



Langfristige Ökosystembeobachtung – Endbericht zur Förderperiode 2023-2024

Modul 01: Standortklima und pflanzliche Produktivität

Zitiervorschlag: Newesely C, Niedrist G, Tappeiner U, Körner C (2024) Interdisziplinäres, integratives Monitoring- und Forschungsprogramm zur langfristigen, systematischen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern 2023-2024. - Modul 01: Standortklima, Bodenphysik, Bodenchemie und pflanzliche Produktivität. Endbericht zur Förderperiode 2023-2024. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag des Nationalparks Hohe Tauern.

Innsbruck, 30.4.2024

Impressum

Für den Inhalt verantwortlich:

Christian Newesely und Ulrike Tappeiner / Universität Innsbruck, Georg Niedrist / Eurac Research, Christian Körner / Universität Basel

Nationalpark Hohe Tauern, Kirchplatz 2, 9971 Matrei i.O.

Projektleitung: Ulrike Tappeiner

Titelbild: Ein Transekt im Untersuchungsgebiet Innergschlöss (2350 m üNN) wird beprobt (8/2017). © Newesely

Mit Unterstützung von

ÖAW

**ÖSTERREICHISCHE
AKADEMIE DER
WISSENSCHAFTEN**

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	4
Methodik.....	4
a. Präambel	4
b. Standorte und Dauerbeobachtungsflächen	4
c. Phenocam.....	4
Ergebnisse	5
a. Klimatische Standortparameter	5
b. Pflanzliche Biomasse	12
c. Phenocam.....	13
Interpretation und Diskussion	15
a. Standortcharakterisierung	15
b. Biomasse	15
Danksagung.....	16
Abbildungsverzeichnis	17
Tabellenverzeichnis.....	19
Literaturverzeichnis.....	20
Anhang	21
a. Standardgradtage.....	21
b. Bodentemperaturverläufe	22

Einleitung

Der hier vorliegende Endbericht 2024 umfasst nur die Förderperiode 2023-2024 und stellt die Monitoring Daten der Messperiode 2023-2024 dar. Er basiert auf den Ergebnisberichten der Monitoring Perioden von 2017 – 2019 (Newesely et al. 2019a) und 2020 - 2023 (Newesely et al. 2023). Da es sich bei diesem Bericht inhaltlich nur um die Ergebnisse eines Jahres eines Langzeitprojektes handelt waren keine grundsätzlich neuen Erkenntnisse zu erwarten. Eine grundsätzliche Neuinterpretation der Daten ist daher weder möglich noch sinnvoll. Aus Gründen der Redundanz wird auf eine nochmalige detaillierte Beschreibung der Untersuchungsgebiete bzw. der Methodik verzichtet. Diese können Newesely et al. 2019a entnommen werden.

Methodik

a. Präambel

Die verwendete Methodik sowie die Lage der Dauerbeobachtungsflächen und Transekte ist im Methodenhandbuch (Newesely et al. 2019b) detailliert dargestellt. Hier sollen die wesentlichen Daten zu den Standorten und zur Methodik nur kurz angesprochen werden.

b. Standorte und Dauerbeobachtungsflächen

In Tabelle 1 werden die Standorte der Untersuchung sowie die Höhe die geografischen Koordinaten sowie die Anzahl der jeweils untersuchten Transekte zusammenfassend dargestellt. Wie in Newesely et al. 2019b ausführlich beschrieben wurden die Untersuchungen auf jedem Transekt im optimalen, also oberen (K), mittleren (M) und im unteren, pessimalen Bereich (T) durchgeführt.

Tabelle 1: Tabelle der Beobachtungsstandorte (aus Newesely et al. 2019b)

Name / Code	Region (Land)	Geographische Koordinate	Höhe (m)	Anzahl Transekte
Innerschlöss / IN	Ost-Tyrol (A)	47°06'40.1" N, 12°25'35.5" E	2350	5
Seebachtal / SE	Kärnten (A)	47°02'21.9" N, 13°10'58.1" E	2303	3
Untersulzbachtal / UN	Salzburg (A)	47°09'58.2" N, 12°19'51.1" E	2380	6
Furka / FU	Schweiz (CH)	46°34'40" N, 08°25'12" E	2467	5
Oberettes / OB	Südtirol (I)	46°45'59.9" N, 10°42'38.2" E	2700	3

c. Phenocam

Für die kontinuierliche Beobachtung der Ausaperung als auch der Entwicklung der Vegetation, wurde im Bereich der Untersuchungsflächen im Innerschlöss im August 2021 eine Kamera installiert. Dafür wurde in unmittelbarer Nähe der Messflächen ein ca. 2 m hohes Dreibeinstativ aufgestellt. Das Stativ ist zusätzlich mit Stahlseilen als Sturmschutz gespannt. An dieses Stativ sind ein Solarmodul für die Energieversorgung, eine Kamera sowie ein kleiner (20x20cm) Schaltschrank für die Datalogger montiert. Zusätzlich ist an dieses Stativ auch ein Decagon SDI-12 Sensor (Decagon Devices, Inc.) zur Erfassung der Vegetationsentwicklung (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index und PRI, Photochemical Reflectance Index) montiert. Die Daten wurden regelmäßig auf den Server des internationalen PhenoCam Netzwerks übertragen, werden dort einer ersten automatisierten Auswertung unterzogen und sind dort unter der Adresse <https://phenocam.nau.edu/webcam/sites/nphitin/> verfügbar.

Ergebnisse

a. Klimatische Standortparameter

Eine grundsätzliche klimatische Standortcharakterisierung ist anhand der gemessenen Lufttemperaturen möglich. In Abbildung 1 bis Abbildung 3 sind die Verläufe der Lufttemperaturen für die drei Standorte im Nationalpark Hohe Tauern, sowie für die beiden Zusatzstandorte in der Schweiz und in Südtirol für die Periode Jänner 2022 bis August (Dezember) 2023 dargestellt.

Die Daten entstammen eigenen Messstationen, die unmittelbar am Standort der Transekte stehen. Sowohl im Seebachtal als auch im Untersulzbachtal ergaben sich einige Messlücken, die im Untersulzbachtal durch Korrelation mit der nur wenige km weit entfernten Messstation Innerschlöss gefüllt werden konnten. Im Seebachtal wurde der Logger im Frühjahr 2022, wie schon in Newesely (2023) ausgeführt, durch Eislast heruntergerissen. Im April 2023 wurde der Strahlungsschild des Loggers im Seebachtal für ca. eine Woche offensichtlich mit Schnee verstopft bzw. wurde Schnee in das Gehäuse hineingeblasen, sodass fehlerhafte Daten (kaum Tagesschwankungen) registriert wurden. Der Jahresverlauf der Lufttemperatur bildet an allen Standorten den klassischen Verlauf für ein Jahreszeitenklima ab, mit der Abnahme der Lufttemperatur in der Winterperiode, dem Anstieg der Lufttemperaturen bis Mitte August und der nachfolgenden Lufttemperaturabnahme im Herbst.

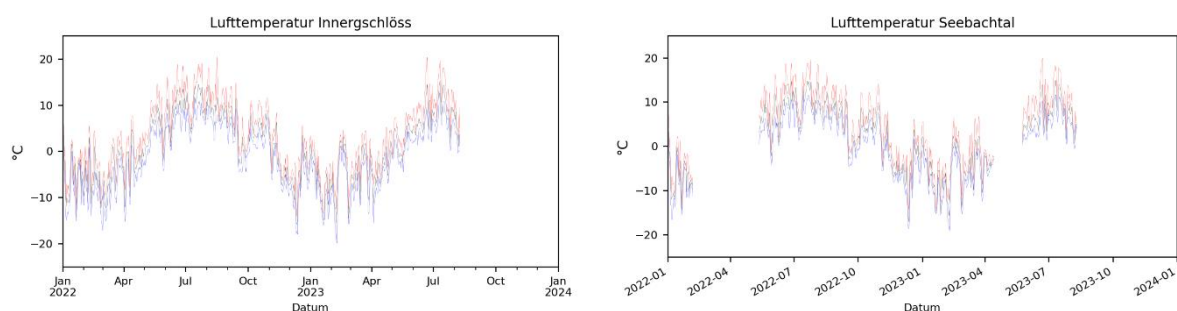


Abbildung 1: Lufttemperatur im Untersuchungszeitraum, Innerschlöss (2350 m üNN, links), Seebachtal (2300 m üNN, rechts) rot: Tagesmaxima, schwarz: Tagesmittel, Blau: Tagesminima

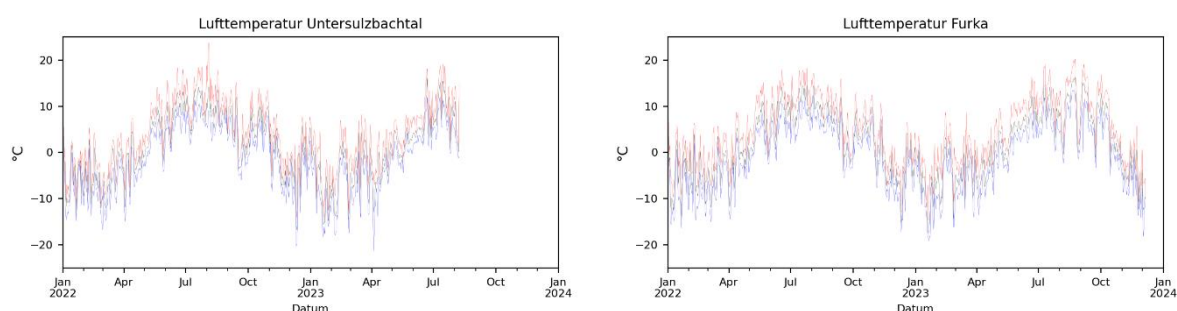


Abbildung 2: Lufttemperatur im Untersuchungszeitraum, Untersulzbachtal (2380 m üNN, links), Furka (2460 m üNN, rechts)

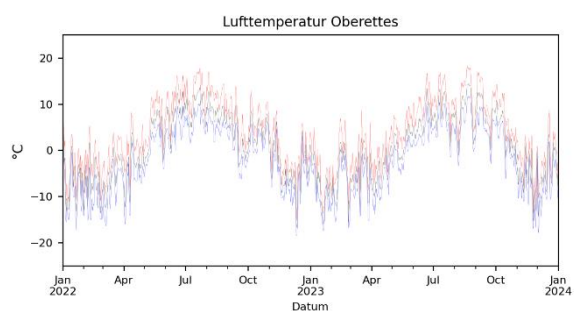


Abbildung 3: Lufttemperatur Im Untersuchungszeitraum Oberettes (2700 m üNN)

Der Vergleich der Jahresmittelwerte (Periode Jänner – Dezember, 2022 / August, 2023) ist in Abbildung 4 dargestellt. Für das Seebachtal ist eine Mittelwerts-Berechnung im Jahr 2022 aufgrund des länger anhaltenden Ausfalls der Messung nicht möglich.

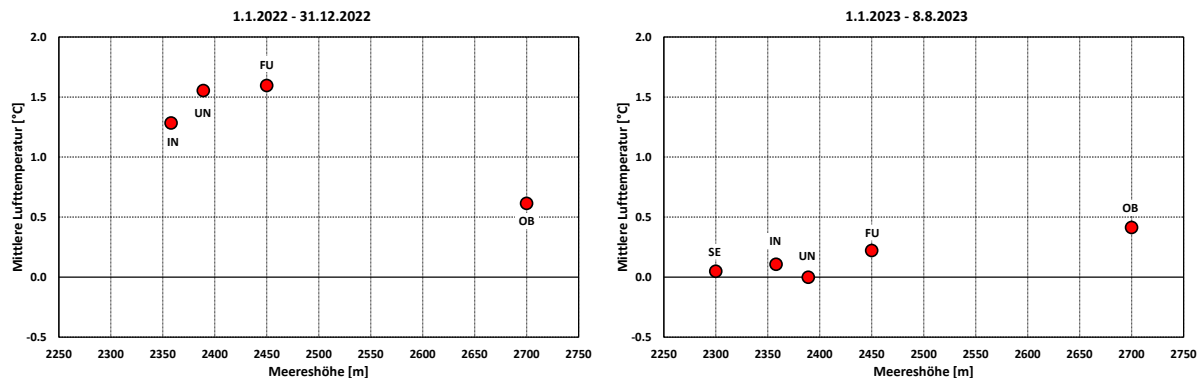


Abbildung 4: Vergleich der Jahresmittel der Lufttemperatur zwischen allen Standorten vom 1.1.2022 bis 31.12.2022 (links), 1.1.2023 bis 8.8.2023 (rechts). Aufgrund des längeren Ausfalls der Messtation Seebachtal ist 2022 eine Mittelwertbildung für diese Station 2022 nicht möglich

Laut Veröffentlichungen von GeoSphere Austria® setzte sich in Österreich die Serie an Jahren mit Temperaturen über dem langjährigen Mittel auch 2022 und 2023 fort. 2022 war sowohl an den Stationen im Innerschlöss als auch im Untersulzbachtal das wärmste Jahr seit Projektbeginn. Einen ersten Eindruck über die Entwicklung der Lufttemperaturen seit 2017 zeigt Abbildung 5. Für eine generelle Interpretation der Daten ist der Zeitraum aber noch zu kurz. Für 2023 lagen für die Untersuchungsflächen im Nationalpark nur Daten für die erste Jahreshälfte vor. Einen Hinweis auf die zu erwartenden Jahreswerte für 2023 erlaubt aber ein Vergleich mit den Werten der Station Sonnblick. 2022 lag die Jahresmitteltemperatur um 2,3°C, 2023 um 2,2°C über dem Mittel der Periode 1961-1990. Bei einer alleinigen Betrachtung der Sommermonate lagen die Temperaturen am Sonnblick 2022 um 3,5°C und 2023 um 2,9°C über der Vergleichsperiode 1961-1990. Am 11. Juli 2023 wurde am Sonnblick mit 15,7 °C die höchste Temperatur seit Aufzeichnungsbeginn 1886 gemessen.

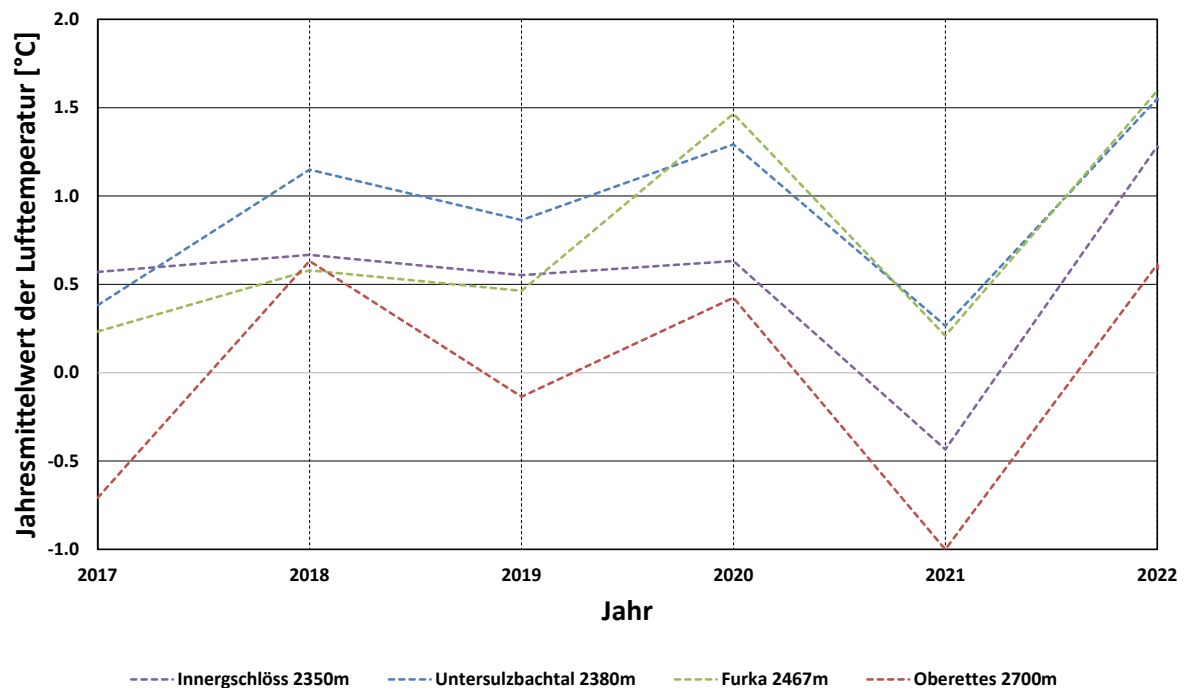


Abbildung 5: Verlauf der Jahresmittel der Lufttemperatur an den einzelnen Untersuchungsstandorten von 2017 bis 2022. Bis auf das Jahr 2021 deuten die Messwerte auf eine stetige Zunahme der Jahresmittelwerte der Lufttemperaturen hin. Aufgrund des zeitweisen Ausfalls der Messtation Seebachtal eine Mittelwertbildung für diese Station nicht möglich

Wie schon in Newesely et al. 2019a ausführlich beschreiben, unterscheiden sich jedoch die Lufttemperaturen von den für die Vegetationsentwicklung der Pflanzen wesentlichen Bodentemperaturen. Um Informationen über diese Werte zu erhalten wurden daher an 3 Stellen entlang des Gradienten der ‚Habitatgunst‘ vom optimalen Bereich (K) zum Pessimum (T) Bodentemperaturen in einer Tiefe von 3-4 cm gemessen. In dieser Bodentiefe befinden sich die Blattmeristeme der Graminoiden (Gräser und Seggen) sowie die Apikalmeristeme der meisten krautigen Arten. Der oberste Bodenbereich ist biologisch der aktivste: hier befindet sich eine hohe Feinwurzelmasse, aber auch eine hohe mikrobielle und bodenzoologische Aktivität.

Tabelle 2: Gesamtübersicht über die klimatischen Standortfaktoren der Transekte an den untersuchten Standorten Seebachtal (SE), Innergöschl (IN), Untersulzbachtal (UN), Furka (FU) und Oberettes (OB) entlang der Gradienten der ‚Habitatgunst‘ von K (optimal) über M (Mitte) und T (pessimal) für alle Transekte im Jahr 2022. Die Wachstumsperiode entspricht dem Zeitraum ab dem Datum der Schneeschmelze und endet mit dem Einschneien. Die mittlere Bodentemperatur sowie die mittlere Lufttemperatur sind der Jahresmittelwert. „nd“ bedeutet dass keine Daten vorhanden waren, da entweder keine Datalogger installiert waren oder ein Ausfall der Registrierung stattgefunden hat.

2022	Mittlere Bodentemperatur (Wachstumsperiode) [°C]				Mittlere Bodentemperatur [°C]				Mittlere Lufttemperatur
	K	M	T	Mittelwert	K	M	T	Mittelwert	[°C]
IN / 2358m	11.8	12.5	11.8	12.0	4.1	3.7	3.6	3.8	1.28
IN1	12.1	13.7	11.7		4.3	3.6	3.3		
IN2	11.5	11.6	11.5		3.8	3.6	3.0		
IN3	12.1	12.7	12.1		4.0	3.3	3.2		
IN4	11.5	nd	13.9		4.7	nd	4.3		
IN5	11.9	12.1	9.7		4.0	4.2	4.2		
SE / 2300m	11.0	11.0	10.5	10.8	4.3	3.9	3.7	4.0	nd
SE1	11.6	11.1	nd		4.9	4.0	nd		
SE2	10.4	11.6	10.2		3.3	3.4	2.9		
SE3	10.9	10.3	10.7		4.6	4.3	4.4		
UN / 2389m	11.9	11.8	11.8	11.9	4.3	4.2	3.1	3.8	1.55
UN1	13.7	nd	nd		4.4	nd	nd		
UN2	nd	nd	11.3		nd	nd	4.5		
UN3	12.7	nd	12.5		4.2	nd	3.8		
UN4	10.5	12.0	nd		4.4	4.4	0.0		
UN5	10.7	10.8	10.3		4.0	3.9	2.9		
UN6	nd	12.7	13.3		nd	4.3	4.3		
FU / 2450 m	12.5	nd	13.3	12.9	5.0	nd	4.1	4.6	1.60
FU1	11.9	nd	12.2		5.3	nd	4.1		
FU2	13.6	nd	14.1		4.8	nd	4.7		
FU3	11.9	nd	14.4		4.3	nd	3.7		
FU4	13.6	nd	13.8		5.5	nd	3.8		
FU5	11.6	nd	11.8		5.1	nd	4.4		
OB / 2700 m	10.4	12.4	10.3	11.0	2.5	4.2	2.9	3.2	0.61
OB1	9.1	nd	9.0		3.0	nd	2.5		
OB2	11.6	nd	11.5		2.0	nd	3.2		
OB3	nd	12.4	nd		nd	4.2	nd		

Tabelle 2 erlaubt einen detaillierteren Vergleich sowohl der Transekte innerhalb eines Standortes als auch zwischen den Standorten. Wie schon in den in Newesely et al. 2019a und Newesely et al. 2023 gezeigten Ergebnissen konnte die klassische ‚lapse rate‘ der Lufttemperatur, die mit der Meereshöhe abnimmt, nicht festgestellt werden. Die standörtlichen klimatischen Bedingungen überlagern diese ansonsten allgemein anerkannte Regel.

Entsprechend der Ausführungen aus den Ergebnisberichten 2019 und 2023 (Newesely et al. 2019a, Newesely et al. 2023) sowie der Synthese (Körner et al. 2022) lagen die Bodentemperaturen auf allen Transekten und Standorten im Mittel deutlich höher als die Lufttemperatur. Wie in Newesely et al. 2019b beschrieben ist eine direkte Messung der Bestandestemperatur nicht möglich. Daher werden die Bodentemperaturen als Proxy für die Bestandestemperaturen gewählt. Daraus ergibt sich, dass die niederwüchsigen Pflanzenbestände in der alpinen Stufe deutlich von der

Lufttemperatur entkoppelt sind. Für das Pflanzenwachstum ökologisch relevant ist aber eine mittlere Bestandes- und Bodentemperatur von über 5°C im Tagesmittel (vgl. Tabelle 2).

Abbildung 6 gibt einen Überblick über die mittleren Bodentemperaturen für die einzelnen Untersuchungsgebiete und Messjahre. Generell lagen die mittleren Bodentemperaturen in der Wachstumsperiode bei allen Standorten 2022 höher als in der Periode 2017-2021 (Newesely et al. 2019a, Newesely et al. 2023). 2022 wurden die höchsten mittleren Bodentemperaturen in der Wachstumsperiode auf der Furka (12,9°C) gemessen, gefolgt vom Innergsschlöss (12,0°C), dem Untersulzbach (11,9°C), Seebachtal (10,8°C) und Oberettes (11,0°C). Gut zu erkennen ist, dass die mittleren Bodentemperaturen 2022 zwischen 0,2°C (Innergsschlöss) und 0,8°C (Furka) höher lag als im bisher wärmsten Jahr 2020.

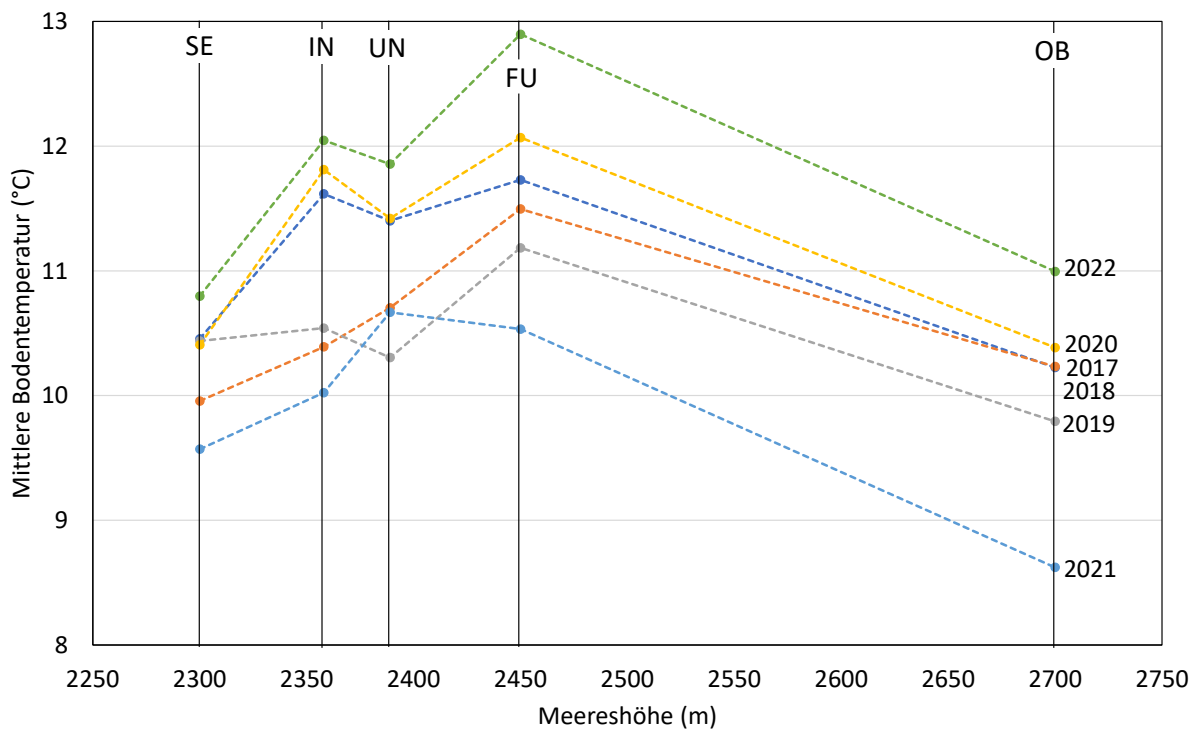


Abbildung 6: Mittlere Bodentemperatur während der Wachstumsperiode gegen den Höhengradienten der Untersuchungsflächen für die Jahre 2017-2021.

Als Maß für die Wärmemenge, die den Pflanzen für das Wachstum zur Verfügung steht, wurde die Wärmesumme der Bodentemperaturen berechnet, indem die Bodentemperaturen, bei denen die Werte $\geq 5^{\circ}\text{C}$ waren, addiert und in Gradstunden ($\text{GH}_{\geq 5}$) ausgedrückt wurden (vgl. Newesely et al. 2019a). Für das Jahr 2022 sind die Daten in Abbildung 7 und Tabelle 3 dargestellt. Die Gradstunden der Bodentemperaturen der 'K', 'T' und 'M' Bereiche aller Transekte für jedes Gebiet wurden gepoolt. Die vollständigen Kurven der Bodentemperatur für die einzelnen Transekte sind den Abbildungen im Anhang (Abbildung 16ff) zu entnehmen. In Abbildung 7 zeigt die Länge der Balken den Unterschied zwischen dem jeweiligen 'K'-Bereich mit optimalen Bedingungen (kürzeste Schneedeckendauer) und dem 'T'-Bereich am Grund des Schneeschmelzgradienten mit der kürzesten Wachstumsperiode (pessimaler Bereich). Dabei sind deutliche Unterschiede innerhalb der Standorte entlang der Ausaperungsgradienten zu erkennen. Die Unterschiede zwischen dem botanisch optimalen 'K'-Bereich und dem pessimalen 'T'-Bereich waren im Innergsschlöss im Untersulzbachtal und im Seebachtal stark ausgeprägt. Auf der Furka waren sie am kleinsten.

Tabelle 3: Gesamtübersicht über die für das Wachstum der pflanzlichen Biomasse relevanten klimatischen Faktoren der Transekte an den untersuchten Standorten Seebachtal (SE), Innergschlöss (IN), Untersulzbachtal (UN), Furka (FU) und Oberettes (OB) entlang der Gradienten der botanischen 'Habitatgunst' von K (optimal) über M (Mitte) und T (pessimal) für alle Transekte im Jahr 2022. „nd“ bedeutet das keine Daten vorhanden waren, da entweder keine Datalogger installiert waren oder ein Ausfall der Registrierung stattgefunden hat.

2022	Länge der Wachstumsperiode [Tage mit t > 5°C]				Wachstumstage bis Ernte (Standardabweichung in Klammer)				Gradstunden bis Ernte			
	K	M	T	Mittelwert	K	M	T	Mittelwert	K	M	T	Mittelwert
IN / 2358m	118	82	76	92	77 (1,0)	62 (2,8)	52 (2,3)	65 (0,8)	23346.6	19342.3	16360.1	19683.0
IN1	124	55	89		80	58	56		25235.9	18735.1	17178.3	
IN2	101	98	84		67	66	51		19884.4	19644.8	15021.8	
IN3	108	61	80		66	58	46		20707.8	17481.9	14349.2	
IN4	135	nd	83		87	nd	54		25864.4	nd	18891.2	
IN5	122	116	48		85	67	nd		25040.7	21507.6	nd	
SE / 2300m	138	105	135	126	90 (0,7)	87 (0,8)	92 (5,3)	89 (1,0)	25180.1	23698.0	24045.5	24307.9
SE1	110	77	nd		84	80	nd		23591.7	21007.5	nd	
SE2	152	98	131		97	96	95		26537.9	26744.8	23592.0	
SE3	154	140	139		88	86	88		25410.6	23341.8	24499.0	
UN / 2389m	105	103	89	99	77 (3,2)	74 (4,1)	51 (3,5)	66 (1,0)	22902.1	22331.2	19050.3	21427.8
UN1	78	nd	nd		73	nd	nd		23687.5	nd	nd	
UN2	nd	nd	140		77	nd	80		23144.0	nd	23962.5	
UN3	75	nd	61		75	nd	58		22703.0	nd	16889.0	
UN4	143	113	nd		81	73	0		22746.5	22713.0	nd	
UN5	124	119	84		79	74	44		22229.5	21159.5	12129.0	
UN6	nd	78	74		nd	76	73		nd	23121.0	23220.5	
FU / 2450 m	137	nd	106	122	61 (0,6)	nd	42 (0,8)	52 (0,5)	18365.9	nd	13878.6	16122.3
FU1	152	nd	98		64	nd	45		20486.9	nd	14641.2	
FU2	141	nd	135		54	nd	52		17068.6	nd	14594.8	
FU3	80	nd	56		55	nd	32		13873.5	nd	11942.2	
FU4	161	nd	118		65	nd	36		20430.4	nd	12699.3	
FU5	154	nd	125		67	nd	47		19970.0	nd	15515.8	
OB / 2700 m	68	49	73	63	70 (4,1)	55 (3,2)	55 (3,2)	61 (0,7)	18909.7	14488.9	15493.4	16297.3
OB1	59	nd	94		61	nd	53		18014.5	nd	16068.0	
OB2	78	nd	52		78	nd	56		19804.9	nd	14918.7	
OB3	nd	49	nd		nd	55	nd		nd	14488.9	nd	

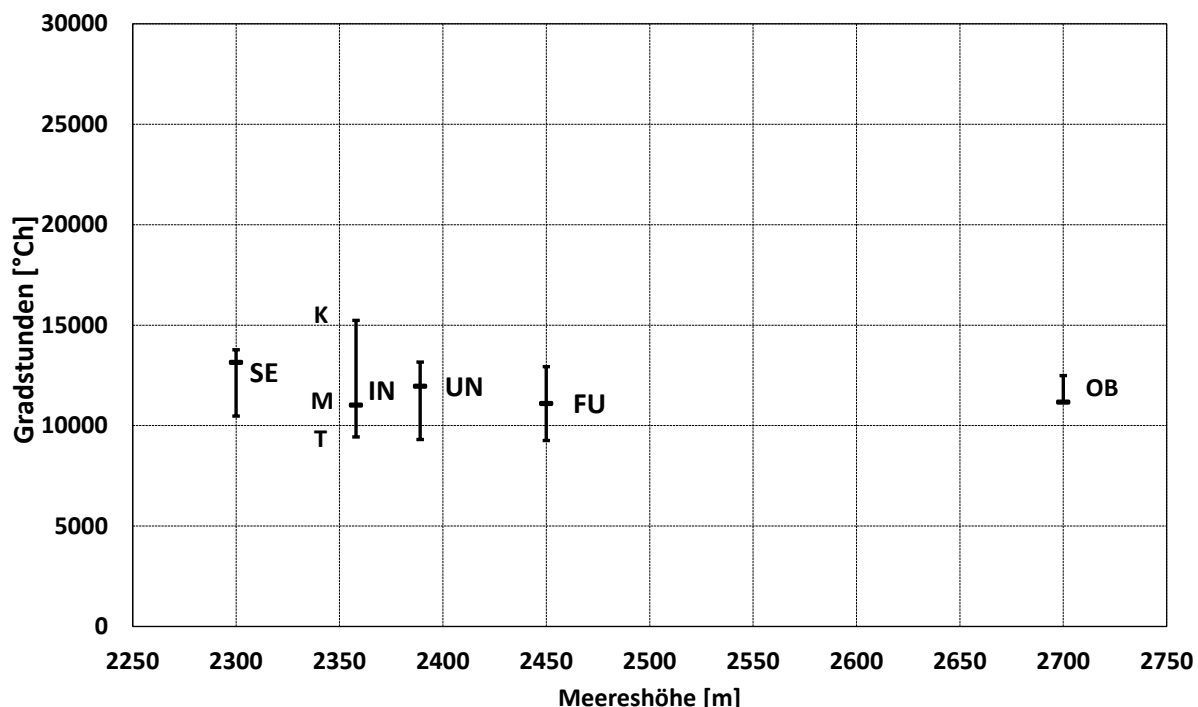


Abbildung 7: Gradstunden (T_{≥5}) in [°Ch] aller Standorte (Seebachtal SE, Innergschlöss IN, Untersulzbach UN, Furka FU, Oberettes OB) für das Jahr 2023. GH_{≥5} sind ein Maß für die Wärmesummen, die den Pflanzen für das Wachstum zur Verfügung stehen. Für die Berechnung wurden nur Bodentemperaturen ≥ 5°C bis zur Ernte 2023 berücksichtigt und zudem für die 'K', 'T' und 'M' pro Standort gepoolt. Die Balken geben die Variabilität für die einzelnen Gebiete entlang des Gradienten vom lokalen Optimum der Vegetationsentwicklung K über einen mittleren Transektbereich M bis zum lokalen Pessimum der Vegetationsentwicklung T an.

Wie zuvor angeführt sind neben der mittleren Bodentemperatur auch die Anzahl der Tage mit einer mittleren Bodentemperatur über 5°C für das Wachstum der Pflanzen relevant (Abbildung 8). Im Gegensatz zur mittleren Bodentemperatur, bei der die Furka bis auf 2021 die höchsten Werte hat (Abbildung 6) ist die Anzahl der Tage mit mittleren Bodentemperaturen über 5°C bis auf 2017 im Untersulzbachtal am höchsten. Besonders auffällig ist das Jahr 2018, das zwar bei den mittleren Bodentemperaturen unter 2020 und 2017 lag, trotzdem aber in allen Gebieten mit Ausnahme der Furka die meiste Anzahl an Tagen über 5°C hatte.

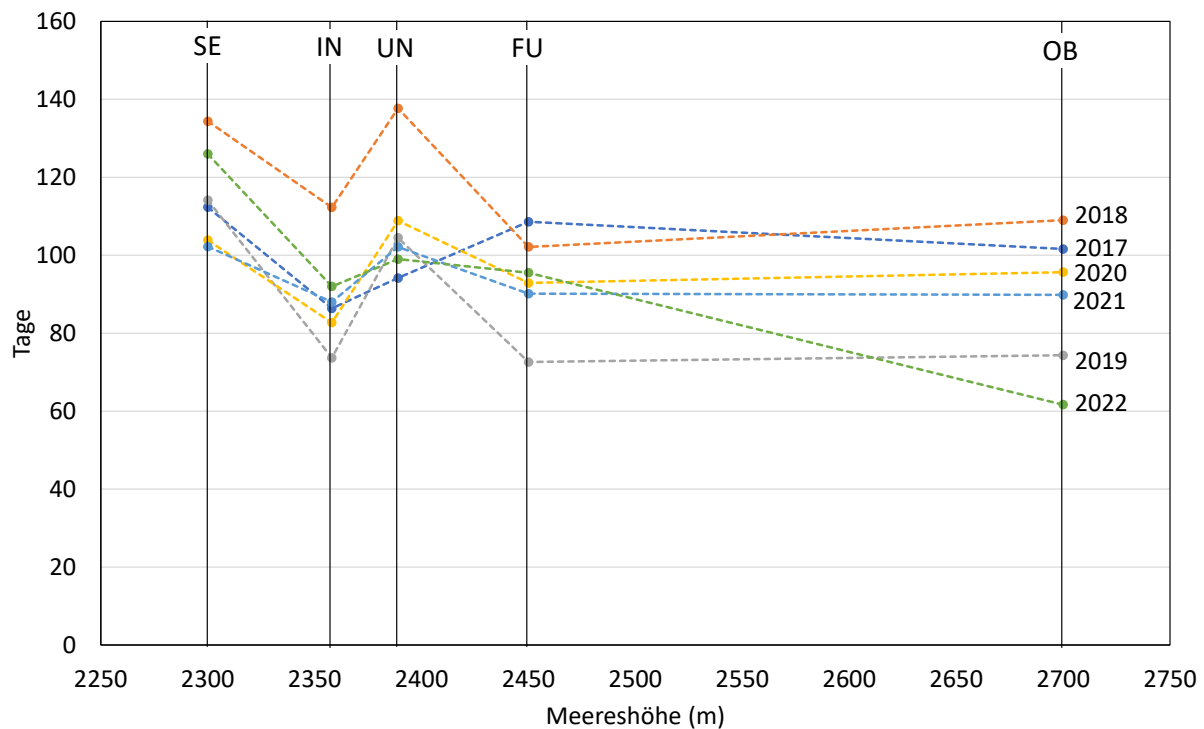


Abbildung 8: Anzahl der Tage mit mittlerer Bodentemperatur über 5°C gegen den Höhengradienten der Untersuchungsflächen für die Jahre 2017-2022.

Der Zeitpunkt des Ausaperns ist aus dem Verlauf der Bodentemperaturen eindeutig durch einen Temperaturanstieg von 0° auf 5-10°C sowie ein deutliches Schwanken der Temperaturen im Tagesverlauf erkennbar und kann daher für die einzelnen Transekte sehr genau ermittelt werden (Newesely et al. 2019a). Die Daten für die Periode 2022 bis 2023 sind in Tabelle 4 angegeben. Deutlich ist das generelle Ausaperungsmuster im Vergleich zwischen der oberen Zone (K) und der unteren Zone (T) zu erkennen. Je nach Standort betrug der Unterschied in der Anzahl der Tage mit Schneebedeckung zwischen den Zonen K und T zwischen nur 5 Tagen (Oberettes) und 26 Tagen (Innerschlöss). Aufgrund der standörtlichen bedingten Schneeverfrachtung durch Windeinfluss könne die Zeiten für das Seebachtal nicht genau ermittelt werden.

Tabelle 4: Datum der Schneeschmelze an den untersuchten Standorten Seebachtal (SE), Innergschlöss (IN), Untersulzbachtal (UN), Furka (FU) und Oberettes (OB) für alle Transekte entlang der Gradienten der 'Habitatgunst' von K (optimal) über M (Mitte) und T (pessimal). Zusätzlich zu den Ausaperungszeitpunkten ist auch die Schneedeckenandauer für den jeweiligen Winter angegeben.

	K 2023	Schneedeckenandauer 22/23	M 2023	Schneedeckenandauer 22/23	T 2023	Schneedeckenandauer 22/23
SE / 2300m	01.06.2023	206	24.05.2023	197	11.06.2023	215
SE1	nd	nd	nd	nd	19.06.2023	223
SE2	20.05.2023	193	03.05.2023	176	02.06.2023	206
SE3	14.06.2023	218	14.06.2023	218	13.06.2023	217
IN / 2358m	13.06.2023	221	25.06.2023	233	09.07.2023	247
IN1	nd	nd	21.06.2023	229	04.07.2023	242
IN2	23.06.2023	231	24.06.2023	232	12.07.2023	250
IN3	11.06.2023	219	nd	nd	nd	nd
IN4	12.06.2023	220	02.07.2023	240	nd	nd
IN5	07.06.2023	215	24.06.2023	232	11.07.2023	249
UN / 2389m	18.06.2023	228	22.06.2023	231	28.06.2023	237
UN1	nd	nd	nd	nd	07.07.2023	246
UN2	17.06.2023	226	nd	nd	22.06.2023	231
UN3	nd	nd	23.06.2023	232	30.06.2023	239
UN4	19.06.2023	228	22.06.2023	231	25.06.2023	234
UN5	20.06.2023	229	22.06.2023	231	26.06.2023	235
UN6	nd	nd	nd	nd	nd	nd
FU / 2450 m	12.06.2023	203			29.06.2023	223
FU1	17.06.2023	207	nd		26.06.2023	216
FU2	14.06.2023	204			06.07.2023	226
FU3	18.06.2023	208			09.07.2023	229
FU4	09.06.2023	199			02.07.2023	222
FU5	05.06.2023	195			14.06.2023	204
OB / 2700 m	14.06.2023	223	15.06.2023	223	19.06.2023	228
OB1	20.06.2023	228	20.06.2023	228	21.06.2023	229
OB2	nd	nd	13.06.2023	221	20.06.2023	228
OB3	09.06.2023	217	12.06.2023	220	18.06.2023	226

b. Pflanzliche Biomasse

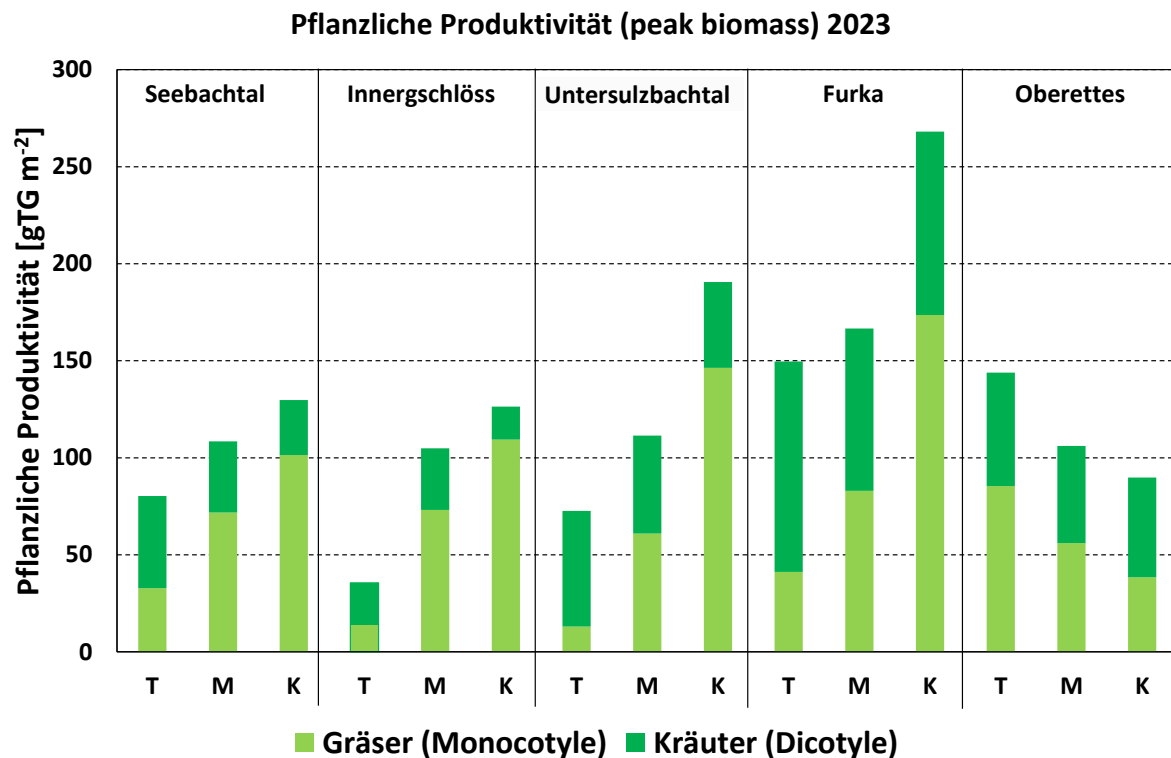


Abbildung 9: Pflanzliche Produktivität (peak biomass) 2023. Mittelwert gepoolt über alle K, M und T Felder aller Transekte pro Standort.

Die Entwicklung der Biomasse gibt Auskunft über die Wachstumsbedingungen an den jeweiligen Standorten. Abbildung 9 zeigt die Menge der 2023 innerhalb der drei charakteristischen Bereiche entlang des Schneeschmelzgradienten gebildeten oberirdischen Biomasse, ausgedrückt in g TG pro m² (TG = Trockengewicht),

Auch die aktuellen die Ergebnisse (mit Ausnahme von Oberettes) bestätigen wie in den Vorjahren, unsere Hypothese, dass entlang des Gradienten der ‚Habitatgunst‘ die oberirdische Biomasse von ‚T‘ nach ‚K‘ zunimmt (Newesely et al 2019a, Newesely et al. 2023). Auffällig sind die sehr hohen Biomassewerte im Jahr 2023 in der K-Zone auf der Furka. Auch in der hier beschriebenen Periode zeigt sich der schon aus der Untersuchungsperiode 2017-2022 festgestellte Trend, dass sich die Menge an Biomasse in Oberettes entlang des Gradienten genau umgekehrt verhält als in den anderen Gebieten (Abbildung 10).

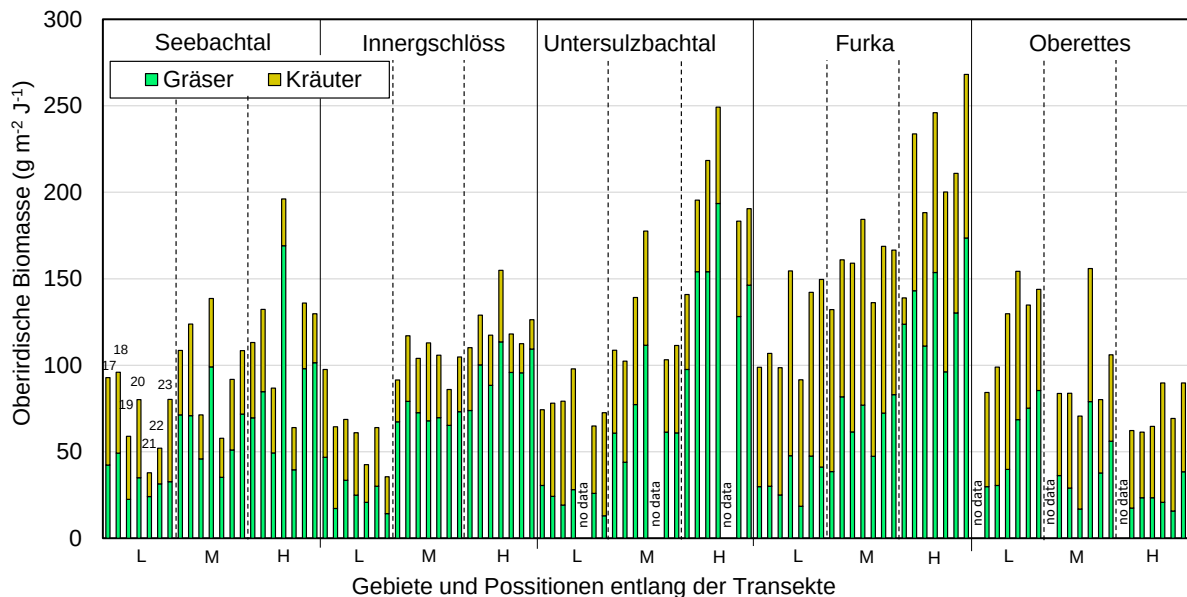


Abbildung 10: Biomassevergleich zwischen den Jahren 2017 und 2023. Bei Oberettes ist eine Abstufung von T nach K nicht erkennbar. Hier überwiegen die Einflüsse durch Jahrhunderte lange intensive Beweidung sowie der Einfluss von Windkanten im H-Bereich. Die einzelnen Jahre sind mit 17 ... 23 gekennzeichnet. Jahre in denen keine Ernte erfolgen konnte sind mit 'no data' gekennzeichnet.

c. Phenocam

Die Auswertung der Untersuchungsflächen sowie die Entwicklung der Vegetation stellt eine wichtige Zusatzinformation für die Interpretation der gewonnenen Messdaten zur Bodentemperatur als auch zur Biomasse dar. Für die Fragestellung der Entwicklung der Vegetation war es notwendig aus den Bilddaten der Phenocam jene Bereiche auszuwählen und einer Auswertung zuzuführen, die auch den Zonen der Habitatgunst entsprechen. In der Abbildung 11 sind die jeweiligen für die Auswertung relevanten Zonen aus dem Phenocam-Bild farblich gekennzeichnet (aus Newesely et al 2022)



Abbildung 11: Phenocam Bild mit Markierung der Zonen der Habitatgunst. Links – K, Mitte M, rechts T.

Der Einsatz unter den im Innergschlöss vorherrschenden Bedingungen stößt an die Grenze des technisch Machbaren. Einerseits ist die Abdeckung durch das GSM-Netz häufig gestört oder derart schlecht, dass eine Übertragung der Daten nicht erfolgreich durchführbar ist. Andererseits führt speziell im Hochwinter die z.T. durch Vereisung bzw. Schneebedeckung des Solarpanels sowie die im Dezember und Jänner nur sehr kurze bis völlige fehlende Sonneneinstrahlung aufgrund der Beschattung durch die umliegenden Berge zu Problemen mit der Energieversorgung. Zusätzlich gab es noch Probleme mit dem Datalogger sowie Schäden an den Sensoren zur Erfassung der Vegetationsentwicklung, die aufgrund fehlender Verfügbarkeit beim Hersteller nicht ersetzt werden konnten. Daher liegen nur die Auswertungen der Bilder der Kamera vor. Die Verläufe der „green chromatic coordinate“, die ein Maß für die Vegetationsentwicklung darstellen sind in Abbildung 12 für die Zone K, in Abbildung 13 für Zone M und in Abbildung

14 für Zone T dargestellt. Obwohl der Kameramast mittels Erdankern soweit es möglich war fest verspannt wurde, wurde die Kamera aber aufgrund von Sturmböen stark verdreht, so dass die Auswahlflächen für die automatisierte Auswertung nicht mehr mit den Vorgaben übereinstimmten. Die Werte zeigen daher nur den Zeitpunkt der Ausaperung an. Die phänologische Entwicklung ist aber nicht eindeutig den Zonen der Habitatgunst' zuordenbar. Eine massivere Verankerung des Stativs durch z.B. einbetonieren, ist aber im Nationalpark nicht möglich und auch nicht verantwortbar. Aktuelle Bilder und Daten können <https://phenocam.nau.edu/webcam/sites/nphtin/> entnommen werden.

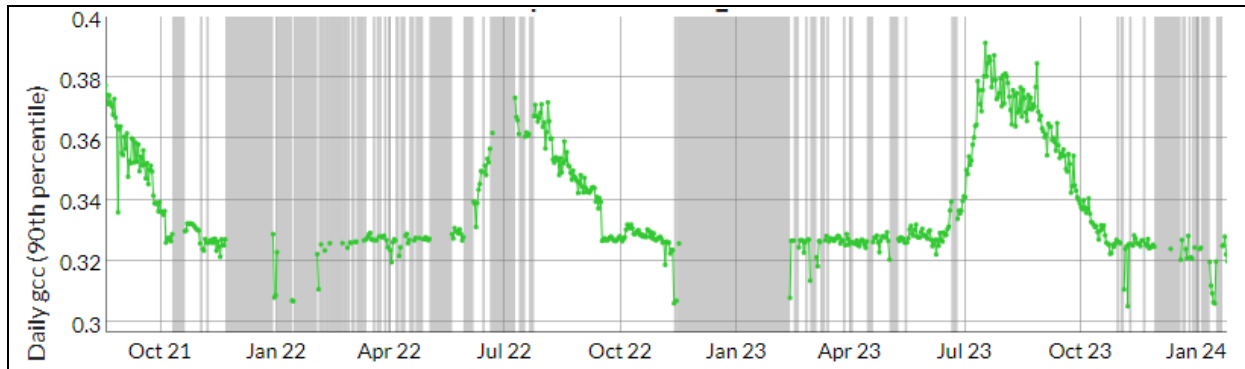


Abbildung 12: Originalabbildung aus der Auswertung der Phenocam Bilder durch das PhenoCam Netzwerk für die Zone K. die grauen Bereiche zeigen Datenausfälle an.

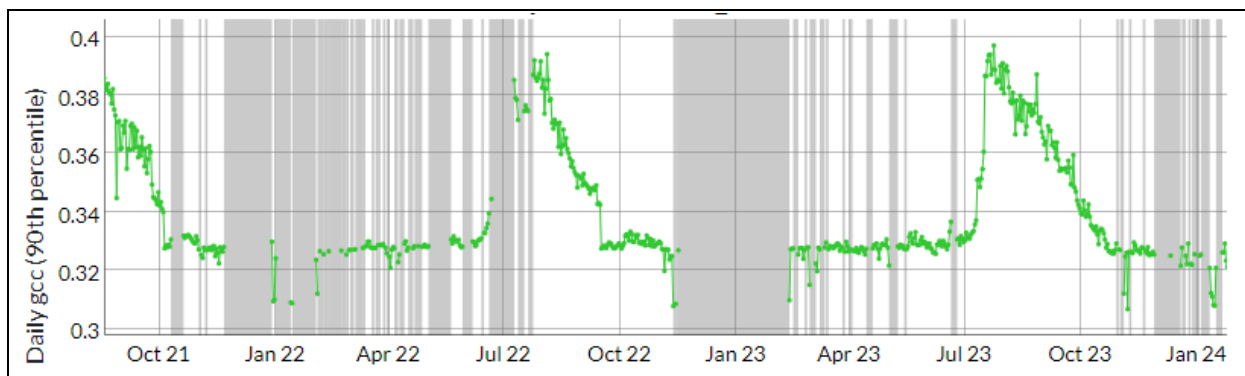


Abbildung 13: Originalabbildung aus der Auswertung der Phenocam Bilder durch das PhenoCam Netzwerk für die Zone M.

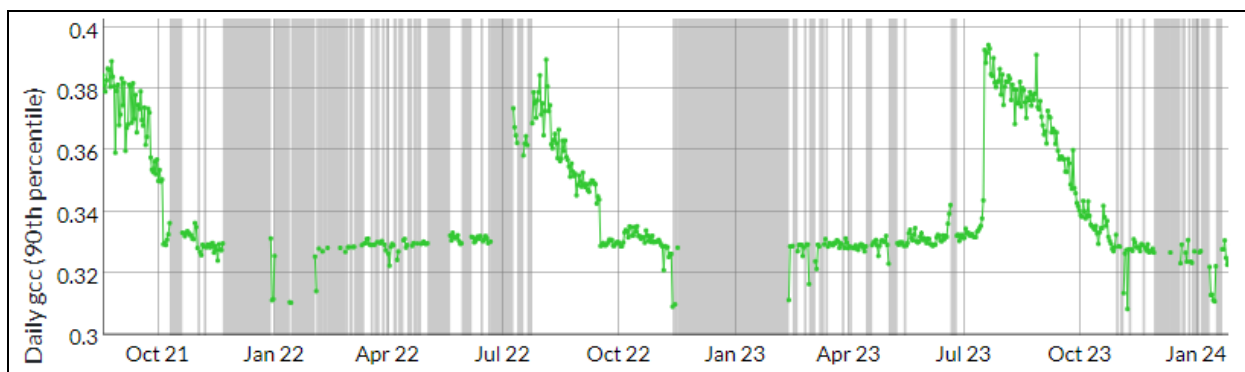


Abbildung 14: Originalabbildung aus der Auswertung der Phenocam Bilder durch das PhenoCam Netzwerk für die Zone T.

Interpretation und Diskussion

a. Standortcharakterisierung

Da dieser Bericht nur eine Ergänzung der Berichte aus 2017-2019 (Newesely et al. 2019a) und 2020-2022 (Newesely et al. 2023) darstellt, wird bei der Standortcharakterisierung nur auch die Spezifika der Jahre 2022 und 2023 eingegangen.

Das Jahr 2023 war in den österreichischen Bergen laut GeoSphere Austria® das bislang wärmste in der Messgeschichte. In den Untersuchungsgebieten war es insgesamt daher noch wärmer als das bislang als das bislang wärmste beschriebene Jahre 2022. Für das gesamte Jahr 2023 lagen aber zum Berichtszeitpunkt aus den Untersuchungsgebieten noch keine konkreten Daten vor, da die Logger nur jeweils im August ausgelesen werden können.

Die für das Pflanzenleben relevanten Temperaturen unterscheiden sich gerade im Hochgebirge, aufgrund der Topographie und des niedrigen Pflanzenwuchses oftmals deutlich von jenen der in der Luft gemessenen Werte (vgl. Körner et al. 2022). Die Bodentemperaturen liegen je nach Relief, Deckung und Bestandesstruktur der Vegetation und der Einstrahlungsintensität oft mehr als 5K über jenen der Lufttemperatur. Dies ist für das Pflanzenwachstum im Gebirge ein wesentlicher Faktor. Die in Abbildung 15 angegebenen Werte der Gradtage für die für das Wachstum der Pflanzen relevante Periode zeigen den Unterschied innerhalb der einzelnen Gebiete entlang des Gradienten der ‚Habitatgunst‘ zwischen der optimalen (K) und der pessimalen (T) Zone als auch zwischen den Untersuchungsgebieten. Auch an diesen Werten zeigt sich der hohe Wärmeeintrag im Jahr 2022. Die bisher höchsten Wärmesummen im Untersuchungszeitraum von 2017 bis 2021 lagen niemals über einem Wert von 1000. Die bisherigen Daten für 2023 lassen erneut Extremwerte erwarten. Obwohl für 2023 erst Werte bis zum 8. August vorliegen, sind diese schon gleich bzw. z.T. sogar höher als jene für die gesamte Periode bis 15. September in den Jahren 2017 bis 2021.

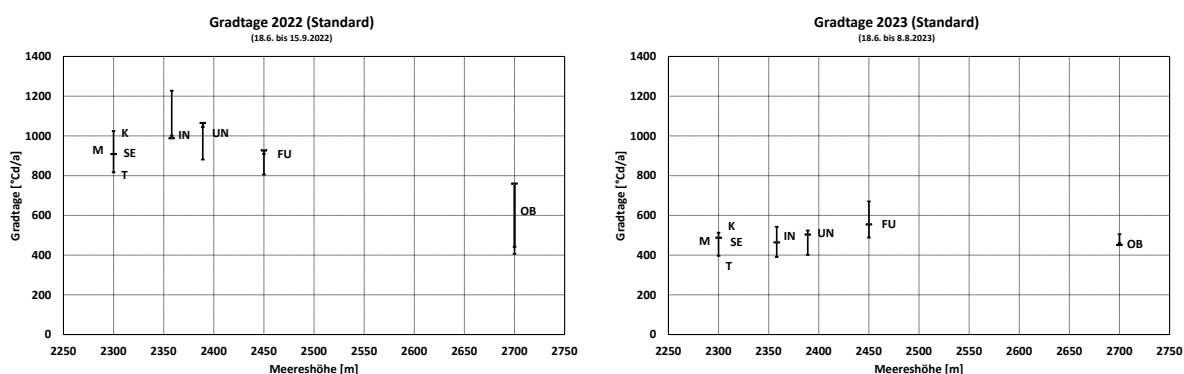


Abbildung 15: Standardisierte Gradtage 2022 und 2023 in [Cd/a] aller Standorte für eine standardisierte Zeitperiode (links 10.06.2022 bis 15.9.2022, rechts 23.6.2023 bis 8.8.2023). Der Beginn der Zeitperiode ergibt sich dadurch, dass alle Transekte an allen Standorten schneefrei sind. K, M und T stehen für Gradienten der ‚Habitatgunst‘ in den Transekten von optimal (K) über einen mittleren Bereich (M) bis pessimal (T)

b. Biomasse

Die Biomassedaten zeigen mit Ausnahme von Oberettes wie schon in den Jahren 2017 bis 2022 einen eindeutigen Zusammenhang entlang des Gradienten der ‚Habitatgunst‘ zwischen der optimalen (K) und der pessimalen (T) Zone innerhalb der Transekte. Auf Oberettes wird hier nicht noch einmal konkret eingegangen, da dies schon in den Newesely et al. 2019a ausführlich diskutiert wurde. Auffällig sind die sehr hohen Biomassewerte in der optimalen Zone auf der Furka mit über 250g/m², die einen absoluten Höchstwert seit Projektbeginn darstellen. Ob die Ursache dafür in einem Zusammenhang zwischen Wärme und Niederschlag im Jahr 2023 zu suchen ist, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht beantwortet werden. Sowohl der Schweizer Wetterdienst als auch GeoSphere Austria® bezeichnen das Jahr 2023 als Rekordjahr. Dies ist ein weiterer Hinweis für die Wichtigkeit dieser Langzeituntersuchung.



Danksagung

Für die organisatorische Unterstützung und die wertvolle Mitwirkung im Gelände geht ein herzlicher Dank an die Mitarbeiter*innen des Nationalparks Hohe Tauern. Namentlich nennen möchten wir DI Elisabeth Hainzer, Mag. Katharina Aichhorn, Mag. Florian Jurgeit, Silvia Kaserer, und Stefan Lerch. Bedanken möchten wir uns auch bei der Österreichischen Forschungsgemeinschaft (FFG). Sie ermöglichte durch ihr Programm „Talente Praktika“ die Einbindung von Elisabeth Peer und Johannes Huber in das vorliegende Projekt. Ein Dank geht auch an Prof. Martin Grube, Linus Scoz und Jana Girstmair. Vielen Dank für Eure tatkräftig Hilfe bei der Probennahme im NPHT.



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lufttemperatur im Untersuchungszeitraum, Innergschlöss (2350 m üNN, links), Seebachtal (2300 m üNN, rechts) rot: Tagesmaxima, schwarz: Tagesmittel, Blau: Tagesminima	5
Abbildung 2: Lufttemperatur im Untersuchungszeitraum, Untersulzbachtal (2380 m üNN, links), Furka (2460 m üNN, rechts)	5
Abbildung 3: Lufttemperatur Im Untersuchungszeitraum Oberettes (2700 m üNN)	5
Abbildung 4: Vergleich der Jahresmittel der Lufttemperatur zwischen allen Standorten vom 1.1.2022 bis 31.12.2022 (links), 1.1.2023 bis 8.8.2023 (rechts). Aufgrund des zeitweisen Ausfalls der Messtation Seebachtal ist 2022 eine Mittelwertbildung für diese Station nicht möglich	6
Abbildung 5: Verlauf der Jahresmittel der Lufttemperatur an den einzelnen Untersuchungsstandorten von 2017 bis 2022. Bis auf das Jahr 2021 deuten die Messwerte auf eine stetige Zunahme der Jahresmittelwerte der Lufttemperaturen hin. Aufgrund des zeitweisen Ausfalls der Messtation Seebachtal eine Mittelwertbildung für diese Station nicht möglich	6
Abbildung 6: Mittlere Bodentemperatur während der Wachstumsperiode gegen den Höhengradienten der Untersuchungsflächen für die Jahre 2017-2021.	8
Abbildung 7: Gradstunden ($T_{\geq 5}$) in [°CH] aller Standorte (Seebachtal SE, Innergschlöss IN, Untersulzbach UN, Furka FU, Oberettes OB). $GH_{\geq 5}$ sind ein Maß für die Wärmesummen, die den Pflanzen für das Wachstum zur Verfügung stehen. Für die Berechnung wurden nur Bodentemperaturen $\geq 5^{\circ}\text{C}$ bis zur Ernte 2023 berücksichtigt und zudem für die 'K', 'T' und 'M' pro Standort gepoolt. Die Balken geben die Variabilität für die einzelnen Gebiete entlang des Gradienten vom lokalen Optimum der Vegetationsentwicklung K über einen mittleren Transektbereich M bis zum lokalen Pessimum der Vegetationsentwicklung T an.	9
Abbildung 8: Anzahl der Tage mit mittlerer Bodentemperatur über 5°C gegen den Höhengradienten der Untersuchungsflächen für die Jahre 2017-2022.	10
Abbildung 9: Pflanzliche Produktivität (peak biomass) 2023. Mittelwert gepoolt über alle K, M und T Felder aller Transekte pro Standort.	12
Abbildung 10: Biomassevergleich zwischen den Jahren 2017 und 2023. Bei Oberettes ist eine Abstufung von T nach K nicht erkennbar. Hier überwiegen die Einflüsse durch Jahrhunderte lange intensive Beweidung sowie der Einfluss von Windkanten im H-Bereich. Jahre, in denen keine Ernte erfolgen konnte sind mit 'no data' gekennzeichnet.	13
Abbildung 11: Phaenocam Bild mit Markierung der Zonen der Habitatsgunst. Links – K, Mitte M, rechts T.	13
Abbildung 12: Originalabbildung aus der Auswertung der Phenocam Bilder durch das PhenoCam Netzwerk für die Zone K.	14
Abbildung 13: Originalabbildung aus der Auswertung der Phenocam Bilder durch das PhenoCam Netzwerk für die Zone M.	14
Abbildung 14: Originalabbildung aus der Auswertung der Phenocam Bilder durch das PhenoCam Netzwerk für die Zone T.	14
Abbildung 15: Standardisierte Gradtage 2022 und 2023 in [Cd/a] aller Standorte für eine standardisierte Zeitperiode (links 10.06.2022 bis 15.9.2022, rechts 23.6.2023 bis 8.8.2023). Der Beginn der Zeitperiode ergibt sich dadurch, dass alle Transekte an allen Standorten schneefrei sind. K, M und T stehen für Gradienten der 'Habitatsgunst' in den Transekten von optimal (K) über einen mittleren Bereich (M) bis pessimal (T)	15
Abbildung 16: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 1 im Innergschlöss für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	22
Abbildung 18: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 2 im Innergschlöss für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	22
Abbildung 19: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 3 im Innergschlöss für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	23
Abbildung 20: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 4 im Innergschlöss für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	23
Abbildung 21: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 5 im Innergschlöss für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	24

Abbildung 22: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 1 im Seebachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	24
Abbildung 22: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 2 im Seebachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	25
Abbildung 24: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 3 im Seebachtal für die Jahre 2022 bis 2023. H: rot, M: gelb, T: blau	25
Abbildung 25: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 1 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	26
Abbildung 26: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 2 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	26
Abbildung 27: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 3 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	27
Abbildung 28: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 4 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	27
Abbildung 29: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 5 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	28
Abbildung 30: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 6 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	28
Abbildung 31: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 1 im Furka für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, T: blau.....	29
Abbildung 32: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 2 im Furka für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, T: blau.....	29
Abbildung 33: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 3 im Furka für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, T: blau.....	30
Abbildung 34: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 4 im Furka für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, T: blau.....	30
Abbildung 35: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 5 im Furka für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, T: blau.....	31
Abbildung 36: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 1 im Oberettes für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	31
Abbildung 37: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 2 im Oberettes für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	32
Abbildung 38: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 3 im Oberettes für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau	32



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tabelle der Beobachtungsstandorte (aus Newesely et al. 2019a)	4
Tabelle 2: Gesamtübersicht über die klimatischen Standortfaktoren der Transekte an den untersuchten Standorten Seebachtal (SE), Innergschlöss (IN), Untersulzbachtal (UN), Furka (FU) und Oberettes (OB) entlang der Gradienten der 'Habitatgunst' von K (optimal) über M (Mitte) und T (pessimal) für alle Transekte im Jahr 2022. Die Wachstumsperiode entspricht dem Zeitraum ab dem Datum der Schneeschmelze und endet mit dem Einschneien. Die mittlere Bodentemperatur sowie die mittlere Lufttemperatur sind der Jahresmittelwert. „nd“ bedeutet das keine Daten vorhanden waren, da entweder keine Datalogger installiert waren oder ein Ausfall der Registrierung stattgefunden hat.	7
Tabelle 3: Gesamtübersicht über die für das Wachstum der pflanzlichen Biomasse relevanten klimatischen Faktoren der Transekte an den untersuchten Standorten Seebachtal (SE), Innergschlöss (IN), Untersulzbachtal (UN), Furka (FU) und Oberettes (OB) entlang der Gradienten der botanischen 'Habitatgunst' von K (optimal) über M (Mitte) und T (pessimal) für alle Transekte im Jahr 2022. „nd“ bedeutet das keine Daten vorhanden waren, da entweder keine Datalogger installiert waren oder ein Ausfall der Registrierung stattgefunden hat.	9
Tabelle 4: Datum der Schneeschmelze an den untersuchten Standorten Seebachtal (SE), Innergschlöss (IN), Untersulzbachtal (UN), Furka (FU) und Oberettes (OB) für alle Transekte entlang der Gradienten der 'Habitatgunst' von K (optimal) über M (Mitte) und T (pessimal). Zusätzlich zu den Ausaperungszeitpunkten ist auch die Schneedeckenandauer für den jeweiligen Winter angegeben.	11
Tabelle 5: Standardisierte Gradtage 2022 in [Cd/a] aller Standorte für eine standardisierte Zeitperiode 10.06.2022 bis 15.9.2022. Der Beginn der Zeitperiode ergibt sich dadurch, dass alle Transekte an allen Standorten schneefrei sind. K, M und T stehen für Gradienten der 'Habitatgunst' in den Transekten von optimal (K) über einen mittleren Bereich (M) bis pessimal (T). (IN = Innergschlöss, SE = Seebachtal, UN = Untersulzbachtal, FU = Furka, OB = Oberettes).....	21

Literaturverzeichnis

- Cernusca A (1976a) Bestandesstruktur, Bioklima und Energiehaushalt alpiner Zwergstrauchbestände. *Oecol Plant* 11: 71-102
- Cernusca A (1976b) Standörtliche Variabilität in Mikroklima und Energiehaushalt alpiner Zwergstrauchbestände. *Verh Ges Ökologie*, Wien 1975, 9-21
- Heinl M, Leitinger G, Tappeiner U (2012) Diurnal Surface Temperature Regimes in Mountain Environments. *Physical Geography* 33/4: 344-359
- Körner C, Cochrane P (1983) Influence of plant physiognomy on leaf temperature on clear midsummer days in the Snowy Mountains, south - eastern Australia. *Acta Oecol Oec Plant* 4:117-124
- Körner C (2018) Comparative, long-term ecosystem monitoring across the Alps: Austrian Hohe Tauern National Park, South-Tyrol and the Swiss central Alps. 6th Symposium for Research in Protected Areas 2 to 3 November 2017, Salzburg, 331 – 337
- Körner, C, Tappeiner, U, Newesely, C, Wittmann, H, Eberl, T, Kaiser, R, Meyer, E, Grube, M, Fernandez Mendoza, F, Füreder, L, Niedrist, G H, Daim, A, Kellerer-Pirklbauer, A, Wickham, S, Petermann, J, Berninger, U, Hackänder, K, Niedrist, G, Seeber, J, Steinwandter, M (2020) Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen -Synthese der Startphase 2016-2018, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. ISBN-Online: 978-3-7001-8748-6, doi: 10.1553/ GCP_LZM_NPHT_Synthese
- Körner, C., U.-G. Berninger, A. Daim, T. Eberl, F. F. Mendoza, L. Füreder, M. Grube, E. Hainzer, R. Kaiser, E. Meyer, C. Newesely, G. Niedrist, G. H. Niedrist, J. S. Petermann, J. Seeber, U. Tappeiner and S. Wickham (2022). "Long-term monitoring of high-elevation terrestrial and aquatic ecosystems in the Alps – a five-year synthesis." *eco.mont* (Journal on Protected Mountain Areas Research) 14(2): 48-69.
- Newesely C, Niedrist G, Tappeiner U, Körner C (2019a) Interdisziplinäres, integratives Monitoring- und Forschungsprogramm zur langfristigen, systematischen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern 2016-2019. - Modul 01: Standortklima, Bodenphysik, Bodenchemie und pflanzliche Produktivität. Endbericht 2019. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag des Nationalparks Hohe Tauern. http://www.parcs.at/npht/mmd_fullentry.php?docu_id=37874
- Newesely C, Tappeiner U, Körner C (2019b) Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen im Nationalpark Hohe Tauern. Modul 01: Standortklima, Bodenphysik, Bodenchemie und pflanzliche Produktivität. Methoden-Handbuch. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. ISBN-Online: 978-3-7001-8749-3, doi: 10.1553/GCP_LZM_NPHT_Modul01
- Newesely C, Niedrist G, Tappeiner U, Körner C (2023) Interdisziplinäres, integratives Monitoring- und Forschungsprogramm zur langfristigen, systematischen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern 2020-2023. - Modul 01: Standortklima, Bodenphysik, Bodenchemie und pflanzliche Produktivität. Endbericht zur Förderperiode 2020-2023. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag des Nationalparks Hohe Tauern. https://www.parcs.at/npht/mmd_fullentry.php?docu_id=52988
- Scherrer D, Körner C (2011) Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming. *J. Biogeogr.* 38:406-416
- Tappeiner U, Cernusca A (1996) Microclimate and fluxes of water vapour, sensible heat and carbon dioxide in structurally differing subalpine plant communities in the Central Caucasus. *Plant, Cell and Environment* 19(4):403-417
- World Meteorological Organization (2012) Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, WMO-No. 8, 2008 edition Updated in 2010 [WWW document] URL https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_8_en-2012.pdf [accessed 17. 3. 2019]

Anhang

a. Standardgradtage

Tabelle 5: Standardisierte Gradtage 2022in [Cd/a] aller Standorte für eine standardisierte Zeitperiode 10.06.2022 bis 15.9.2022. Der Beginn der Zeitperiode ergibt sich dadurch, dass alle Transekte an allen Standorten schneefrei sind. K, M und T stehen für Gradienten der ‚Habitatgunst‘ in den Transekten von optimal (K) über einen mittleren Bereich (M) bis pessimal (T). (IN = Innerschlöss, SE = Seebachtal, UN = Untersulzbachtal, FU = Furka, OB = Oberettes)

2022	Standard Gradtage (Alle Transekte komplett schneefrei)			
	K	M	T	Mittelwert
IN / 2358m	1227.9	988.2	1001.2	1072.4
IN1	1270.3	792.9	1040.6	
IN2	1141.4	1151.2	947.1	
IN3	1223.6	739.4	933.2	
IN4	1270.1	nd	1083.8	
IN5	1234.2	1269.3	nd	
SE / 2300m	1055.6	908.7	816.2	926.8
SE1	874.9	785.0	258.4	
SE2	1116.4	826.0	1041.4	
SE3	1175.4	1115.1	1148.9	
UN / 2389m	1044.3	1065.3	891.5	1000.3
UN1	947.6	nd	nd	
UN2	1132.9	nd	1214.2	
UN3	875.6	nd	703.6	
UN4	1140.4	1194.3	nd	
UN5	1124.8	1110.3	724.9	
UN6	nd	891.1	923.2	
FU / 2450 m	983.2		898.7	940.9
FU1	1393.4	nd	1217.8	
FU2	762.5	nd	792.7	
FU3	681.2	nd	758.8	
FU4	874.9	nd	825.5	
FU5				
OB / 2700 m	442.1	760.0	406.2	536.1
OB1	372.8	nd	354.1	
OB2	511.4	nd	458.2	
OB3	nd	760.0	nd	

b. Bodentemperaturverläufe

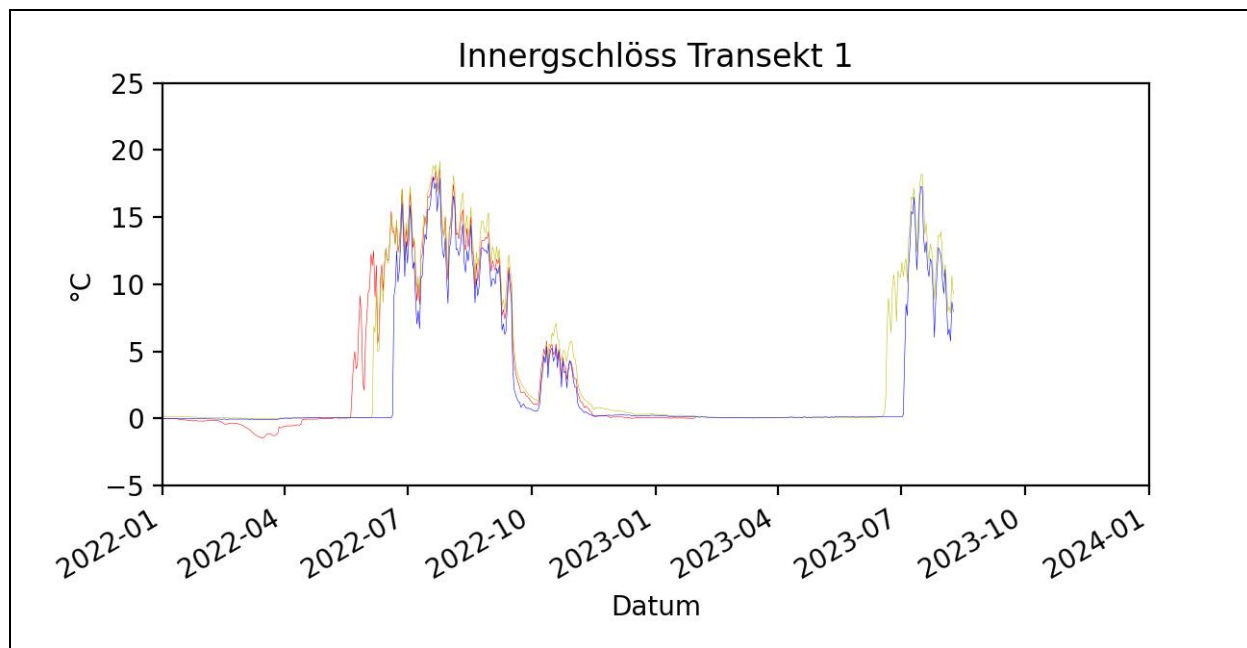


Abbildung 16: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 1 im Innerschlöss für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

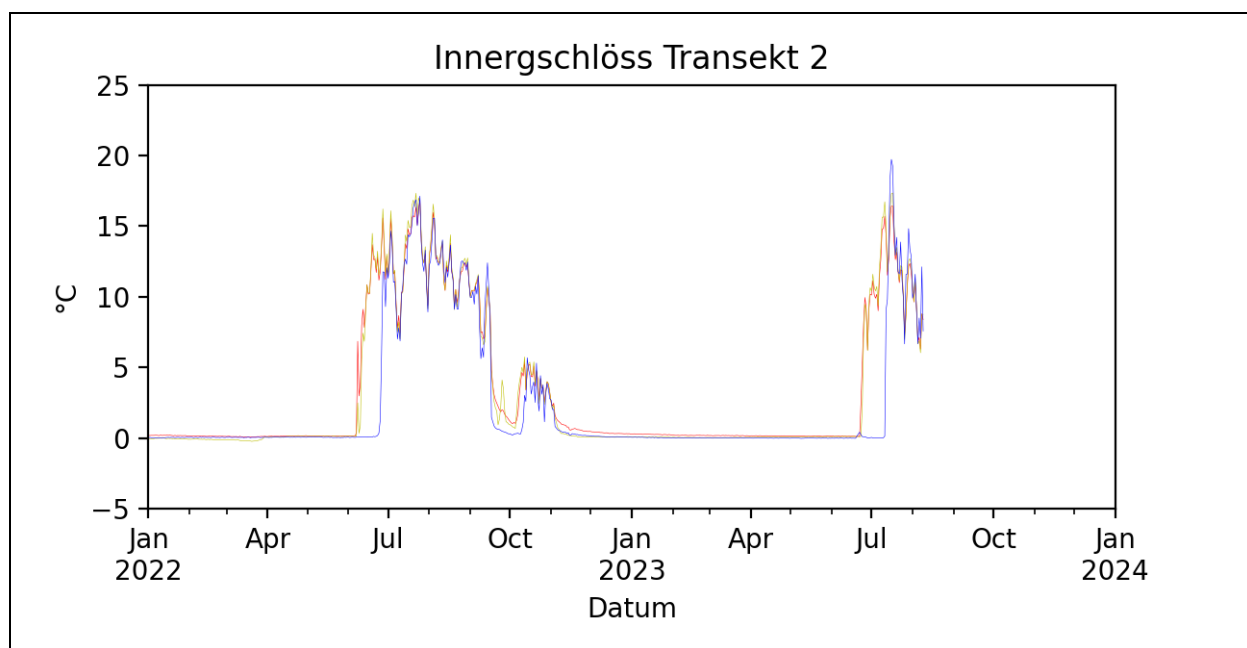


Abbildung 17: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 2 im Innerschlöss für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

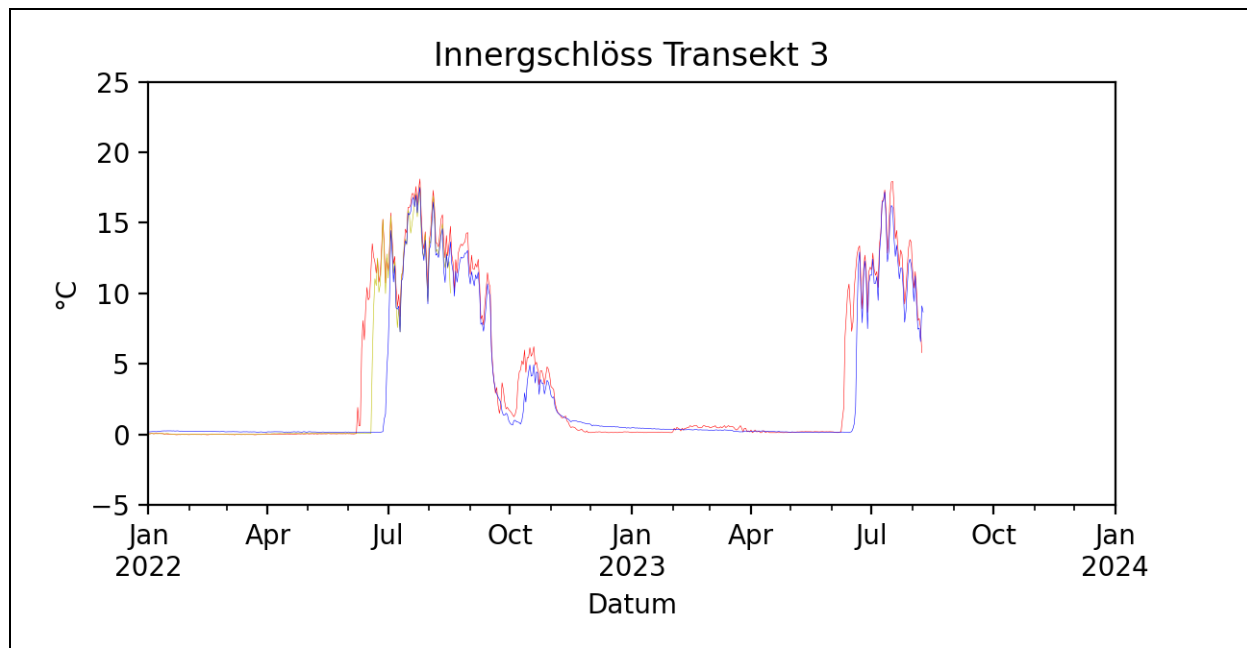


Abbildung 18: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 3 im Innerschlöss für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

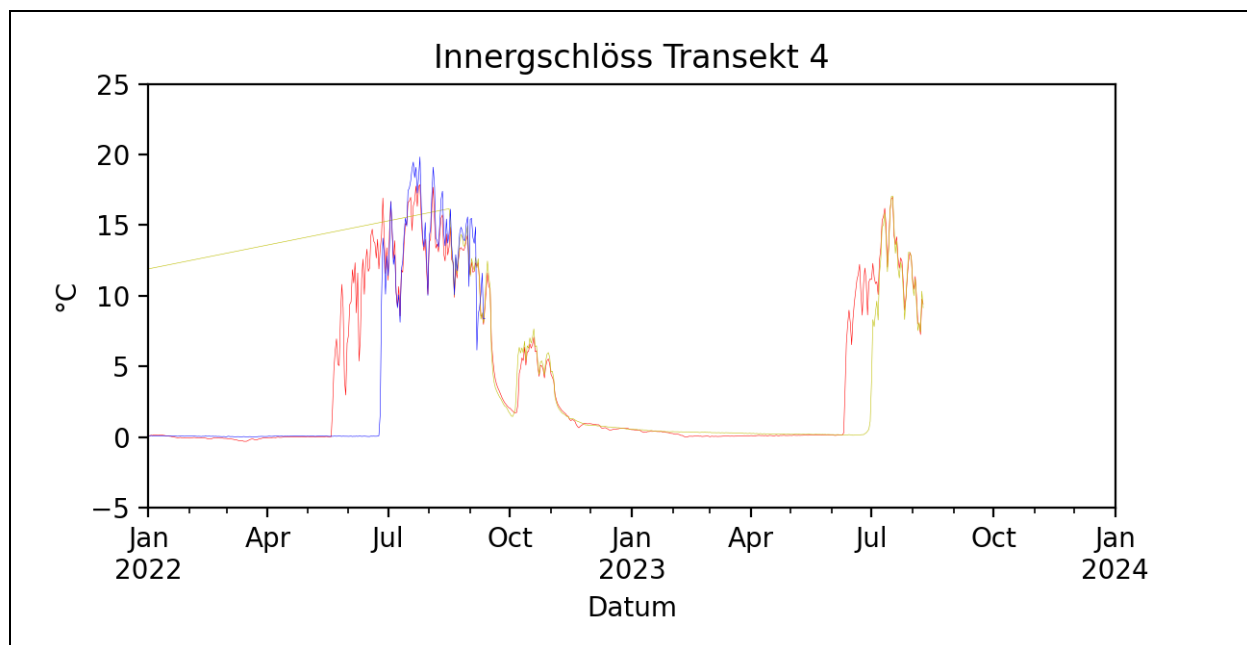


Abbildung 19: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 4 im Innerschlöss für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

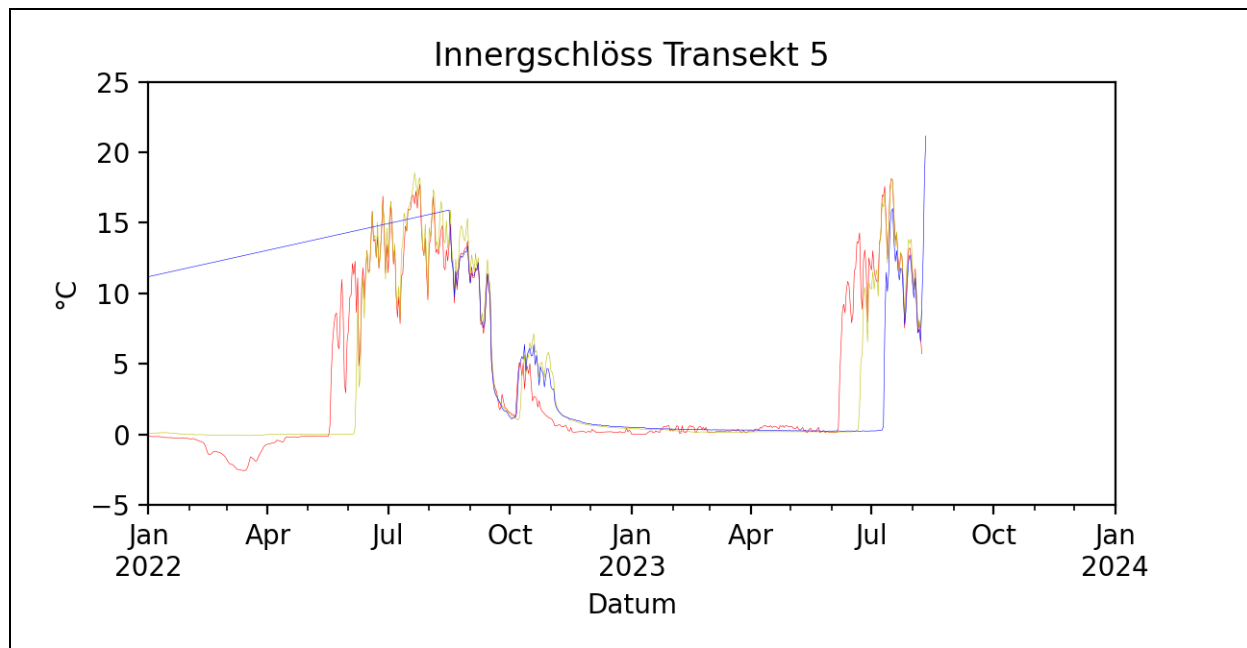


Abbildung 20: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 5 im Innergschlöss für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

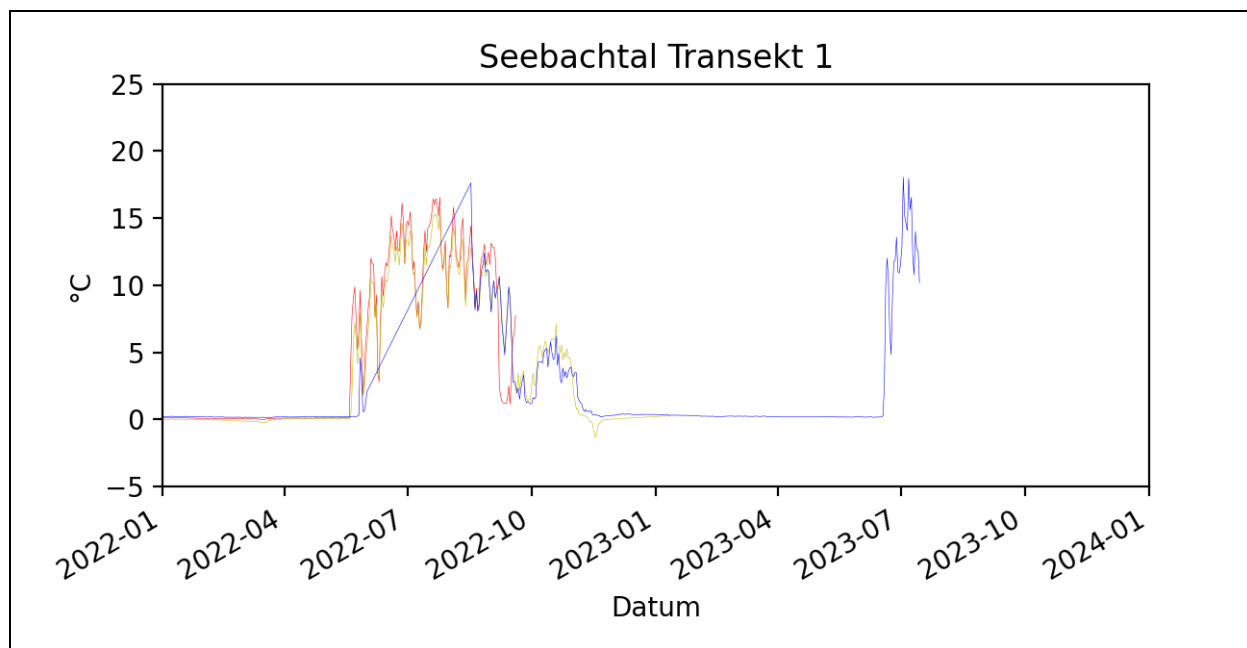


Abbildung 21: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 1 im Seebachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

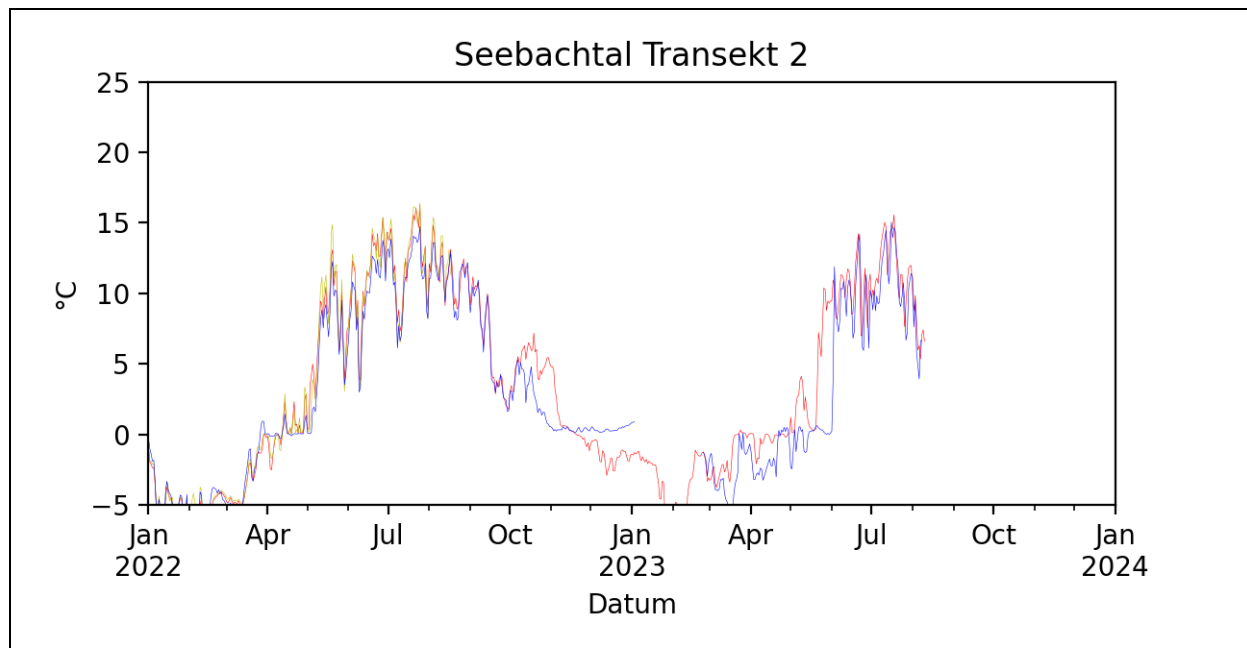


Abbildung 22: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 2 im Seebachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

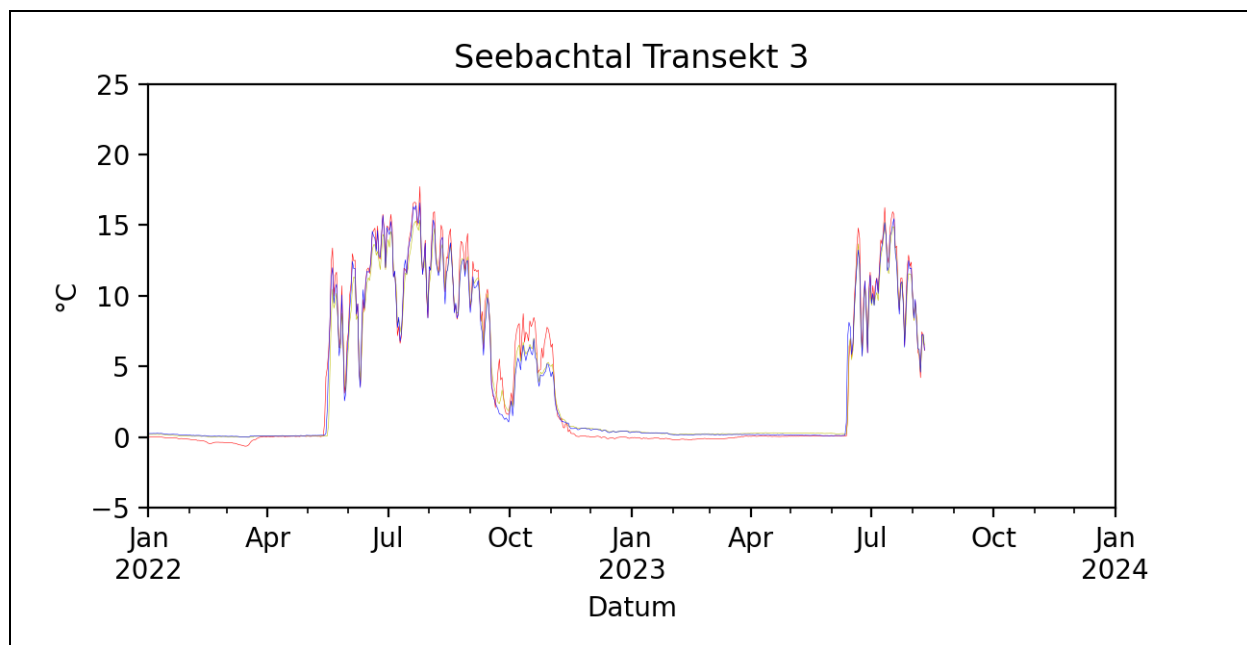


Abbildung 23: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 3 im Seebachtal für die Jahre 2022 bis 2023. H: rot, M: gelb, T: blau

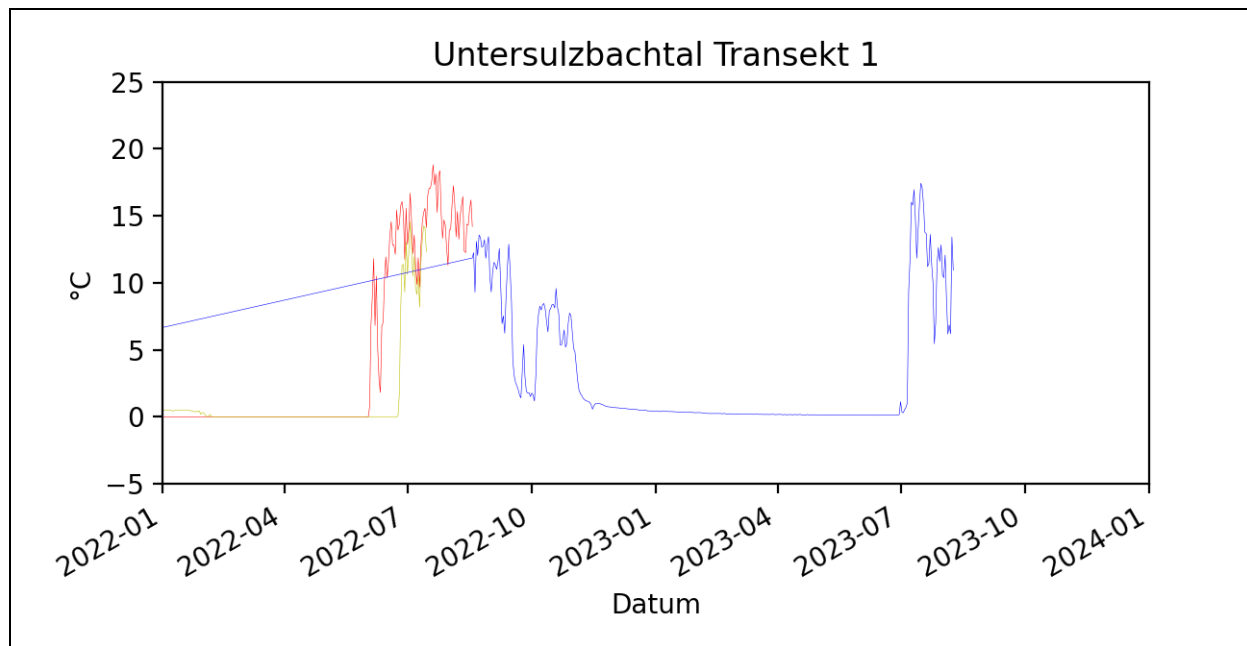


Abbildung 24: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 1 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

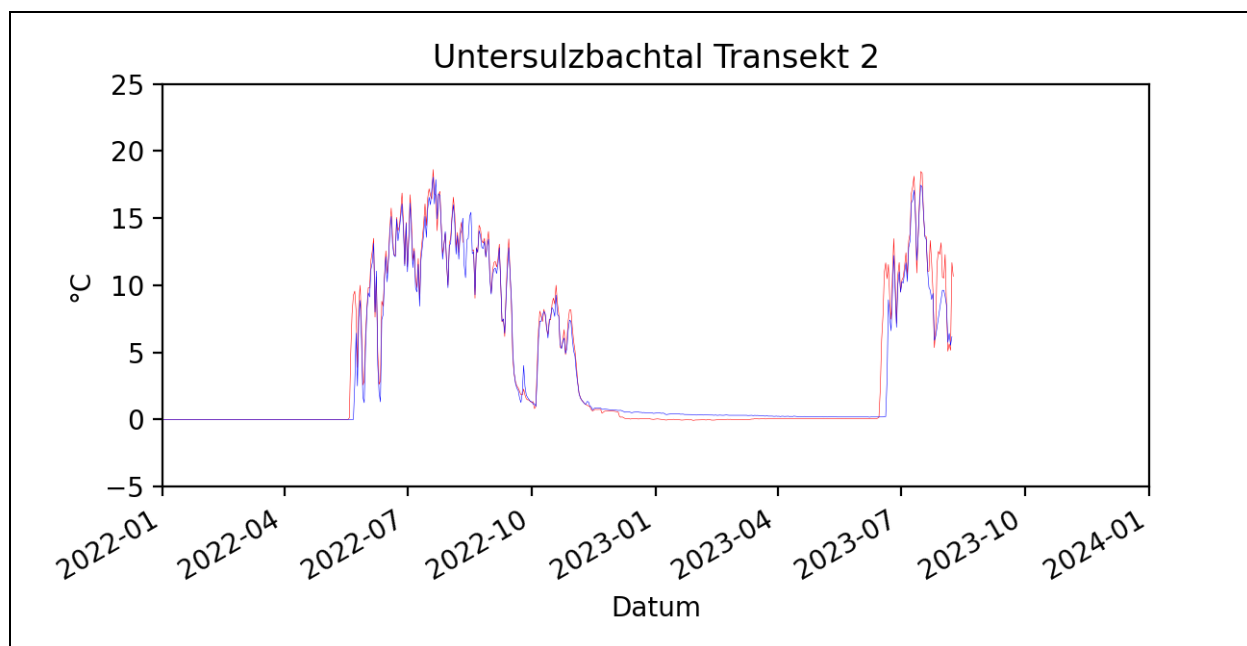


Abbildung 25: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 2 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

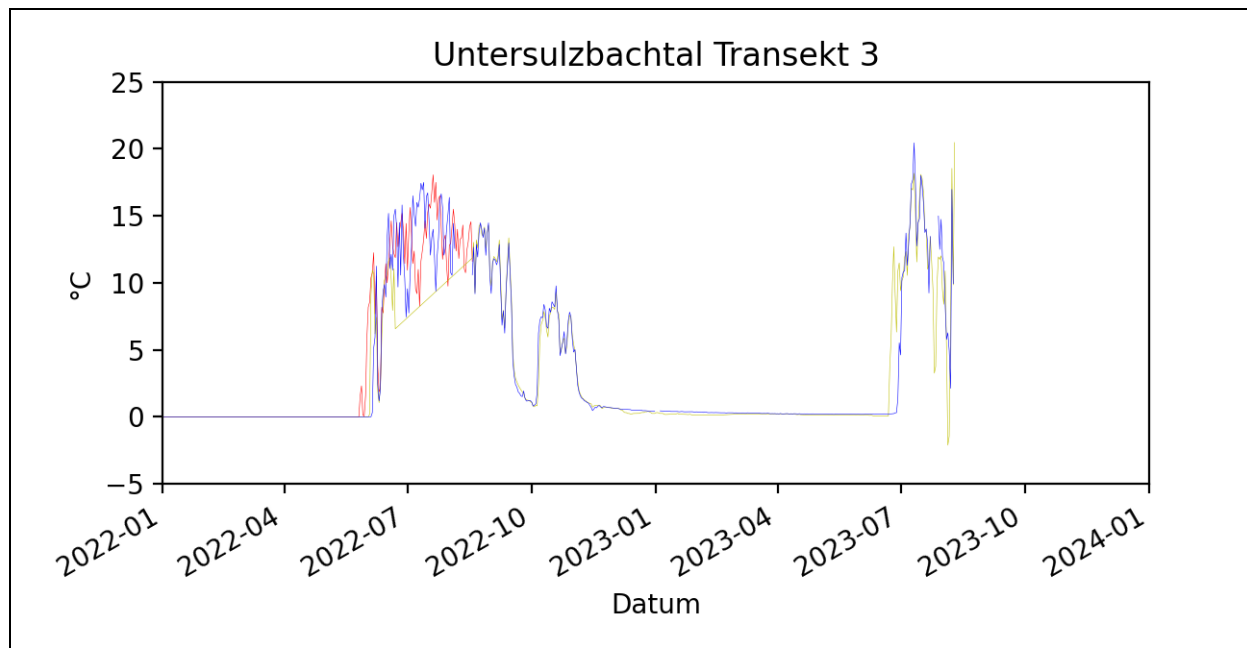


Abbildung 26: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 3 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

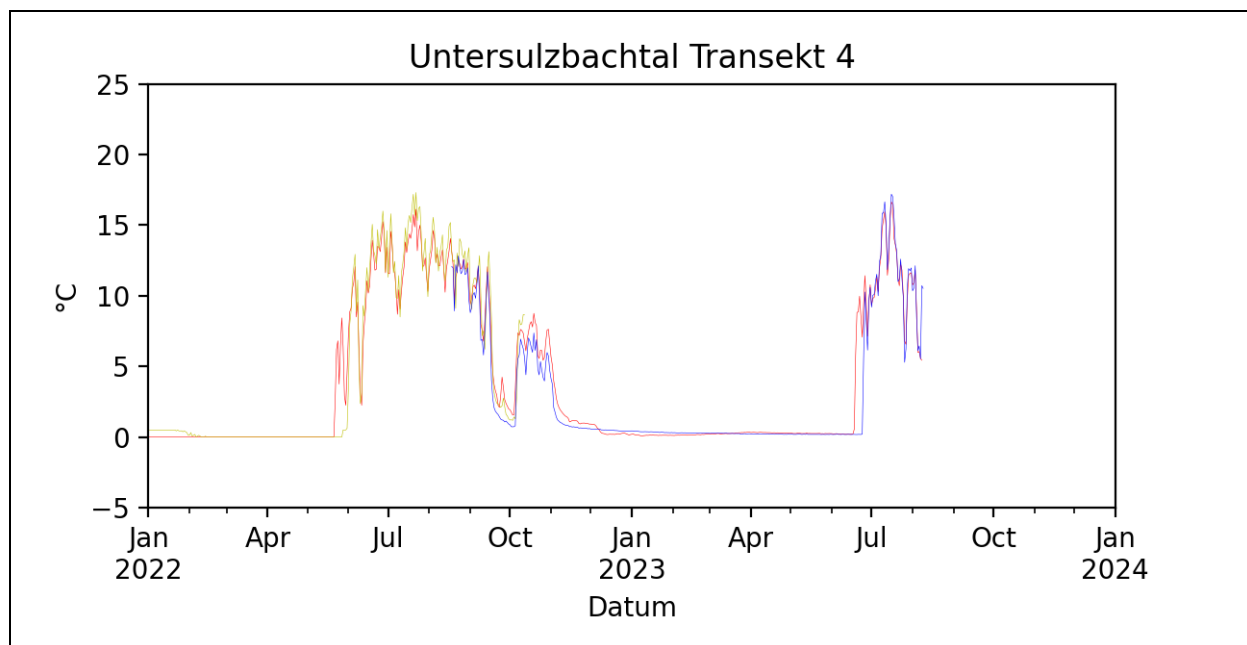


Abbildung 27: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 4 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

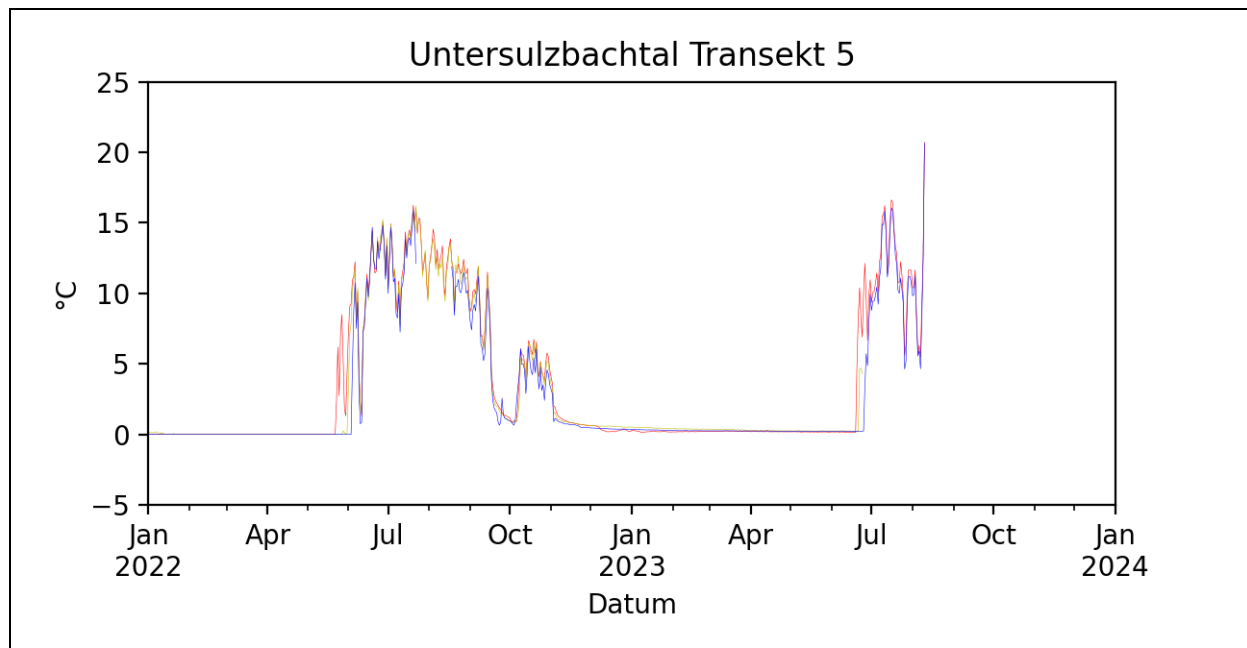


Abbildung 28: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 5 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

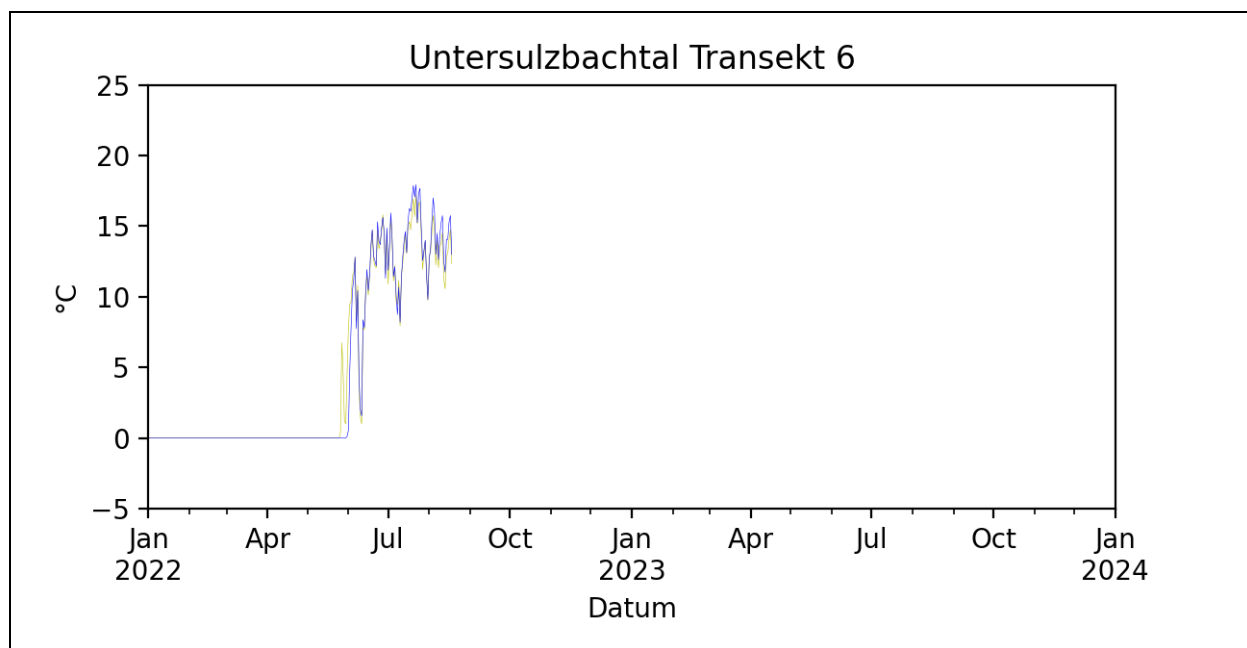


Abbildung 29: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 6 im Untersulzbachtal für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

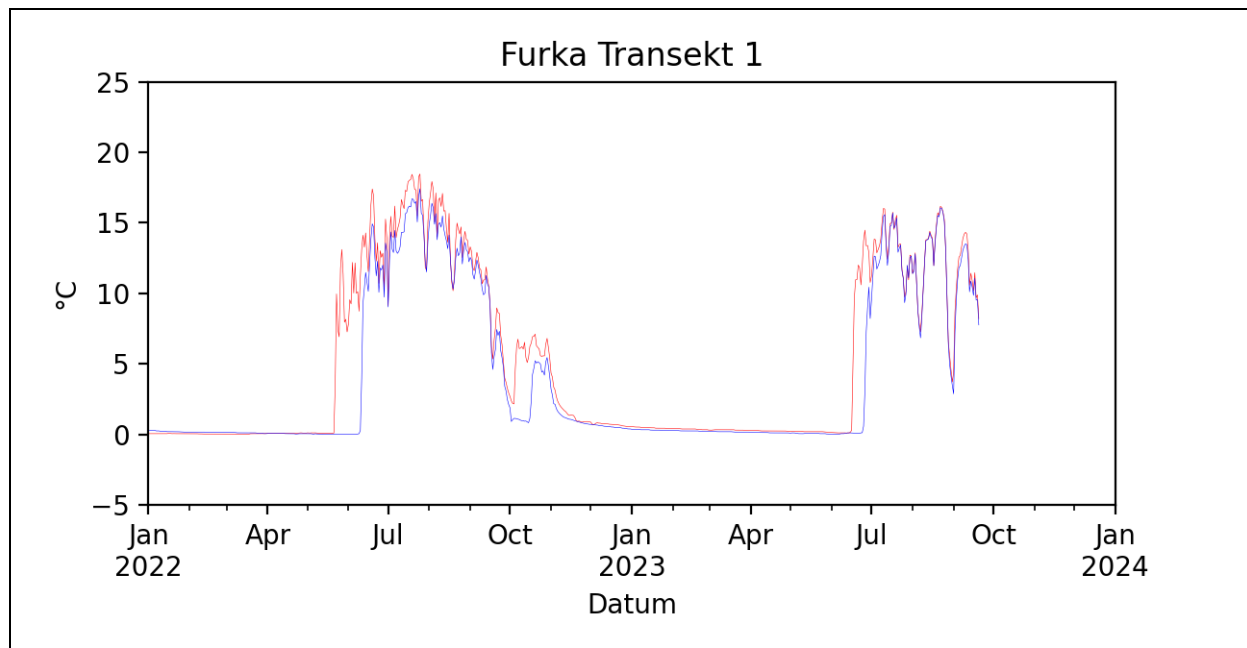


Abbildung 30: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 1 im Furka für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, T: blau

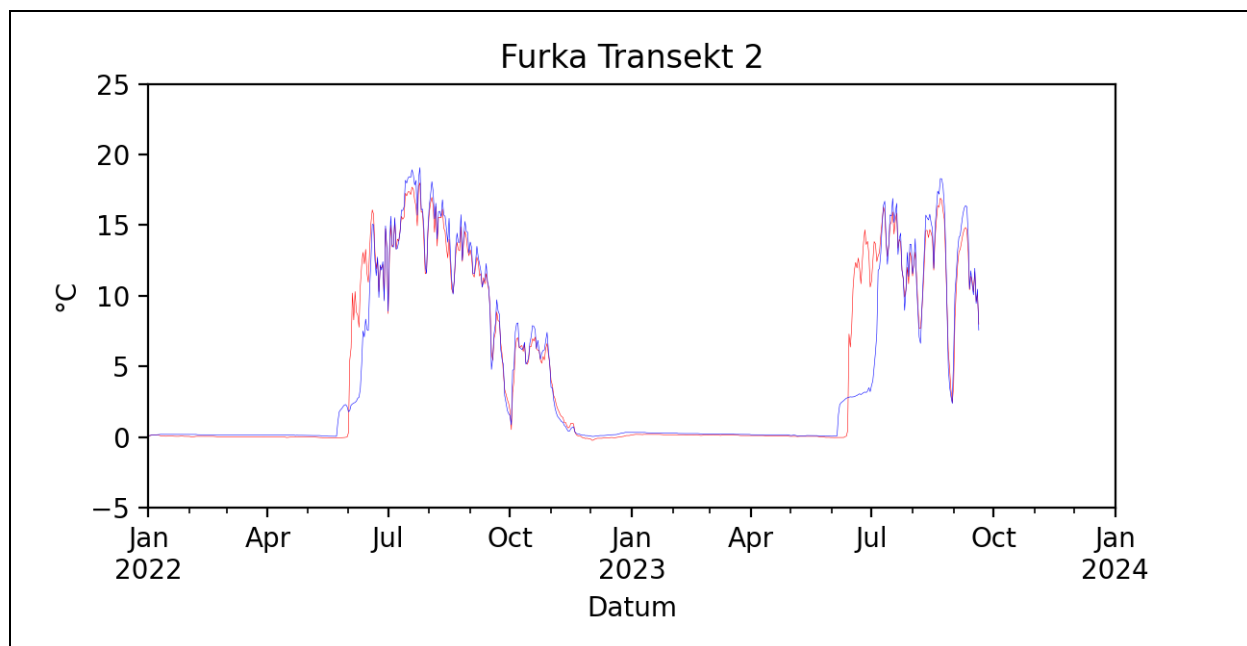


Abbildung 31: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 2 im Furka für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, T: blau

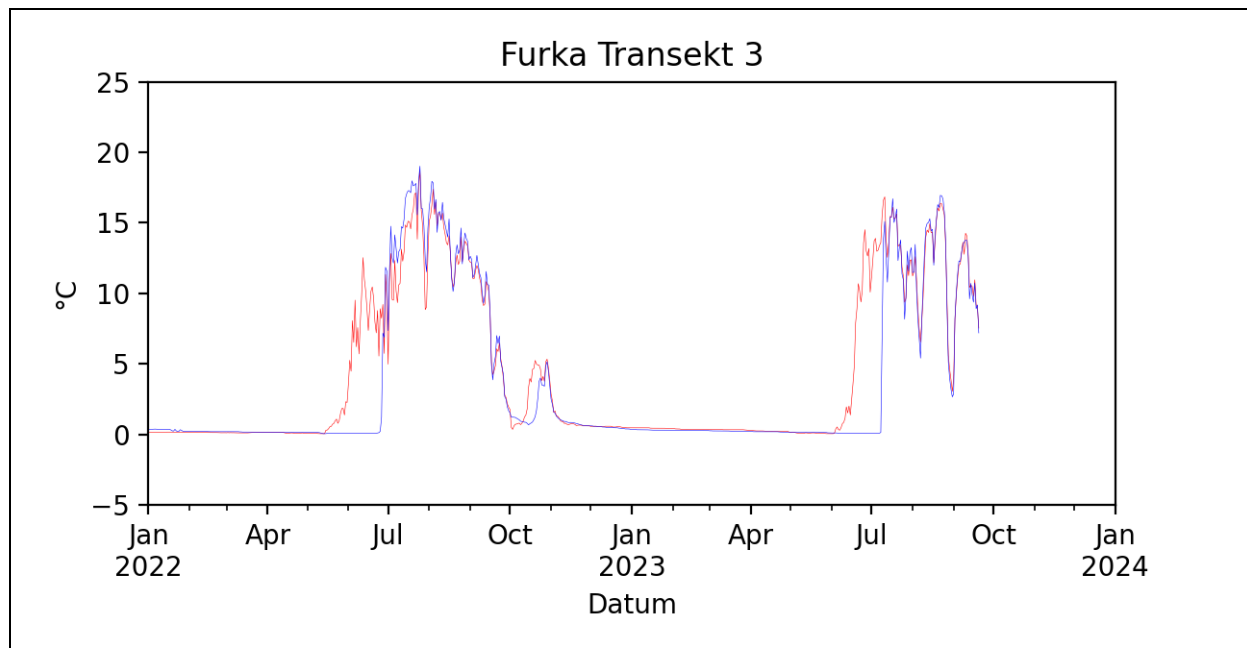


Abbildung 32: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 3 im Furka für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, T: blau

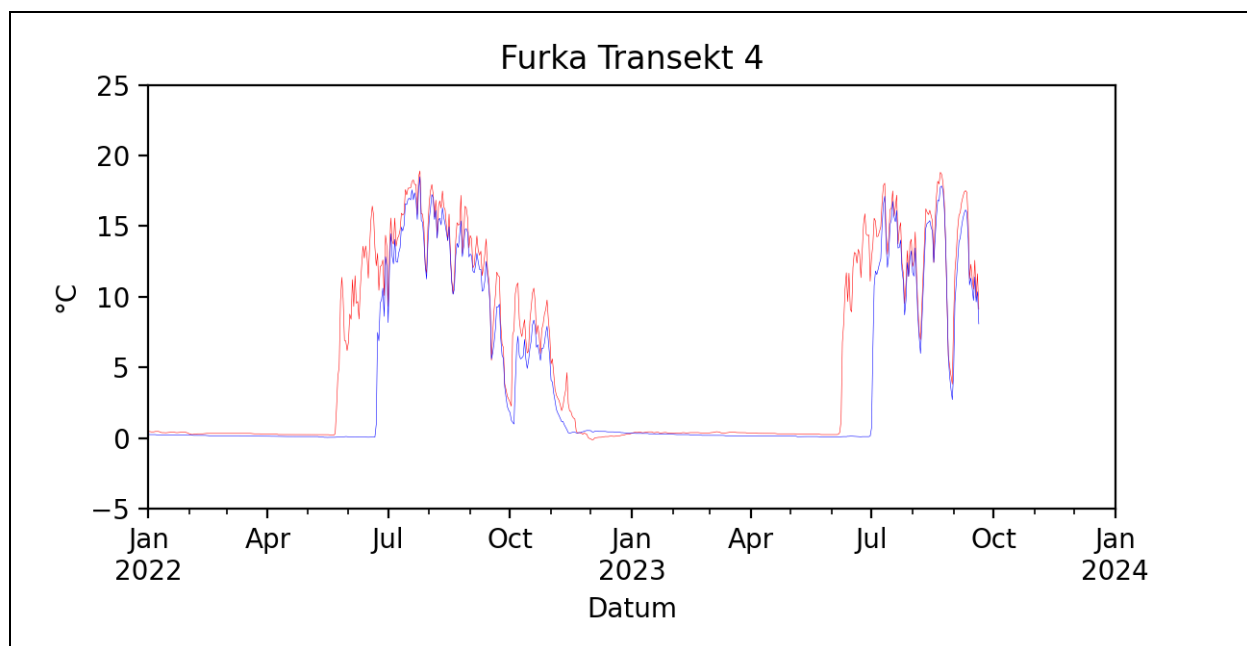


Abbildung 33: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 4 im Furka für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, T: blau

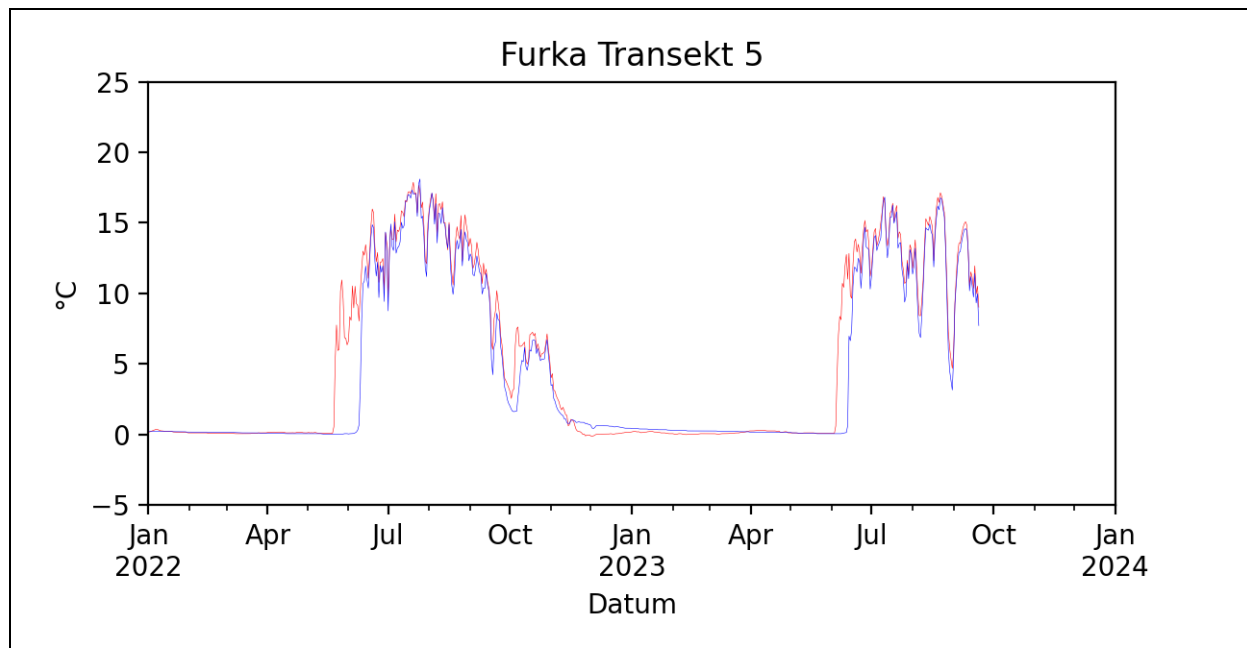


Abbildung 34: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 5 im Furka für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, T: blau

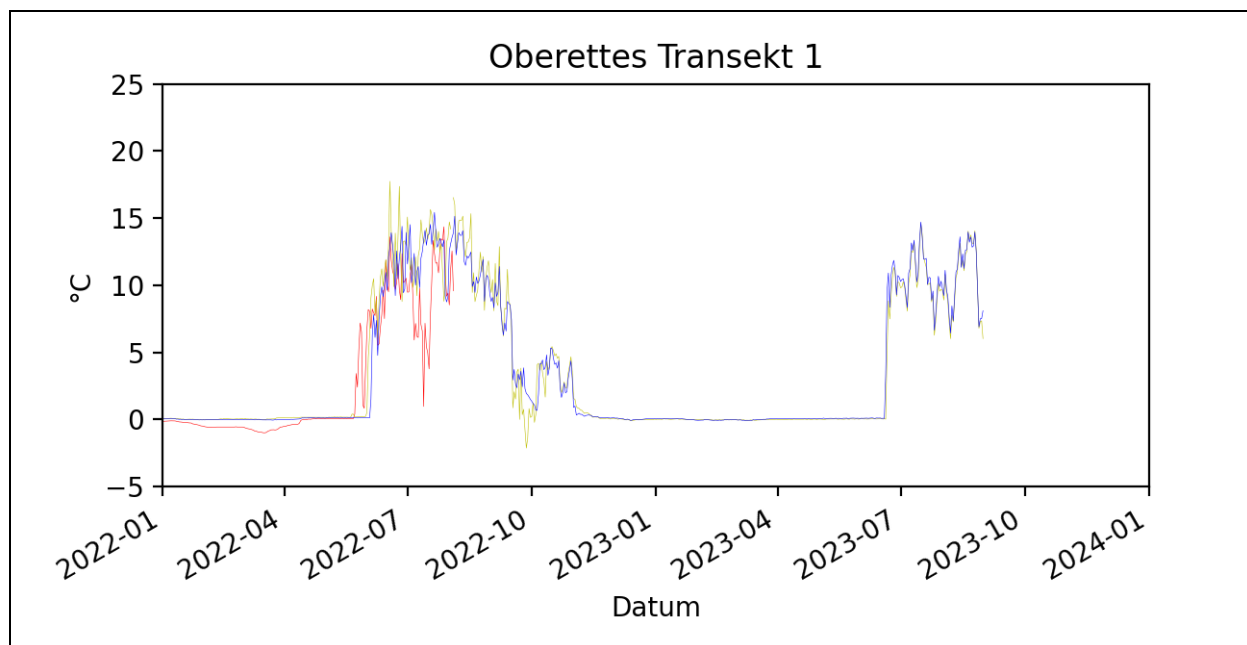


Abbildung 35: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 1 im Oberettes für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

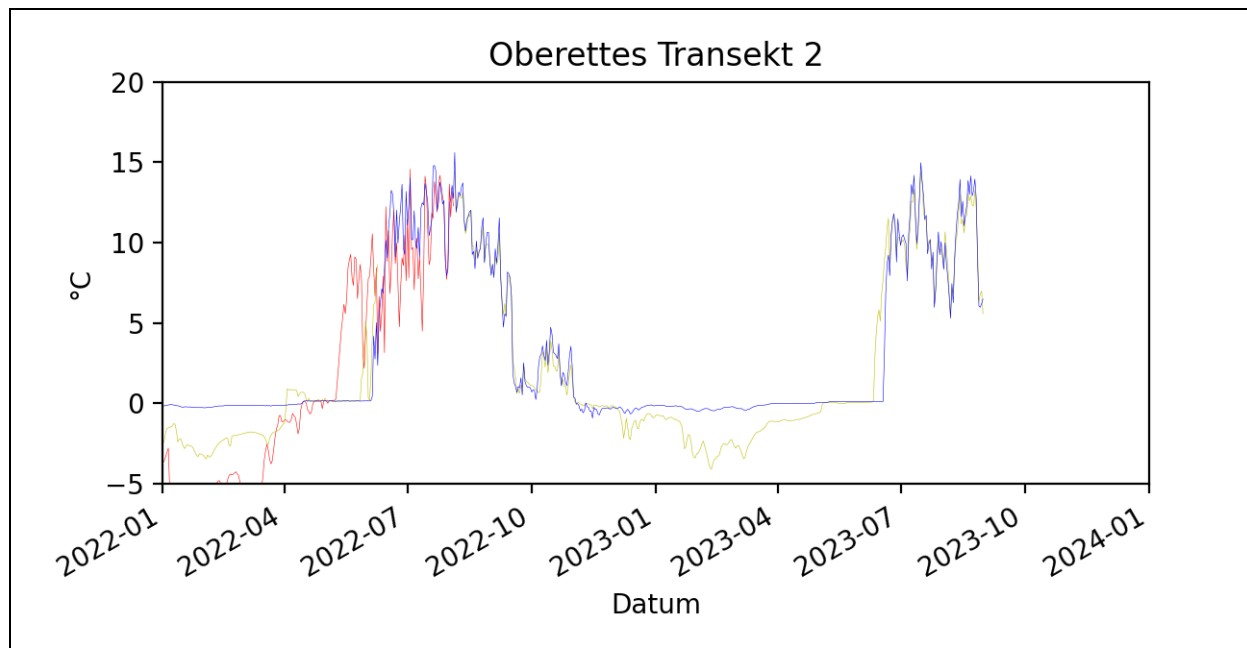


Abbildung 36: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 2 im Oberettes für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau

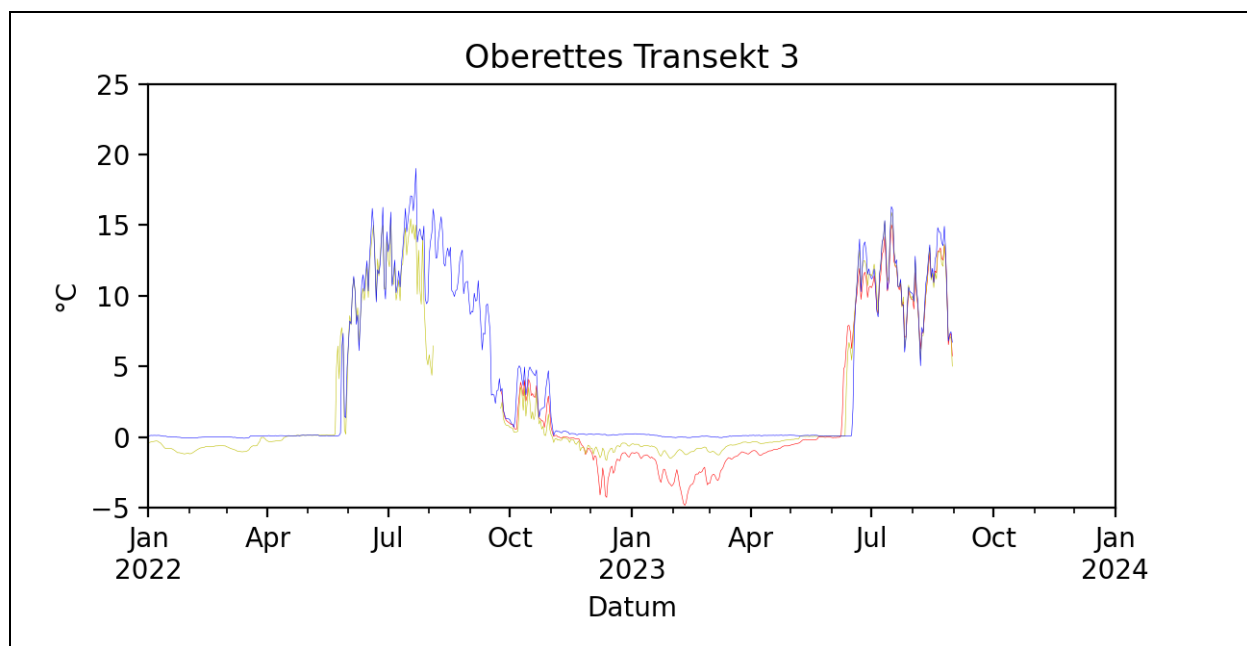


Abbildung 37: Detaillierter Temperaturverlauf der Bodentemperatur für den Transekt 3 im Oberettes für die Jahre 2022 bis 2024. H: rot, M: gelb, T: blau



Medieninhaber und Herausgeber, Verleger:

Nationalparkrat Hohe Tauern

Kirchplatz 2, 9971 Mauterndorf

Tel.: +43 (0) 4875 / 5112 | E-Mail: nationalparkrat@hohetauern.at



www.hohetauern.at