Erhalt und die Förderung von Kaltluftprozessen eine wesentliche Rolle spielen.

Dabei ist es wichtig, die Wechselwirkungen zwischen Tag- und Nachtprozessen zu berücksichtigen. So senkt Beschattung durch Bäume oder Pergolen zwar die thermische Belastung am Tag, kann aber die nächtliche Wärmeabstrahlung beeinträchtigen. Helle Oberflächen verringern die Erwärmung am Tag, führen jedoch durch stärkere Reflexion zu Einbußen bei der Aufenthaltsqualität. Dichte städtebauliche Strukturen schaffen Schatten, können jedoch bei fehlender Durchlüftung die nächtliche Abkühlung behindern und Wärmestauungen verstärken.

7.1 Planhinweise für Siedlungsgebiete im Inntal (Typ A & B)

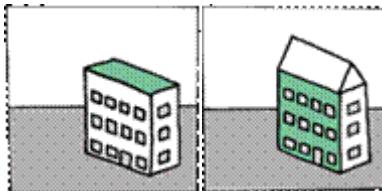
Für die Siedlungsgebiete im Inntal wurden Analysen zur thermischen Belastung und zu den Kaltluftverhältnissen durchgeführt. Im Mittelpunkt stehen Bereiche mit extrem starker Wärmebelastung am Tag, die überdurchschnittliche Überwärmung in der Nacht, Kaltlufteinwirkungsbereiche sowie kaltluft sensible Rand- und Entwicklungsflächen. Die zugrunde liegenden Datensätze liegen flächendeckend vor und können im TIRIS-System für jedes Siedlungsgebiet im Detail eingesehen werden. Eine vertiefte Betrachtung der größeren Talstädte erfolgt in Kapitel 8.

Das nachfolgende Kapitel enthält allgemeine Empfehlungen, wie die Hitzebelastung in Siedlungsgebieten reduziert werden kann. Die Empfehlungen gelten sowohl für die größeren Talstädte als auch für hitzebelastete kleinere Gemeinden.

7.2 Hitzebelastung in Siedlungsgebieten reduzieren

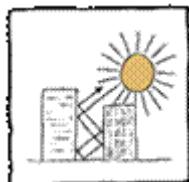
Zur Verbesserung der thermischen Situation in Siedlungsgebieten stehen unterschiedliche Ansätze zur Verfügung, wobei neben Maßnahmen an den Gebäuden selbst die Gestaltung des öffentlichen Raums im Fokus steht. Im Folgenden werden beispielhaft mögliche Ansätze dargestellt:

Begrünte Dächer und Fassaden



Begrünte Dächer und Fassaden erweitern Grünräume in die Vertikale und bieten eine effektive Möglichkeit, Oberflächentemperaturen zu senken, Innenräume vor Überhitzung zu schützen und die ökologische Vielfalt zu fördern. Zugleich tragen sie zur optischen Aufwertung des Stadtbildes bei.

Reflektierende Oberflächen



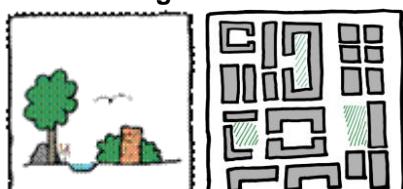
Helle Anstriche auf Dächern und Fassaden (jedoch nicht auf Fußgängerniveau) können die Wärmespeicherung der Gebäude stark verringern.

Verbesserung des Innenraumklimas



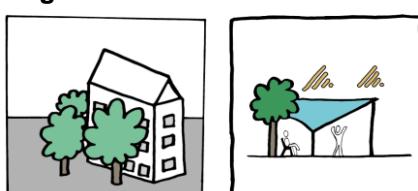
Neben baulichen Ansätzen wie effektiver Verschattung durch außenliegende Rollos, reflektierenden Dachflächen oder natürlicher Belüftung sind auch technische Lösungen für die Gebäudekühlung eine Möglichkeit, besonders für sensible Einrichtungen.

Erhalt und Schaffung von Grünräumen



Grünräume sind entscheidend für den thermischen Ausgleich und kühlen die Umgebung durch Verdunstungskälte. Vernetzte Grünräume fördern außerdem die Biodiversität innerhalb des Siedlungsgebiets.

Beschattung



Beschattungen auf Freiflächen von Gebäuden sowie im öffentlichen Raum sind besonders wirksam, um den thermischen Komfort am frühen Nachmittag zu senken, da hier die direkte Sonneneinstrahlung am stärksten wirkt. Besondere Beachtung sollten Freiflächen von sensiblen Einrichtungen finden, also beispielsweise Außenbereiche von Pflegeeinrichtungen oder Kinderspielplätze.

Wasserelemente für lokale Kühlung nutzen



Bewegte Wasserelemente wie Brunnen, Sprühnebelanlagen oder künstliche Wasserläufe haben zwar meist nur eine lokale Kühlwirkung, erhöhen jedoch erheblich die Aufenthaltsqualität in öffentlichen Räumen. Insbesondere bei Sprühnebelanlagen ist jedoch auf eine regelmäßige Wartung zu achten, um Keimbildungen zu vermeiden.

Entsiegelung und wasserdurchlässige Materialien

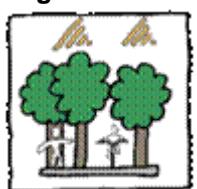


Eine weitere wichtige Maßnahme ist die Entsiegelung von Oberflächen. Durch den Einsatz wasserdurchlässiger Beläge können sowohl die Oberflächentemperaturen gesenkt als auch die natürliche Versickerung von Regenwasser ermöglicht werden.

Klimafreundliche Gestaltung von Straßenräumen

Straßenräume sollten insbesondere für den sanften Verkehr, wie Radfahrer:innen und Fußgänger:innen, klimafreundlich und zukunftsfähig gestaltet werden. Maßnahmen zur Begrünung entlang von Verkehrswegen können die Funktion als Kaltluftleitbahnen fördern, lokale Temperatursenkungen bewirken und gleichzeitig zur Biodiversität sowie zur ästhetischen Aufwertung des Ortsbildes beitragen.

Begrünung von Rad- und Gehwegen



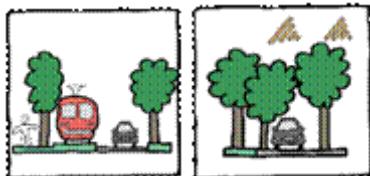
Schattenspendende Maßnahmen wie das Pflanzen von Bäumen oder der Einsatz von Rankhilfen entlang der Wege können den Komfort für Nutzer:innen steigern.

Begrünte, beschattete Haltestellen



Wartebereiche können durch schattenspendende Bäume, begrünte Dächer oder Rankpflanzen klimafreundlich gestaltet werden.

Begrünung von Verkehrsflächen



Verkehrsinseln und Seitenstreifen sollte wo möglich für Begrünung genutzt werden, Gleisflächen können zu Rasengleisen umgestaltet werden. Dies trägt nicht nur zur Aufwertung des Stadtbildes bei, sondern erhöht auch den thermischen Komfort am Tag und kann in der Nacht den Transport von Kaltluft fördern.

7.3 Kaltluftprozesse erhalten und fördern (Typ A, B & C)

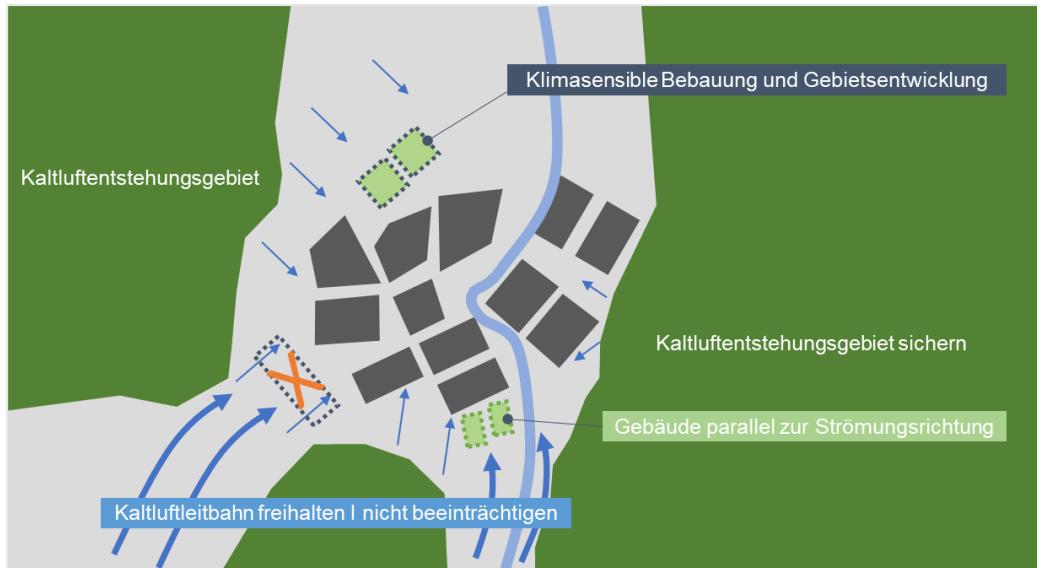
Zur Verringerung der nächtlichen Überwärmung spielen Kaltluftprozesse eine wichtige Rolle. Sie entstehen über Freiflächen, besonders an Hanglagen, fließen talwärts und tragen zur Abkühlung in den Siedlungen bei.

Grundprinzipien sind:

- » **Kaltluftproduktionsgebiete sichern:**
Freiflächen, auf denen sich wertvolle Kaltluft bildet, sind vor Versiegelung zu schützen.
- » **Klimasensible Bebauung und Entwicklung:**
Die Anordnung, Ausrichtung und Höhe von Gebäuden kann die Kaltluftströmung wesentlich beeinflussen. Bei größeren baulichen Veränderungen empfiehlt es sich, die Kaltluftprozesse früh mitzudenken.
- » **Kaltluftsensibler Siedlungsrand:**
Siedlungsränder übernehmen eine Schlüsselrolle als Übergangszone zwischen Kaltluft produzierenden und transportierenden Freiflächen und den bebauten Siedlungsflächen.
Eine kaltluftsensible Gestaltung bzw. Bebauung im Siedlungsrandbereich trägt wesentlich dazu bei, dass Kaltluft in thermisch belastete innerörtliche Bereiche einwirken kann. Dabei ist die Anordnung von Gebäuden parallel zur Strömungsrichtung ist besonders an Siedlungsränder relevant.
- » **Vernetzung von Grünräumen:**
Zusammenhängende Freiflächen und grüne Korridore sollten auf regionaler Ebene geschützt bleiben, um die großräumigen Kaltluftleitbahnen zu sichern.

Die folgende Abbildung verdeutlicht diese Grundprinzipien in schematischer Form:

Abb. 19: Grundprinzipien der Kaltluftprozesse, eigene Darstellung



Wichtig ist an dieser Stelle festzuhalten, dass eine klimatisch positive Entwicklung bzw. Bebauung von Flächen nicht im Widerspruch zu einer Innen- bzw. Nachverdichtung steht. Entscheidend ist vielmehr, dass in klimatisch sensiblen Bereichen – also dort, wo etwa hohe Wärmebelastungen auftreten oder Kaltluftprozesse wirksam sind – besonders klimasensibel geplant wird. Das bedeutet, dass solche Flächen detailliert betrachtet, die Prinzipien zur Erhaltung und Funktionsfähigkeit von Kaltluft berücksichtigt, eine möglichst geringe Versiegelung angestrebt, sowie ausreichend Grünflächen und Bepflanzung eingeplant werden, um lokale Mikroklimata positiv zu beeinflussen.

Eine qualitätsvolle Innenverdichtung ist im Sinne einer nachhaltigen und klimatisch wertvollen Raumplanung von zentraler Bedeutung. Sie ermöglicht eine kompakte Siedlungsentwicklung, die den Druck auf unbebaute Freiräume mindert, wodurch kaltluftproduzierende und -transportierende Ausgleichsflächen langfristig erhalten werden können. Das unterstützt nicht nur die großflächige Vernetzung von Grün- und Freiräumen, sondern unter anderem auch den Erhalt von wertvollem Boden. Die Innenentwicklung stellt somit einen wichtigen Beitrag dar, um sowohl die städtische Klimaanpassung als auch die Klimaschutzanforderungen strukturell zu unterstützen.

7.4 Bedeutung klimarelevanter Frei- und Grünflächen im Talboden

Neben den Siedlungsgebieten tragen auch Frei- und Grünflächen im Inntal wesentlich zum lokalen Klima bei. Sie wirken thermisch ausgleichend, produzieren oder leiten Kaltluft und manche dienen zugleich als Erholungsräume für die Bevölkerung. Angesichts der knappen Flächen und des steigenden Nutzungsdrucks ist ihr Erhalt besonders wichtig. Unterschiedliche Flächentypen übernehmen dabei spezifische klimatische Funktionen. Im Folgenden werden die unterschiedlichen klimatischen

Funktionen exemplarisch anhand ausgewählter Waldflächen im Talboden sowie landwirtschaftlicher Vorsorgeflächen dargestellt.

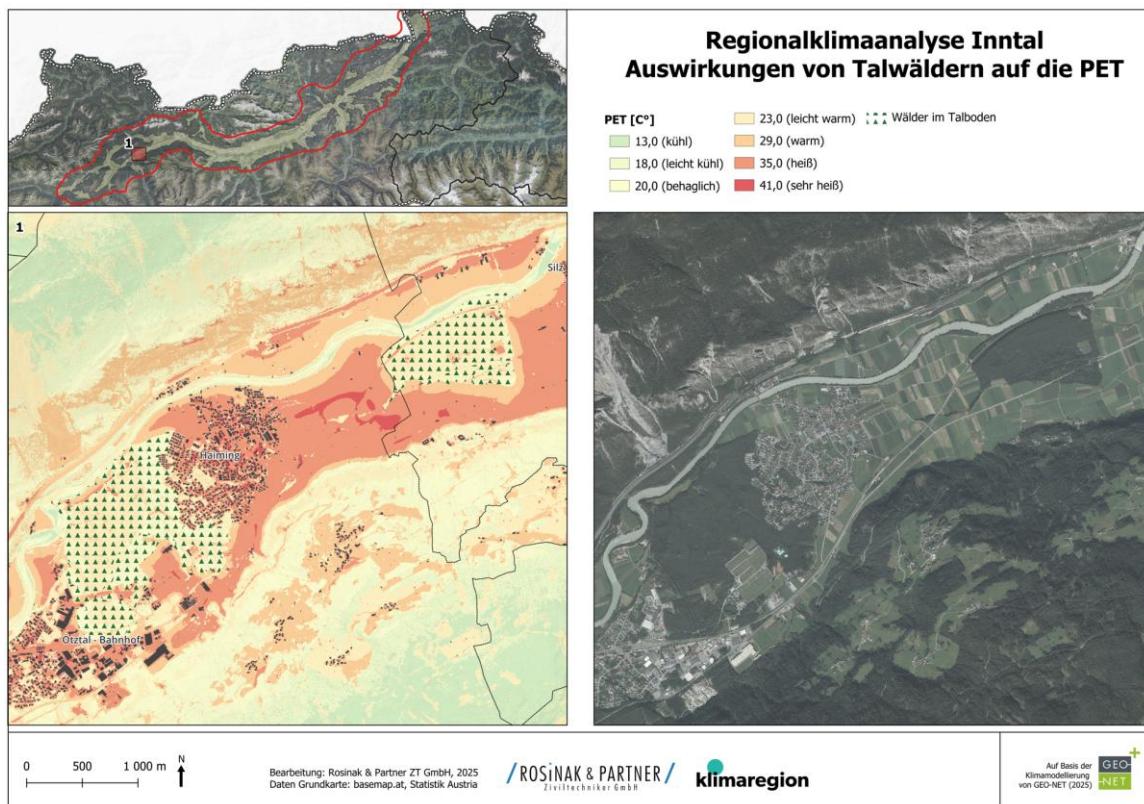
7.4.1 Talwälder

Die Modellierungsergebnisse zeigen den ausgeprägten Kühleffekt der Talwälder deutlich. Folgende Abbildung stellt die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) für vier ausgewählte Talwälder im Inntal dar. In allen vier Beispielen ist erkennbar, dass der thermische Komfort innerhalb der Waldflächen erheblich höher ist als im unmittelbaren Umland und auch für thermisch bessere Bedingungen in angrenzenden Siedlungsbereichen führt. Dieser Kühleffekt entsteht durch die Verschattung des geschlossenen Kronendachs sowie durch Verdunstungskühlung.

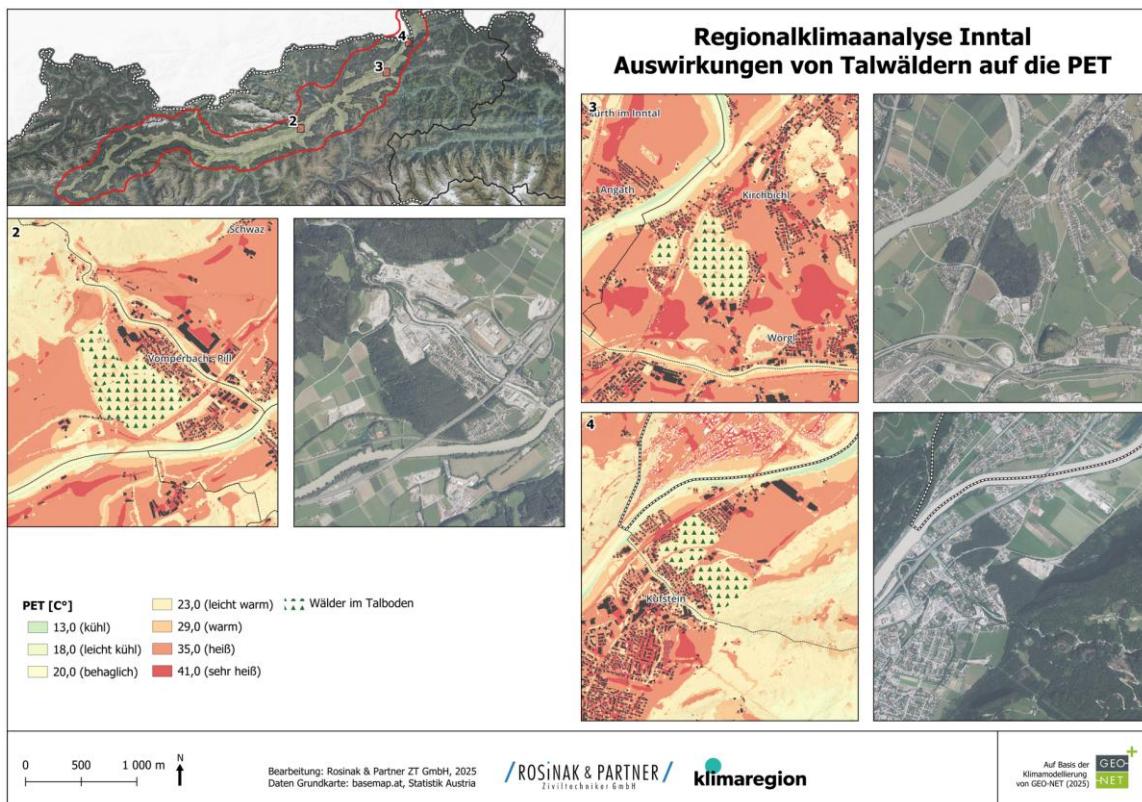
Empfehlung:

Talwälder sollten aufgrund ihrer Funktion als thermische Ausgleichsräume und gut erreichbare Naherholungsgebiete nachhaltig geschützt werden. Eingriffe wie Rodungen oder starke Auflichtungen sind möglichst zu vermeiden, um ihre Doppelfunktion zu erhalten: Am Tag sorgen sie durch Verschattung und Verdunstung für geringere thermische Belastung, in der Nacht tragen sie über Kaltluftentstehung im Kronenraum zur Abkühlung bei.

Abb. 20: Talwald als thermischer Ausgleichsraum, Beispiel 1



bb. 21: Talwald als thermischer Ausgleichsraum, Beispiel 2 – 4



7.4.2 Landwirtschaftliche Vorsorgeflächen und Grünzonen

Landwirtschaftliche Vorsorgeflächen und überörtliche Grünzonen sind in Tirol rechtlich verankerte Flächenkategorien des überörtlichen Freiraumschutzes. Sie stellen im Dauersiedlungsraum gelegene Freiflächen dar, die dauerhaft vor Verbauung gesichert sind.

Während bei landwirtschaftlichen Vorsorgeflächen der Schutz hochwertiger landwirtschaftlicher Nutzflächen im Vordergrund steht, werden bei der Festlegung von überörtlichen Grünzonen weitere Schutzziele verfolgt, wie die Bewahrung des Landschaftsbildes, die ökologische Ausgleichsfunktion und die Erholungsfunktion.

Als große, zusammenhängende Grün- bzw. Freiflächen übernehmen sie auch wesentliche klimaökologische Aufgaben für die angrenzenden Siedlungsgebiete.

Die Modellierungsergebnisse zeigen die besondere Bedeutung dieser Freiflächen für die Kaltluftdynamik. Östlich von Hall in Tirol wirken sie vor allem als Kaltluftproduktionsgebiete in Tallage: In der Ebene entsteht Kaltluft, die insbesondere dort, wo die Flächen direkt an bebauten Bereichen angrenzen, in die Siedlung einströmt und diese thermisch entlastet (die Richtung lässt sich anhand der Windvektoren in TIRIS nachvollziehen). Westlich von Hall in Tirol übernehmen die landwirtschaftlichen Vorsorgeflächen vor allem eine Leitfunktion: Sie bilden breit angelegte Kaltluftleitbahnen, über die Kaltluft aus den umgebenden Hanglagen nahezu ungehindert weit in das Siedlungsgebiet abfließen kann.

Empfehlung:

Landwirtschaftliche Vorsorgeflächen und überörtliche Grünzonen sind in ihrer Ausdehnung als offene, durchströmte und vernetzte Frei- bzw. Grünräume zu erhalten. Nutzungen sind so zu wählen, dass die geringe Rauigkeit und damit der Kaltluftabfluss in Richtung der Siedlungsgebiete erhalten bleibt.

Abb. 22: Kaltluftproduktion auf Landwirtschaftlicher Vorsorgefläche

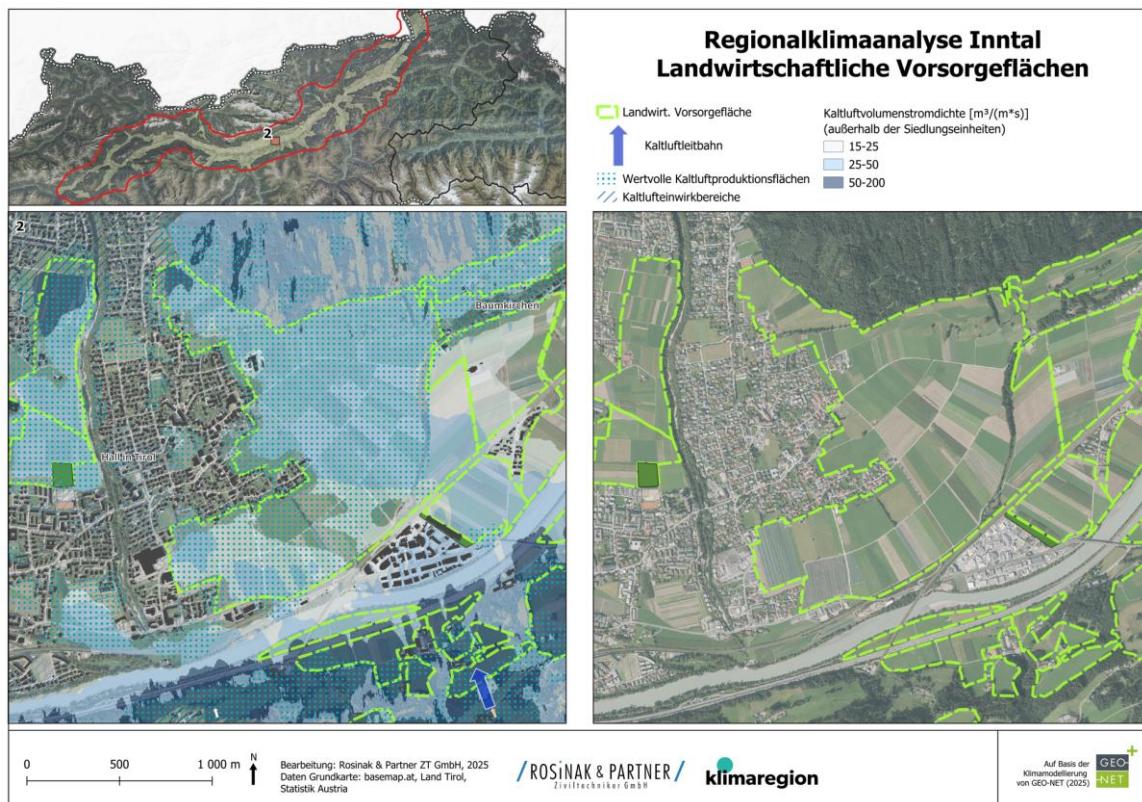
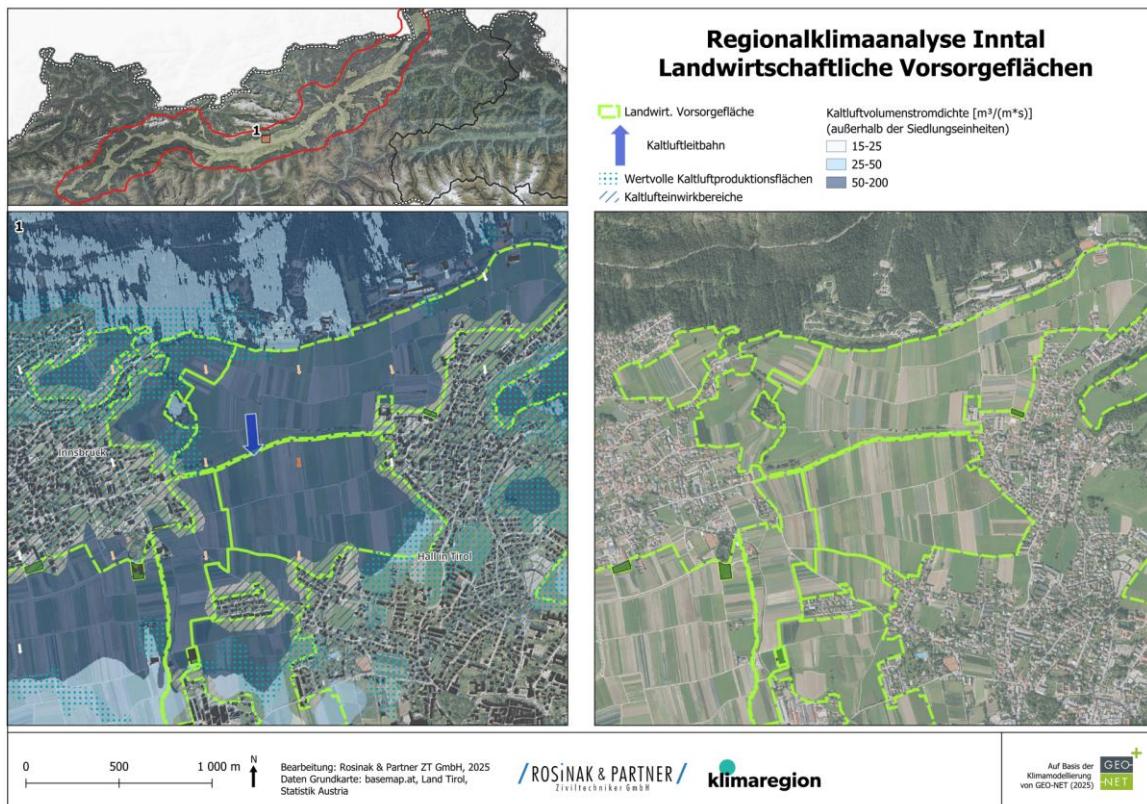


Abb. 23: Kaltluftleitbahn auf landwirtschaftlicher Vorsorgefläche



7.5 Querschnittsaufgaben in der Planung

Klimawandelanpassung ist keine isolierte Fachaufgabe, sondern betrifft alle Ebenen der räumlichen Planung. Die folgenden Grundsätze sollten daher in Planungsprozessen von der überörtlichen bis zur örtlichen Raumordnung berücksichtigt werden:

- » **Innenentwicklung vor Außenentwicklung:** Angesichts der knappen Flächen im Inntal ist eine konsequente Ausrichtung auf Innenentwicklung zentral. Die Aktivierung von Baulandreserven, die Nachverdichtung bestehender Strukturen und die Umnutzung von Brachflächen tragen dazu bei, wertvolle Freiflächen zu sichern. Diese sind nicht nur für Landwirtschaft, sondern auch für klimatische Funktionen von Bedeutung.
Im Zuge von Nachverdichtungsmaßnahmen ist jedenfalls auf eine klimasensible Entwicklung zu achten. Dabei sollten der Versiegelungsgrad möglichst gering gehalten, Begrünungsmaßnahmen integriert und bestehende Kaltluftleitbahnen berücksichtigt werden.
- » **Frühe Berücksichtigung klimatischer Aspekte:** Klimatische Faktoren sollten bereits in den frühen Phasen der Planung – etwa bei Standortentscheidungen oder der Ausweisung neuer Bauflächen – einbezogen werden. Die im TIRIS verfügbaren Modellergebnisse liegen in einer sehr feinen Auflösung vor und bieten hierfür eine wichtige Grundlage.
- » **Gemeindeübergreifende Perspektive:** Klimatische Prozesse machen nicht an Gemeindegrenzen halt. Kaltluftströme aus Seitentälern wirken oft über mehrere Gebiete hinweg. Der

Schutz von Kaltluftleitbahnen und Frischluftkorridoren erfordert daher eine abgestimmte Planung zwischen benachbarten Gemeinden.

- » **Synergien nutzen:** Anpassungsmaßnahmen sollten möglichst mehrere Ziele gleichzeitig erfüllen. Grünflächen leisten nicht nur Beiträge zur Kaltluftproduktion, sondern auch zur Naherholung, zum Hochwasserschutz und zur Biodiversität. Begrünte Straßenzüge kühlen, verbessern die Luftqualität und werten das Ortsbild auf. Solche Mehrfachwirkungen sollten aktiv in der Planung gesucht und genutzt werden.
- » **Bewusstsein schaffen:** Klimaanpassung gelingt nur, wenn Politik, Verwaltung, Bauträgerschaft und Bevölkerung die Zusammenhänge verstehen und mittragen. Information, Beratung und Best-Practice-Beispiele sind entscheidend, um klimaangepasstes Planen und Bauen als Standard zu etablieren.

8 Talstädte (Typ A) – Detaillierte Analyse

Für die größeren Talstädte des Inntals wurden vertiefende Analysen durchgeführt. Neben Innsbruck umfassten diese die Städte Kufstein, Wörgl, Schwaz, Hall in Tirol, Imst, Telfs und Landeck. Untersucht wurden sowohl die thermischen Belastungen am Tag und in der Nacht als auch die Kaltluftverhältnisse.

Die Ergebnisse sind als **Planungshinweise** aufbereitet und in den jeweiligen Talstadtkarten im Kapitel 8.2 dargestellt und erläutert. Im folgenden Kapitel werden die Planungshinweise sowie zugehörigen empfohlenen Maßnahmen beschrieben.

Hinweis zur Kartendarstellung: Die in den Karten dargestellten punkthaften Planungshinweise konzentrieren sich auf die wesentlichsten Bereiche. Für detaillierte Informationen zu einzelnen Flächen können die hochauflösten Modelldaten im TIRIS herangezogen werden.

8.1 Planhinweise für große Talstädte

Hotspots mit extrem starker Wärmebelastung am Tag



Hierbei handelt sich um Bereiche innerhalb des Siedlungsgebietes, die tagsüber eine extreme thermische Belastung aufweisen, sich nachts jedoch vergleichsweise gut abkühlen. Die PET-Werte liegen über dem 98. Perzentil. Diese ausgewiesenen Flächen zählen somit zu den zwei Prozent mit den höchsten PET-Werten im DSR Inntal (vgl. Kapitel 5.2.1).

Hotspots mit extrem starker Wärmebelastung am Tag mit guter nächtlicher Abkühlung finden sich in den untersuchten Talstädten häufig in weniger dicht bebauten Gebieten innerhalb des Gemeindegebiets, etwa in Einfamilienhaus-Siedlungen. Sie speichern tagsüber nur wenig Wärme, erreichen jedoch durch direkte Sonneneinstrahlung und fehlende Verschattung sehr hohe PET-Werte.

Empfohlene Maßnahmen: Vorrangig ist die Schaffung von Verschattung. An Gebäuden kann dies durch passiven Sonnenschutz wie Markisen oder Sonnensegel erfolgen. Auf Freiflächen sollte eine Verschattung durch Bäume angestrebt werden, die zusätzlich durch Verdunstungskühlung die Umgebungstemperatur senken. Besonderes Augenmerk ist auf Aufenthaltsräume für vulnerable Personengruppen zu legen, etwa Spielplätze oder Schulhöfe, die mit geeignetem Sonnenschutz ausgestattet werden sollten.

Überdurchschnittliche Überwärmung in der Nacht



Dieser Planhinweis kennzeichnet Bereiche, die sich in der Nacht nur langsam oder unzureichend abkühlen. Tagsüber treten hier keine extremen PET-Werte auf, die nächtliche Temperatur liegt jedoch sehr hoch (über dem 98. Perzentil, vgl. Kapitel 5.2.2).

Solche nächtlichen Wärmeinseln mit überdurchschnittlicher Überwärmung findet sich vor allem in der Umgebung von Gleisanlagen bzw. Bahnhofsgebieten oder stark versiegelten Gewerbe- und Industriegebieten. Materialien wie Asphalt oder Schotter speichern tagsüber viel Wärme und geben diese nur langsam wieder ab.

Empfohlene Maßnahmen: Bei stark versiegelten Oberflächen, wie beispielsweise Parkplätze in Gewerbegebieten, sollte die Entsiegelung und Begrünung von Flächen im Vordergrund stehen. Bei Neuplanungen kann der Einsatz von hellen Materialien sowie Begrünung von Dächern, Fassaden und Freiflächen den städtischen Wärmeinseleffekt vermindern. Im Bereich von Gleisanlagen ist die Freihaltung von Durchlüftungskorridoren zur Sicherung der nächtlichen Kaltluftzufuhr entscheidend.

Überwärmung Tag & Nacht



Hier handelt sich um Bereiche, die sowohl tagsüber als auch nachts belastet sind. Diese Flächen weisen am Tag sehr hohe PET-Werte und gleichzeitig auch nachts überdurchschnittlich hohe Temperaturen auf.

Betroffene Bereiche sind dicht bebaute Innenstadtgebiete sowie Industrie- und Gewerbegebiete mit hoher Versiegelung, geringem Grünanteil und eingeschränkter Durchlüftung.

Empfohlene Maßnahmen: Diese Flächen sind prioritäre Handlungsbereiche. Auf weitere Nachverdichtung sollte hier verzichtet werden. Stattdessen sind Entsiegelung, Begrünung sowie Maßnahmen zur Verbesserung der Durchlüftung umzusetzen. Besonderes Augenmerk ist auf Einrichtungen mit vulnerablen Bevölkerungsgruppen zu legen, etwa Altenheime, Kindergärten und Schulen.

Innerstädtische Kühlorte



Es handelt sich um öffentlich zugängliche Flächen mit deutlich geringerer thermischer Belastung am Tag als im Großteil des Siedlungsgebietes. Dazu zählen Parks, begrünte Plätze, Waldflächen oder Bereiche entlang von Fließgewässern.

Kühlorte bieten der Bevölkerung wichtige Rückzugsmöglichkeiten während Hitzeperioden. Ihre Funktion sollte erhalten bleiben und durch gute Erreichbarkeit sowie eine hohe Aufenthaltsqualität gestärkt werden.

Empfohlene Maßnahmen: Erhalt und Aufwertung bestehender Kühlorte, Ausstattung mit Sitzgelegenheiten, Trinkbrunnen und Beschattung sowie Sicherstellung der öffentlichen Zugänglichkeit.

Kaltluftsensible Bebauung



Mit diesem Planhinweis werden Siedlungsentwicklungsflächen in kaltluftsensiblen Lagen gekennzeichnet. Dabei handelt es sich um Flächen, die in Kaltluftleitbahnen liegen oder als wertvolle Kaltluftproduktionsgebiete wirken.

In diesen Bereichen besteht besonderer Handlungsbedarf. Eine Bebauung ohne klimatische Berücksichtigung kann die thermische Situation verschlechtern. Gleichzeitig bieten diese Flächen die Chance, klimaangepasste Strukturen von Beginn an in die Planung zu integrieren.

Empfohlene Maßnahmen: Vor jeder Entwicklung ist eine klimatische Bewertung erforderlich. Entscheidend ist, die Versiegelung so gering wie möglich zu halten und bei Gebäudehöhen und Gebäudeausrichtungen darauf zu achten, dass Kaltluftleitbahnen erhalten bleiben.

Wertvolle Kaltluftproduktionsgebiete



Hierbei handelt es sich um Freiflächen im Siedlungsgebiet oder direkt daran angrenzend, auf denen nachts große Mengen an Kaltluft produziert werden (über dem Median, vgl. Kapitel 5.2.4). Dazu zählen offene Grünflächen, insbesondere landwirtschaftlich genutzte Flächen und größere Wiesenflächen.

Diese Flächen stellen wichtige Quellgebiete für die nächtliche Kaltluftversorgung der Siedlungsbereiche dar. Eine Bebauung würde die Kaltluftproduktion erheblich beeinträchtigen. Besonders landwirtschaftliche Vorsorgeflächen übernehmen in mehrfacher Hinsicht eine bedeutende Funktion: Sie sind nicht nur aus klimatischer Sicht wertvolle Kaltluftproduzenten, sondern auch als hochwertige Nutzflächen für die Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft von großer Bedeutung.

Empfohlene Maßnahmen: Freihalten von Bebauung.

Kaltluftsensible Siedlungsrandbereiche



Dabei handelt es sich um Siedlungsrandbereiche, die an wichtige Kaltluftproduktionsgebiete oder Kaltluftleitbahnen angrenzen. Sie fungieren als Übergangszone und Eintrittspforte für Kaltluft in das Siedlungsgebiet. Besonders sensibel sind Hanglagen, über die Kaltluft talwärts in den Talboden strömt. Blockbebauungen quer zur Kaltluftrichtung in diesen Randbereichen kann den Kaltlufteneintritt erheblich beeinträchtigen oder vollständig blockieren.

Empfohlene Maßnahmen: Riegelbauten quer zur Hangneigung sind unbedingt zu vermeiden. Generell sind bei einer weiteren Entwicklung auf eine lockere Bauweise, geringe Gebäudehöhen, und auf eine Ausrichtung der Gebäude parallel zur Strömungsrichtung zu achten.

Potenzielle Kaltluftschneisen



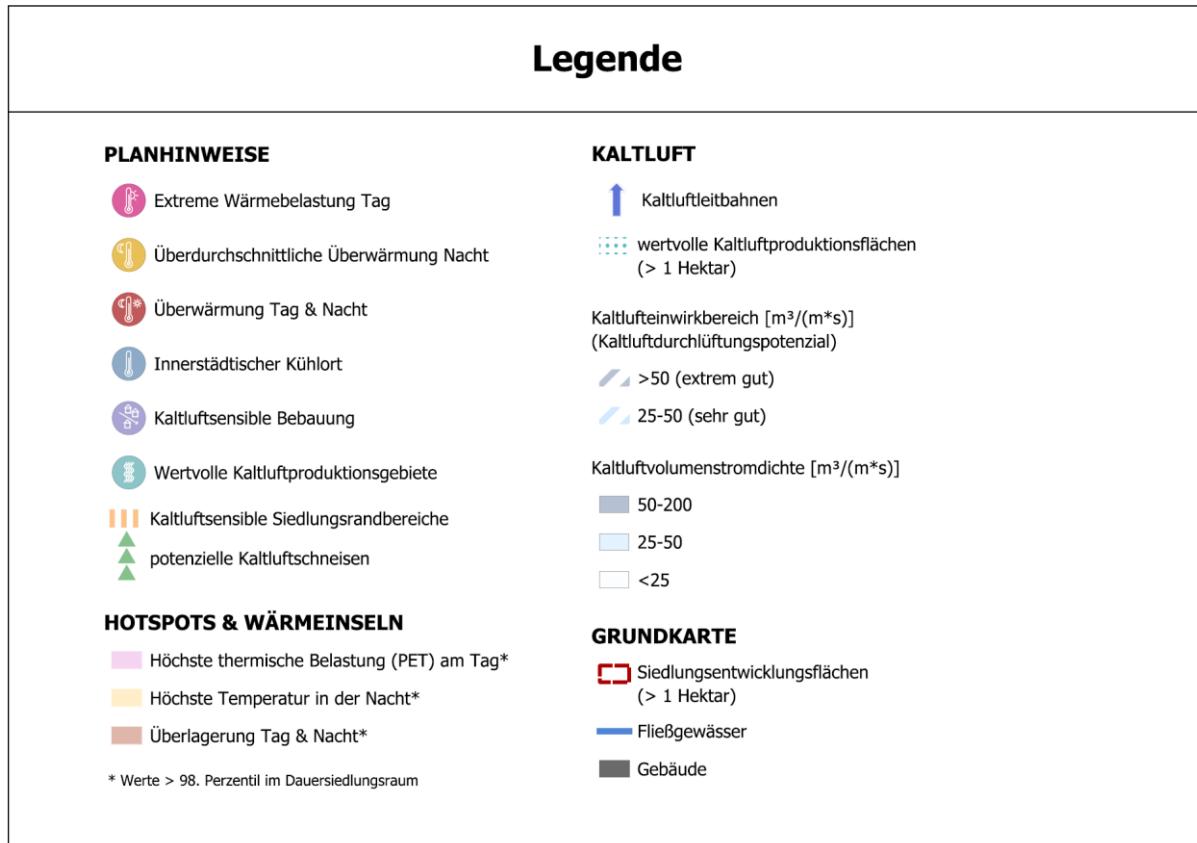
Als potenzielle Kaltluftschneisen wurden natürliche oder durch den Menschen geschaffene Strukturen gekennzeichnet, die das Eindringen von Kaltluft in das Siedlungsgebiet erleichtern. Dazu zählen etwa Fließgewässer oder Geländemulden, Grünzüge, aber auch Straßen und Bahntrassen, die parallel zur Kaltluftströmung verlaufen.

Während Kaltluftleitbahnen großräumige Strömungskorridore mit hohen Windgeschwindigkeiten (≥ 2 m/s) darstellen, handelt es sich bei Kaltluftschneisen um konkrete, kleinräumigere Eintrittspforten ins Siedlungsgebiet. Hier kann die Strömung auch geringere Geschwindigkeiten aufweisen. Eine Schneise kann Teil einer Leitbahn sein, muss es aber nicht.

Empfohlene Maßnahmen: Freihalten von Bebauung. Vermeidung von Querriegeln oder Blockbauten. Erhalt und Aufwertung von Grünstrukturen entlang der Schneisen. Bei Straßenzügen: Begrünung der Seitenräume zur Unterstützung der Leitfunktion. Wenn Straßen als Kaltluftschneisen fungieren, ist jedoch zu beachten, dass die Kaltluft lufthygienisch belastet sein kann.

8.2 Situation in den Talstädten

Im Folgenden wird die Situation in den untersuchten Talstädten beschrieben. Alle Karten sind dem Bericht in Originalgröße angehängt.



Innsbruck

Als Landeshauptstadt Tirols ist Innsbruck aufgrund ihrer Größe, Bebauungsdichte und des ausgeprägten städtischen Wärmeinseleffekts besonders stark von Hitzebelastung betroffen. Die Karte zeigt mehrere Hotspots mit extrem starker Wärmebelastung am Tag sowie eine überdurchschnittliche Überwärmung in der Nacht. In einigen Bereichen werden die definierten Schwellenwerte sowohl tagsüber als auch nachts überschritten.

Beispiele dafür sind die Altstadt, die durch hohe Versiegelung und enge Gassen geprägt ist, wodurch die tagsüber gespeicherte Wärme nur langsam abgeführt werden kann, sowie Gewerbe- und Industriegebiete wie das Gewerbegebiet Rossau, die ebenfalls hohe thermische Belastungen aufweisen. Der Inn wirkt als wichtige potenzielle Kaltluftschniese, während der Innsbrucker Hofgarten und der Rapoldipark wertvolle innerstädtische Erholungsräume und Kühlinseln bieten.

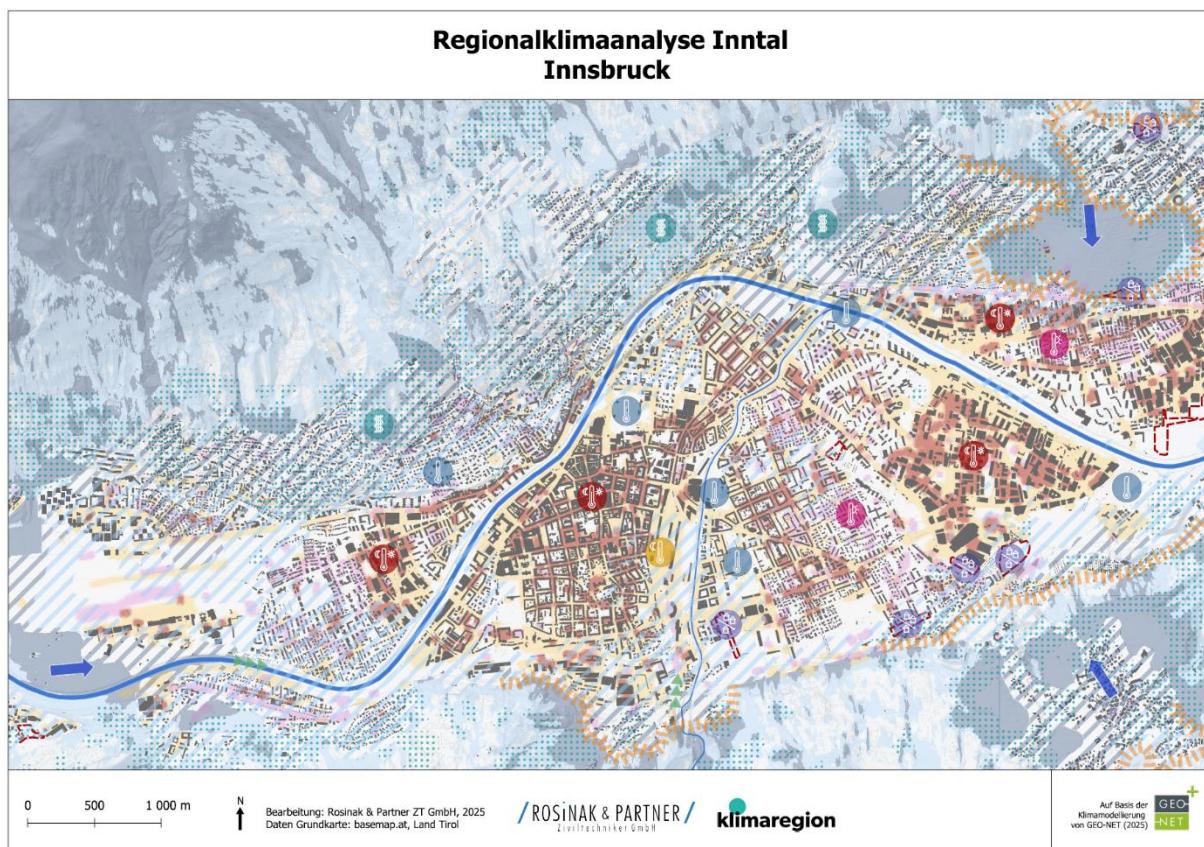
Die Kaltluftzufuhr erfolgt vor allem aus zwei Richtungen: Aus dem Süden fließt Kaltluft beispielsweise aus dem Wipptal in Richtung Bahnhof und kann über die vorhandenen offenen Strukturen weit in das Stadtgebiet eindringen. Zudem stellt die Nordkette ein wichtiges Kaltluftentstehungsgebiet dar. Die

dort gebildeten Kaltluftströme tragen dazu bei, dass aus dieser Richtung unbelastete Kaltluft bis weit in das nördliche Stadtgebiet gelangt.

Die Siedlungsränder im Süden und Nordosten sind kaltluftsensibel einzustufen. Erweiterungen in diesen Bereichen sollten klimatisch geprüft werden, da zusätzliche Bebauungen die Kaltluftströme beeinträchtigen könnten.

Angesichts der hohen Bevölkerungsdichte und der ausgeprägten thermischen Belastung sollten in Innsbruck vorrangig Maßnahmen zur Hitzeminderung umgesetzt werden, insbesondere in den identifizierten belasteten Bereichen.

Abb. 24: Karte mit Planungshinweisen Innsbruck



Landeck

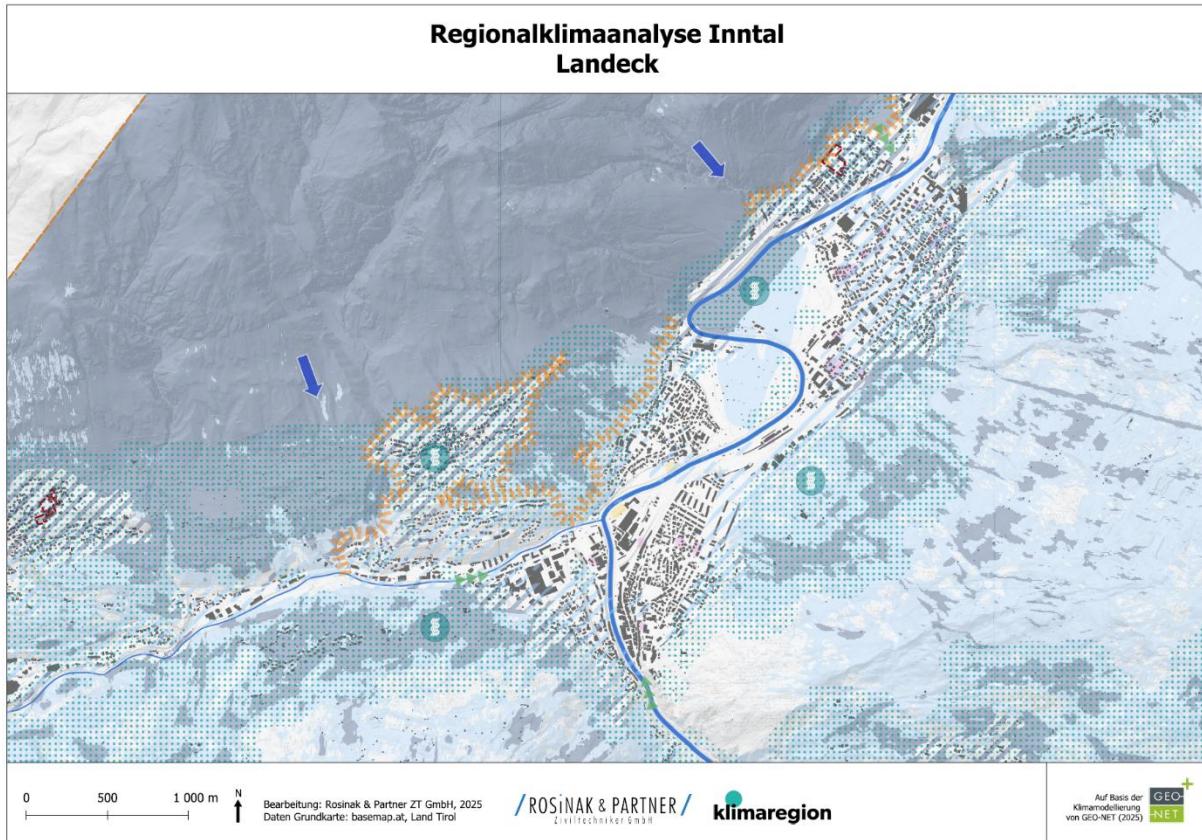
Landeck ist die westlichste Stadt Tirols und zählt zu den höchstgelegenen Stadtgemeinden im Untersuchungsgebiet. Aufgrund ihrer Lage und Seehöhe ist die Stadt in vergleichsweise geringem Ausmaß von Hitzebelastung betroffen. Nur wenige Flächen überschreiten das 98. Perzentil, sowohl während des Tages als auch in der Nacht.

Wesentliche Kaltluftleitbahnen verlaufen im Nordwesten des Siedlungsraums. Von den Berghängen der Lechtaler Alpen strömt dort über die Gemeinde Stanz hinweg Kaltluft nach Landeck. Die Kaltluftvolumenstromdichte weist hier besonders hohe Werte auf, wodurch ein großer Teil der Siedlungsflächen über ein sehr gutes Kaltluftdurchlüftungspotenzial verfügen. Die Hanglagen rund um die Stadt

fungieren zudem als wertvolle Kaltluftproduktionsgebiete, die maßgeblich zur nächtlichen Abkühlung beitragen.

Landeck liegt an einer markanten Flussbiegung des Inns, an welcher der Inn die aus dem Stanzer Tal heranfließende Sanna aufnimmt. Beide Fließgewässer bilden potenzielle Kaltluftschneisen und tragen zur Durchlüftung des Stadtgebiets bei.

Abb. 25: Planhinweiskarte Landeck



Imst

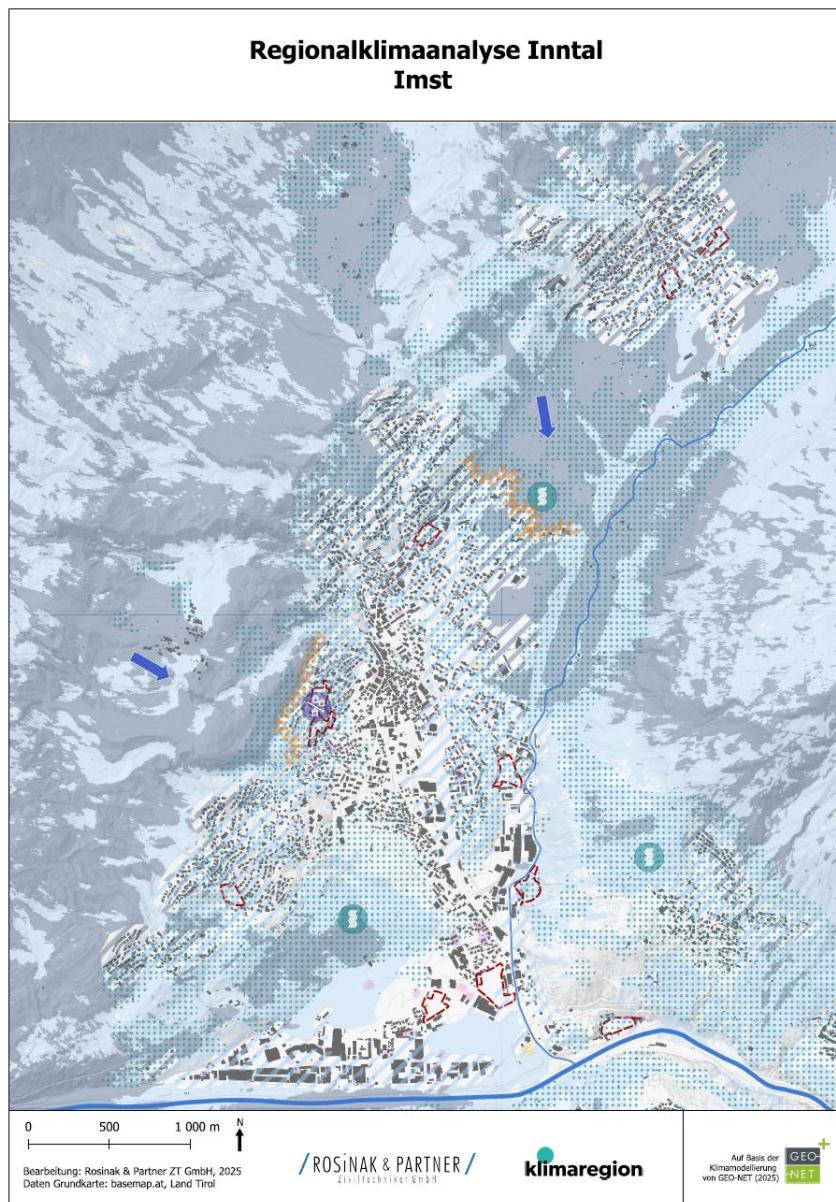
Im Vergleich zu anderen Talstädten tritt hier eine geringe Hitzebelastung auf, verbunden mit einer guten Abkühlung während der Nachtstunden. Ähnlich wie in Landeck ist dies auf die höhere Lage im Inntal zurückzuführen.

Aus Westen und Norden führen ausgeprägte Kaltluftleitbahnen in das Siedlungsgebiet. In diesen Bereichen liegt eine besonders hohe Kaltluftvolumenstromdichte vor, wodurch die Siedlungsrandbereiche dort als besonders kaltluftsensibel einzustufen sind. Von hier aus strömt die Kaltluft in die bebauten Bereiche ein. Entsprechend ist die geplante Siedlungsentwicklungsfläche im Westen mit besonderer Rücksicht auf die Kaltluftprozesse zu bebauen.

Ein Großteil der bestehenden Siedlungsflächen weist ein gutes bis sehr gutes Durchlüftungspotenzial auf, auch wenn dieses nicht ganz das Siedlungszentrum hineinreicht. Nahezu das gesamte

Siedlungsgebiet wird von Flächen mit hoher Kaltluftproduktion umgeben, unter anderem auch entlang des Pigerbachs, der von Norden kommend südlich von Imst in den Inn mündet.

Abb. 26: Karte mit Planungshinweisen Imst



Telfs

Telfs ist eine Marktgemeinde, die in einer beckenartigen Erweiterung des Inntals liegt. Die nächtliche Kaltluftzufuhr erfolgt überwiegend von den nördlichen und nordöstlichen Berghängen, in geringerem Ausmaß auch aus südlicher Richtung. Weite Teile der Siedlungsflächen verfügen über ein sehr gutes Kaltluftdurchlüftungspotenzial, auch wenn dieses nicht bis in Zentrum reicht.

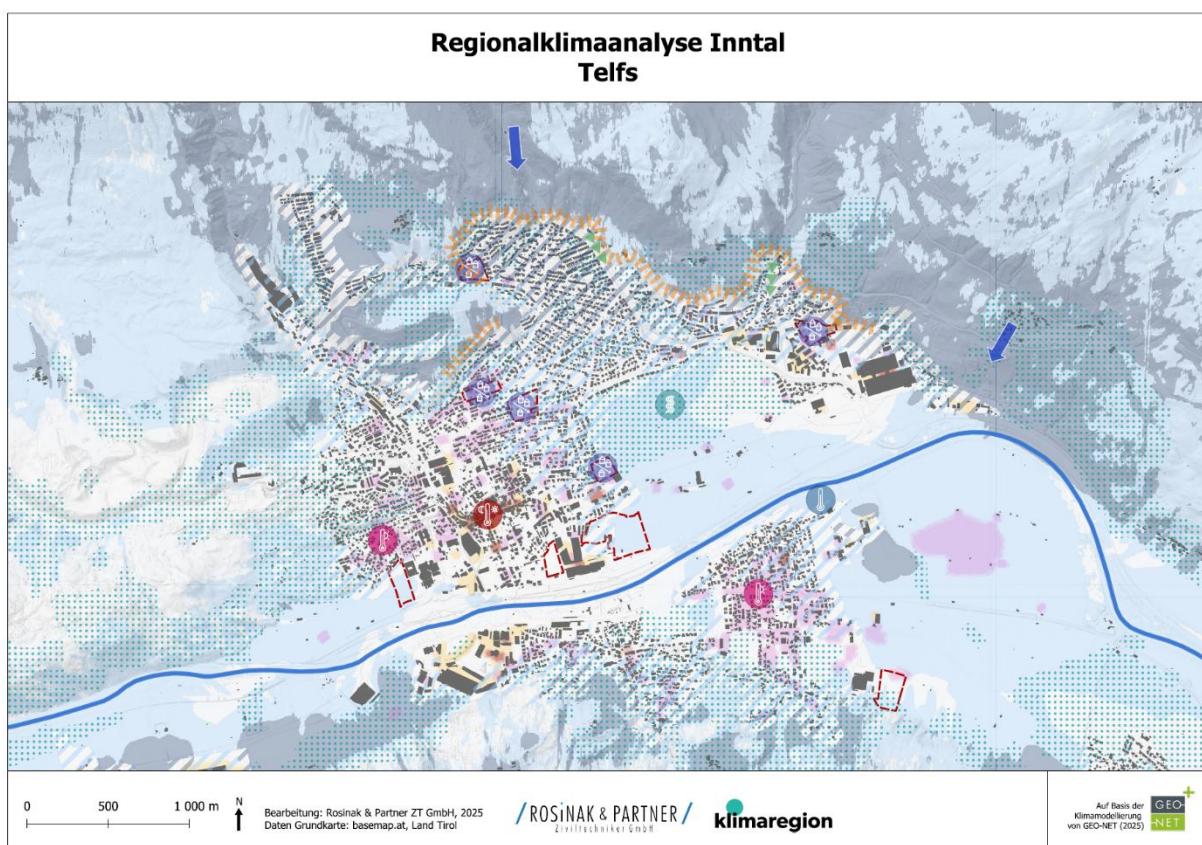
Die nördlichen Randbereiche der Siedlungsgebiete sind besonders kaltluftsensibel, da sie eine we sentliche Rolle für das Eindringen der Kaltluft in den bebauten Bereich spielen. Die in das Inntal

mündenden Wildbäche fungieren als Kaltluftschneisen und tragen zur Durchlüftung des Siedlungsraums bei.

Die südlich der Saglstraße gelegene landwirtschaftliche Vorsorgefläche stellt ein wertvolles Kaltluftproduktionsgebiet dar und leistet einen wichtigen Beitrag zur nächtlichen Kaltluftversorgung.

Das Ortszentrum von Telfs, insbesondere der Bereich entlang der Untermarktstraße, stellt einen Hitze-Hotspot dar, sowohl tagsüber als auch während der Nacht. Einige weniger dicht bebaute Flächen innerhalb von Telfs sowie die Siedlungsbereiche der Nachbargemeinde Oberhofen zeigen eine hohe bis sehr hohe Hitzebelastung während des Tages.

Abb. 27: Karte mit Planungshinweisen Telfs



Hall in Tirol

Die Stadt Hall in Tirol liegt etwa 10 Kilometer östlich von Innsbruck. Hall weist ein kompaktes Siedlungsgebiet auf. Ein sehr hoher Versiegelungsgrad liegt vor allem zwischen der B171 und dem Inn vor; hier wird der nächtliche Wärmeinseleffekt besonders deutlich. Einige Bereiche sind dabei nicht nur nachts, sondern auch tagsüber von extremer Hitzebelastung betroffen.

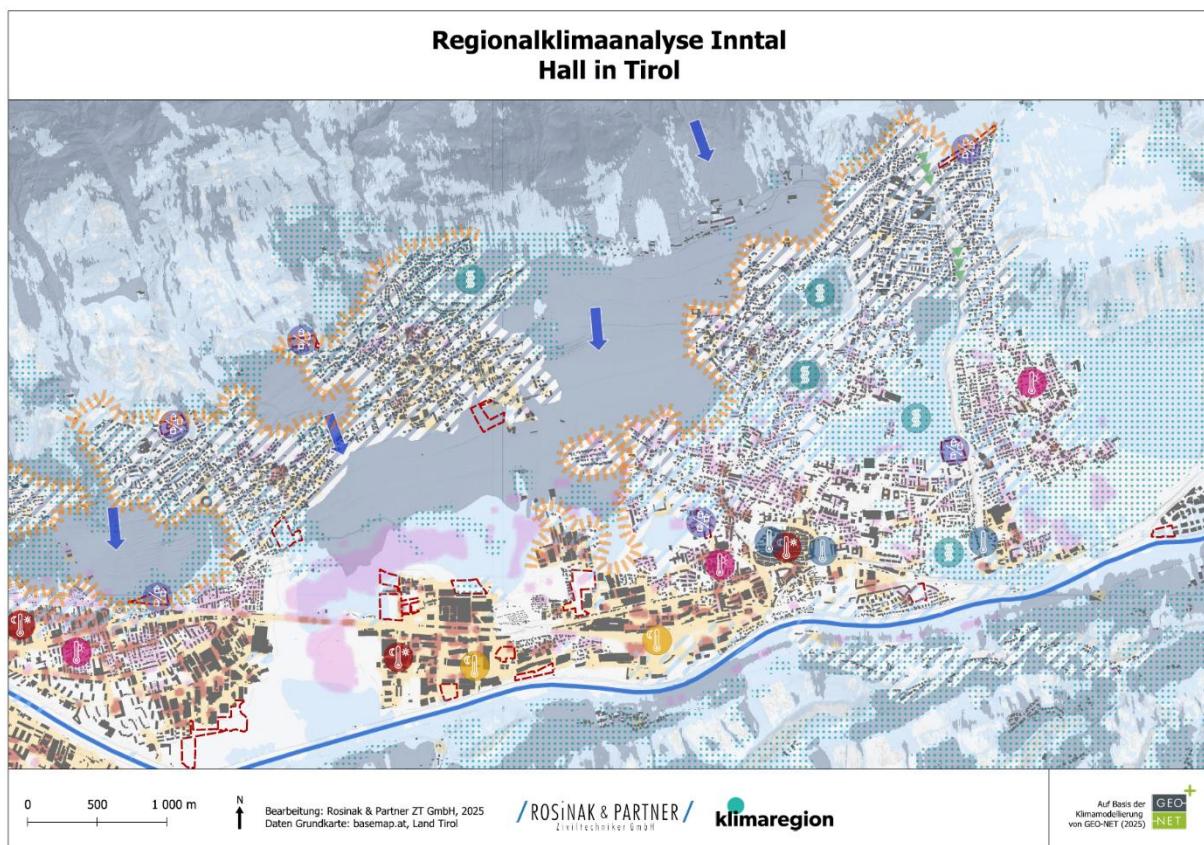
Ein besonderer Hotspot ist das Zentrum rund um den Stadtplatz von Hall. Hier können der Altstadtpark sowie der Stiftsgarten als Kühlorte für die Bevölkerung fungieren.

Zwischen Innsbruck und Hall verlaufen in den Freiflächen zwischen den Siedlungsgebieten der Gemeinden Rum, Thaur und Absam wichtige Kaltluftleitbahnen. Aufgrund der Kaltluftleitbahnen aus Norden ist vor allem der Siedlungsrandbereich der Nachbargemeinde Absam besonders kaltluftsensibel.

Während die umliegenden Siedlungsflächen meist ein sehr gutes Kaltluftdurchlüftungspotenzial aufweisen, reicht dieses in Hall nicht bis in die zentralen Bereiche hinein. An den Gemeindegrenzen zwischen Absam und Mils bzw. zwischen Hall und Mils verläuft der Weißenbach. Dieser zeigt nicht nur tagsüber einen deutlichen Kühleffekt und wirkt damit thermisch ausgleichend, sondern kann auch nachts eine Schneise für Kaltluftströmungen darstellen.

Wertvolle Kaltluftproduktionsflächen finden sich außerdem zwischen Hall und Absam sowie östlich von Hall bzw. Mils.

Abb. 28: Karte mit Planungshinweisen Hall in Tirol



Schwaz

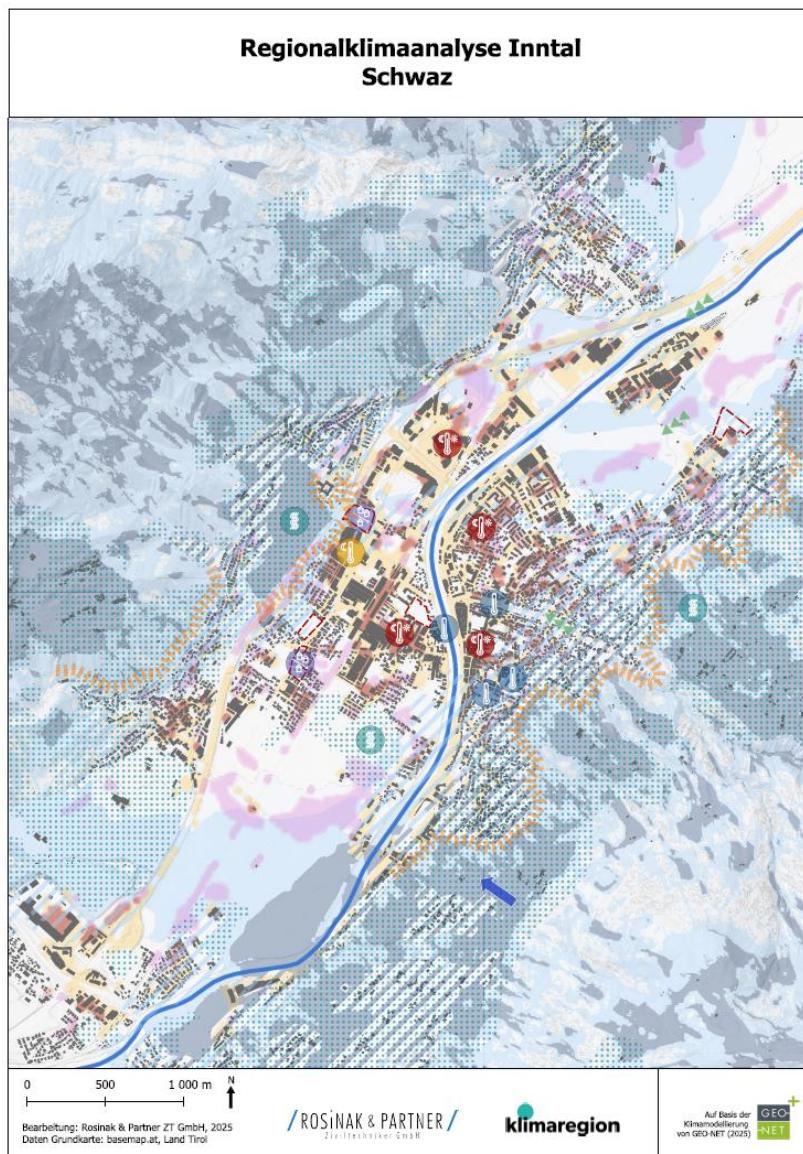
Die Bezirkshauptstadt Schwaz liegt im mittleren Unterinntal. Es liegt eine ausgeprägte Hitzeproblematisierung vor. Ein Großteil der versiegelten Flächen in Schwaz sowie in der Nachbargemeinde Vomp ist stark vom nächtlichen Wärmeinseleffekt betroffen. Das gilt insbesondere für Industrie- und Gewerbegebiete.

Einige dieser Bereiche weisen auch am Tag eine extreme Hitzebelastung auf. Auch die Altstadt von Schwaz ist sowohl tagsüber als auch nachts von hohen PET- bzw. Temperaturwerten betroffen.

Als Kühlorte können der Klostergarten der Franziskaner sowie der Mathoi-Garten dienen. Ein deutlicher Kühleffekt ist auch entlang des Inns sowie entlang des Lahnbachs spürbar; letzterer kann zudem als Kaltluftschneise wirken.

Der Inn durchfließt das Siedlungsgebiet von Schwaz in Süd-Nord-Richtung. Von Nordwesten und Südosten dringt Kaltluft in die Siedlungsbereiche ein und vor allem in den südöstlichen Siedlungsflächen herrscht ein sehr gutes Kaltluftdurchlüftungspotenzial. Auch befinden sich angrenzend an die Siedlungsgebiete wertvolle Kaltluftproduktionsflächen.

Abb. 29: Karte mit Planungshinweisen Schwaz



Wörgl

Die Stadtgemeinde Wörgl liegt an der südlichen Talseite des Inntals, an jener Stelle, an der das Brixental auf das Inntal trifft und damit am Zusammenfluss der Brixentaler Ache mit dem Inn. Entlang

des Brixentals verläuft eine bedeutende Kaltluftleitbahn, über die Kaltluft aus dem Brixental in das Inntal strömt. Für die Durchlüftung der zentralen Siedlungsbereiche spielen jedoch vor allem die südlichen und südöstlichen Hanglagen des Inntals eine entscheidende Rolle. Von dort gelangt Kaltluft in das Siedlungsgebiet, wodurch insbesondere die südlichen Randbereiche der Stadt als besonders kaltluftsensibel einzustufen sind. Die Hänge fungieren zugleich als wertvolle Kaltluftproduktionsflächen, während sich die größten Kaltluftproduktionsgebiete nördlich von Wörgl auf der gegenüberliegenden Seite des Inns befinden.

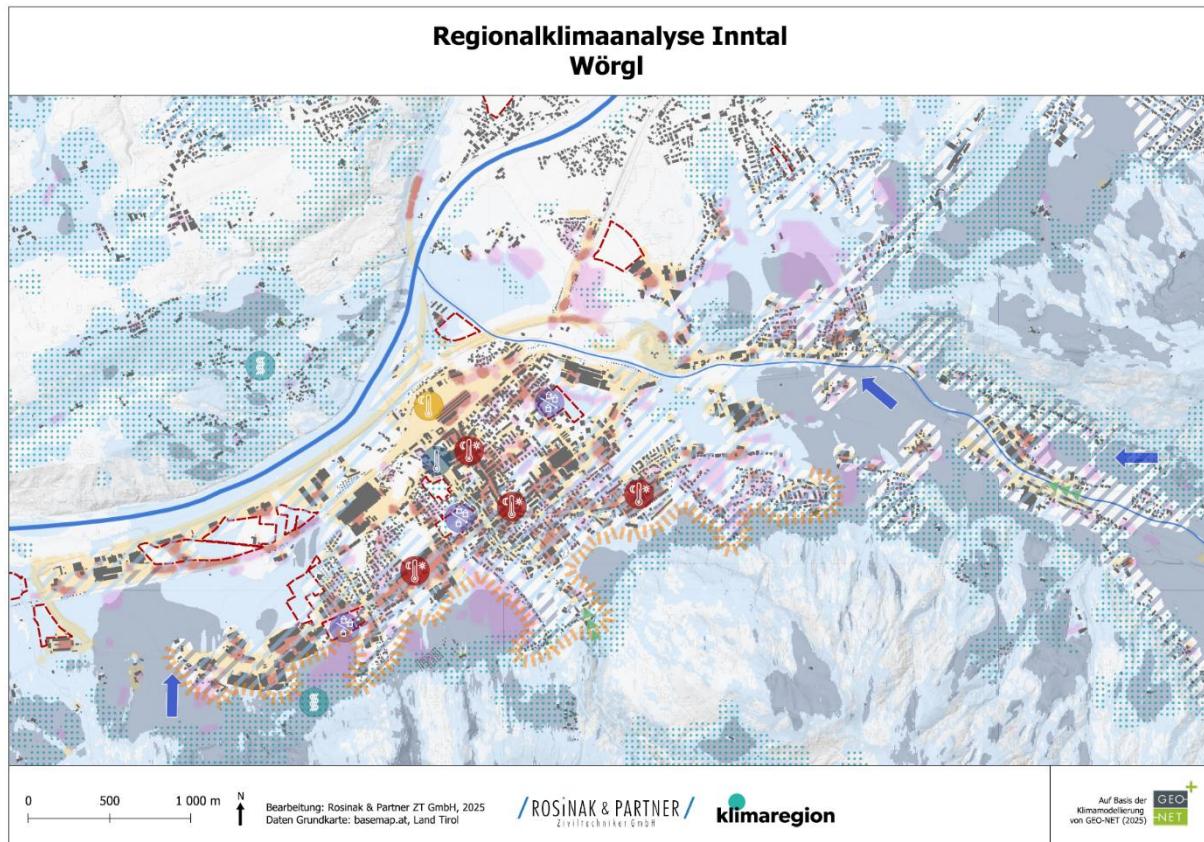
Im Vergleich zu den höher gelegenen Gemeinden des Oberinntals ist Wörgl aufgrund seiner Lage im Unterinntal und der geringeren Seehöhe deutlich stärker von Hitze betroffen. Mehrere Bereiche der Stadt weisen sowohl tagsüber als auch nachts eine ausgeprägte Überwärmung auf. Besonders betroffen sind das Stadtzentrum entlang der Bahnhofstraße sowie die stark versiegelten Bereiche entlang der Innsbrucker Straße. Da sich hier auch das Schulzentrum befindet, sollten vorrangig an diesen Standorten Maßnahmen zur Hitzeminderung umgesetzt werden.

Erhöhte nächtliche Temperaturen treten insbesondere im Bahnhofsgebiet sowie in den stark versiegelten Industrie- und Gewerbezonen auf.

Um das bestehende Durchlüftungspotenzial zu erhalten, sollten die Siedlungsentwicklungsflächen im Kaltlufteinwirkbereich besonders kaltluftsensibel entwickelt werden. Angesichts der hohen thermischen Belastung sollten Grün- und Freiflächen generell bestmöglich erhalten und funktional gestärkt werden.

Neben der Brixentaler Ache kann auch der Wörgler Bach als Kaltluftschneise wirken. Entlang seines Verlaufs zeigt sich selbst tagsüber eine spürbar angenehmere thermische Situation. Durch diesen Kühleffekt fungiert der Bachlauf als innerstädtischer Erholungsbereich.

Abb. 30: Karte mit Planungshinweisen Wörgl



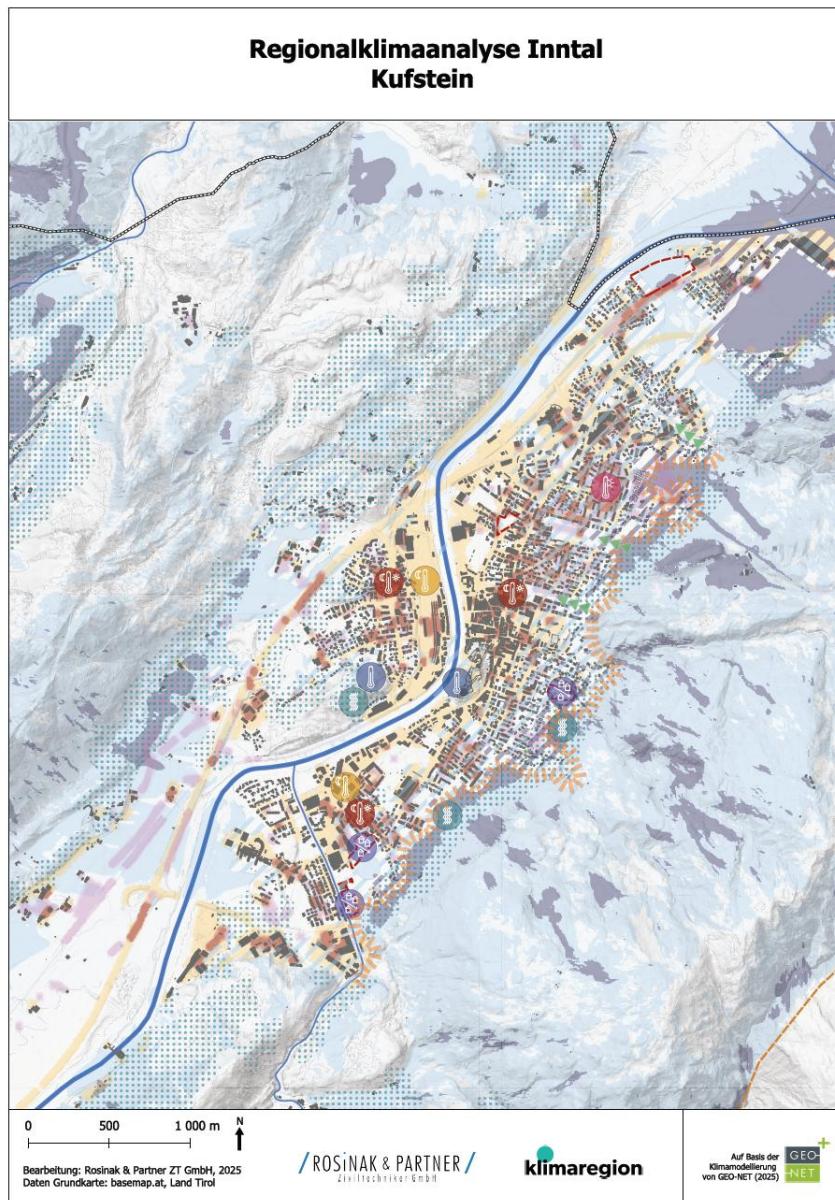
Kufstein

Die Stadt befindet sich auf rund 500 Metern Meereshöhe am Ausgang des alpinen Inntals. Damit ist Kufstein die östlichste Stadt des Projektgebiets. Vor allem die stärker versiegelten Flächen entlang des Inns bilden nachts eine ausgeprägte städtische Wärmeinsel. Besonders im Ortszentrum kommt es tagsüber zusätzlich zu extremen Hitzebelastungen. Ein besonderer Hitzespot am Tag befindet sich im Wohngebiet im Bereich der Terlaner Straße.

Aufgrund des Kühleffekts des Inns kann die Innepromenade als Kühlort dienen. Vor allem im Bereich der Festung ist die thermische Belastung deutlich geringer als im Großteil des Zentrums.

Die Kaltluft strömt überwiegend aus östlicher Richtung in das Projektgebiet, weshalb die östlichen Siedlungsrandbereiche als kaltluftsensibel einzustufen sind – insbesondere, da in diesen Zonen wertvolle Kaltluftproduktionsgebiete vorhanden sind. Freiflächen, die parallel zur Strömungsrichtung bis in die bebauten Gebiete hineinreichen, bilden wertvolle Kaltluftschneisen, die der Kaltluft das Eindringen in das Siedlungsgebiet ermöglichen. Ein Großteil der Siedlungsfläche weist ein zumindest gutes Kaltluftdurchlüftungspotenzial auf, weite Teile sogar ein sehr gutes.

Abb. 31: Karte mit Planungshinweisen Kufstein



9 Einordnung und Grenzen der Aussagekraft

Die vorliegende Klimaanalyse bildet eine wichtige Grundlage für klimaangepasste Planung im Inntal. Für eine sachgerechte Einordnung und Anwendung der Ergebnisse ist ein grundlegendes Verständnis der Modellierung und der angewandten Methodik hilfreich. Dieses Kapitel gibt Hinweise, wie die Ergebnisse einzuordnen sind.

9.1 Modellierung als Momentaufnahme

Die Klimamodellierung bildet eine typische sommerliche Hochdrucklage mit wolkenarmem Himmel, schwachem Wind und starker Sonneneinstrahlung ab – eine Situation, in der thermische Belastungen und Kaltluftprozesse besonders ausgeprägt sind.

Die Ergebnisse zeigen somit keine Durchschnittswerte, sondern eine ausgewählte repräsentative Wettersituation mit maximaler Belastung: 14:00 Uhr als Tageszeit mit höchstem Sonnenstand und bereits starker Aufheizung sowie 04:00 Uhr als Zeitpunkt der stärksten nächtlichen Abkühlung.

In der Modellierung konnte die anthropogene Abwärme aus Verkehr, Gebäuden und technischen Anlagen nicht berücksichtigt werden. Diese trägt insbesondere in dicht bebauten Bereichen zusätzlich zur Erwärmung bei und kann den Effekt der städtischen Wärmeinsel verstärken. Auch Veränderungen in der Bebauung – etwa durch Neubauten, Entsiegelungen oder Begrünungen – beeinflussen die klimatischen Prozesse und sollten bei der Interpretation der Ergebnisse mitbedacht werden.

9.2 Aufbereitung und Generalisierung der Daten

Die Modellierung liefert eine sehr hohe räumliche Auflösung und damit eine große Datenmenge für das gesamte Inntal. Um aus diesen Detailinformationen Planungshinweise ableiten zu können, wurden die Ergebnisse in mehreren Schritten zusammengefasst und generalisiert.

Ziel dieser Aufbereitung war es, die Daten übersichtlich darzustellen und die klimatisch bedeutsamen Strukturen hervorzuheben. Dabei wurden Werte klassifiziert, Flächen zusammengefasst und geglättet. Durch diese Generalisierung gehen jedoch Detailstrukturen teilweise verloren, weshalb für detaillierte Informationen immer auch die Modellergebnisse herangezogen werden sollten.

9.3 Planungshinweise als fachliche Orientierung

Die in den Karten dargestellten Hinweise etwa zu Hitze-Hotspots, Kaltluftleitbahnen oder klimasensiblen Siedlungsranden wurden auf Basis definierter Kriterien abgeleitet. Sie zeigen die klimatisch bedeutsamsten Bereiche, erheben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ersetzen kein Gutachten.

Ebenso wichtig ist der Hinweis, dass trotz des hohen Detailgrades der Modellierung eine Regionalklimaanalyse über ein sehr großes Gebiet durchgeführt wurde. Die im vorliegenden Projekt definierten Planungshinweise sind daher nicht als Planungshinweiskarten im engeren Sinne gemäß VDI-Richtlinie zu verstehen, wie sie üblicherweise im Rahmen detaillierter Stadtklimaanalysen erstellt werden.

Die bestehende Stadtklimaanalyse Innsbruck mit ihren Planungshinweiskarten ist folglich nicht unmittelbar mit den hier dargestellten Karten vergleichbar.

9.4 Klimatische Prozesse und ihre Rahmenbedingungen

Kaltluftströme tragen zur nächtlichen Abkühlung bei, können jedoch auch mit Schadstoffen belastet sein, insbesondere in der Nähe stark befahrener Verkehrsachsen, wo erhöhte Stickoxid-Emissionen auftreten. Für die Bewertung von Kaltluftprozessen ist daher auch die Herkunft der Luft von Bedeutung.

Die Klassifikation der Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) beschreibt die thermische Belastung für eine Standardperson. Individuelle Faktoren wie Alter, Gesundheitszustand oder Anpassungsfähigkeit beeinflussen die Wahrnehmung jedoch. Besonders vulnerable Gruppen, etwa ältere Menschen, Kinder oder Personen mit Vorerkrankungen, reagieren empfindlicher auf Hitze.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Städtischer Wärmeinseleffekt, schematische Darstellung (Quelle: Stadt Herten, 2023)	8
Abb. 2: Einflussgrößen der PET, schematische Darstellung	9
Abb. 3: Kategorisierung der PET in Bereiche unterschiedlichen thermischen Empfindens nach Matzarakis & Mayer 1996	10
Abb. 4: Querschnitt der Kaltluftströmung entlang eines Hanges (Quelle: GEO-NET).....	11
Abb. 5: Temperaturrentwicklung in Innsbruck	14
Abb. 6: Anzahl der Hitzetage in Innsbruck	15
Abb. 7: Hitzewellen in Innsbruck	15
Abb. 8: Herangezogene Klimaparameter und deren Auswertungscharakteristika.....	17
Abb. 9: Übersicht Projektgebiet.....	18
Abb. 10: Häufigkeitsverteilung PET (14 Uhr) im DSR.....	20
Abb. 11: Häufigkeitsverteilung Lufttemperatur (04 Uhr) im DSR	20
Abb. 12: Häufigkeitsverteilung Kaltluftvolumenstromdichte (04 Uhr)	21
Abb. 13: Häufigkeitsverteilung Kaltluftproduktion (04 Uhr).....	22
Abb. 14: Betrachtungsebenen und Schwerpunktsetzung	23
Abb. 15: Betrachtete Talstädte im Inntal	24
Abb. 16: Übersicht aller aus den Modellergebnissen abgeleiteten Parameter.....	25
Abb. 17: Überlagerung der Hotspots am Tag und in der Nacht im Inntal.....	31
Abb. 18: Kaltluftparameter im Inntal	32
Die folgende Abbildung verdeutlicht diese Grundprinzipien in schematischer Form: Abb. 19:	
Grundprinzipien der Kaltluftprozesse, eigene Darstellung	37
Abb. 20: Talwald als thermischer Ausgleichsraum, Beispiel 1	39
bb. 21: Talwald als thermischer Ausgleichsraum, Beispiel 2 – 4	40
Abb. 22: Kaltluftproduktion auf landwirtschaftlicher Vorsorgefläche	41
Abb. 23: Kaltluftleitbahn auf landwirtschaftlicher Vorsorgefläche	42
Abb. 24: Karte mit Planungshinweisen Innsbruck	49
Abb. 25: Planhinweiskarte Landeck	50
Abb. 26: Karte mit Planungshinweisen Imst.....	51
Abb. 27: Karte mit Planungshinweisen Telfs.....	52
Abb. 28: Karte mit Planungshinweisen Hall in Tirol	53
Abb. 29: Karte mit Planungshinweisen Schwaz	54
Abb. 30: Karte mit Planungshinweisen Wörgl	56
Abb. 31: Karte mit Planungshinweisen Kufstein.....	57

Literaturverzeichnis

APCC: Austrian Panel on Climate Change Assessment Report 2 (AAR2) – Klimawandel in Österreich. Wien: Climate Change Centre Austria, 2025. URL: <https://aar2.ccca.ac.at/> (Zugriff: 2025-10-02)

CCCA – Climate Change Centre Austria: ÖKS15 Factsheet Tirol – Klimaszenarien für Österreich. Wien: CCCA, 2016. URL: [Factsheet-Tirol.pdf](https://aar2.ccca.ac.at/) (Zugriff: 2025-10-11)

Geologische Bundesanstalt: Die jüngere Geschichte der Inntalterrassen – Quartärgeologische Untersuchungen. Wien: GBA, 2020. URL: https://opac.geologie.ac.at/ais312/dokumente/JB0851_135_A.pdf (Zugriff: 2025-10-11)

Jaschinsky, Katharina: *Wie beeinflusst der Kfz-Verkehr die städtische Hitzebelastung.* VCÖ – Mobilität mit Zukunft, Juli 2024. URL: <https://vcoe.at/blog/detail/wie-beeinflusst-der-kfz-verkehr-die-staedtische-hitzebelastung> (Zugriff: 2025-10-17)

Land Tirol, Abteilung Raumordnung: Widmungsbilanz 2024 – Flächenverbrauch auf historischem Tiefstand. Innsbruck: Amt der Tiroler Landesregierung, 2024. URL: <https://www.tirol.gv.at/regierung/pressemeldungen/meldung/widmungsbilanz-2024-historisch-niedrigster-bodenverbrauch-in-tirol> (Zugriff: 2025-10-11)

Land Tirol, Abteilung Umweltschutz: Flächennutzung in Tirol. Innsbruck: Amt der Tiroler Landesregierung, 2024. URL: <https://www.tirol.gv.at/umwelt/flaechenutzung> (Zugriff: 2025-10-01)

LÜTKE, P.; SPÖTL, C.: Die Grauwackenzone der Ostalpen – Geologie und Stratigraphie. In: Springer Spektrum (Hrsg.): Geologie der Ostalpen. Berlin, Heidelberg: Springer, 2018. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-3744-4_16

ORF Tirol: Inntal könnte bis 2050 weitgehend zugebaut sein – Studie des Umweltbundesamts. Innsbruck, 2023. URL: <https://tirol.orf.at/v2/news/stories/2965817/> (Zugriff: 2025-10-11)

Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A., 2017: Urban Climates. Cambridge: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/9781139016476.

VCÖ: *Wie Verkehr die Hitzebelastung in Städten verschärft.* VCÖ Factsheet, 2024. URL: <https://vcoe.at/publikationen/vcoe-factsheets/detail/wie-verkehr-die-hitzebelastung-in-staedten-verschaerft> (Zugriff: 2025-10-17)

VDI 3787 Blatt 5 (2024): Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Verein Deutscher Ingenieure (VDI)

VDI 3787 Blatt 8 (2013): Umweltmeteorologie – Stadtentwicklung im Klimawandel. Verein Deutscher Ingenieure (VDI)

VDI 3787 Blatt 9 (2004): Umweltmeteorologie – Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen. Verein Deutscher Ingenieure (VDI)

Anhang

Technischer Bericht von GEO-NET

Kartenband in Originalgröße