NATIONAL PARKS AUSTRIA

Nationalpark® Hohe Tauern



universität innsbruck
Institut für Ökologie

eurac research

LTSER Matsch I Mazia

ALP FOR

Universität Basel

Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen - Methoden-Handbuch

Modul 01: Standortklima, Bodenphysik, Bodenchemie und pflanzliche Produktivität (Version: 06/2019)

Mit Unterstützung von Bund und Europäischer Union

Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus

LE 14-20 Entwicklung für den ländlichen Raum

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums: Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete.

www.hohetauern.at

Impressum

Für den Inhalt verantwortlich: Christian Newesely und Ulrike Tappeiner / Universität Innsbruck, Christian Körner / Universität Basel
Nationalparkrat Hohe Tauern, Kirchplatz 2, 9971 Matrei i.O.
Projektleitung: Ulrike Tappeiner und Christian Körner
Titelbild: Ein Transekt im Untersuchungsgebiet Innergschlöss (2350 m üNN) wird beprobt (2017). © Newesely

Zitiervorschlag: Newesely C, Tappeiner U, Körner C (2019) 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

Weblink:
https://verlag.oeaw.ac.at und http://www.parcs.at/npht/mmd_fullentry.php?docu_id=38609

Innsbruck, 16.6.2019

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 6
Anwendungsbereich / Handlungsfeld 9
Zielsetzung 9
Vorbereitungsarbeit und benötigtes Material 9
a. Präambel 9
b. Material für die Erfassung der klimatischen Standortparameter im Feld 10
i. Lufttemperaturmessung 10
ii. Bodentemperaturmessung 10
c. Material für die Auswertung der erhobenen Temperaturen 10
d. Material für die Probennahme zur Bodenanalyse im Feld 10
e. Material für die Laboranalysen der Bodenproben 11
f. Material für Weideausschlusskorb (nur nötig bei massiver Beweidung) 12
g. Material für die Probennahme zur Biomasse im Feld 12
h. Material für die Laboranalysen zur Biomasse 12
Arbeitsablauf Probennahme 13
a. Lage der Transekte 13
b. Erklärung zum Standard-Protokoll 14
c. Geländearbeiten: klimatische Standortparameter 15
i. Lufttemperatur 15
ii. Bodentemperaturen 16
Vorbereitung der Logger 16
Einbau der Logger 16
d. Geländearbeiten: physikalische und chemische Bodenparameter 18
e. Geländearbeiten: Biomasse 19
i. Vorbereitung der Probennahme 19
ii. Auswahl der Beprobungsflächen innerhalb der Transekte 20
iii. Oberirdische Biomasse: Probennahme 22
iv. Unterirdische Biomasse: Probennahme 23
Arbeitsablauf Probensortierung und -analyse 23
a. Laboranalysen: physikalische und chemische Bodenparameter 23
i. Lagerung der Proben 23
ii. Probenvorbereitung 23
Ungestörte Proben (Zylinderproben) 23
Gestörte Proben 23
iii. Organische Substanz 24
iv. Bodenarchiv 24
b. Bodenwasserhaushaltsuntersuchung 25

i. Wasserretentionskurve (pF-Kurve) ... 25
ii. Korngrößenanalyse ... 25
Chemischer Aufschluss des Bodens ... 26
Analyse des Sandanteils ... 26
Analyse des Feinanteils (Schluff, Ton) ... 26
c. Bodenchemische Untersuchungen ... 27
d. $\delta^{15}N$ Untersuchungen ... 27
e. Laboranalysen: Biomasse ... 28
i. Oberirdische Biomasse: Probenverarbeitung ... 28
Details zur Sortierung ... 28
ii. Unterirdische Biomasse: Probenverarbeitung ... 30
Datenverarbeitung ... 31
a. Lufttemperatur ... 31
b. Bodentemperaturen ... 32
c. Physikalische und chemische Bodenparameter ... 33
d. Biomasse ... 33
Qualitätssicherung ... 33
a. Feldarbeit – Lufttemperatur ... 33
b. Feldarbeit – Bodentemperaturen ... 34
c. Laborarbeit – Luft- und Bodentemperaturen ... 34
d. Datenverarbeitung – Luft- und Bodentemperaturen ... 34
e. Feldarbeit – Bodenphysik und Bodenchemie ... 34
f. Laborarbeiten – Bodenphysik und Bodenchemie ... 35
g. Datenverarbeitung – Bodenphysik und Bodenchemie ... 35
h. Feldarbeit – Biomasse ... 35
i. Laborarbeiten – Biomasse ... 35
j. Datenverarbeitung – Biomasse ... 36
Interpretation der wichtigsten Erhebungsparameter ... 36
a. Klimatische Standortparameter ... 36
b. Bodenphysik und Bodenchemie ... 36
c. Biomasse ... 37
Abbildungsverzeichnis ... 38
Literatur- und Quellenverzeichnis ... 40
a. Literaturverzeichnis ... 40
b. Quellenangaben / Links ... 40
i. Erfassung der klimatischen Standortparameter ... 40
ii. Erfassung der Bodenphysik ... 41
iii. Speziallabors, bei denen Analysen für die Bodenproben 2017/2018 durchgeführt wurden ... 41

iv. Details zu den Untersuchungsgebieten außerhalb des Nationalparks Hohe Tauern, die beide Teil des weltweiten LTER (Long Term Ecological Research) Netzes sind 41

Anhang 42

a. Vorlagen Standard-Protokoll für die Probenentnahmen an den terrestrischen Transekten .. 42

b. Vorlagen Standard-Protokoll für den Einbau der Mini-Einkanaldatenlogger 43

c. Zeitkalkulation 44

d. Beprobungsinterval 44

e. Koordinaten der meteorologischen Stationen 45

f. Kartenmaterial 49

g. Transektpläne der 2017 und 2018 erfolgten Probennahmen 51

h. Fotodokumentation 73

Einleitung

Ein Ziel der Forschung im Nationalpark Hohe Tauern (NPHT) ist es, den Zustand und die natürlichen Entwicklungen im Gebiet zu beobachten, zu verstehen und zu dokumentieren (Forschungskonzept Nationalpark Hohe Tauern 2020, 2007). Im Rahmen des Projektes „Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen", sollen in Langzeitbeobachtungen durch Umweltveränderungen hervorgerufene Veränderungen von alpinen Ökosystem sichtbar gemacht und untersucht werden. Dazu eignen sich von der Natur vorgegebene, ausgeprägte Umweltgradienten auf kleinem Raum, die als 'Experimente der Natur' die Möglichkeit bieten, ganze Serien von Existenzgrenzen mit vertretbarem Aufwand zu studieren (Körner, 2017). Derartige Umweltgradienten finden sich in ausgeprägter Form in topographiebedingten Schneeschmelzgradienten, die durch ein charakteristisches Ausaperungsmuster mit einem Gradienten der Schneebedeckungsdauer geprägt sind. Dieser beeinflusst sowohl abiotische Faktoren, wie Bodentemperatur und -feuchtigkeit, als auch die Habitateignung für Pflanzen, Bodentiere und Bodenmikroorganismen. Daher bedingen Schneeschmelzgradienten auch Gradienten der Artenverteilung. Derartige Isolinien dieser Existenzgrenzen sind empfindliche Indikatoren für die Wirkung von kleinklimatischen Veränderungen (vgl. Körner 2017). Für das terrestrische Langzeitmonitoring wurden daher bewusst in allen drei Teilen des NPHT Standorte über der Waldgrenze ausgewählt, wo sehr steile Schneeschmelzgradienten auf kleinstem Raum vorherrschen und entlang derer sich über wenige Meter Distanz die Lebensbedingungen für Pflanzen, Bodentiere und Bodenmikroorganismen drastisch ändern. Die ausgewählten Flächen aller 8 Module liegen im Kärntner Seebachtal (Abbildung 1), im Salzburger Ober- und Untersulzbachtal (Abbildung 2) und im Osttiroler Innergschlöss (Abbildung 3). Insgesamt wurden im NPHT 14 Transekte eingerichtet. Erfreulicherweise konnten auf Eigeninitiative von am Monitoringprogramm beteiligten Forschungsgruppen (Prof. Ch. Körner, Basel; Prof. U. Tappeiner, Innsbruck) in zwei LTER (Long-term ecological research) Gebieten weitere 8 Transekte eingerichtet werden. Diese weiteren Dauerbeobachtungsflächen am Furkapass in der Schweiz (LTER-Switzerland, Alpine Research Station Furka, ALPFOR, Abbildung 4) und im Matschertal in Italien (LTER- IT25 - Val Mazia/Matschertal, Abbildung 5) bieten die einmalige Gelegenheit, mit denselben Messprotokollen weitere echte Replikate im Raum zu erfassen und damit sowohl die Ergebnisse aus dem Monitoring im NPHT besser abzusichern, als auch großräumige Muster besser zu erkennen.



Abbildung 1: Standort Seebachtal (2300 m üNN, Ankogel) in Kärnten (Foto Körner 2017)



Abbildung 2: Standort Untersulzbachtal (2380 m üNN,) in Salzburg (Foto Körner 2017)



Abbildung 3: Standort Innergschlöss (2350 m üNN) in Tirol (Foto Körner 2017



Abbildung 4: Standort Furka, 2460 m üNN in den Schweizer Zentralalpen. Der Standort befindet sich in einem international anerkannten langzeitökologischen Untersuchungsgebiet (LTER-Switzerland, Alpine Research Station Furka, ALPFOR) (Foto Körner 2017)



Abbildung 5: Standort Matschertal (Oberettes, 2700 m üNN, Ötztaler Alpen) in Südtirol. Der Standort befindet sich in einem international anerkannten langzeitökologischen Untersuchungsgebiet (LTER- IT25 - Val Mazia/Matschertal) (Foto Körner 2018)

Die ausgewählten Transekte wurden in allen 5 Untersuchungsgebieten (3 im NPHT, IT und CH jeweils eine) im Bereich von Schneeschmelzgradienten ausgewählt. Diese Schneeschmelzgradienten hängen unmittelbar von der Topographie ab und haben sich daher auch über Jahrtausende kaum verändert. Veränderungen im globalen bzw. lokalen Klima wirken

sich daher auf derartige Schneeschmelzgradienten analog zu den Verschiebungen der Ausaperungszeit entlang eines größeren Höhengradienten auf kleinstem Raum aus und bieten damit ideale Monitoringstandorte. In diesem Methodenhandbuch werden die für das Langzeitmonitoring im NPHT eingesetzten Methoden zur Erfassung der klimatischen Standortparameter (Lufttemperatur, sowie Bodentemperaturen als Proxy für Schneeschmelzmuster), der physikalischen und chemischen Bodenparameter, sowie der ober- und unterirdischen Biomasse vorgestellt.

Anwendungsbereich / Handlungsfeld

Dieses Handbuch ist für Fachleute mit wissenschaftlichem Hintergrund in den Bereichen der ökologischen Feld- und Labormethoden in den Fachbereichen Biometeorologie, Bodenkunde, sowie Bestimmung der pflanzlichen Biomasse und Produktion konzipiert und beschreibt

(i) die methodische Vorgangsweise bei der Erfassung der klimatischen Standortparameter,

(ii) die Probennahme und Analysen von Bodenproben für bodenchemische und bodenphysikalische Untersuchungen,

(iii) die Probennahme und Analysen von Biomasseproben und deren weitere Bearbeitung.

Zielsetzung

Die Zielsetzung des Methodenhandbuchs ist die detaillierte Beschreibung der eingesetzten Methoden für

(i) die Charakterisierung der relevanten standortklimatischen Faktoren. Dies umfasst die Messung der Lufttemperatur, sowie der Bodentemperaturen als Proxys für die räumliche und zeitliche Schneebedeckung in den Transekten. Dazu werden neben der Erfassung der Lufttemperatur in 1,2 m Höhe in verschiedenen Bereichen der Transekte Mini-Einkanaldatenlogger in 3-4 cm Bodentiefe zur Messung der Bodentemperaturen eingesetzt, die entsprechenden Temperaturverläufe regelmäßig ausgelesen und deren jahreszeitlicher Verlauf dokumentiert. Die gewonnenen Daten zeigen sowohl interannuelle Variabilitäten, als auch längerfristige Trends im Standortklima auf. Zudem bilden sie die Grundlage für das Verständnis der Biomasseentwicklung, der bodenzoologischen und bodenmikrobiologischen Aufnahmen in den jeweiligen Untersuchungsjahren und dienen daher unmittelbar der Interpretation der Ergebnisse der entsprechenden Fachgebiete.

(ii) die grundlegende Charakterisierung der Böden auf den Untersuchungsflächen. Dazu gehören sowohl detaillierte Untersuchungen der Bodenphysik (Textur, Wasserhaushalt), als auch der Bodenchemie. Die erhobenen Parameter stellen eine wichtige Grundlage für die Interpretation der Daten anderer Fachbereiche wie der Bodenzoologie, der Bodenmikrobiologie, der Bodentemperaturen und des Pflanzenwachstums im terrestrischen Langzeitmonitoring dar.

(iii) die Analyse der Menge an gebildeter Biomasse im Verlauf der Vegetationsperiode entlang eines Schneeschmelzgradienten. Ein Vergleich der Daten über den gesamten Zeitraum des Monitorings (15 Jahre) soll Aufschluss liefern, inwieweit sich die Veränderung der globalen Temperaturen auf das Wachstum der Pflanzen auswirkt. Für die Interpretation der Daten ist die Kenntnis der genauen Ausaperungszeitpunkte (und damit der Dauer der Wachstumsperiode) entlang der Transekte notwendig, sowie die interannuelle Variabilität des Klimas.

Vorbereitungsarbeit und benötigtes Material

a. Präambel

Die Materialliste gibt die im Rahmen des Projektes (2016-2019) verwendeten Materialien und Geräte wieder. Vieles davon bleibt für ein langfristiges Monitoring gleich. Aufgrund des technischen Fortschritts ist allerdings zu erwarten, dass sich insbesondere bei der Sensorik bzw. den Messgeräten Neuerungen ergeben werden. So wurden etwa auch in der

Meteorologie die Standards für die Erfassung des Makroklimas an neuere Sensorik nur sehr langsam adaptiert, und dabei sehr genau analysiert, wie die Vergleichbarkeit der Daten in den langjährigen Messreihen gewährleistet werden kann. Es ist daher für den langfristigen Monitoringansatz wesentlich, dass bei einer zukünftigen Verwendung von weiterentwickelten Sensoren eine genaue Analyse stattfindet, ob und wie sich deren Werte - in Abhängigkeit vom physikalischen Messprinzip, der Auflösung, des Messbereichs und potentieller Messfehler - gegenüber den schon erhobenen Daten verändern werden. Üblicherweise wird dazu neben einer theoretischen Gegenüberstellung anhand der Spezifikationen in den Datenblättern, die Sensorik auch praktisch im Gelände verglichen. Dazu wird die alte und neue Sensorik parallel unmittelbar nebeneinander eingesetzt, um über eine längere Messreihe die entsprechenden Informationen zu erhalten. Für die Qualität eines langfristigen Monitorings ist es entscheidend, dass eventuelle Änderungen im Messprotokoll nur in wirklich begründeten Fällen stattfinden. Am Ende dieses Methodenkapitels sind daher auch die Links zu den technischen Datenblättern der verwendeten Sensorik angegeben. Es wird dringend geraten, die technischen Datenblätter in einem Repositorium abzulegen, sodass die technischen Spezifikationen bei Bedarf auch zu einem späteren Zeitpunkt jederzeit verfügbar sind.

b. Material für die Erfassung der klimatischen Standortparameter im Feld

i. Lufttemperaturmessung

- Lufttemperatur-Datalogger: HOBO Pro v2 Datenlogger mit internem Feuchte/Temperatur-Sensor U23-001 {Onset Computer Corporation}
- Lamellen-Schutzgehäuse für exakte Messungen des Temperatur-Feuchte-Sensors Solar radiation shield RS1, {Onset Computer Corporation} inklusive einer passenden Halteschelle (U23 Clamp Kit, {Onset Computer Corporation}
- Montagemast (mindestens 1,5 m langes Edelstahlrohr mit 3cm Durchmesser)
- Montageplatte mit 3 Schraubbolzen zur Fixierung auf einer Felsplatte
- 3 Edelstahlseile, die im Winkel von je 120° angeordnet, die Montagestange an weiteren im Fels verschraubten Ankerpunkten fixiert
- Datenausleseeinheit: Onset-U-DTW-1 (HOBO Waterproof-Shuttle), {Onset Computer Corporation}

ii. Bodentemperaturmessung

- Datalogger: iButton DS 1922L, {Maxim Integrated}
- iButton Schutzkapsel, wasserfest: SL50-ACC06-PK1, {Maxim Integrated}
- Für Neuanschaffung ist die neue Datalogger-Type MF1925L {Maxim Integrated} zu verwenden
- Metallsuchgeräte (Leitungssuchgerät)
- Spachtel (5 cm)

c. Material für die Auswertung der erhobenen Temperaturen

- Ausleseeinheit: Onset-U-DTW-1 (HOBO Waterproof-Shuttle), {Onset Computer Corporation}
- 1-Wire USB Adapter: DS9490R, {Maxim Integrated}
- iButton Lesegerät: DS1402D, {Maxim Integrated}
- Neu: Leseeinheit für iButtons der MF-Serie: MF1402, {Maxim Integrated}
- PC/Laptop mit entsprechender Software

d. Material für die Probennahme zur Bodenanalyse im Feld

- Messgitter (3 Stk. 10x1 m, 1 m Maschenweite, Eigenbau, konstruiert durch die Projektpartner der Universität Innsbruck und von Eurac Research, Bozen)
- Spachtel (5 cm)

- Bodenmesser (ca. 20 cm lang)
- Bodenstechzylinder 100 cm^3 inkl. eines Schutzblocks (z.B. von {Meter Group}, 5 cm Durchmesser)
- Einschlagwerkzeug (z.B. von {Meter Group})
- Hammer (1 kg)
- Gefrierbeutel (1 l oder größer)
- Standard Protokollvorlagen für die entsprechende Messfläche
- Bleistift
- Permanentstift

e. Material für die Laboranalysen der Bodenproben

- Trockenschrank mit thermostatischer Regelung (allg. Laborausstattung)
- Gefrierschrank (z.B. {Liebherr})
- Kühlkammer oder Kühlschrank, (allg. Laborausstattung)
- Thermostatisierbares Wasserbad, mindestens 5°C über Raumtemperatur bis +95°C (allg. Laborausstattung)
- Elektronische Analysenwaage mit einer maximalen Fehlergrenze von 0.1 mg (allg. Laborausstattung)
- Muffelofen, geeignet zur Bestimmung der organischen Substanz und des Kohlenstoffgehalts in Böden durch Verglühen, mit einer Temperatur von 550 ± 25°C
- Analysesystem zur Messung und Bestimmung der Wasserretentionsfunktion und der hydraulischen Leitfähigkeit. Für die Analyse der Bodenproben 2017/2018 wurde das System HYPROP® 2 {METER Group} verwendet. Das Messprinzip des HYPROP® 2 beruht dabei auf einer gleichzeitigen Messung der Bodensaugspannung und der Veränderung des Gewichts der Probe. Die Daten werden dabei in einer ungestört entnommenen Bodenprobe (Zylinderprobe) ermittelt
- Analysesystem zur automatisierten Korngrößenanalyse: Für die Analyse der Bodenproben 2017/2018 wurde das System PARIO {METER Group} verwendet. Dieses Messsystem arbeitet in Anlehnung an die ÖNORM L 1061-2 grundsätzlich nach dem Sedimentationsverfahren nach Köhn
- Rüttelsieb mit Einsätzen 2 mm, 630 µm, 200 µm, 63 µm (allg. Laborausstattung)
- Sprühbrause mit Schlauch
- Porzellanschalen oder -tiegel mit hitzebeständiger Markierung, geeignet zum Ausglühen von Bodenproben im Muffelofen bei Temperaturen von 550°C
- Exsikkator mit aktivem Trockenmittel zum Abkühlen der Probe
- Pinzetten
- div. Pinsel
- Wasserstoffperoxyd / H_2O_2 15%
- Natriumpyrophosphat (Lösung 0,1 M)
- Messpipette 25 ml
- Saugball
- Erlenmeyerkolben Weithals 250 ml
- Becherglas 1 l
- Abdampfschalen 100 ml

- Wägeschalen (allg. Laborausstattung)
- Eppendorf Safe-Lock Tubes (5 ml)
- Satrabecher mit Deckel (250 g)
- Filterpapier (z.B. {Melitta Nr. 1})
- Gummiringe
- Kartonschachteln (20x15x10cm)
- Etiketten für Bodenarchiv: Zweckform L6011

f. Material für Weideausschlusskorb (nur nötig bei massiver Beweidung)

- Weideausschlusskörbe (L x B x H = 28,6 x 28,6 x 18,2 cm) aus verzinktem Metallgitter mit einer Maschenweite von 2,6 cm (Eigenbau, konstruiert durch Eurac Research, Bozen)

g. Material für die Probennahme zur Biomasse im Feld

- Scheren (passend je nach Handgröße)
- Nägel (10 cm Länge)
- Schnur (Durchmesser ca. 1-2 mm)
- Messgitter (3 Stk. 10x1 m, 1 m Maschenweite, Eigenbau, konstruiert durch die Projektpartner der Universität Innsbruck und von Eurac Research, Bozen)
- Papiersäcke (Größe: 18x26 cm und 12x25 cm für Archivierung der getrockneten Biomasse)
- Maßstab
- Spachtel (5 cm)
- Bodenmesser (ca. 20 cm lang)
- Bodenstechzylinder 100 cm3 inkl. eines Schutzblocks (z.B. von {Meter Group}, 5 cm Durchmesser)
- Einschlagwerkzeug (z.B. {Meter Group})
- Hammer (1 kg)
- Gefrierbeutel (1 l oder größer)
- Standard Protokollvorlagen für die entsprechende Messfläche
- Bleistift
- Permanentstift
- Standard Protokollvorlagen für die entsprechende Messfläche

h. Material für die Laboranalysen zur Biomasse

- Trockenschrank
- Kühlkammer oder Kühlschrank, (No Frost; 0°C)
- Elektronische Analysenwaage mit einer maximalen Fehlergrenze von 0.1 mg, einem Windschutz, max. Wägebereich bis 220 Gramm
- Exsikkator mit aktivem Trockenmittel zum Abkühlen der Probe
- Pinzetten
- Bleistift, Permanentstift
- Papiersäcke (Größe: 18x26 cm und 12x25 cm für Archivierung der getrockneten Biomasse)
- Etiketten für Biomassearchiv: Zweckform 3658

Arbeitsablauf Probennahme

a. Lage der Transekte

Für die Untersuchungen im Rahmen des Langzeitmonitoringprogramms im NPHT wurden in den 3 Nationalparkteilen insgesamt 14 Transekte im Bereich von Schneeschmelzgradienten eingerichtet. Entsprechend der standörtlichen Möglichkeiten wurden im Innergschlöss (IN) fünf, im Seebachtal (SE) drei und im Untersulzbachtal (UN) sechs Schneeschmelzgradienten als Transekte ausgewählt. Zusätzlich wurden aber noch weitere Transekte im Bereich der Furka (FU, 5) in der Schweiz und in Oberettes (OB, 3) im Südtiroler Vinschgau ausgewählt. Die Wahl der Standorte und der Transekte erfolgte nach den Kriterien von Körner (2019). Die Transekte sind derartig ausgewählt, dass sie einen Gradienten vom lokalen Optimum der Vegetationsentwicklung ('K') zum lokalen Pessimum der Vegetationsentwicklung ('T') und damit auch einen Gradienten der ‚Habitatgunst' abbilden. Diese Gradienten sind eine Folge der Hangneigung und sind auch dem Ausmaß der Schneeverfrachtung zuzuschreiben. Die Transekte erstrecken sich über 7 bis 10 Meter Länge. Aufgrund der natürlichen Gegebenheiten im Gelände ist es unmöglich, Transekte so zu legen, dass Klima, Boden und Vegetation sich kontinuierlich (gleichmäßig) von Meter zu Meter ändern.

Jeder Transekt hat einen zentralen Bereich mit einer Breite von einem Meter. Dieser wurde seitlich nach links und rechts um 1 m erweitert, sodass schließlich drei Streifen von unten nach oben mit Nr. 1-5 (bis maximal 8) existierten. Dem untersten Quadrat 1 folgte darunter das Feld 'T', dem obersten Quadrat folgte nach oben zu das oberste Feld 'K'. Diese drei 1 m breiten Streifen wurden von links nach rechts mit A, B, C bezeichnet. Der zentrale Streifen B von B1 bis B5…B8 ist nicht destruktiven Befundungen vorbehalten (photographische Dokumentation, Arteninventar) und darf durch das Monitoring keine Störungen erfahren. Alle destruktiven Beprobungen fanden somit von AT bist AK sowie von CT bis CK statt. Auch die Felder BK und BT standen für destruktive Beprobungen zur Verfügung. Zwischen diesen Endpunkten 'T' und 'K' liegen A-1 bis A-5…8 und C-1 bis C-5…8. Mit allen 'T' und 'K' Feldern hat ein Transekt somit maximal 10 Felder Länge (10 m). Ein Beispiel für einen derartigen Transekt mit dem zugehörigen Transektplan sowie einer Fotoübersicht zeigt Abbildung 6.

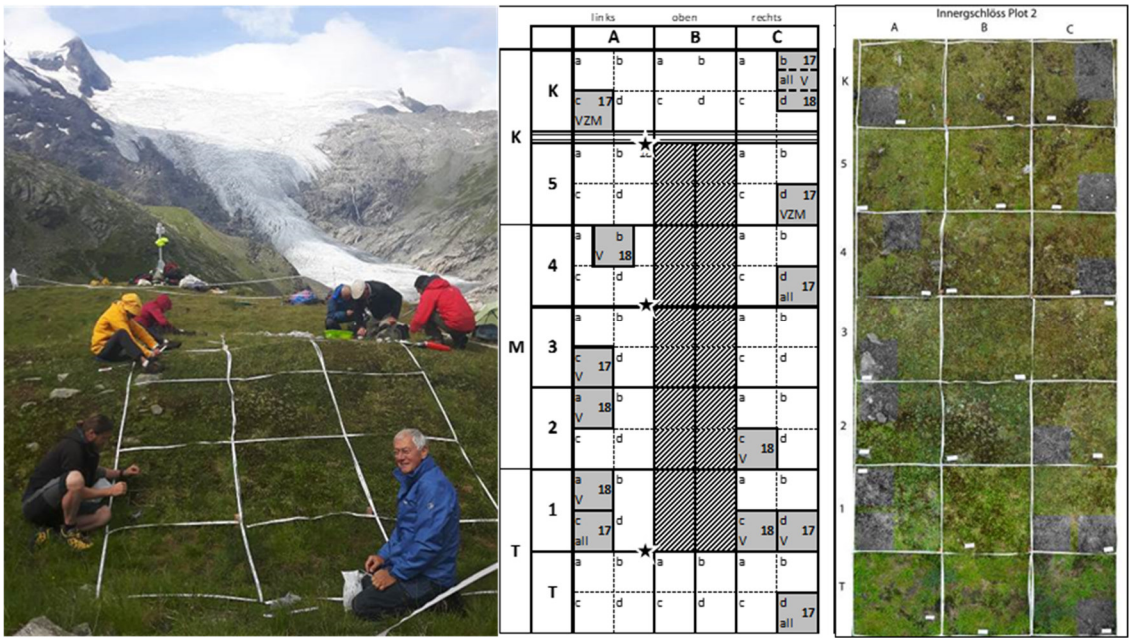


Abbildung 6: Messgitter im Gelände am Transekt, zugehöriges Protokoll und Foto (Beispiel: Transekt 2 Innergschlöss 2017). Fotos: Newesely (links), Eurac Research (rechts), Bearbeitung Newesely

Jeder dieser Transekte ist durch Markierungspfosten an den oberen und unteren Ecken, sowie in der Mitte des mittleren Streifens gekennzeichnet. Zusätzlich ist in der oberen rechten Ecke ein Markierungsstift aus Edelstahl eingebaut. Die Transekte sind zusätzlich noch am oberen und am unteren Ende durch Vermessungsmarken gekennzeichnet. Die Vermessungsmarken wurden von Thomas Eberl und Roland Kaiser, verantwortlich für Modul 2 (Botanisch /

Vegetationskundliche Analysen) gesetzt, sowie eine detaillierte Dokumentation dazu erstellt. Diese findet sich im Anhang in Abbildung 25 (Seite 47) und Tabelle 7 (Seite 48).

Für die Beprobung wird zwischen diesen Markierungspfosten und jeweils links und rechts daneben ein Messgitter mit 10 x 1 m und einer Maschenweite von 1 m gespannt. Die durch das Auflegen des Messgitters entstehenden Messquadrate entsprechen den Quadraten in den jeweiligen Transektplänen (Abbildung 6 und Anhang) und werden wiederum von unten (für die Vegetationsentwicklung pessimal) nach oben (für die Vegetationsentwicklung optimal) mit den Bezeichnungen 'T', 1, 2, 3, 4, 5, ..., 'K' beschriftet. Dabei entspricht, wie oben bereits beschrieben, 'T' dem tiefsten (pessimalsten) Punkt und 'K' dem höchsten (optimalsten) Punkt. Bereiche in der Mitte werden unter der Bezeichnung 'M' zusammengefasst.

Weiters erwies es sich aufgrund des Arbeits/Zeitaufwandes als nicht machbar, bei der Beprobung alle 1 m Quadrate zu beproben. Durch den langen Auf- und Abstieg zu/von den Standorten blieb für die Geländearbeiten, selbst an langen Sommertagen, nur ein gewisser Zeitrahmen zur Verfügung. Für die besonders arbeitsaufwändigen Analysen im Gelände bedeutete dies, dass pro Transekt nur 3 Proben genommen werden konnten: je eine aus dem untersten, mittleren und obersten Bereich. Da vielfach 2 (oder gar 3) Bodentiefen beprobt wurden, gab das bei 5 Transekten 30 Proben pro Thema für einen Standort, bei 5 Themen (Bodenphysik, Bodenchemie, Bodenzoologie, unterirdische Biomasse, Mikrobiologie) somit 150 Proben. Deshalb wurden Proben aus allen 'K' Quadraten mit Proben aus dem unterhalb von 'K' liegenden Feld 5....8 in eine Sammel-Kategorie 'K' gepoolt. Analog wurde bei Proben aus dem Umfeld von 'T' vorgegangen. Proben aus den mittleren 3(-4) Feldern wurden in 'M' gepoolt. Bei kurzen Transekten wurde nur das jeweils letzte Feld vor 'T' oder 'K' bei der Poolung einbezogen, bei sehr langen Transekten konnten es auch die letzten 2 sein. Ein weiterer Grund spricht für dieses Zusammenfassen: Im Hochgebirge ändert sich Substrat, Mikroklima, Bewuchs im Maßstab von wenigen Zentimetern. Es kann also durchaus sein, dass ein Quadratmeter in 'T' üppig ist und einer gleich daneben vegetationslos ist. Indem die Kategorien 'T', 'M' und 'K' breiter besetzt wurden, konnte diese Mikro-Habitat-Variabilität etwas aufgefangen werden. Eine meterweise Abbildung aller Transekte wäre bei destruktiver Beprobung nicht machbar und würde eine Wiederbeprobung stark erschweren bis unmöglich machen. So zeigen Erfahrungen in vergleichbarer Höhenlage, dass es selbst bei weniger invasiven Beprobungen, wie die Ernte der pflanzlichen oberirdischen Biomasse, ca. 3 Jahre braucht, damit sich die Vegetation soweit erholt, dass auf denselben Flächen wieder von der vorherigen Ernte unbeeinflusste Beprobungen durchgeführt werden können. Daher wurde beschlossen, für die weniger invasiven Beprobungen (pflanzliche oberirdische Biomasse) jährlich an 6 Subquadraten pro Transekt zu beproben. Für die Analysen wurden die Proben ebenfalls in 'T', 'M', 'K' Bereiche gepoolt, wie oben beschrieben.

Die Bodentemperaturdaten wurden konsequent immer an der Position 'T', 'M', 'K' genommen und zwar an der äußeren hangabliegenden Kante von 'K', an der oberen, hangaufwärts liegenden Kante des Feldes 'T' und an der mittelsten Kante zwischen zwei Quadraten in 'M' (an 'M' wurde nicht immer gemessen).

b. Erklärung zum Standard-Protokoll

Alle Beprobungsstellen sind feldweise in den sog. Transektplänen protokolliert (vgl. dazu im Anhang Abbildung 23, sowie Abbildung 30 bis Abbildung 51). Im jeweiligen Transektplan werden verschiedene Kurzbezeichnungen verwendet. Die Quadrate innerhalb eines Transektes werden jeweils in vier Subquadrate à 50 x 50 cm eingeteilt, die von oben links nach unten rechts mit den Kleinbuchstaben a bis d bezeichnet werden. Die Bezeichnung der Subquadrate erfolgt analog einem Schachbrett. Daraus ergibt sich dann die jeweilige Nummer des Subquadrats auf dem die Beprobung stattfindet (z.B. Untersulzbachtal, Plot 1: UN1_C1a). Innerhalb dieser Subquadrate werden die eigentlichen Probenflächen entsprechend der Beprobungsmöglichkeit (20 x 20 cm) ausgewählt. Im Gelände werden bei der Beprobung entsprechende Protokollblätter (entspricht den Transektplänen im Anhang) ausgefüllt. Dazu wird bei „Ort" der Standort (Furka, Innergschlöss, Oberettes, Untersulzbach, Seebachtal) mit der entsprechenden Abkürzung, die am Transektplan auch angegeben ist (FU, IN, OB, UN, SE) eingetragen, bei „Plot-Nr." steht die Nummer des Transektes im jeweiligen Untersuchungsgebiet (vgl. dazu für den NPHT Abbildung 27 bis Abbildung 29), bei „Datum" das Datum der Probennahme im Gelände, bei „Name" der Namen der Person, die die Beprobung durchführt(e), und bei „Zweck" die jeweiligen Fachbereiche, für die beprobt wurde (Biomasse steht für Probenentnahme der oberirdischen Biomasse, Boden für Probenentnahmen zur Bodenphysik, Bodenchemie und unterirdischen Biomasse, Zoologie für zoologische und bodenmikrobiologische Beprobungen). Angegeben wird auch in den entsprechenden Subquadraten, für welchen Fachbereich in den einzelnen Subquadraten Proben entnommen wurden: „all" steht für Probenentnahmen in allen unter „Zweck" angegeben terrestrischen Bereichen, „V" für Probenwerbung zur Bestimmung der oberirdischen Biomasse, „Z" für zoologische und „M" für bodenmikrobiologische Probennahme und „VZM" für Probennahme zur Biomasse,

Bodenmikrobiologie und Zoologie. Zudem werden noch die Jahreszahlen der Beprobung (17 = 2017, 18 = 2018), in den Subquadraten angegeben. „Feldcode" gibt die Bezeichnung des Subquadrats an, auf die sich die danebenstehende Anmerkung bezieht. „Anmerkung": spezielle Anmerkungen, die bei der Probenentnahme gemacht werden. In der Regel betrifft dies bei der Entnahme von Proben für die bodenphysikalischen und bodenchemischen Analysen die Bodentiefen der entnommen Probe, sowie die Nummer des Bodenzylinders, mit dem die Probe entnommen wurde, damit man diese im Labor genau zuordnen kann (z.B. Boden 1-6, 128 bedeutet, dass eine Zylinderprobe mit dem Bodenzylinder 128 in der Bodentiefe 1 bis 6 cm entnommen wurde, 6-11 #nv bedeutet, dass die Bodentiefe nicht ausreichte, um eine Probe für die zweite Tiefenstufe zwischen 6 und 11 cm zu entnehmen) und für die Bodenzoologie die Entnahmetiefen (z.B.: Zoo 1-5, 5-10). „'K', 'M', 'T'" markieren den Transektverlauf (vgl. S. 14). Zusätzlich können noch einzelne, im Wesentlichen für den Probenwerber wichtigen Anmerkungen eingetragen werden.

c. Geländearbeiten: klimatische Standortparameter

i. Lufttemperatur

Für die Erfassung der Lufttemperatur wurden an den 3 Standorten des NPHT einfache Temperatur und Luftfeuchtigkeit Logger (HOBO Pro v2 Datenlogger mit internem Feuchte- /Temperatur-Sensor U23-001 {Onset Computer Corporation} mit einem Temperaturmessbereich von -40° bis 70°C, einer Genauigkeit von ±0.21°C zwischen 0° und 50°C und einer Auflösung von 0.02°C bei 25°C. auf 1,2 m über Grund montiert. Da die Lufttemperatur an Gebirgsstandorten sehr stark von der Topographie geprägt ist, war es notwendig, unmittelbar an den jeweiligen Standorten Messungen der Lufttemperatur durchzuführen. An den beiden LTER-Standorten Furka (CH) und Oberettes (I) waren bereits unmittelbar in der Nähe der Transekte Makro- bzw. Mikroklimastationen vorhanden.

Bei der Messung meteorologischer Parameter sind sowohl bestimmte Anforderungen an den Standort, als auch an die Aufstellung der Sensoren zu beachten (vgl. dazu Geiger et al. 2003). Wesentlich für die Auswahl des Standortes ist die Repräsentanz für die Umgebung. Im Gebirge spielen Mulden und Kanten, die das Windfeld beeinflussen, eine große Rolle. Wind transportiert u.a. Energie und beeinflusst damit auch Luft- und Bodentemperaturen. Daher ist zu beachten, dass die freie Exposition der Station gegenüber meteorologischen Einflussgrößen gewährleistet sein muss. Allerdings sind die Anforderungen bei einer Messung der Lufttemperatur geringer als bei der Erfassung etwa von Strahlungsintensitäten oder Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Nach Auswahl des jeweiligen geeigneten Messstandortes wurden einfache Montagemasten stabil mit dem Untergrund verbunden. Der Mast für den Temperaturlogger zur Messung der Lufttemperatur an den Standorten Untersulzbachtal und Seebachtal besteht aus einem ca. 1,5 m langen Edelstahlrohr mit 3 cm Durchmesser, welches auf einer Montageplatte fixiert ist. Die Montageplatte wurde mit 3 Schraubbolzen fix in eine Felsplatte geschraubt. Der Mast selbst ist zusätzlich mittels drei, im Winkel von je 120° angeordneter Edelstahlseile, an weiteren im Felsen verschraubten Ankerpunkten fixiert (vgl. Abbildung 7). In Innergschlöss wurde der Mast mittels größerer Steine im Boden fixiert. Auch dieser Mast ist in drei Richtungen verspannt.

Da alle Lufttemperatursensoren im Freiland in Abhängigkeit von ihrem Verhältnis Oberfläche/Volumen Strahlungsmessfehler aufweisen, müssen die Sensoren mit einem gut belüfteten Strahlungsschutz versehen werden. Die Datenlogger mit internem Feuchte- /Temperatur-Sensor befinden sich daher in einem Strahlungsschutzgehäuse (Solar radiation shield RS1, {Onset Computer Corporation}), das mit Halteschellen (U23 Clamp Kit, {Onset Computer Corporation}) an den Masten befestigt ist. Die verwendeten Sensoren und der entsprechende Strahlungsschutz sind besonders für den Einsatz im alpinen Gelände geeignet, da sie sehr robust sind, die Installation einfach ist, der Strahlungsschutz UV- und witterungsbeständig ist, die natürliche Belüftung der Sensoren gewährleistet wird, Lichtdurchlässigkeit und Strahlungsdurchlässigkeit nahezu eliminiert werden, sowie eine Rückführung der erwärmten Luft in den Ventilationskreis vermieden wird. Mittels der Logger werden die Daten der Lufttemperatur und der Luftfeuchte mit einem Messintervall von 1 Stunde erfasst und im Logger bis zum Auslesen der Daten gespeichert. Da für die aktuelle Fragestellung vor allem die Messung der Lufttemperatur von Bedeutung ist, wurden die Luftfeuchtewerte nicht weiter ausgewertet. Sie könnten aber weiterführende Analysen für andere Fragestellungen ermöglichen und bieten auch eine gewisse Interpretationshilfe falls die Messdaten der Lufttemperaturen Auffälligkeiten aufweisen.



Abbildung 7: Klimastation Seebachtal. Eingerichtet am 9.8.2018 (Foto Newesely)

Zeitaufwand: Vorbereitung der Logger, Test der Logger im Labor: ca. 8 Personenstunden/Klimastation; Antransport ins Gelände, Zu- und Abstieg abhängig von der Lage der Standorte und deren Erreichbarkeit; Auswahl des geeigneten Standortes, Einbau des Montagemasten, sowie Montage der Sensorik: ca. 2 Personenstunden/Klimastation

ii. Bodentemperaturen

Vorbereitung der Logger

Für die Messung der Bodentemperaturen wurden Datalogger der Type iButton (DS1922L, {Maxim Integrated}) eingesetzt. Diese Logger haben eine ausreichende Genauigkeit mit einer Auflösung von 0,5°C (Temperaturbereich -40°C bis +85°C), bei einer maximalen Anzahl von 8192 gespeicherter Messdaten. Die Logger sind in einem Edelstahl-Gehäuse mechanisch ausreichend für den Einsatz unter den hier vorherrschenden schwierigen Bedingungen geeignet. Gegen Feuchtigkeit ist aber ein weiterer Schutz nötig, in unserem Fall wurden sie in einer Silikon-Schutzkapsel eingebaut. Technisch gesehen arbeiten die Logger auf dem sogenannten OneWire Standard und müssen daher mit Hilfe eines speziellen OneWire Adapters (DS9490R + DS1402D) und der zugehörigen OneWireView Software (Installation über https://www.maximintegrated.com/en/products/ibutton/ibutton.html) mit dem PC verbunden werden. Die Logger werden mit dieser Software im Büro vorbereitet und für die Messung programmiert. Dabei ist nach Manual der Software vorzugehen. Das Messintervall ist auf 3 Stunden (=10800 Sek) einzustellen. Der Startzeitpunkt der Messung sollte auf 00:00 Uhr des Tages eingestellt werden, an dem die Logger eingebaut werden. Dadurch wird die Datenauswertung erleichtert, da die Datenaufzeichnung für alle Logger synchron arbeitet. Die Logger werden mit eindeutigen Nummern versehen, die dann im Gelände in den Aufnahmeblättern (Anhang, Abb. 24) vermerkt werden. Außerdem sollte eine Tabelle erstellt werden, in der die interne 16-stellige hexadezimal-Nummer des Loggers mit der vergebenen Nummer verknüpft wird. Da die 16-stellige hexadezimal-Nummer im Datenfile des Loggers mit abgespeichert wird, kann die Nummer und damit auch die Position der Messung über diese Tabelle auch nachträglich festgestellt werden.

Zeitaufwand: ca. 5 Personenminuten/Logger

Einbau der Logger

Der Einbau der Logger im Gelände erfolgt transektweise. Pro Transekt werden jeweils 3 Logger eingebaut, und zwar konsequent immer an der Position ‘T’, ‘M’, ‘K’ an der äußeren hangabliegenden Kante von ‘K’, an der oberen, hangaufwärts liegenden Kante des Feldes ‘T’ und an der Kante zwischen zwei Quadraten in ‘M’. Dazu werden die Logger unmittelbar neben den Markierungspfosten an den oberen und unteren Ecken, sowie in der Mitte des mittleren Streifens eingebaut.

Die Position der Logger ist daher je nach örtlicher Möglichkeit jeweils unmittelbar neben den Markierungspflöcken in den Streifen A oder C.

Tabelle 1: Einbauorte der Logger im NPHT

Gebiet	Transekt	Position	Richtung	Bezug
Seebachtal	SE1	K	östl.	Pflock Ost
Seebachtal	SE1	M	östl.	Pflock Ost
Seebachtal	SE1	T	östl.	Pflock Ost
Seebachtal	SE2	K	östl.	Pflock Ost
Seebachtal	SE2	M	östl.	Pflock Ost
Seebachtal	SE2	T	östl.	Pflock Ost
Seebachtal	SE3	K	südw.	Pflock West
Seebachtal	SE3	M	südw.	Pflock West
Seebachtal	SE3	T	südw.	Pflock West
Untersulzbachtal	UN1	K	östl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN1	M	östl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN1	T	östl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN2	K	östl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN2	M	östl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN2	T	östl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN3	K	östl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN3	M	östl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN3	T	östl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN4	K	westl.	Pflock West
Untersulzbachtal	UN4	M	östl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN4	T	westl.	Pflock West
Untersulzbachtal	UN5	K	westl.	Pflock West
Untersulzbachtal	UN5	M	westl.	Pflock West
Untersulzbachtal	UN5	T	westl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN6	K	westl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN6	M	östl.	Pflock Ost
Untersulzbachtal	UN6	T	westl.	Pflock West
Innergschlöss	IN1	K	südöstl.	Pflock Süd
Innergschlöss	IN1	M	südöstl.	Pflock Süd
Innergschlöss	IN1	T	südöstl.	Pflock Süd
Innergschlöss	IN2	K	südöstl.	Pflock Süd
Innergschlöss	IN2	M	südöstl.	Pflock Süd
Innergschlöss	IN2	T	südöstl.	Pflock Süd
Innergschlöss	IN3	K	nördl.	Pflock Nord
Innergschlöss	IN3	M	nördl.	Pflock Nord
Innergschlöss	IN3	T	nördl.	Pflock Nord
Innergschlöss	IN4	K	südwestl.	Pflock Süd
Innergschlöss	IN4	M	südwestl.	Pflock Süd
Innergschlöss	IN4	T	südwestl.	Pflock Süd
Innergschlöss	IN5	K	südwestl.	Pflock Süd
Innergschlöss	IN5	M	südwestl.	Pflock Süd
Innergschlöss	IN5	T	südwestl.	Pflock Süd

Tabelle 1 beschreibt die Loggerpositionen in den einzelnen Transekten, in Abbildung 30 bis Abbildung 51 sind zudem die jeweiligen Loggerpositionen mit einem Stern in den Transektplänen markiert. Die Logger werden in einer Bodentiefe von 3-4 cm Unterkante eingebaut und mit einem, unmittelbar darüber zumeist quadratisch ausgestochenen Vegetationsziegel, abgedeckt. Aufgrund der Geländemorphologie ist eine exaktere Angabe der Tiefe nicht möglich und auch nicht sinnvoll. Die Vegetationsoberfläche darf sich von der Umgebung nicht unterscheiden, was eine Markierung oberhalb der Logger nicht zulässt. Außerdem können derartige Markierungen von Tieren (Mäuse, Wild, ..) herausgerissen werden, was ebenfalls eine Störung der Messbedingungen mit sich bringen kann.

Das Auffinden der Logger kann durch die Verwendung eines Metallsuchgeräts (Leitungssuchgerät) deutlich erleichtert werden. Beim Einbau bzw. Austausch der Logger ist darauf zu achten, dass die neu eingebauten Logger exakt gleich positioniert werden wie die ausgebauten. Dies bezieht sich insbesondere auf die Einbautiefe der Logger. Die „Lebensdauer" der Logger ist laut Datenblatt abhängig von den Einsatzbedingungen. Unter den im Rahmen dieses Projektes zu erwartenden Einsatzbedingungen sollte die Einsatzdauer keinesfalls länger als 3 Jahre betragen. Es werden jeweils die schon vorhandenen Logger ausgebaut und unmittelbar durch die neuen ersetzt.

Zeitaufwand: Einbau: ca. 5 Personenminuten/Logger, Austausch ca. 10 Min/Logger; An- und Abtransport, Zu- und Abstieg ins/vom Gelände abhängig von der Lage der Standorte und deren Erreichbarkeit

Zeitfenster und Wiederholungszyklen: jährliches Auslesen der Daten (idealerweise kombiniert mit der Biomasseernte) notwendig. Ersatz der Bodentemperaturlogger nach drei Jahren.

Anmerkung: Die zu Beginn des Projekts verfügbaren und auch eingebauten Logger (iButton DS 1922L) verfügen über einen Datenspeicher, der eine intakte Batterieversorgung benötigt. Logger, die zu lange im Einsatz sind und deren Batterie entleert ist, können nicht mehr ausgelesen werden. Für den Austausch sollte daher unbedingt auf die neue Type DS 1925L bzw. auf die, mit einer wasserdichten Schutzhülle ummantelten, Type MF1925L gewechselt werden. Die Type XX 1925L hat einen nicht flüchtigen Speicher, der auch bei leerer Batterie ausgelesen werden kann, wodurch die Datensicherheit deutlich erhöht wird. Die Einsatzdauer sollte aber trotzdem nicht länger als 3 Jahre betragen.

d. Geländearbeiten: physikalische und chemische Bodenparameter

Die Entnahme der Bodenproben im Gelände erfolgt mittels zweier unterschiedlicher Methoden. Einerseits werden „ungestörte" Zylinderproben entnommen, andererseits „gestörte" Proben durch Ausstechen eines Teils des Bodens (auch Löffelproben genannt). Die Zylinderproben werden für die Analyse des Bodenwasserhaushalts (pF-Kurve) sowie für die Bestimmung der unterirdischen Biomasse benötigt. Die gestörten Proben benötigt man einerseits für die Archivierung, andererseits für die Analyse der Korngrößen und die Bodenchemie.

Für beide Methoden gemeinsam gilt, dass die Proben, soweit möglich, in zwei unterschiedlichen Bodentiefen entnommen werden. Für den Oberboden wurde eine Tiefenstufe von 1 – 6 cm gewählt. Die zweite Tiefenstufe ist 6 – 11 cm. Der erste, oberste Zentimeter wurde nicht beprobt, da dieser Bereich aufgrund der Bodenunebenheiten nicht eindeutig erfasst werden kann. Dieser Bereich ist zudem häufig stark durch Streu, aber auch von Rhizomen durchsetzt, sodass eine eindeutige Abgrenzung zwischen Streuauflage und Boden nicht möglich ist und die Vergleichbarkeit der Proben zwischen den Standorten nicht gewährleistet wäre.



Abbildung 8: Probennahme für die ungestörten Zylinderproben bzw. die unterirdische Biomasse in zwei verschiedenen Bodentiefen. Die Probenentnahme erfolgte im 20x20 cm Quadrat, in dem bereits die oberirdische Biomasse geerntet war. Ein Stechzylinder (Höhe 5 cm) wird mit Hilfe eines Schlagaufsatzes normal zur Hangneigung in die 1-6 cm Bodenschicht eingeschlagen (A), danach vorsichtig mit einem Messer oder einer Spachtel abgestochen. Unmittelbar darunter wird ein weiterer Stechzylinder für die zweite Bodentiefe eingeschlagen und herausgelöst (B) und (C). Falls nötig wird die Probe an Oberkante und Unterkante des Stechzylinders genau abgeschnitten (D) (Foto Tappeiner)

An der Entnahmestelle wird durch vorsichtiges Abtragen der obersten 1 cm Schicht eine ebene Oberfläche geschaffen, um für die weitere Beprobung eine genau Bezugstiefe zu haben. In der Regel wird vor der Entnahme der Bodenproben die Beprobung für die Module 3 (Bodenzoologie) und 4 (Bodenmikrobiologie) durchgeführt. Nach Abschluss der Probennahme für die Module 3 und 4 werden zwei Stechzylinder (Höhe 5 cm) mit Hilfe eines Schlagaufsatzes normal zur Hangneigung in diese 1-6 cm Bodenschicht eingeschlagen. Dabei ist zu beachten, dass die Luft beim Einschlagen ungehindert aus dem Zylinder austreten kann – also im Boden kein Überdruck entsteht. Danach wird der Boden auf ca. 15x15 cm um die Zylinder mit einer Spachtel vorsichtig bis zur Unterkante der Zylinder abgetragen und in 2 getrennte, mit der genauen Bezeichnung des Messplots sowie der Entnahmetiefe beschriftete, Kunststoffsäcke gefüllt und verschlossen. Der Inhalt eines der Säcke dient der Archivierung des Bodens, der andere wird für die weiteren Laboranalysen benötigt. Dabei muss darauf geachtet werden, dass sich in der Probe möglichst wenig Steine befinden, weil im Labor nur der Feinbodenanteil (Korngröße von 2 mm) aus den luftgetrockneten Proben ausgesiebt wird. Die Menge an Probenmaterial wird bei den Löffelproben so gewählt, dass eine genügend große Menge an lufttrockenem Feinboden (angegeben in Trockengewicht, TG) für die Korngrößenanalyse (30 g TG), die bodenchemischen Analysen (ca.

100 g TG) und das Bodenarchiv (195 ml bzw. ca. 100-200 g TG, je nach Boden) vorhanden ist. Das dafür benötigte Volumen bei der Entnahme der Löffelprobe im Gelände kann nicht genau angegeben werden, weil es auch davon abhängig ist, wieviele Steine und Grobmaterial (Korngröße > 2 mm) sich in einer Probe befinden. Nach der Probennahme der Löffelproben rund um den eingestochenen Stechzylinder, werden in der Folge die nun freigelegten Zylinder mit der Spachtel an der Unterseite abgestochen. Ein Zylinder wird mit den entsprechenden Deckeln verschlossen, der Inhalt des zweiten Zylinders wird wiederum in einen beschrifteten Kunststoffsack entleert und ebenfalls verschlossen, diese Probe dient zur Bestimmung der unterirdischen Biomasse (siehe dazu entsprechendes Kapitel in diesem Methodenhandbuch zur Biomassebestimmung).

Für die zweite Bodentiefe wird analog vorgegangen. Da die Böden auf den Untersuchungsflächen z.T. nur wenige Zentimeter tief sind und teilweise auch große Steine vorhanden sind, ist die Beprobung der Tiefenstufe 6-11 in vielen Fällen nicht möglich. Das entstandene Loch wird mit Steinen aus der Umgebung aufgefüllt, weil das Verfüllen mit Boden aus der Umgebung zu einer Verfälschung der Standortsbedingungen führen würde, und außerdem Steine verhindern, dass eine irrtümliche Wiederbeprobung an der gleichen Stelle erfolgt. Aufgrund der destruktiven Probenentnahme muss die nochmalige Nutzung dieses Messquadrats für weiteren Untersuchungen ausgeschlossen werden.

Zeitaufwand: ca. 10 Personenminuten/Probe; An- und Abtransport, Zu- und Abstieg ins/vom Gelände abhängig von der Lage der Standorte und deren Erreichbarkeit

Zeitfenster und Wiederholungszyklen: Die Probennahme erfolgt idealerweise gemeinsam mit der Biomasseernte auf den gerade geernteten Subquadraten. Bodenchemische Analysen müssen alle 5 Jahre wiederholt werden, bodenphysikalische zu Projektende (nach 15 Jahren). Entsprechend ist die Probennahme zu takten.

e. Geländearbeiten: Biomasse

i. Vorbereitung der Probennahme

Beim Monitoring der Biomasse ist die Wahl des Erntezeitpunktes entscheidend für die Güte der Messungen. Der Erntezeitpunkt wird so gewählt, dass auch die pessimalsten Teilflächen (mit der kürzesten Vegetationsperiode) nahe am oder im Zentrum eines Schneeschmelzgradienten eine Chance haben, ihren saisonalen Biomassehöhepunkt (peak biomass) zu erreichen. Da der Schnee dort vielfach erst Mitte Juli schmilzt, wird die Ernte in der Regel in der mittleren Augustdekade stattfinden. Allerdings kann es auch Ausnahmen geben, wie z.B. 2017, wo bereits mit Ende Juni ungewöhnlich früh die Schneeschmelze einsetzte.

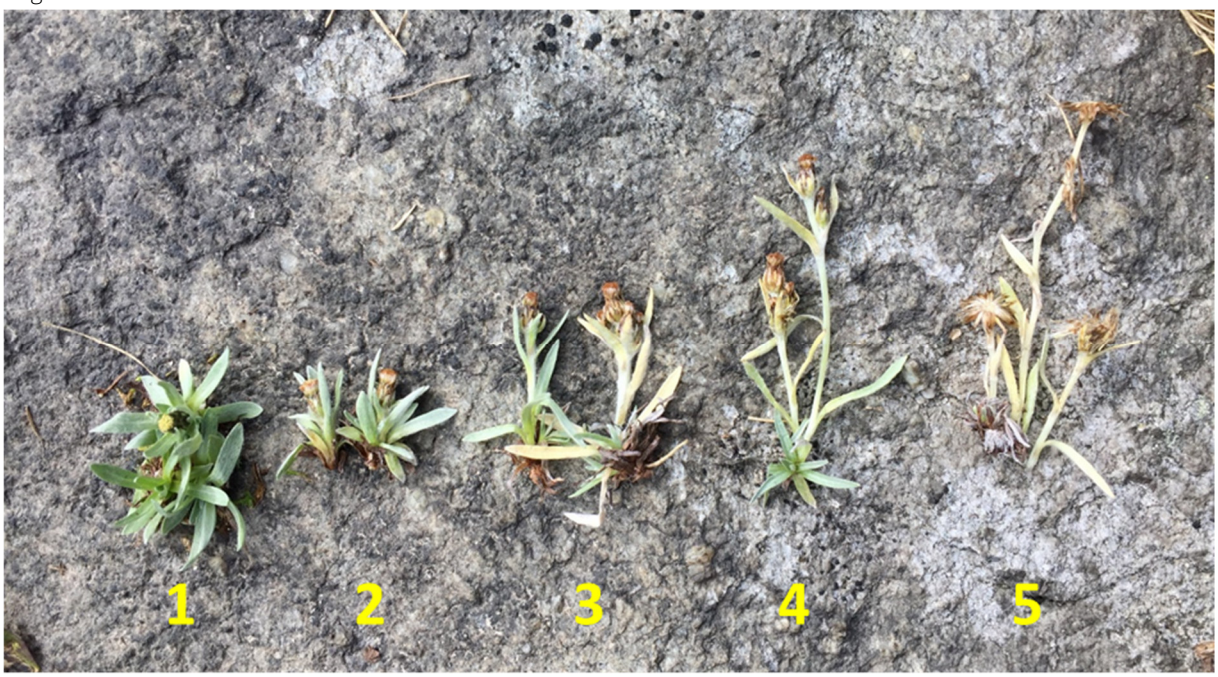


Abbildung 9: Phänologieabfolge von *Gnaphalium supinum* von der Blüte (1, ganz links) bis zum leeren Fruchtstand (5, ganz rechts). Nach der Befruchtung streckt sich der Stängel (2-4). Idealerweise soll in den Phasen 3-4 geerntet werden. Dies ist ein sehr kurzes Zeitfenster von etwa einer Woche. Phase 5, in der bereits die Früchte ausgestreut sind, ist für die Ernte zu spät (Foto Körner)

Der Erntezeitpunkt sollte so festgesetzt werden, dass an den günstigsten Randstandorten die Seneszenz noch gering ist. Ein guter phänologischer Marker ist der Zeitpunkt, an dem am inneren/unteren Rand (Pessimum) der Transekte *Gnaphalium supinum* seine Infloreszenzen gestreckt hat. Zu dem Zeitpunkt haben sich die Blütenstandstiele der ursprünglich sitzenden Infloreszenzen auf etwa 4-5 cm verlängert (vgl. Abbildung 9: Phänologieabfolge von *Gnaphalium supinum* von der Blüte (1, ganz links) bis zum leeren Fruchtstand (5, ganz rechts). Nach der Befruchtung streckt sich der Stängel (2-4). Idealerweise soll in den Phasen 3-4 geerntet werden. Dies ist ein sehr kurzes Zeitfenster von etwa einer Woche. Phase 5, in der bereits die Früchte ausgestreut sind, ist für die Ernte zu spät (Foto Körner).

Die Entnahme der Proben erfolgt auf den ausgewiesenen Transekten. Für die Beprobung wird zwischen den Markierungspfosten und jeweils links und rechts daneben ein Messgitter mit 10 x 1 m und einer Maschenweite von 1 m gespannt. Innerhalb dieser Subquadrate werden die eigentlichen Probenflächen (20 x 20 cm) ausgewählt. Dabei ist zu beachten, dass in mindestens aufeinanderfolgenden 3 Jahren keinesfalls dieselben Messquadrate bzw. innerhalb der Subquadrate keinesfalls dieselben 20 x 20 cm Flächen zur Beprobung ausgewählt werden dürfen. Außerdem fallen diejenigen Probenflächen aus, bei denen bereits in einem der Vorjahre destruktiv Bodenproben entnommen wurden. Da die Auswahl der Beprobungsflächen zentral für das Monitoring ist, wird im Folgenden genau beschrieben, was dabei zu beachten ist.

ii. Auswahl der Beprobungsflächen innerhalb der Transekte

In Summe standen außer dem Streifen B-1 bis B-5…8 alle Quadrate aus AT bis AK, CT bis CK, sowie die Felder BT und BK zu Probennahmen zur Verfügung. Bei der kürzesten Transektlänge von B = 5 m sind das 16 Flächen von 1 m2 (14+2), bei den längsten Transekten von B = 8 m, sind das 22 Quadrate. Davon wurde jedes 1 m Quadrat virtuell in 4 Unterquadrate von 50x50 cm unterteilt. Die pflanzliche Biomasse wurde auf 20x20 cm in diesen Unterquadraten geerntet. Alle anderen Beprobungen wurden dann im Kern dieser pflanzlichen Biomasseerntefläche von 20x20 cm durchgeführt. Die Position der pflanzlichen Biomasseernte bestimmte also automatisch die Position aller anderen Proben-Entnahmen, mit dem immensen Vorteil der physisch verbundenen Probennahme. In der Regel wurden pro Transekt 6 pflanzliche Biomasseernten pro Jahr durchgeführt. An nur 3 davon (in 'T', 'M', 'K') die anderen Beprobungen.

Die Auswahl dieser 20x20 cm Flächen muss so erfolgen, dass innerhalb der Transekte noch vergleichbar gute Flächen für weitere Beprobungen von pflanzlicher Biomasse in Folgejahren verfügbar sind. Alle anderen Proben werden nur in größeren zeitlichen Abständen (z.B. alle 10 oder mehr Jahre) wiederholt.

Das zentrale Problem bei der Festlegung der 20x20 cm Erntequadrate und damit der Position aller anderen Beprobungen ist, dass es völlig ausgeschlossen ist, bei der gegebenen heterogenen Oberflächenstruktur und der begrenzten Transektfläche diese Flächen zufällig auszuwählen. Dazu reicht die statistische Macht bei diesem design niemals aus, da in den Flächen 'zufällig' (i) Felsflächen, (ii) kahle Flächen, (iii) Flächen mit Zwergsträuchern, (iv) Polsterpflanzen, (v) extrem üppige Einzelhorste von Gräsern, (vi) Moos-Mulden oder (vii) Flächen mit Tierkot nebeneinander vorkommen können, die eine Vergleichbarkeit der Proben massiv beeinflussen würden (vgl. Körner 2019). Zudem durfte unter der Fläche der Pflanzenernte kein größerer Stein im Boden sein, da dies die Probennahme für unterirdische (Zylinder) Proben unmöglich macht. Es mussten also aus Vergleichsgründen Flächen des Typs (i) bis (vii) ausgeschlossen werden. Ohne so ein Ausschlussverfahren würden auch die unterirdischen Proben wegfallen oder sinnlos werden. Die verbliebene Fläche akzeptabler Oberflächentypen reicht von 0-100%. Das heißt es gibt 1 m Quadrate die völlig ausgeschlossen werden mussten (Felsplatten) und andere, in denen die ganze Fläche zur Verfügung stand. Da die Vegetation im cm Bereich variiert, von nichts bis üppigst, galt es bei der Platzierung der Erntequadrate Extreme in beide Richtungen zu vermeiden. Dies bedeutete, dass die 20x20 cm Quadrate nicht immer im Zentrum einer 50x50 cm Teilfläche liegen konnten, manches Mal sogar in den Grenzbereich zweier 50x50 cm Teilflächen rutschten, was immer so vermerkt wurde. Eine prinzipienlose Platzierung der Ernte/Probe-Flächen würde in diesem Gelände, bei dieser Beprobungsdichte (Machbarkeit) keinerlei brauchbare Resultate liefern. Da diese Entscheide für die pflanzliche Biomasse von Jahr zu Jahr neu zu treffen sind, und Flächen die 1 oder 2 Jahre vorher beprobt wurden vermieden werden mussten, schließt der verfügbare Platz einen langfristigen subjektiven Bias aus. Irgendeinmal kommen alle verfügbaren Flächen dran, die das obige Ausschlussverfahren passieren.

Im Anhang ist eine Vorlage des Standardprotokolls, das bei der Beprobung im Gelände ausgefüllt wird, abgebildet (Abbildung 23). Abbildung 30 bis Abbildung 51 geben die für die Probenentnahmen 2017 und 2018 ausgefüllten Standardprotokolle wieder, in Abbildung 52 bis Abbildung 73 findet sich die entsprechende Fotodokumentation. Die oben beschriebenen Kriterien (i) bis (vii) für den Ausschluss von Flächen sind (bis auf (viii)) anhand der

Fotodokumentation jederzeit nachvollziehbar und berücksichtigbar. Zudem wurden in den Standardprotokollen weitere Hinweise dazu aufgenommen.

Der jeweilige, zur Beprobung herangezogene Plot wurde in den Protokollblättern auf 50 cm genau eingezeichnet, um eine genaue Zuordnung in den folgenden Jahren zu ermöglichen. Für die Auswertung werden die einzelnen Subquadrate dann den Kategorien 'K' (Kopf), 'M' (Mitte) und 'T' (Tief) zugeordnet, um entsprechend gepoolt zu werden. Alle Untersuchungen der Module 1, 3 (Zoologie) und 4 (Bodenmikrobiologie), sowie die Entnahme der Bodenproben wurden 2017 auf ein und denselben Subquadraten durchgeführt (vgl. oben). Daher sind diese Subquadrate aus der Beprobung 2017 für den weiteren Verlauf des Monitorings nicht mehr verwendbar. Weiters ist zu beachten, dass der mittlere Streifen unterhalb von 'K' und oberhalb von 'T' (B1 – B5…8; im Plan schraffiert dargestellt, vgl. Abbildung 23) ausschließlich der nicht destruktiven Untersuchung dient. In diesem Streifen dürfen weder Ernten noch sonstige Probennahmen erfolgen. Zudem ist darauf zu achten, bei der Beprobung nicht in die Probenflächen zu treten, um Artefakte zu vermeiden.

Falls in einem Untersuchungsgebiet eine Beweidung durch landwirtschaftliche Nutztiere, oder auch durch Wildtiere erfolgt, können die Biomasseproben verfälscht werden, weil ein Teil des jährlichen Zuwachses bereits vor der Probennahme durch die Beweidung „entnommen" wird, und dieser Fehler nur sehr schwer quantifizierbar ist. Sollte es zu einer Beweidung kommen, sind je nach Stärke der Beweidung zwei Maßnahmen möglich: (i) bei schwachem Beweidungsdruck kann ein rechtzeitig aufgestellter elektrischer Weidezaun, am besten unmittelbar nach dem Ausapern, jedenfalls bevor die Tiere ins Gebiet kommen, einen wirksamen Schutz gegen Beweidung darstellen. Dies ist z.B. im Innergschlöss, wo die Schafe bereits im Gelände sind bevor der Schnee weg ist, der Fall. Der Elektrozaun steht dort ca. 6 Wochen. (ii) bei einem sehr starken Beweidungsdruck sollten hingegen Weideausschlusskörbe in den Transekten auf diejenigen Subquadraten unmittelbar nach dem Ausapern aufgestellt werden, die im entsprechenden Jahr geerntet werden. Diese Maßnahme muss jedenfalls so früh gesetzt werden, dass kein Fraß durch landwirtschaftliche Nutztiere oder durch Wildtiere erfolgen kann.



Abbildung 10: Transport der Weideausschlusskörbe in zerlegter Form in das Untersuchungsgebiet Oberettes (links), eingebaute Weideausschlusskörbe auf einem der Transekte (rechts) (Foto Eurac Research)

Derartige Weideausschlusskörbe werden z.B. im Untersuchungsgebiet Oberettes eingesetzt, das durch einen starken Beweidungsdruck gekennzeichnet ist. Allerdings zeigen die 3 ausgewählten Transekte klare Ausschmelzprofile und sind daher für das Monitoring topographisch geeignet. Die Weideausschlusskörbe wurden aus einem verzinkten Metallgitter mit einer Maschenweite von 2,5 cm hergestellt. Sie werden im Labor auf die geeignete Größe zugeschnitten, in ungefalteter Form ins Gelände transportiert (Abbildung 10, links) im Gelände in die entsprechende rechteckige Form (Länge x Breite x Höhe = 28,6 x 28,6 x 18,2 cm) gebogen und die Korbform mit Draht fixiert. Die Weideausschlusskörbe werden dann auf die ausgewählten Subquadrate aufgesetzt und jeweils mit 4 Zeltheringen fixiert. Bei der Biomassebeprobung werden die Weideausschlusskörbe schonend entfernt (vgl. Abbildung 11), um dann im darauffolgenden Jahr sofort nach dem Ausapern auf die Subquadrate, die beprobt werden sollen, eingesetzt zu werden.



Abbildung 11: „Eingewachsene“ Weideausschlusskörbe am Standort Oberettes vor der Beprobung. Für die Biomasseernte werden die Weideausschlusskörbe entfernt (Foto Körner)

iii. Oberirdische Biomasse: Probennahme

Aus praktischen Gründen wird im Feld die gesamte oberirdische Phytomasse (Biomasse und Nekromasse) sowie Teile der Streu (Litter) auf einer Fläche von 20x20 cm unmittelbar an der Bodenoberfläche abgeschnitten. Dafür werden je 4 Nägel an den Eckpunkten eines 20x20 cm Quadrats in den Boden eingestochen und diese dann mit einer Schnur verbunden. Geerntet wird nun nach dem Prinzip 'virtueller Quader'. Das heißt, es wird scharf an der Kontur des Erntequadrates vertikal alles was nach innen ragt einbezogen, alles was nach außen ragt verworfen. Bei bodengleicher Ernte gelangen auch ungewollt Moose und Flechten in das Erntegut, welche erst beim Sortieren ausgeschieden werden.

Es wird so abgeschnitten, dass kein Nachbessern nötig ist, da die kleinen Stoppelreste sonst kaum zu sortieren wären. Das so gewonnene Erntegut wird in Papiersäcken (keine Kunststoffsäcke!) verpackt, beschriftet und so rasch als möglich kühl gelagert (Kühlbox spätestens ab Rückkehr aus dem Feld), danach im Kühlschrank möglichst nahe an 0°C. Die Aufarbeitung sollte dann nicht länger als eine Woche nach der Ernte abgeschlossen sein.



Abbildung 12: Probennahme für die oberirdische Biomasse. Dafür werden je 4 Nägel an den Eckpunkten eines 20x20 cm Quadrats in den Boden eingestochen und diese dann mit einer Schnur verbunden (A), danach wird scharf an der Kontur des Erntequadrates vertikal alles was nach innen ragt abgeschnitten, alles was nach außen ragt wird verworfen (B) (Foto Tappeiner)

Zeitaufwand der Probennahme: ca. 30 Personenminuten/Probe; An- und Abtransport, Zu- und Abstieg ins/vom Gelände abhängig von der Lage der Standorte und deren Erreichbarkeit

Zeitfenster und Wiederholungszyklen: jährliche Biomasseernte zur „peak biomass“. Der Erntezeitpunkt wird so gewählt, dass auch die pessimalsten Teilflächen (mit der kürzesten Vegetationsperiode) nahe am oder im Zentrum eines topographiebedingten Schneeschmelzgradienten eine Chance haben, ihren saisonalen Biomassehöhepunkt zu erreichen. Da der Schnee dort vielfach erst Mitte Juli schmilzt, wird die Ernte in der Regel in der zweiten Augustwoche stattfinden. Allerdings kann es auch Ausnahmen geben. Der Erntezeitpunkt sollte daher so festgesetzt werden, dass an den günstigsten Randstandorten die Seneszenz minimal ist. Ein guter phänologischer Marker ist der Zeitpunkt an dem am inneren/unteren Rand der Transekte *Gnaphalium supinum* beginnt, seine mit Pappus versehenen Früchte zu streuen.

Zu dem Zeitpunkt haben sich die Blütenstandstiele der ursprünglich sitzenden Infloreszenzen auf etwa 4-5 cm verlängert.

Anmerkung zur Ernte: Die Alternative, die Ernte nach dem Ursprungspunkt eines Blattes (innen oder außen) durchzuführen, würde bei dieser Erntefläche zu große 'edge' Effekte erzeugen und Unsicherheiten bei klonalen Strukturen und Horsten schaffen.

iv. Unterirdische Biomasse: Probennahme

Die unterirdische Biomasse wird mittels 100 cm^3 Bodenstechzylinder nach Abstechen des obersten Zentimeters (Rohhumus, allfällige Stoppelreste) im Erntefeld der oberirdischen Biomasse gewonnen. Das Glätten von Unebenheiten in der obersten Schicht vor dem Einstich mag einen kleinen systematischen Fehler bei der Gesamtbiomasse bewirken, der in Kauf genommen wird. Der Stechzylinder wird mit dem Hammer unter Zuhilfenahme eines Schutzblocks in den Boden eingeschlagen. Die erste Schicht ist von -1 cm bis -6 cm, danach als zweite Schicht -6 bis -11 cm Tiefe. Die Unterseite wird jeweils mit einem Messer oder einer Spachtel unmittelbar an der Stechzylinderunterkante abgeschnitten. Diese Zylinderproben werden aus dem Zylinder gedrückt und in eindeutig mit Messfläche, Subquadrat und Tiefe beschrifteten Plastikbeuteln verpackt. Die Proben sollten so rasch als möglich gekühlt werden. Aus rein logistischen Gründen werden sie dann bei <-20°C eingefroren, da die Aufarbeitung der oberirdischen Pflanzenmasse Priorität hat. Vor der Bearbeitung werden die Proben im 4 °C Kühlschrank langsam, tranchenweise (vom Vortag über Nacht) aufgetaut.

Zeitaufwand der Probennahme: ca. 10 Personenminuten/Probe; An- und Abtransport, Zu- und Abstieg ins/vom Gelände abhängig von der Lage der Standorte und deren Erreichbarkeit

Zeitaufwand für Laboranalysen: ca. 1,5 Personenstunden/Probe

Zeitfenster und Wiederholungszyklen: Die Probennahme erfolgt idealerweise gemeinsam mit der Biomasseernte auf den geraden geernteten Subquadraten alle 5 Jahre.

Arbeitsablauf Probensortierung und -analyse

a. Laboranalysen: physikalische und chemische Bodenparameter

i. Lagerung der Proben

Nach Rückkehr ins Labor werden die Proben entsprechend der weiteren Verwendung gelagert. Proben in Kunststoffsäcken können bis zur weiteren Untersuchung am besten tiefgekühlt aufbewahrt werden. Die Zylinderproben werden im verschlossenen Zustand im Kühlschrank bzw. in der Kühlkammer bei einer Temperatur zwischen 0 und +2°C gelagert. Es ist zu beachten, dass diese Proben nicht frieren dürfen, um das Bodengefüge im Zylinder nicht zu zerstören.

ii. Probenvorbereitung

Die weitere Verarbeitung der Bodenproben unterscheidet sich je nach durchzuführenden Untersuchungen.

Ungestörte Proben (Zylinderproben)

Zylinderproben müssen vor den weiteren Untersuchungen vollständig im Wasserbad aufgesättigt werden. Dazu wird der Bodenzylinder an der Unterseite (Seite mit der Schneide) geöffnet und mit einem mit Gummiring fixierten Filterpapier wieder verschlossen. Danach wird auch der Deckel an der anderen Seite entfernt. Der Zylinder wird unmittelbar danach in ein Becken mit destilliertem Wasser gesetzt. Der Wasserspiegel soll über der Zylinderoberkante liegen. Die Probe ist dann aufgesättigt, wenn über längere Zeit keine Luftblasen mehr aufsteigen.

Zeitaufwand: ca. 15 Personenminuten/Probe, Aufsättigungszeit je nach Probe 0,5 -– 2 Tage

Gestörte Proben

Der Inhalt der Probensäcke mit den gestörten Proben muss luftgetrocknet werden. Dazu wird der Boden in Kartonschachteln (Abbildung 13, rechts) bei Zimmertemperatur in einem gut belüfteten Regal aufgestellt. Alle Proben werden mit der exakten Herkunftsbezeichnung versehen (Abbildung 13, links). Klumpige Bodenproben müssen vor dem

Trocknen zerdrückt werden, damit die Trocknung rascher erfolgt. Ein Verschmutzen der Proben durch Fremdstäube (z.B. Baustaub) ist jedenfalls zu verhindern.



Abbildung 13: Beispiel für eine Schachtelbeschriftung (links); Schachteln zur Trocknung der Bodenproben (rechts) (Foto Newesely)

Nach vollständiger Trocknung werden die Proben mit dem Rüttelsieb auf eine Korngröße von 2 mm gesiebt. Wurzelreste bzw. Steine können entsorgt werden. Danach werden die Proben bis zur weiteren Analyse in den beschrifteten Kartonschachteln (Abbildung 13, rechts) gelagert.

Zeitaufwand: ca. 45 Personenminuten/Probe, Trocknungsdauer: ca. 3 - 4 Wochen

iii. Organische Substanz

5 g des getrockneten und auf 2 mm gesiebten Bodens werden in einen Keramiktiegel eingewogen und anschließend bei 550°C für 3 Stunden im Muffelofen ausgeglüht. Aus dem Gewichtsverlust errechnet sich die organische Substanz des Bodens.

Zeitaufwand: ca. 15 Personenminuten/Probe

iv. Bodenarchiv

Proben für das Bodenarchiv werden nach dem Trocknen und Sieben auf 2 mm in 195 ml Schraubgläser (siehe Abbildung 14, rechts) gefüllt und verschlossen. Die Gläser erhalten eine eindeutige Beschriftung mittels selbstklebender und wasserfester Markierungsetiketten (vgl. Abbildung 14, links).



Abbildung 14: Etiketten für Bodenarchivgläser (Zweckform L6011) (links); gefülltes und richtig etikettiertes Schraubglas für das Bodenarchiv (rechts) (Foto Newesely)

Zeitaufwand ca. 15 Personenminuten/Probe

b. Bodenwasserhaushaltsuntersuchung

i. Wasserretentionskurve (pF-Kurve)

Die pF-Kurve wird anhand der aufgesättigten Bodenzylinder mit Hilfe des Analysesystems HYPROP® / HYPROP® 2 erfasst. Das Grundprinzip dieses Analysesystems ist es, die Bodensaugspannung während des Austrocknungsprozesses der Bodenprobe automatisiert simultan zur Veränderung des Gewichts der Probe zu messen. Eine genaue Beschreibung der Messung findet sich in den Unterlagen der Fa. METER Group zu HYPROP®.

Zeitaufwand: Vorbereitung ca. 2 Personenstunden/Probe, Analysedauer ca. 3-4 Wochen /Probe. Diese Zeitangaben enthalten ausschließlich die Analysearbeit ohne jegliche Qualitätskontrolle und weitergehende Auswertungen

ii. Korngrößenanalyse

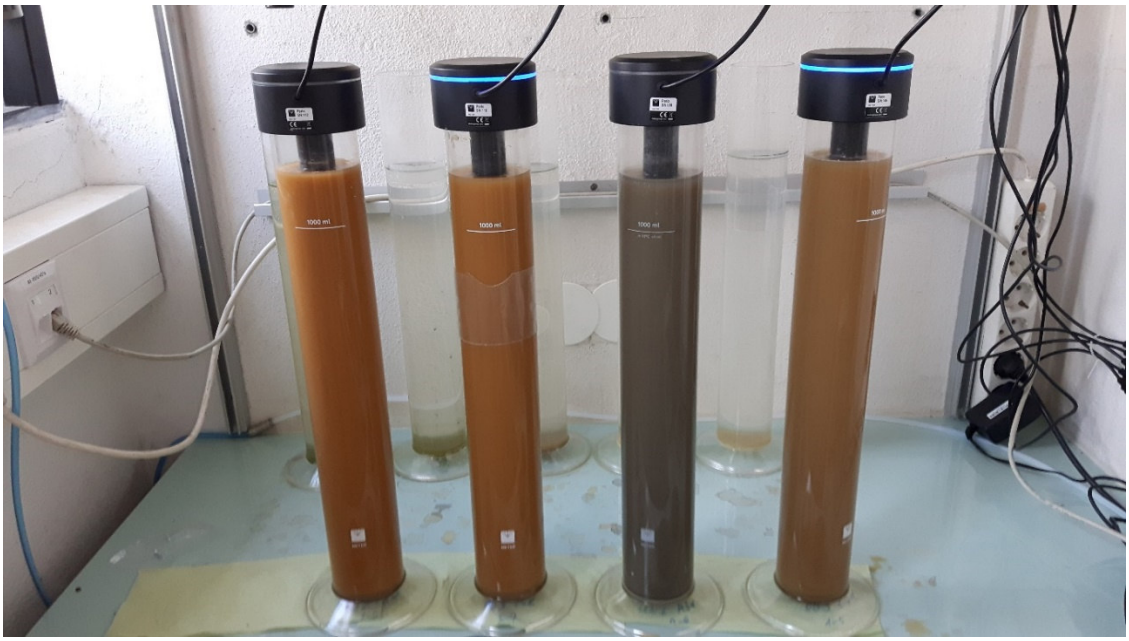


Abbildung 15: Proben während der Korngrößenanalyse mittels Messung durch das Analysesystem PARIO (Foto Newesely)

Die Untersuchung der Korngrößenverteilung erfolgt im Anschluss an die Probenvorbereitung der gestörten Probe. Die weiteren Schritte der Verarbeitung des Bodens erfolgen in einem mehrstufigen Analyseprozess, bestehend aus einem chemischen Aufschluss der Bodenprobe zur Zerstörung der organischen Substanz, einer Siebmethode zur mengenmäßigen Erfassung der Sandanteile, sowie eines Sedimentationsprozesses zur Bestimmung des Schluff- und Tonanteils. Die Bestimmung des Schluff- und Tonanteils erfolgt dabei mit dem automatischen Messsystem PARIO {METER Group}. Dieses Messsystem arbeitet in Anlehnung an die ÖNORM L 1061-2 grundsätzlich nach dem Sedimentationsverfahren nach Köhn.

Im Gegensatz zum Verfahren nach Köhn ist die Analyse mittels PARIO weitgehend automatisiert. Das Prinzip liegt in der Veränderung der Dichte der Bodensuspension in Abhängigkeit zu den in Schwebe befindlichen Partikeln. Dazu wird die Probensuspension in einen speziellen PARIO-Zylinder überführt. Durch den gravimetrischen Absetzprozess im Zylinder wird die Anzahl der in Schwebe befindlichen Partikel kleiner und damit verringert sich auch die Dichte der Suspension. Dabei setzen sich die gröberen Partikel schneller ab als die feineren. Diese Dichteänderung in der Suspension wird vom System PARIO als Druckänderung in Abhängigkeit zur Messdauer erkannt und entsprechend ausgewertet.

Die gesamte Analyse gliedert sich in folgende drei Teile:

Chemischer Aufschluss des Bodens

Bei der Analyse der Korngrößen werden nur die mineralischen Anteile des Bodens berücksichtigt. Vor der eigentlichen Untersuchung muss daher der gesamte organische Anteil in der Bodenprobe entfernt werden. Dazu werden ca. 30 g – 40 g des auf 2 mm gesiebten trockenen Bodens eingewogen und in einen 500 ml Erlenmeyerkolben gefüllt. Der weitere Aufschluss geschieht in Anlehnung an die Ö-Norm L 1060 durch mehrmalige Zugabe von je 25 ml Wasserstoffperoxid (H_2O_2 15%). Dabei ist zu beachten, dass die Zugabe von Wasserstoffperoxyd zu einer sehr starken Reaktion führen kann. Die Probe kann, je nach Gehalt an leicht zersetzbarer organischer Substanz, sehr heiß werden und unter Umständen auch derartig stark schäumen, dass sie übergeht. Derartige Proben müssen entsorgt werden, da eine weitere Analyse kein brauchbares Ergebnis liefern kann. Um dies zu vermeiden muss das Probengefäß unbedingt in einem kalten Wasserbad stehen, um die Reaktionswärme möglichst rasch abzuführen. Nach Abklingen der ersten Reaktion, also wenn die Probe nicht mehr intensiv schäumt, kann der weitere Verlauf durch Anwärmen in einem Wasserbad bei 60°C beschleunigt werden. Die Zugabe von H_2O_2 wird so lange wiederholt, bis die gesamte organische Substanz aufgelöst ist (kein Aufsteigen von CO_2 -Bläschen). Der Vorgang kann je nach Art und Gehalt an organischem Material in der Probe sehr lange dauern (mehrere Wochen).

Das verbliebene H_2O_2 muss anschließend vollständig abrauchen um eine ungewollte Gasbildung in der Probe während der weiteren Analyse auszuschließen. Um die feinsten Bestandteile zu trennen wird die Probe dann mit 38,1 ml 0,1 M Natriumpyrophosphat ($Na_4P_2O_7$) versetzt und ca. 24 Stunden unter dauerndem Schütteln am Rüttler dispergiert.

Analyse des Sandanteils

Die aufgeschlossene Probe wird nun durch ein 63 µm Sieb geleert. Die Flüssigkeit wird in einem PARIO-Zylinder aufgefangen. Der Feststoffanteil wird schonend getrocknet (80°C). Die trockene Probe wird zum Abkühlen in einen mit Trockenmittel gefüllten Exsikkator gestellt und nach vollständigem Abkühlen wiederum gesiebt. Dabei werden Siebe mit der Maschenweite 630 µm, 200 µm und nochmals 63 µm verwendet. Die einzelnen Siebfraktionen werden erneut getrocknet und gewogen. Der Feinanteil, der durch das 63 µm Sieb durchgefallen ist, wird der Suspension im PARIO Zylinder hinzugefügt.

Analyse des Feinanteils (Schluff, Ton)

Der PARIO-Zylinder mit der nach dem Sieben verbliebenen Bodensuspension wird mit destilliertem Wasser bis zur angebrachten Marke von 1 l aufgefüllt und zur Angleichung der Temperatur für mindestens 12 Stunden in den Raum gestellt, in dem die eigentliche Messung mittels des PARIO-Messsystems stattfinden soll (Abbildung 15). Der weitere Vorgang erfolgt entsprechend dem jeweils gültigen Handbuch zum PARIO-Messsystem.

Nach Abschluss der Messung muss der Feststoffanteil in der analysierten Suspension durch Abdampfen des Wassers ermittelt werden. Dazu wird die Suspension aus dem Zylinder in ein 1 l Becherglas umgefüllt und dann in mehreren Schritten durch Umfüllen in ein Abdampfschälchen eingedampft. Das Eindampfen der Probe im 1 l Gefäß ist nicht ratsam, da der Gewichtsunterschied zwischen Gefäß und enthaltener Restmenge an Feststoff relativ hoch ist und sich dadurch Messfehler ergeben könnten.

Der eingedampfte Feststoffrest wird wiederum nach Abkühlen im Exsikkator gewogen. Durch Aufsummieren des Gewichts aller Feststofffraktionen wird das Gesamtgewicht der Feststofffraktion der Probe bestimmt. Diese Daten müssen dann wiederum in die Auswertesoftware von PARIO eingegeben werden. Als Ergebnis erhält man die Anteile der einzelnen Bodenfraktionen und die Bodenklassifizierung.



Abbildung 16: Beispiel für Siebfraktionen des Sandanteils, 630 µm (links), 200 µm (Mitte), 63 µm (rechts) (Foto Newesely)

Zeitaufwand: Probenvorbereitung/Bearbeitung während der Analyse: ca. 6 Personenstunden/Probe. Analysedauer im PARIO: 10 Stunden/Probe. Diese Zeitangaben enthalten ausschließlich die Analysearbeit ohne jegliche Qualitätskontrolle und weitergehende Auswertungen.

c. Bodenchemische Untersuchungen

Die bodenchemischen Untersuchungen wurden in einem Speziallabor (Versuchszentrum Laimburg, Auer, Italien) durchgeführt. Tabelle 2 gibt die analysierten Parameter an, sowie die am Versuchszentrum Laimburg verwendeten Analysemethoden.

Die Proben wurden von uns gemäß dem Kapitel ‚Probenvorbereitung / gestörte Proben (vgl. S. 23) vorbereitet, jeweils ca. 100 g Trockengewicht in 250 g Satrabecher eingewogen, diese beschriftet und an das Labor gebracht. Im Versuchszentrum Laimburg wurden die Bodenproben gemäß gängiger Analyseverfahren bzw. Normen analysiert. Vom Versenden der Proben mittels Post wird abgeraten, da die entsprechende korrekte Lagerung und Handhabung der Proben i.d.R. von der Post oder einem der Kurierservices nicht garantiert wird. Eine Versendung per Spedition mit entsprechenden genauen Vorgaben ist möglich, aber kostenintensiv.

Zeitaufwand: Einwiegen und Einfüllen der Proben in Satrabecher und Beschriftung: ca. 5 Personenminuten/Probe

Tabelle 2: Liste der Parameter der bodenkundlichen Untersuchung mit zugehörigerMethode / Norm der Analyse

Analyse	**Norm / Methode**
pH-Wert (in $CaCl_2$)	VdLufa Methodenbuch I A5.1.1:1991 mit 0.01 M $CaCl_2$ x 2 H_2O im Verhältnis 1 zu 2,5 (g Boden zu mL Lösung)
pH-Wert (in KCl)	VdLufa Methodenbuch I A5.1.1:1991 mit 1 M KCl im Verhältnis 1 zu 2,5 (g Boden zu mL Lösung)
Organischer Kohlenstoff ausgedrückt als Humus (Bodenorganische Substanz OSB, englisch soil organic matter SOM) (Gewichts% TS)	ISO 10694:1995 Umrechnungsfaktor 1.72 (SOM = C x 1,72)
Phosphor im CAL-Auszug ausgedrückt als P_2O_5 (mg/100 g)	ÖNORM L 1087:2012 A.5
Gesamt-Stickstoff (N) (%)	ÖNORM EN 16168: 2012 bzw. DIN EN ISO 16634-1:2009 (Elementaranalysator nach Dumas)
C/N-Verhältnis	Berechnung aus Humus (Umrechnungsfaktor für C 1.72) und Gesamt-N
Calcium im $BaCl_2$-Auszug (mmolc/kg)	ÖNORM L1086-1:2014 (ungepuffert)
Magnesium im $BaCl_2$-Auszug (mmolc/kg)	ÖNORM L1086-1:2014 (ungepuffert)
Kalium (K) im $BaCl_2$-Auszug (mmolc/kg)	ÖNORM L1086-1:2014 (ungepuffert)
Natrium (Na) im $BaCl_2$-Auszug (mmolc/kg)	ÖNORM L1086-1:2014 (ungepuffert)
Aluminium (Al) im $BaCl_2$-Auszug (mmolc/kg)	ÖNORM L1086-1:2014 (ungepuffert)
Eisen (Fe) im $BaCl_2$-Auszug (mmolc/kg)	ÖNORM L1086-1:2014 (ungepuffert)
Mangan (Mn) im BaCl2-Auszug (mmolc/kg)	ÖNORM L1086-1:2014 (ungepuffert)
H+ im $BaCl_2$-Auszug (mmolc/kg)	ÖNORM L1086-1:2014 (ungepuffert)
Kationenaustauschkapazität (KAK) (mmolc/kg)	ÖNORM L1086-1:2014 (ungepuffert)
Basensättigung (%)	ÖNORM L1086-1:2014 (ungepuffert)
Calcium (Ca) im KW-Auszug (g/kg TM)	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018 (Mikrowellenaufschluss mit Königswasser und Endbestimmung mit ICP-OES)

d. $\delta^{15}N$ Untersuchungen

Die Untersuchung des stabilen Stickstoffisotops $\delta^{15}N$ erfolgte in einem Isotopen-Speziallabor der Freien Universität Bozen (Italien). Dafür werden die Proben (ca. 1 ml) nach der Vorbereitung (siehe Probenvorbereitung / gestörte Proben, S. 23) in eindeutig beschriftete Eppendorf Safe-Lock Tubes (5 ml) eingefüllt, grob eingewogen und an das Labor gebracht. Vom Versenden der Proben mittels Post wird abgeraten, da die entsprechende korrekte Lagerung und Handhabung der Proben i.d.R. von der Post oder einem der Kurierservices nicht garantiert wird. Eine Versendung per Spedition mit entsprechenden genauen Vorgaben ist möglich, aber kostenintensiv.

Im Speziallabor werden die Bodenproben in einer Kugelmühle (MM400 {Retsch}) zu Staub zermahlen. Anschließend werden die Proben zuerst in einem Elementar Analyzer (Organic Elemental Analyzer Flash 2000" {ThermoFisher Scientific}) verbrannt, damit die zu untersuchenden Elemente (hier Stickstoff) gasförmig vorliegen. Danach wird dieses

Gas in einem Delta V Advantage CF-IRMS (continuous flow isotopic ratio mass spectrometer {ThermoFisher Scientific}) auf das Massenverhältnis zwischen den Isotopen untersucht.

Zeitaufwand: Einfüllen der Proben in 5 ml Eppendorf Safe-Lock Tubes und Beschriftung: ca. 5 Personenminuten/Probe

e. Laboranalysen: Biomasse

i. Oberirdische Biomasse: Probenverarbeitung

Die Ernteproben werden im Labor in Gräser und Kräuter aufgetrennt. Im Detail heißt das, dass die gesamte lebende Biomasse, inklusive solcher, die in der aktuellen Saison mit größter Wahrscheinlichkeit lebend war, aufgetrennt wird. Ausgeschieden wird tote Pflanzensubstanz aus den Vorjahren. Diese als akkumulierte 'Biomasse des laufenden Jahres' definierte Biomasse sortieren wir weiter in Graminoide (Monocotyletonen, Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae) und Kräuter (Dicotyletone, Zwergsträucher eingeschlossen). Moose und Flechten werden verworfen, da es unmöglich ist, deren diesjährige Teile zu definieren. Es werden auch keine mehrjährigen oberirdischen Organe gesammelt, auch wenn darin ein Anteil des laufenden Jahres stecken mag, wie der jährliche Zuwachsring bei Zwergsträuchern oder vorjährige Blätter immergrüner Zwergsträucher. Das bedeutet, dass bei Zwergsträuchern nur der diesjährige Trieb und alle diesjährigen Blätter bewahrt werden. Bei vielen Graminoiden überwintert die Blattbasis grün, wird aber durch basale Meristeme im Frühjahr nach oben geschoben. Wir beziehen in dem Fall alles was grün ist und über die Bodenoberfläche ragt, als diesjährig produziert in die Biomasse ein. Das Sortiergut wird dann grundsätzlich bei 80°C getrocknet (IBP Standard nach Milner et al., 1968). Abbildung 17 vermittelt einen Eindruck von sortierten Proben.

Der Zeitaufwand zur Sortierung einer Probe der oberirdischen Biomasse durch erfahrene SortiererInnen, die die entsprechenden Arten kennen, beträgt 15-90 Personenminuten/Probe, im Schnitt 60 Minuten/Probe

Details zur Sortierung

Die Sortierung der Ernteproben erfordert (i) eine genaue Kenntnis der zu sortierenden Arten, (ii) Erfahrung im Sortieren von Pflanzenproben, (iii) Kenntnis über das Aussehen von toten und lebenden Pflanzenorganen der zu sortierenden Arten bzw. funktionellen Gruppen, sowie (iv) einen intelligenten Zugang zum Sortiervorgang, der ansonsten sehr zeitintensiv sein kann, ohne bessere Ergebnisse zu liefern. Im Folgenden werden einige Hinweise gegeben:

(1) Vergilbte oder abgestorbene Teile, die aus dem laufenden Jahr stammen, zählen zur Biomasse. Dies können Mitte August am Rand der topographiebedingten Schneeschmelzgradienten auch braune, tote (strohige) graminoide Infloreszenzen sein. Man kann sie optisch gut von aschgrauen, spröden Trieben/Blättern aus dem Vorjahr unterscheiden.

(2) Gehen beim Schnitt unbeabsichtigt kleine unterirdische Teile mit, werden diese beim Sortieren weggeschnitten und verworfen (siehe Rosaceae). Dies betrifft auch an der Oberfläche liegende Achsen von *Salix herbacea*.

(3) Rosaceae: Potentilla und Geum (aber zum Beispiel auch *Gentiana acaulis* und *Soldanella pusilla*) haben wintergrüne Blätter und eine Tunika alter Blattbasen am Wurzel/Rhizomhals. Dieser braune Hals wird so abgeschnitten, dass die Blätter grad/knapp auseinanderfallen oder nur noch im grünen/weißen Bereich zusammenhängen. Die überwinterten Blätter können nicht eindeutig als solche eingestuft werden (fließender Übergang). Mehrheitlich grün/turgeszent/durchaus auch bereits rötliche Blätter werden bewahrt, mehrheitlich braunrote oder in teilweiser Auflösung befindliche Blätter werden verworfen.

(4) *Phyteuma hermisphericum* (Teufelskralle) und *Campanula scheuchzeri/rotundifolia* haben lanzettartige Blätter, die leicht mit Graminoiden verwechselt werden. Man muss genau hinsehen, dann ist es eindeutig.

(5) *Gnaphalium* am besten umdrehen und von unten die braune (oft schmierige) Strohtunika mit der Pinzette weg zupfen, die Blütenstände nicht übersehen! Die sind schon fast tot und die Samen oft schon weg.

(6) Lebend/tot bei Graminoiden ist ein heikler Balanceakt. Ziel ist ja die Abschätzung der diesjährigen Produktivität. Bei Poaceae ist es fast immer klar was aus diesem Jahr ist, aber schon abgestorben ist. Das wird bewahrt. Eine basale Strohtunica kommt immer weg (alte Blattbasen). Bei Cyperaceae und Juncaceae sind die Übergänge im Blatt fließend. Hier wird nur entfernt, was ohne Gewalt oder Schere leicht wegfällt (bzw. bricht, schon 'alt'-grau ist), alles andere tote Pflanzenmaterial von gelb bis braun bleibt dran. Strohtunicas an der Basis kommen immer weg.

(7) Zwergsträucher (meist *Salix herbacea*): Nur die Blätter (diese sind bei Salix immer diesjährig) und den zarten hellen Neutrieb des laufenden Jahres bewahren. Alle bereits braun-grau beborkten älteren Achsen werden abgetrennt

und verworfen.

(8) Alle diesjährigen Blüten/Fruchtstände, egal in welchem Zustand, bleiben bei der Biomasse.

(9) Alle eindeutig in diesem Jahr erzeugten Blätter, egal in welchem Zustand, bleiben bei der Biomasse (z.B. bereits braune Ligusticum Blätter, vergilbte aber an der Rosette fest verbundene Leontodon/Hieraciumblätter).

(10) Eine saubere Trennung zwischen Nekromasse und Streu (litter) ist in solchen Rasen nicht möglich. Daher verzichten wir komplett auf diese toten Komponenten. Beispiel Nardus: Hier steht ein Großteil der Streu (alte Blätter) 'stramm' im Horst (tussock), wäre also definitionsgemäß Nekromasse. Das Material steht aber nur deshalb, weil es im dichten Horst nicht umfallen kann. All diese Strohtunicas stehen in gleitendem Übergang von Nekromasse zu Streu. Ein Großteil der Streu ist vermischt mit Moos und Flechten. Das ist nicht standardisiert ernt-/trennbar.

(11) Abschließend und allgemein: Die SortiererInnen müssen ein Gespür für einen Grad sinnvoller Trennung entwickeln. Die Sortierarbeit verdoppelt sich von 98 auf 100 % green recovery (für Biomasse). Ein Rhizom, ein wenig zu tief oder zu hoch abgeschnitten, ist so viel Masse wie 20 Soldanella Blättchen von 2 mm Durchmesser. Es lohnt nicht das letzte grüne Pflanzenteilchen aus dem Rest zu picken, weil dies das Ergebnis nicht verbessert und den Zeitaufwand stark erhöhen würde. Umgekehrt lohnt es nicht alle grauen (aber noch festen) Spitzen graminoider Blätter abzuschneiden. Es sollte so sortiert werden, dass sich diese beiden 'Fehler' ungefähr ausgleichen, also ein wenig Totes an der Biomasse, und ein klein wenig Grünes im 'Abfall'.



Abbildung 17: Optimalvegetation, Graminoid dominiert (links), Schneetälchenboden mit 80% *Alchemilla pentaphyllea* (rechts) (Fotos Körner)

Nach dem Trocknen der Proben bis zur Gewichtskonstanz kann das Abwiegen erfolgen. Da die warmen Proben aus dem Trockenschrank stark hygroskopisch sind, muss eine entsprechende Abkühlung der Proben in den Papiersäckchen im Exsikkator erfolgen. Erst danach kann eine Messung des Trockengewichtes mittels einer Laboranalysenwaage erfolgen. Dafür wird die jeweilige Probe aus dem Papiersäckchen in eine Wägeschale gegeben, wobei darauf zu achten ist, dass kein Material am Gehäuse der Waage anstoßen darf, da dies die Messung verfälschen würde. Sollte dies der Fall sein, weil Pflanzenteile zu groß sind (vgl. Graminoide in Abbildung 17), müssen diese beim Hineingeben in die Wägeschale zerschnitten werden. Dabei ist zu beachten, dass sich alle Pflanzenteile tatsächlich in der Wägeschale befinden. Die Proben werden dann abgewogen und in der Folge in einem neu beschrifteten Papiersäckchen für das Archiv trocken gelagert. Dafür werden die Proben entsprechend der Sortierung (Gräser, Kräuter) in neue Papiersäckchen (12 x 25 cm) umgefüllt und mit eindeutigen Beschriftungsetiketten versehen. Die Etiketten enthalten Ort, Fläche, Subfläche, Probe, Tiefe/Art, Gewicht, Name, Herkunft, Datum sowie den entsprechenden QR-Code mit demselben Inhalt wie die alphabetische Beschriftung (vgl. Abbildung 18).

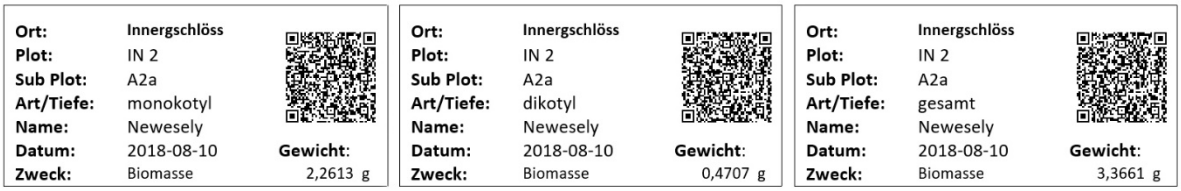


Abbildung 18: Beschriftungsetiketten für Biomassearchiv (Zweckform 3658)

Für das korrekte Aufstellen der Analysenwaage (u.a. auf einem stabilen Messtisch) und die korrekte Vorgangsweise bei der Messung sei auf einschlägige Methodenhandbücher, bzw. Betriebsanleitungen für die Analysenwaagen hingewiesen. An dieser Stelle wird davon ausgegangen, dass entsprechendes Fachpersonal die Kenntnisse dazu aufweist.

ii. Unterirdische Biomasse: Probenverarbeitung

Die unterirdische Biomasse besteht aus einer Mischung von Sprossbasen, Blattbasen, Rhizomen, sowie groben und feinen Wurzeln. Im 1-6 cm Bohrkern sind diese Organe total vermischt mit verrottender Substanz aus den Vorjahren, in 6-11 cm befinden sich in der Regel nur mehr Wurzeln, die sich leicht vom Substrat lösen.

Der Zeitaufwand für die Aufarbeitung von unterirdischen Biomasseproben durch eine erfahrene Person mit entsprechendem Fachwissen beträgt ca. 20-120 Personenminuten/Probe, im Schnitt 45 Minuten. Der Arbeitsaufwand für die 1-6 cm Probe ist etwa der dreifache wie der für die 6-11 cm Probe. Abbildung 19 zeigt aussortierte typische Wurzelproben für die beiden Probentiefen.

Die Gewinnung sauberer Biomasse erfolgt am besten mehrstufig:

(1) Da die Proben aus logistischen Gründen eingefroren werden, müssen sie vor der Verarbeitung schonend aufgetaut werden. Dies erfolgt am besten langsam und tranchenweise (vom Vortag über Nacht) im 4 °C Kühlschrank.

(2) Dann werden die voll aufgetauten Bohrkerne auf einem 2 mm Sieb von Hand etwas aufgebrochen, das Sieb unter Wasser getaucht. Nach kurzem Warten sind die 'Knollen' weich und können durch leichten Druck zum weiteren Zerfallen gebracht werden. Dann wird mit einer Handbrause der feine Substratanteil ausgespült. Man muss wiederholt restliche Knollen mit den Fingern flachdrücken. Nach drei Spülgängen bleiben die unterirdischen Organe und Steinchen im Sieb. Das gesamte durchfließende Wasser wird nochmals durch Siebe mit 1 mm und 0,5 mm Maschenweite gesiebt, um den Verlust feinerer Wurzelteile zu verhindern. Feine Wurzelteile werden anschließend mit einer Pinzette aus den beiden Sieben geklaubt und zur Gesamtprobe hinzugefügt.

(3) Nun werden die Pflanzenteile soweit gut sichtbar mit der Pinzette vom Gitter gehoben und in eine 10 cm Petrischale gegeben. Dann wird das Sieb scharf und schnell verkehrt auf eine Tischplatte geschlagen. Jetzt lassen sich die restlichen Wurzeln mit der Pinzette vom Tisch picken. Zum Schluss wird das Sieb noch nach 'verhängten' Restwurzeln abgesucht. Die Petrischale kommt zurück in den (möglichst sauberen) schon ursprünglich beschrifteten Plastikbeutel. Etwa 3-5 Proben werden so im Nassraum vorbereitet für den zweiten Arbeitsschritt.

(4) Im Labor wird die so vorgereinigte Pflanzenmasse unter gutem Licht auf weißer Unterlage in Petrischalen und kleinen Glasschüsseln portionsweise gespült und mit spitzer Pinzette aussortiert und alles was weitgehend sauber ist auf einem Blatt einer Küchenrolle zum 'Entwässern' aufgelegt. Als Letztes kommen die so etwas entwässerten Organe in einen Papiersack und in den Trockenschrank bei 80°C.

(5) Nach Erreichung der Gewichtskonstanz werden die Proben abgewogen. Dabei ist zu beachten, dass (i) die warmen, aus dem Trockenschrank geholten Proben im Exsikkator abkühlen, (ii) danach die Proben auf weißem Küchenkrepppapier gedrückt werden, damit der Restsand, der sich in den meisten Proben befindet, herausgedrückt wird. (iii) Erst danach kommen die ofentrockenen Wurzelproben in eine Wägeschale und werden mittels Analysenwaage abgewogen. Der Wägevorgang erfolgt wie für die oberirdischen Biomasseproben beschrieben.

Folgende Probleme können bei der Aufarbeitung der Proben der unterirdischen Biomasse auftreten:

(1) Eine Trennung tot-lebendig wird angestrebt, ist aber nicht immer verlässlich machbar.

(2) Das Tiefgefrieren macht die feinste Wurzelkategorie (<0.5 mm) leider 'schmierig' man erkennt aber die ursprüngliche Lebendigkeit im Wasser an der hellen Farbe.

(3) Nicht alles was schwarz ist, ist tot, hier kann ein Festigkeitstest darüber Aufschluss geben, ob das Pflanzenorgan noch lebt.

(4) Sämtliche unterirdische Strohtunikas werden bis auf den vitalen Kern (der natürlich jetzt erfroren ist) entfernt.

(5) Kräftige Rhizome mit vielen Seitenwurzeln werden mit der Pinzette etwas abgekratzt und gespült, so dass anhaftende tote Schuppen wegfallen.

(6) Feine Wurzeln umspinnen kleine Steinchen von 1-3 mm Größe. Diese müssen unbedingt heraussortiert werden, weil deren Gewicht einen großen Fehler bewirkt. Man staunt in der Petrischale oft über Steinchen im Bodensatz, nachdem man dachte vorher schon gut gespült zu haben.

(7) Großes Problem: Im 1-6 cm Horizont umspinnen feinste Wurzeln totes organisches Material. Diese etwa fingernagelgroßen 'Ballen' muss man unter Wasser lockern und hin und her bewegen und gegebenenfalls auch mit der Pinzette den toten (dunklen) Kern herausfischen. Obwohl diese feinsten Wurzeln erfroren sind, kann man ihren Biomassestatus an der hellen Farbe erkennen. Es lohnt nicht, diese Ballen bis auf die letzte Unsauberkeit zu sortieren. Wenn der Großteil aussortiert ist, wird der ganze Ballen auf das Küchenpapier gelegt. Die Masse ist im Vergleich zu Rhizomen oder dicken Wurzeln minimal.

(8) Sehr sorgfältig alle (schwarzen) Polytrichum Sprosse (meist mit kleinem schwarzem Schopf) heraussortieren. Sie stecken oft in feinsten Wurzelgespinsten.

(9) Wie bei der oberirdischen Biomasse muss auch hier ein vernünftiger Kompromiss gefunden werden. Eine vollständige Säuberung ist unmöglich, kleine Mengen gehen schon im Sieb verloren. Es lohnt nicht bei feinsten Strukturen, viel Zeit zu verlieren. Große Strukturen bestimmen letztlich die Masse. Oft muss man schwarze Ballen von verrottendem Material pauschal wegnehmen, auch wenn da noch ein paar feinste Würzelchen stecken.

(10) Das Herausdrücken des Sandes bei den ofentrockenen Wurzelproben ist sehr wichtig, weil ansonsten die Messdaten durch den (schweren) Sand verfälscht werden. Dies kann bis zu 10% zu hohen Werten führen.



Abbildung 19: Typische 1-6 cm Probe nach der Reinigung. Kleine organische Totmaterialreste gleichen kleine Wurzelverluste beim Sieben aus (links); Typische 6-11 cm Probe nach der Reinigung (rechts) (Foto Körner)

Nach dem Trocknen der Proben bis zur Gewichtskonstanz im Trockenschrank bei 80°C kann das Abwiegen erfolgen. Da die warmen Proben aus dem Trockenschrank stark hygroskopisch sind, muss eine entsprechende Abkühlung der Proben im Exsikkator erfolgen. Erst danach kann eine Messung des Trockengewichtes mittels einer Laboranalysenwaage erfolgen. Für das korrekte Aufstellen der Analysenwaage (u.a. auf einem stabilen Messtisch) und die korrekte Vorgangsweise bei der Messung sei auf einschlägige Methodenhandbücher, bzw. Betriebsanleitungen für die Analysenwaagen hingewiesen. An dieser Stelle wird davon ausgegangen, dass entsprechendes Fachpersonal die Kenntnisse dazu aufweist.

Datenverarbeitung

a. Lufttemperatur

In den drei Untersuchungsgebieten des NPHT wird die Lufttemperatur in einer Höhe von 1,2 m über Grund mit einem Datalogger der Type ONSET-U23-001 erfasst. Zu Beginn des Projektes wurden auch Daten naheliegender meteorologischer Messstationen herangezogen. Im Rahmen der Auswertungen hat sich aber gezeigt, dass durch die kleinräumige Verteilung der mesoklimatischen Bedingungen, eine Messung unmittelbar auf der Messfläche die relevanteren Daten liefert. Daher wurde beschlossen, auch die Lufttemperaturen unmittelbar am Standort der Transekte zu messen.

Die Logger werden im Gelände mit Hilfe eines onset-U-DTW-1 (HOBO Waterproof-Shuttle) ausgelesen. Dieses Shuttle ermöglicht es, die Daten ohne Notebook aus dem Logger auszulesen, was unter den Geländebedingungen von Vorteil

ist. Aus dem Shuttle werden die Daten im Labor in den PC übertragen. Dafür wird die vom Hersteller, {Onset Computer Corporation} entwickelte Software HOBOware verwendet. Die Daten können für die weitere Verarbeitung in das .csv oder auch in ein Excel-Format konvertiert werden.

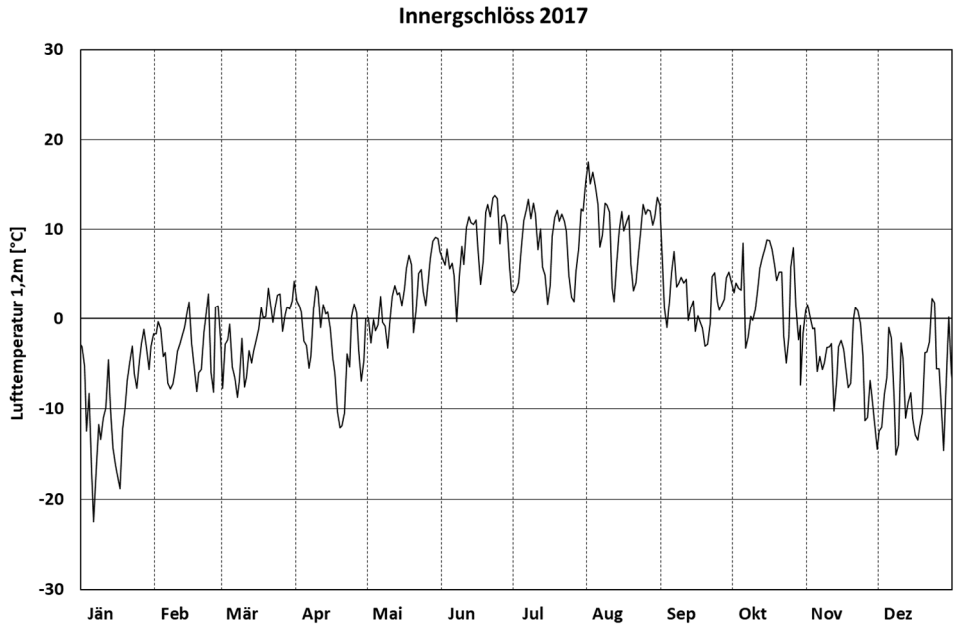


Abbildung 20: Beispiel für die graphische Darstellung der Lufttemperatur für den Standort Innergschlöss (Datenbasis: eigene Daten Jänner – Dezember 2017)

b. Bodentemperaturen

Die Daten werden mittels der speziellen OneWireView Software (Teil des iButton Systems; siehe oben) als .csv Datei gespeichert und entsprechen damit den Rohdaten. Nach dem Import in z.B. Excel erfolgt die Weiterverarbeitung. Der erste Schritt ist die Evaluierung der Richtigkeit der Daten. Alle Datensätze die außerhalb des Bereichs zwischen +20 und -10°C liegen sind unrealistisch und werden ausgeschieden. Außerdem werden die Daten am Anfang und am Ende der Datenaufzeichnung ausgeschieden, während der Logger nicht im Boden eingebaut war. Anschließend werden die Daten der jeweiligen Messtransekte in eine Tabelle zusammengefasst. Dabei ist zu beachten, dass die Messzeitpunkte der einzelnen Logger-Files auch synchronisiert sind. Die Daten können nun als Überblick in einem Diagramm (siehe Abbildung 21) dargestellt werden.

Dabei werden die Daten als Jahresgang von Jänner bis Dezember aufgetragen. Die jeweiligen Zeitpunkte der Ausaperung können am plötzlichen Temperatursprung von nahe 0°C auf positive Temperaturen eindeutig identifiziert werden.

Die weitere Auswertung der Daten erfolgt nach den pflanzenphysiologischen Wachstumskriterien. Ziel ist es, einen Parameter zu erhalten, mit dem die Unterschiede in der Biomasseentwicklung an den jeweiligen Standorten innerhalb aber auch zwischen den Transekten erklärt werden können. Als Messgröße wurden die Wärmesumme für den Zeitraum zwischen Ausaperung und Ernte herangezogen, wobei nur Werte aufsummiert werden, für die die Bedingung „Tagesmitteltemperatur über einen Zeitraum von 5 Tagen über 5°C" zutrifft. Die Tagesmitteltemperatur bezieht sich dabei auf die Bodentemperaturen. Bei Bodentemperaturen unter 5°C kann davon ausgegangen werden, dass kein nennenswertes Wachstum erfolgt (Körner 2003).

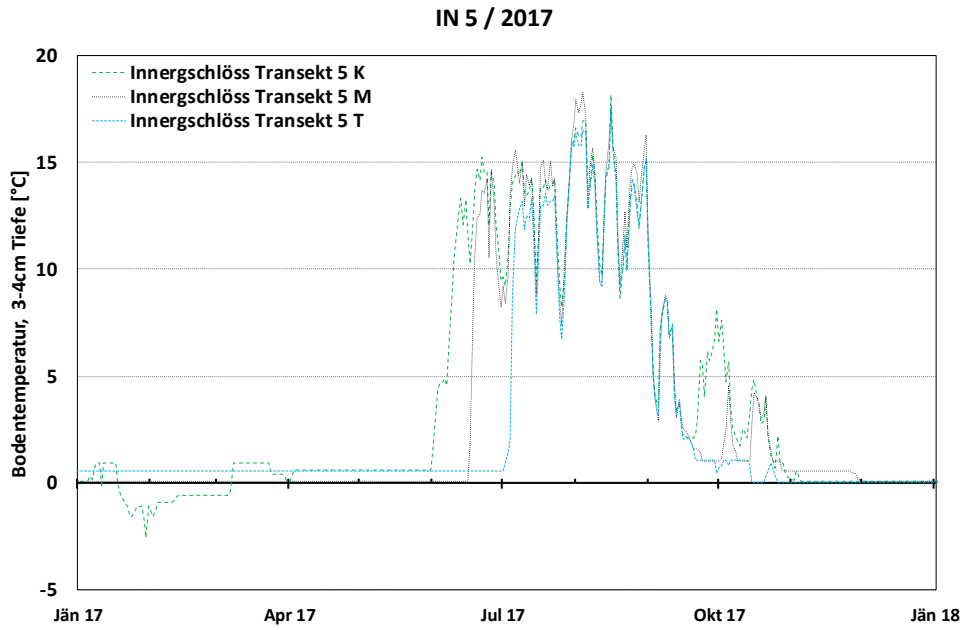


Abbildung 21: Beispiel für die graphische Darstellung eines Bodentemperaturdatensatzes (Standort Innergschlöss, Transekt 5, Datenbasis: Jänner 2017 – Dezember 2017)

c. Physikalische und chemische Bodenparameter

Die bodenphysikalischen und bodenchemischen Parameter werden in einer Tabelle zusammengefasst und dienen in der Folge der allgemeinen bodenphysikalischen und bodenchemischen Charakterisierung der Messplots. Sie sind aber auch eine wichtige Interpretationshilfe insbesondere für die Ergebnisse der biotischen Messungen in den Transekten.

d. Biomasse

Die Trockengewichte der ober- und unterirdischen Biomasseproben werden mittels einfacher deskriptiver Statistik (Mittelwerte, Streumaße) ausgewertet. Dabei können die Proben der drei Transektbereiche ('K', 'M', 'T') zusammengefasst werden. Bei der Auswertung ist stets der Zusammenhang mit den für das jeweilige Messjahr erfassten Mikroklimadaten zu beachten. Einen größeren wissenschaftlichen Wert erhalten die Daten im Vergleich über alle fünf Untersuchungsgebiete und vor allem langfristig über viele Messjahre. Dies auch deshalb, weil interannuelle Variabilitäten besser sichtbar und erklärbar werden. Dazu sei auch auf Körner (2017) verwiesen.

Qualitätssicherung

a. Feldarbeit – Lufttemperatur

Bei der Auswahl des konkreten Messstandortes für die Messung der Lufttemperatur ist besonders auf die Standorteignung zu achten (Details dazu siehe weiter oben, sowie Geiger et al. 2003, Cernusca 1982). Laut WMO-Standard (World Meteorological Organization, 2012) ist die Lufttemperatur standardmäßig über kurzgeschorenem Rasen auf 2 m über Grund zu messen. Dazu ist ein ebenes Messfeld von ca. 4,5 m x 2,0 m mit Rasenbewuchs nötig. Die Einhaltung dieses Standards ist aber in hochalpinen Lagen, in denen sich unsere Transekte befinden, nicht möglich, da wir dort eine viel zu geringe Fetch-Länge vorfinden. Daher sprechen wir bei unseren Messungen der Lufttemperatur weder von Makroklima noch von Mesoklima, da dies das Einhalten des WMO-Standards erfordern würde, sondern nur von Lufttemperatur. Implizit meinen wir damit eine Lufttemperaturmessung in 1,2 m Höhe über Grund. Dies ist bei Vergleichen mit mesoklimatischen bzw. makroklimatischen Lufttemperaturwerten zu berücksichtigen. In den Untersuchungsgebieten Furka (CH) und Oberettes (I) befinden sich standardisierte meteorologische Stationen, die dem LTER-Protokoll folgen (CLIMSTAN, 1999), und damit einen Zusatzwert bieten, da deren Daten problemlos mit dem weltweiten LTER Netzwerk oder auch dem österreichweiten LTER Netzwerk verknüpft werden können (Mirtl et al. 2015).

Jede Temperaturmessung über Grund ist äußerst anfällig gegenüber Strahlungsfehlern. Diese entstehen, wenn der Sensor direkt von der Sonneneinstrahlung oder einer Wärmequelle der Umgebung (z.B. Reflexion der Strahlung am Untergrund) beeinflusst wird. Dadurch können beträchtliche Messabweichungen entstehen. Die Sensorik muss sich daher in einem strahlungs- und witterungsgeschützten Gehäuse befinden, das eine gute natürliche Lüftung ermöglicht.

Das Auslesen der Daten sollte in regelmäßigen Abständen, jedenfalls jährlich, erfolgen, um Datenverlusten vorzubeugen. Eine weitere Technisierung des Messsystems würde auch eine ferngesteuerte Datenauslesung ermöglichen, und damit eine laufende Kontrolle des Messsystems, ohne ins Gelände zu gehen.

b. Feldarbeit – Bodentemperaturen

Beim Einbau der Bodentemperatur-Logger ist darauf zu achten, dass die Logger im Gelände alle in der gleichen Bodentiefe (3-4 cm) eingebaut werden. Zudem ist darauf zu achten, beim Einbau möglichst wenig destruktiv zu arbeiten. Der vorab ausgestochene Boden-Vegetationsmonolith muss nach dem Einbau passgenau in die Öffnung eingesetzt werden, sodass sich keine Randeffekte ausbilden, wie z.B. das rasche Einsickern von Regenwasser an den Rändern des Monolithen.

Bei den bereits vorhandenen Transekten sind dies die Stellen, in denen sich die bereits zuvor eingesetzten befunden haben. Die Logger müssen – soweit sie nicht über eine Schutzkappe verfügen (MF1925L), in speziellen Silikon Schutzhüllen eingebaut werden (Abbildung 22). Die Öffnung der Silikonhülle muss unbedingt nach unten zeigen, damit kein Wasser eindringt.

Beim Einbau darf nicht vergessen werden, die Nummer des Loggers in den hierzu erstellten Protokollen einzutragen.



Abbildung 22: Silikon Schutzkappe (links) (Foto www.signatrol.com); Eingebauter Temperaturlogger vor dem Abdecken mit einem Vegetationsziegel (rechts) (Foto Newesely)

c. Laborarbeit – Luft- und Bodentemperaturen

Datensicherung: Es ist darauf zu achten, dass die Daten als Originalfiles an mindestens zwei räumlich unterschiedlichen Orten gesichert werden.

d. Datenverarbeitung – Luft- und Bodentemperaturen

Die Daten müssen vor der weiteren Auswertung auf Plausibilität geprüft werden. Dafür sollen automatisierte Routinen angewandt werden, die alle Werte, die außerhalb der Plausibilitätsgrenzen (Lufttemperaturen: <+30°C, > -30°C, Bodentemperaturen: < +20°C, > -10°C) liegen als Fehlerwert markieren. Alle Logger messen grundsätzlich nach MEZ (keine Sommerzeit!).

e. Feldarbeit – Bodenphysik und Bodenchemie

Bei der Probennahme im Gelände ist genau auf das hier beschriebene Entnahmeprotokoll zu achten. Die Proben müssen unmittelbar nach der Entnahme im Gelände mit den genauen Entnahmedaten beschriftet werden. Diese Daten sind i) Transektnummer laut Protokoll, ii) Entnahmetiefe, iii) Zweck der Probe [Archiv / Analyse / Wurzelmasse], iv) Datum der Entnahme, v) Nummer des korrespondierenden Bodenzylinders. Diese Beschriftung erfolgt gut lesbar mittels

Permanentstift unmittelbar auf den Gefrierbeuteln. Es ist darauf zu achten, dass die Beschriftungen auch nach dem Verschließen der Säcke eindeutig gelesen werden können. Die Entnahme ist außerdem im jeweiligen Protokoll zu vermerken. Die entnommenen Proben müssen bis zum Abtransport im Schatten gelagert werden.

f. Laborarbeiten – Bodenphysik und Bodenchemie

Bei der Verarbeitung der Proben im Labor ist das Verarbeitungsprotokoll genau einzuhalten. Besonders ist darauf zu achten, dass die Proben immer exakt gekennzeichnet sind. Je nach Probentyp ist gesondert vorzugehen. Ungestörte Proben (Zylinderproben) werden bis zur Verarbeitung im Kühlschrank oder der Kühlkammer bei 0°C gelagert. Es ist darauf zu achten, dass die Proben keinesfalls frieren dürfen. Die Proben dürfen auch nicht austrocknen. Das Aufsättigen der Proben für die Weiterverarbeitung erfolgt mit destilliertem Wasser um eventuelle Verunreinigungen der Proben durch Kalk oder im Wasser gelöste Salze zu unterbinden. Dies ist speziell für die Messungen mittels HYPROP sicherzustellen.

Gestört entnommene Proben (Löffel / Sackerl - Proben): Die Proben müssen bis zur Verarbeitung tiefgekühlt gelagert werden. Vor der eigentlichen Analyse werden die Proben schonend bei ca. 2-4°C aufgetaut und für die weitere Verarbeitung luftgetrocknet. Dazu ist es nötig, noch vor der Entnahme der Proben aus den Gefrierbeuteln die entsprechenden Beschriftungsetiketten vorzubereiten und an den Kartonschachteln anzubringen. Die Trocknung der Bodenproben erfolgt in den mit den Etiketten beschrifteten Kartonschachteln bei Raumtemperatur. Während des Trocknungsprozesses ist darauf zu achten, dass die Proben keinesfalls durch Fremdstäube (z.B. Baustaub!) kontaminiert werden.

g. Datenverarbeitung – Bodenphysik und Bodenchemie

Vor jeglicher Bearbeitung der Proben müssen entsprechende Listen erstellt werden, in denen die Probennummern vollständig aufscheinen. Jeder Analyseschritt (Gewichte) wird für die weitere Auswertung unmittelbar in diese Tabelle eingetragen. Es ist zu empfehlen, die Analysewaage via Datenkabel direkt mit dem Auswertecomputer zu verbinden, um Fehler bei der Eingabe der Zahlenwerte zu verhindern.

h. Feldarbeit – Biomasse

Entscheidend für die Güte der Messdaten ist vor allem der Erntezeitpunkt. Dieser wird so gewählt, dass auch die pessimalsten Teilflächen (mit der kürzesten Vegetationsperiode) nahe am oder im Zentrum eines topographiebedingten Schneeschmelzgradienten eine Chance haben, ihren saisonalen Biomassehöhepunkt zu erreichen. Da der Schnee dort vielfach erst Mitte Juli schmilzt, wird die Ernte in der Regel in der zweiten Augustwoche stattfinden. Zusätzlich ist darauf zu achten, welches Erntequadrat beprobt wird. Die Beprobungsflächen dürfen keine oberflächlich liegenden Steine aufweisen und sich auch von der Vegetationszusammensetzung nicht von der unmittelbaren Umgebung unterscheiden. Einen ersten Anhaltspunkt dafür liefert auch die Fotodokumentation im Anhang. Allerdings sind die Details immer erst im Gelände überpüfbar, da sich auch Änderungen über die Jahre ergeben (können). Zusätzlich ist zu beachten, dass in mindestens 3 aufeinanderfolgenden Jahren keinesfalls dieselben Messquadrate bzw. innerhalb der Subquadrate keinesfalls dieselben 20 x 20 cm Flächen zur Beprobung ausgewählt werden dürfen. Subquadrate mit einer hohen Deckung von verholzten Pflanzen (Zwergsträucher) sind für die Auswahl ungeeignet, da eine Beprobung des jährlichen Zuwachses an Biomasse nicht möglich ist. Bei der Ernte ist genau darauf zu achten, dass das Prinzip des virtuellen Würfels eingehalten wird. Der Schnitt bei der Ernte muss so erfolgen, dass die gesamte zu erntende Biomasse von der Basis bzw. Bodenoberfläche bis zur Spitze mit jeweils einem einzigen Schnitt geerntet wird. Ein Nachschneiden führt unweigerlich zu kleinen Pflanzenteilen, die bei der Sortierung nicht mehr zugeordnet werden können. Die Proben müssen in korrekt beschriftete Papiersäcke verpackt werden. Die Lagerung der Proben im Gelände muss im Schatten erfolgen. Nach Rückkehr ins Tal müssen die Proben bis zum Zwischenlagern im Kühlschrank in einer Kühlbox gelagert werden. Je länger die Proben ohne Kühlung sind, desto schwieriger wird die Sortierung des Pflanzenmaterials.

i. Laborarbeiten – Biomasse

Die Proben werden bis zur Sortierung möglichst bei 0°C im Kühlschrank gelagert. Für die Sortierung werden nur die gerade benötigten Proben aus dem Kühlschrank entnommen. Die Sortierung der Proben muss so rasch als möglich erfolgen. Die zuerst geernteten Proben werden auch zuerst sortiert. Ein Unterbrechen der Sortierung (z.B. wegen des Wochenendes oder bei Feiertagen) ist tunlichst zu vermeiden, da die Erkennbarkeit der einzelnen Pflanzenteile sehr rasch abnimmt. Die Trocknung der Proben erfolgt bei 80°C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz. Die Temperatur

ist genau einzuhalten (vgl. Milner et al. 1968), weil es z.B. bei niedrigen Temperaturen zu einem Abbau der Biomasse kommen kann und die Ergebnisse dadurch verfälscht werden. Nach dem Trocknen der Proben bis zur Gewichtskonstanz im Trockenschrank bei 80°C kann das Abwiegen erfolgen. Da die warmen Proben aus dem Trockenschrank stark hygroskopisch sind, muss eine entsprechende Abkühlung der Proben im Exsikkator erfolgen. Erst danach kann eine Messung des Trockengewichtes mittels einer Laboranalysenwaage erfolgen. Die Aufstellung der Analysenwaage muss entsprechend der Laborstandards erfolgen, ebenso die Durchführung der Messungen. Darüber hinaus ist zu kontrollieren, dass alle Proben, wie sie im Protokollblatt angegeben sind, sortiert, getrocknet und gewogen werden.

j. Datenverarbeitung – Biomasse

Die Proben werden nach dem Trocknen auf einer Analysenwaage gewogen und die Daten in entsprechenden Tabellen digital erfasst. Eine Datenverbindung zwischen Waage und PC ist dringend zu empfehlen.

Interpretation der wichtigsten Erhebungsparameter

a. Klimatische Standortparameter

Eine zur Interpretation ökologischer Messungen geeignete Erfassung des Standortklimas umfasst sowohl die kurzzeitlichen als auch die langzeitlichen meteorologischen Faktoren, die Auswirkungen auf biologische Systeme haben. Dazu wird mit einer entsprechenden zeitlichen Auflösung der meteorologische Parameter gemessen und gespeichert. Die entsprechende Datenbank erlaubt sowohl die Extraktion der Messwerte zur Charakterisierung kurzzeitiger Phänomene, wie etwa eine Trockenperiode, als auch eine Analyse von Langzeitveränderungen. Dafür muss aber eine langjährige ununterbrochene Datenreihe gegeben sein. Es sei darauf hingewiesen, dass in der Meteorologie eine mindestens 30-jährige Periode für Durchschnittswerte verwendet wird. Aufgrund des begrenzten Kostenrahmens wurde entschieden, dass für eine Charakterisierung des Standortklimas die Lufttemperatur kontinuierlich (mit einem 1-stündigen Messintervall) erfasst wird. Die Lufttemperatur (i) gehört neben dem Niederschlag zu den wichtigsten standortklimatischen Faktoren und (ii) stellt auch einen Proxy für den Strahlungs- und Klimahaushalt dar. So spiegeln sich etwa die Ein- und Ausstrahlungsverhältnisse sehr stark im diurnalen Lufttemperaturverlauf wieder. Damit können Tagesgänge, aber auch Jahresverläufe der Lufttemperatur über das Witterungsgeschehen am Standort Aufschluss geben und auch für die Interpretation der Bodentemperaturverläufe in der schneefreien Zeit einen wichtigen Input liefern. Die Daten zur Lufttemperatur unmittelbar an den Standorten können einen Anschluss an das bestehende Wetterstationsnetz herstellen und damit kann in der Folge die makroklimatische Situation von umliegenden Wetterstationen bezogen werden. Dazu muss eine Korrelation zwischen den eigenen Messdaten und denen der umliegenden Wetterstationen durchgeführt werden, unter der Berücksichtigung der 'T'-laps rates' und differenziert nach Monaten. Dabei sind auch die Unterschiede zwischen Mittelwerten und Extremtemperaturen zu berücksichtigen.

Auf allen Messtransekten werden jeweils am oberen (optimal), unteren (pessimal) als auch in der Mitte dazwischen Bodentemperaturen in einer Bodentiefe von 3-4 cm erhoben. Diese Daten geben Aufschluss über die Schneedeckenandauer an den jeweiligen Stellen in den Transekten. Da die Biomasseentwicklung im direkten Zusammenhang zu der Vegetationsperiode steht, ist der Zeitpunkt der Ausaperung essentiell für die weitere Interpretation der im Zuge der Biomasseernten gewonnenen Ergebnisse. Auf Basis der Temperaturen können weiters auch Rückschlüsse auf die Wachstumsbedingungen während der Vegetationsperiode gezogen werden.

Die Daten der klimatischen Standortcharakterisierung sollen in weiterer Folge auch Angaben liefern, wie bzw. ob sich die Standortbedingungen im Verlauf der insgesamt 15 Untersuchungsjahre ändern. Ihren großen Wert erhalten sie über eine noch längere Monitoringperiode.

b. Bodenphysik und Bodenchemie

Die bodenphysikalischen und bodenchemischen Parameter dienen einer allgemeinen Charakterisierung der Plots in Bezug auf Wasserhaushalt, Wachstumsbedingungen der Pflanzen und Habitateigenschaften für Tiere und Mikroorganismen. Die $\delta^{15}N$ Werte geben zudem Hinweise auf das Alter der Böden. Bodenphysikalische und bodenchemische Analysen werden frühestens in 10 Jahren wiederholt. Die schonend luftgetrockneten Parallelproben werden in einem Archiv gelagert und ermöglichen zu einem späteren Zeitpunkt weitere Analysen mit möglichen neuen Analyseverfahren.

c. Biomasse

Die Bestimmung der Pflanzenmasse gibt Auskunft über die Menge an gebildeter Biomasse, aufgeschlüsselt in Kräuter und Gräser, im aktuellen Jahr. Ein Vergleich der Daten zwischen dem pessimalen und dem optimalen Bereich der Transekte gibt entscheidende Hinweise, wie sich die unterschiedlich lange Vegetationszeit vom Ausapern bis zur Ernte in den verschiedenen Transektabschnitten auf die Biomasseproduktion im Erntejahr ausgewirkt hat. Vergleiche zu Daten aus den vergangenen aber auch aus den Folgejahren lassen Aussagen zu Veränderungen der Produktivität in Folge höherer Temperaturen bzw. längerer Vegetationsperioden zu. Für die Interpretation der Daten sind die Ergebnisse der jeweiligen Mikroklimamessungen essentiell. Es ist zu beachten, dass aufgrund der interannuellen Variabilitäten für eine stabile Interpretation der Ergebnisse langjährige Messungen notwendig sind (vgl. dazu Körner 2007).

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standort Seebachtal (2300 m üNN, Ankogel) in Kärnten (Foto Körner 2017).....6
Abbildung 2: Standort Untersulzbachtal (2380 m üNN,) in Salzburg (Foto Körner 2017).....7
Abbildung 3: Standort Innergschlöss (2350 m üNN) in Tirol (Foto Körner 2017.....7
Abbildung 4: Standort Furka, 2460 m üNN in den Schweizer Zentralalpen. Der Standort befindet sich in einem international anerkannten langzeitökologischen Untersuchungsgebiet (LTER-Switzerland, Alpine Research Station Furka, ALPFOR) (Foto Körner 2017).....8
Abbildung 5: Standort Matschertal (Oberettes, 2700 m üNN, Ötztaler Alpen) in Südtirol. Der Standort befindet sich in einem international anerkannten langzeitökologischen Untersuchungsgebiet (LTER-IT25 - Val Mazia/Matschertal) (Foto Körner 2018).....8
Abbildung 6: Messgitter im Gelände am Transekt, zugehöriges Protokoll und Foto (Beispiel: Transekt 2 Innergschlöss 2017). Fotos: Newesely (links), Eurac Research (rechts), Bearbeitung Newesely.....13
Abbildung 7: Klimastation Seebachtal. Eingerichtet am 9.8.2018 (Foto Newesely).....16
Abbildung 8: Probennahme für die ungestörten Zylinderproben bzw. die unterirdische Biomasse in zwei verschiedenen Bodentiefen. (Foto Tappeiner).....18
Abbildung 9: Phänologieabfolge von *Gnaphalium supinum* von der Blüte (1, ganz links) bis zum leeren Fruchtstand (5, ganz rechts). Nach der Befruchtung streckt sich der Stängel (2-4). Idealerweise soll in den Phasen 3-4 geerntet werden. Dies ist ein sehr kurzes Zeitfenster von etwa einer Woche. Phase 5, in der bereits die Früchte ausgestreut sind, ist für die Ernte zu spät (Foto Körner).....19
Abbildung 10: Transport der Weideausschlusskörbe in zerlegter Form in das Untersuchungsgebiet Oberettes (links), eingebaute Weideausschlusskörbe auf einem der Transekte (rechts) (Foto Eurac Research).....21
Abbildung 11: „Eingewachsene" Weideausschlusskörbe am Standort Oberettes vor der Beprobung. Für die Biomasseernte werden die Weideausschlusskörbe entfernt (Foto Körner).....22
Abbildung 12: Probennahme für die oberirdische Biomasse. (Foto Tappeiner).....22
Abbildung 13: Beispiel für eine Schachtelbeschriftung (links); Schachteln zur Trocknung der Bodenproben (rechts) (Foto Newesely).....24
Abbildung 14: Etiketten für Bodenarchivgläser (Zweckform L6011) (links); gefülltes und richtig etikettiertes Schraubglas für das Bodenarchiv (rechts) (Foto Newesely).....24
Abbildung 15: Proben während der Korngrößenanalyse mittels Messung durch das Analysesystem PARIO (Foto Newesely).....25
Abbildung 16: Beispiel für Siebfraktionen des Sandanteils, 630 µm (links), 200 µm (Mitte), 63 µm (rechts) (Foto Newesely).....26
Abbildung 17: Optimalvegetation, Graminoid dominiert (links), Schneetälchenboden mit 80% *Alchemilla pentaphyllea* (rechts) (Fotos Körner).....29
Abbildung 18: Beschriftungsetiketten für Biomassearchiv (Zweckform 3658).....29
Abbildung 19: Typische 1-6 cm Probe nach der Reinigung. Kleine organische Totmaterialreste gleichen kleine Wurzelverluste beim Sieben aus (links); Typische 6-11 cm Probe nach der Reinigung (rechts) (Foto Körner).....31
Abbildung 20: Beispiel für die graphische Darstellung der Lufttemperatur für den Standort Innergschlöss (Datenbasis: eigene Daten Jänner – Dezember 2017).....32
Abbildung 21: Beispiel für die graphische Darstellung eines Bodentemperaturdatensatzes (Standort Innergschlöss, Transekt 5, Datenbasis: Jänner 2017 – Dezember 2017).....33
Abbildung 22: Silikon Schutzkappe (links) (Foto www.signatrol.com); Eingebauter Temperaturlogger vor dem Abdecken mit einem Vegetationsziegel (rechts) (Foto Newesely).....34
Abbildung 23: Allgemeiner Transektplan.....42
Abbildung 24: Vorlage für das Protokollblatt zum Einbau der Datalogger.....43
Abbildung 25: Bildtafel zur Dokumentation der gesetzten Unterflurmarkierungen, beispielhaft anhand des Transekts IG2. (aus: Eberl & Kaiser, 2018).....47
Abbildung 26: Überblickskarte der Untersuchungsgebiete (Quelle: Google Earth).....49
Abbildung 27: Überblick, Transekte Innergschlöss (Quelle: Google Earth) d.....49
Abbildung 28: Überblick, Transekte Untersulzbachtal (Quelle: Google Earth).....50

Abbildung 29: Überblick, Transekte Seebachtal (Quelle: Google Earth) 50
Abbildung 30: Transektplan, Transekt Innergschlöss 1 51
Abbildung 31: Transektplan, Transekt Innergschlöss 2 52
Abbildung 32: Transektplan, Transekt Innergschlöss 3 53
Abbildung 33: Transektplan, Transekt Innergschlöss 4 54
Abbildung 34: Transektplan, Transekt Innergschlöss 5 55
Abbildung 35: Transektplan, Transekt Seebachtal 1 56
Abbildung 36: Transektplan, Transekt Seebachtal 2 57
Abbildung 37: Transektplan, Transekt Seebachtal 3 58
Abbildung 38: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 1 59
Abbildung 39: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 2 60
Abbildung 40: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 3 61
Abbildung 41: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 4 62
Abbildung 42: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 5 63
Abbildung 43: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 6 64
Abbildung 44: Transektplan, Transekt Furka 1 65
Abbildung 45: Transektplan, Transekt Furka 2 66
Abbildung 46: Transektplan, Transekt Furka 3 67
Abbildung 47: Transektplan, Transekt Furka 4 68
Abbildung 48: Transektplan, Transekt Furka 5 69
Abbildung 49: Transektplan, Transekt Oberettes 1 70
Abbildung 50: Transektplan, Transekt Oberettes 2 71
Abbildung 51: Transektplan, Transekt Oberettes 3 72
Abbildung 52: Transektfoto, Transekt Innergschlöss 1 73
Abbildung 53: Transektfoto, Transekt Innergschlöss 2 74
Abbildung 54: Transektfoto, Transekt Innergschlöss 3 75
Abbildung 55: Transektfoto, Transekt Innergschlöss 4 76
Abbildung 56: Transektfoto, Transekt Innergschlöss 5 77
Abbildung 57: Transektfoto, Transekt Seebachtal 1 78
Abbildung 58: Transektfoto, Transekt Seebachtal 2 79
Abbildung 59: Transektfoto, Transekt Seebachtal 3 80
Abbildung 60: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 1 81
Abbildung 61: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 2 83
Abbildung 62: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 3 83
Abbildung 63: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 4 84
Abbildung 64: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 5 85
Abbildung 65: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 6 86
Abbildung 66: Transektfoto, Transekt Furka 1 87
Abbildung 67: Transektfoto, Transekt Furka 2 88
Abbildung 68: Transektfoto, Transekt Furka 3 89
Abbildung 69: Transektfoto, Transekt Furka 4 90
Abbildung 70: Transektfoto, Transekt Furka 5 91
Abbildung 71: Transektfoto, Transekt Oberettes 1 92
Abbildung 72: Transektfoto, Transekt Oberettes 2 93
Abbildung 73: Transektfoto, Transekt Oberettes 3 94

Literatur- und Quellenverzeichnis

a. Literaturverzeichnis

Cernusca A (1982) Standardmeteorologie und Mikrometeorologie. In Janetschek H (Hrsg.) Ökologische Feldmethoden: Hinweis zur Analyse von Landökosystemen, Ulmer, 9-27

CLIMSTAN (1999): Standards for Observation and Archiving of LTER Climate Data, last updated: 2/17/99. [WWW document] URL https://lternet.edu/wp-content/uploads/2011/09/Climstan99.pdf [accessed 17. 3. 2019].

Forschungskonzept Nationalpark Hohe Tauern 2020 (2007) [WWW document] URL https://hohetauern.at/de/forschung.html [accessed 10. 3. 2019]

Geiger R, Aron RH, Todhunter P (2003) The Climate Near the Ground, Rowman & Littlefield (sixth edition)

Eberl T & Kaiser R (2018) Leistungsbericht 2 (2018), Modul 2 Botanisch / Vegetationskundliche Analysen (unpublished), URL http://parcs.at/npht/mmd_fullentry.php?docu_id=37359

Körner C (2003) Alpine Plant Life, Springer, Berlin (2. Auflage)

Körner C (2017) 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 (2019) Langzeitmonitoring terrestrischer alpiner Ökosysteme im Nationalpark Hohe Tauern - Konzept und Rahmenbedingungen. Wissenswert, Methoden – Handbuch (in diesem Band)

Milner C, Hughes R E, Gimingham CH, Miller GR & Slayter R O (1968): Methods for Measurement of the Primary Production of Grassland. IBP Handbook No. 6. Oxford & Edinburgh, Blackwell Scientific Publications

Mirtl M, Bahn M, Battin T, Borsdorf A, Dirnböck T, Englisch M, Erschbamer B, Fuchsberger J, Gaube V, Grabherr G, Gratzer G, Haberl H, Klug H, Kreiner D, Mayer R, Peterseil J, Richter A, Schindler S, Stocker-Kiss A, Tappeiner U, Weisse T, Winiwarter V, Wohlfahrt G, Zink R (2015): Forschung für die Zukunft– LTER-Austria White Paper 2015 zur Lage und Ausrichtung von prozessorientierter Ökosystemforschung, Biodiversitäts- und Naturschutzforschung sowie sozio-ökologischer Forschung in Österreich.
LTER-Austria Schriftenreihe, Vol. 2 ISBN 978-3-9503986-0-1. [WWW document]
URL https://www.lter-austria.at/veroeffentlichungen/ [accessed 10. 3. 2019]

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].

b. Quellenangaben / Links

i. Erfassung der klimatischen Standortparameter

- Lufttemperatur-Datalogger: HOBO Pro v2 Datenlogger mit internem Feuchte/Temperatur-Sensor U23-001 {Onset Computer Corporation}: https://www.onsetcomp.com/datasheet/U23-001
- Lamellen-Schutzgehäuse für exakte Messungen des Temperatur-Feuchte-Sensors Solar radiation shield RS1, {Onset Computer Corporation} inklusive einer passenden Halteschelle (U23 Clamp Kit, {Onset Computer Corporation}: https://www.onsetcomp.com/datasheet/RS1
- Datenausleseeinheit: Onset-U-DTW-1 (HOBO Waterproof-Shuttle), {Onset Computer Corporation}: https://www.onsetcomp.com/products/communications/u-dtw-1, https://www.onsetcomp.com/files/manual_pdfs/10264-M%20MAN-U-DTW-1.pdf
- Auswertesoftware: HOBOware {Onset Computer Corporation}: https://www.onsetcomp.com/hoboware-free-download
- Datalogger iButton allgemein: https://www.maximintegrated.com/en/products/ibutton/ibutton.html

- Datalogger: iButton DS 1922L, {Maxim Integrated}: https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1922L-DS1922T.pdf, https://www.fuchs-shop.com/download/MF1922X.pdf
- iButton Schutzkapsel, wasserfest: SL50-ACC06-PK1, {Maxim Integrated}: https://www.fuchs-shop.com/de/shop/31/1/13372557/
- Für Neuanschaffung ist die neue Datalogger-Type MF1925L {Maxim Integrated} zu verwenden: https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1925.pdf
- iButton Lesegerät: DS1402D {Maxim Integrated}: https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1402-BP8-DS1402D-DR8.pdf
- 1-Wire USB Adapter: DS9490R: https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS9490-DS9490R.pdf
- Neu: Leseeinheit für iButtons der MF-Serie, MF1402{Maxim Integrated}: https://www.fuchs-shop.com/download/MF1402.pdf

ii. Erfassung der Bodenphysik

- HYPROP® 2 {METER Group}: Analysesystem zur Messung und Bestimmung der Wasserretentionsfunktion und der hydraulischen Leitfähigkeit: https://www.metergroup.com/de/environment/produkte/hyprop-2/
- Korngrößenanalyse-System PARIO {METER Group}: Das System PARIO automatisiert die etablierte Aräometer- und Pipettenmethode nach ÖNORM L 1061-2, https://www.metergroup.com/de/environment/produkte/pario/
- DIN 4220:2008-11: Bodenkundliche Standortbeurteilung - Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten (normative und nominale Skalierungen), https://dx.doi.org/10.31030/1436635

iii. Speziallabors, bei denen Analysen für die Bodenproben 2017/2018 durchgeführt wurden

- $\delta^{15}N$ Untersuchungen: Freie Universität Bozen, https://www.unibz.it/de/faculties/sciencetechnology/
- Alle bodenchemischen Analysen: Versuchszentrum Laimburg, http://www.laimburg.com/de/dienstleistungen/formulare.asp

iv. Details zu den Untersuchungsgebieten außerhalb des Nationalparks Hohe Tauern, die beide Teil des weltweiten LTER (Long Term Ecological Research) Netzes sind

- Untersuchungsstandort Oberettes 2700 m, Matschertal, Ötztal-Alpen innerhalb des Standortes von LTER-IT25 - Val Mazia/Matschertal, vgl. https://deims.org/11696de6-0ab9-4c94-a06b-7ce40f56c964
- Untersuchungsstandort Furka in den Schweizer Zentralalpen, nahe Furkapass 2460 m innerhalb des Standortes von LTER-Switzerland, Alpine Research Station Furka, ALPFOR, vgl. https://deims.org/network/Switzerland-LTER-Switzerland

Anhang

a. Vorlagen Standard-Protokoll für die Probenentnahmen an den terrestrischen Transekten

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck

	links A		oben B		rechts C		Feldcode	Anmerkungen
K	a	b	a	b	a	b		
	c	d	c	d	c	d		
8	a	b			a	b		
	c	d			c	d		
7	a	b			a	b		
	c	d			c	d		
6	a	b			a	b		
	c	d			c	d		
5	a	b			a	b		
	c	d			c	d		
4	a	b			a	b		
	c	d			c	d		
3	a	b			a	b		
	c	d			c	d		
2	a	b			a	b		
	c	d			c	d		
1	a	b			a	b		
	c	d			c	d		
T	a	b	a	b	a	b		
	c	d	c	d	c	d		

unten

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 23: Allgemeiner Transektplan

Detaillierte Erläuterungen zu den Abkürzungen finden sich im Text, auf S. 14.

b. Vorlagen Standard-Protokoll für den Einbau der Mini-Einkanaldatenlogger

Karteikarten 2016_17

Nummer	Loggernummer	Ort	Plot	Subplot	Lage
1	4A00000048DB6841				
2	C500000048DA2941				
3	A100000048DD3B41				
4	D800000048EC8A41				
5	BF00000048E7A241				
6	2C00000048EABD41				
7	7200000048EC5841				
8	8900000048EB8A41				
9	9D00000048E0D741				
10	4C00000048DA4441				
11	2E00000048ECF841				
12	C400000048DEC841				
13	8A00000048D8B541				
14	3A00000048E3C141				
15	F500000048E3CB41				

Anmerkungen:

Abbildung 24: Vorlage für das Protokollblatt zum Einbau der Datalogger

c. Zeitabschätzung

Tabelle 3: Durchschnittliche Zeiten für die verschiedenen Beprobungs- und Untersuchungsbereiche. Die Angaben gelten jeweils pro Probe bzw. Untersuchung oder Messgerät. In dieser Aufstellung werden keine Angaben zu den Zeiten gegeben, die für das Erreichen der Untersuchungsflächen nötig sind. P-Stunden bedeutet Personenstunden, P-Minuten bedeutet Personenminuten, n.a. = keine Angaben durch das Labor.

Methode	Vorbereitung	Montage	Austausch / Beprobung / Verarbeitung	Probenweiterverarbeitung	
Geländearbeit					
Lufttemperatur	8 P-Stunden	2 P-Stunden	15 P-Minuten		
Bodentemperatur	10 P-Minuten	5 P-Minuten	10 P-Minuten		
Bodenprobenentnahme			10 P-Minuten		
Oberirdische Biomasse			30 P-Minuten		
Unterirdische Biomasse			10 P-Minuten		
Laborarbeit					
Biomasse					
Oberirdische Biomasse					
sortieren / trocknen / wiegen			15 - 90 P-Minuten	Proben-abhängig	
Unterirdische Biomasse			1,5 P-Stunden		
Bodenanlysen					
ungestörte Bodenproben	15 P-Minuten			ca. 2 Tage	Aufsättigung
gestörte Bodenproben	45 P-Minuten			3-4 Wochen	Trocknung
organische Substanz			15 P-Minuten		
Wasserretentionskurve (pF-Kurve)	2 P-Stunden			3-4 Wochen	Analysedauer
Korngrößenanalysen	6 P-Stunden			10 Stunden	Analysedauer
Bodenchemie	5 P-Minuten			n.a.	Analyse in Speziallabor
$\delta^{15}N$ Untersuchungen	5 P-Minuten			n.a.	Analyse in Speziallabor
Bodenarchiv	15 P-Minuten				

d. Beprobungsinterval

Tabelle 4: Beprobungs- bzw. Messinterval

Biomasse	jährlich
Bodentemperatur	kontinuierlich
Lufttemperatur	kontinuierlich
Bodenphysik	>= 5 Jahre
Bodenchemie	>= 5 Jahre

e. Koordinaten der meteorologischen Stationen

Tabelle 5: Lagebeschreibung der meteorologischen Stationen im Nationalpark Hohe Tauern (NPHT) und den weiteren Untersuchungsgebieten in EPSG:4326 (WGS84). Die genauen Koordinaten können zu wissenschaftlichen Zwecken auf Anfrage mitgeteilt werden.

Ort	Nationalparkteil	Koordinaten	Höhe	Ortsname	Exposition	Plotanzahl
Innergschlöss	Tirol	47°06'N 12°25'E	2350 m	Karle	Süd-West	5
Seebachtal	Kärnten	47°02'N 13°10'E	2303 m	beim kleinen Tauernsee	Nord und Süd	3
Untersulzbachtal	Salzburg	47°09'N 12°19'E	2380 m	Langeck	West	6
Furka	Schweiz	46°34'N 08°25'E	2467 m	ALPFOR	Süd	5
Oberettes	Italien Südtirol	46°45‘N 10°42‘E	2700 m	Oberetteshütte	Nord und Ostnordost	3

Tabelle 6: Koordinaten der einzelnen Transekte (Genauigkeit ca. 3-5m) in EPSG:4326 (WGS84). Die genauen Koordinaten können zu wissenschaftlichen Zwecken auf Anfrage mitgeteilt werden.

Ort	NP-Teil	NP-Code	Transekt	Oben (K)	Unten (T)
Seebachtal	Kärnten	SE	1	47°02'N 13°10'E	47°02'N 13°10'E
			2	47°02'N 13°10'E	47°02'N 13°10'E
			3	47°02'N 13°10'E	47°02'N 13°10'E
Innergschlöss	Tirol	IN	1a	47°06'N 12°25'E	47°06'N 12°25'E
			1b	47°06'N 12°25'E	47°06'N 12°25'E
			2	47°06'N 12°25'E	47°06'N 12°25'E
			3	47°06'N 12°25'E	47°06'N 12°25'E
			4	47°06'N 12°25'E	47°06'N 12°25'E
			5	47°06'N 12°25'E	47°06'N 12°25'E
Untersulzbachtal	Salzburg	UN	1	47°09'N 12°19'E	47°09'N 12°19'E
			2	47°09'N 12°19'E	47°09'N 12°19'E
			3	47°09'N 12°19'E	47°09'N 12°19'E
			4	47°09'N 12°19'E	47°09'N 12°19'E
			5	47°09'N 12°19'E	47°09'N 12°19'E
			6	47°09'N 12°19'E	47°09'N 12°19'E
Furka	Schweiz	FU	1	46°34'N 08°25'E	
			2	46°34'N 08°25'E	
			3	46°34'N 08°25'E	
			4	46°34'N 08°25'E	
			5	46°34'N 08°25'E	
Oberettes	Italien / Südtirol	OB	1	46°45‘N 10°42‘E	
			2	46°45‘N 10°42‘E	
			3	46°45‘N 10°42‘E	

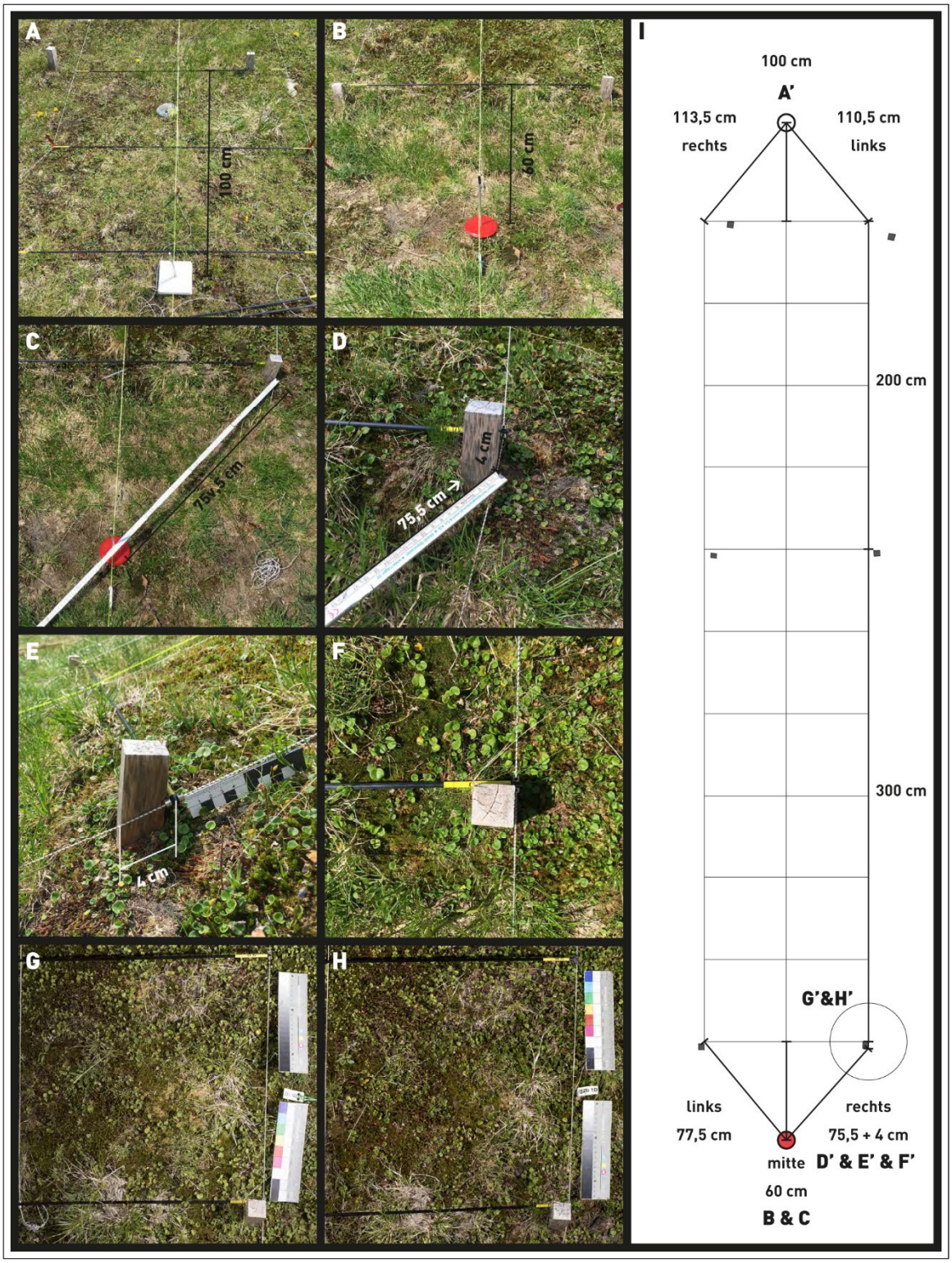


Abbildung 25: Bildtafel zur Dokumentation der gesetzten Unterflurmarkierungen, beispielhaft anhand des Transekts IG2. Alle Bilder stammen – sofern nicht explizit erwähnt – aus dem Jahr 2018. **A:** Setzen der Markierung am »Kopf«-Ende; **B:** Markierung am »Tal«-Ende; **C:** Messen des Schenkels nach rechts im Falle eines direkt anliegenden Pflockes (vgl. Tab. 2 auf der nächsten Seite für IG2 sowie großer Kreis in Bild I); **D:** Anlegen eines Meterstabes zur Ermittlung der Schenkellängen (im Bild Schenkel rechts am »Tal«-Ende, vgl. Bild B Pflock rechts); **E:** Teilmessstrecke am Pflock von 4cm **F:** Aufsicht auf den Pflock in Bild E aus dem Jahr 2017; **G:** quadratischer Ausschnitt des unverarbeiteten Originalbilds der Fläche IG2B 1d aus dem Jahr 2017; H: wie Bild G nur aus dem Jahr 2018; **I:** Lageplan Transekt IG2 mit Pflöcken (grau), Unterflurmarkierungen (rote und weiße Kreise) und Messstrecken (aus: Eberl & Kaiser, 2018).

Tabelle 7: Abstände der Ecken des Probenahme-Rasters zu den zwei im Jahr 2018 gesetzten Unterflurmarkierungen. 'K' = Kopf (Transektende) und 'T' = Tal (Transektbeginn, 0m). Die Richtung der drei Messstrecken sind mit Links, Mitte und Rechts angegeben, wobei als Blickrichtung jeweils das gegenüberliegende Transektende definiert ist (vgl. Abbildung 25, Seite 47). Beachte, die räumliche Teilung des Transekts IG1 wird mit 'K' (0-2m und 2-4m) ausgezeichnet (aus: Eberl & Kaiser, 2018).

Transekt	Seite	Abstand (cm)		
		Links	Mitte	Rechts
IN1 0-2 m	K	111	100	113
IN1 0-2 m	T	4 + 108,5	100	111
IN1 2-4 m	K	140,5	130	138
IN1 2-4 m	T	111	100	113,5
IN2	K	110,5	100	113,5
IN2	T	77,5	60	4 + 75,5
IN3	K	110,5	100	114
IN3	T	113	100	5 + 106,5
IN4	K	109,5	100	113,5
IN4	T	86	70	85,5
IN5	K	121	110	120
IN5	T	111	100	5 + 107,5
SE1	K	154,5	141	150
SE1	T	99	85	98,5
SE2	K	113,5	100	3,5 + 105,5
SE2	T	59	31,5	58,5
SE3	K	4+ 107,5	100	111
SE3	T	85	70	5,5 + 83
UN1	K	108,5	100	112,5
UN1	T	94	80	93
UN2	K	64	43,5	68,5
UN2	T	71,5	50	70
UN3	K	110	100	112
UN3	T	114,5	100	110
UN4	K	123,5	115	126
UN4	T	112,5	100	111
UN5	K	111,5	100	110,5
UN5	T	83,5	67	82
UN6	K	111,5	100	110,5
UN6	T	55	25	56

f. Kartenmaterial



Abbildung 26: Überblickskarte der Untersuchungsgebiete (Quelle: Google Earth)

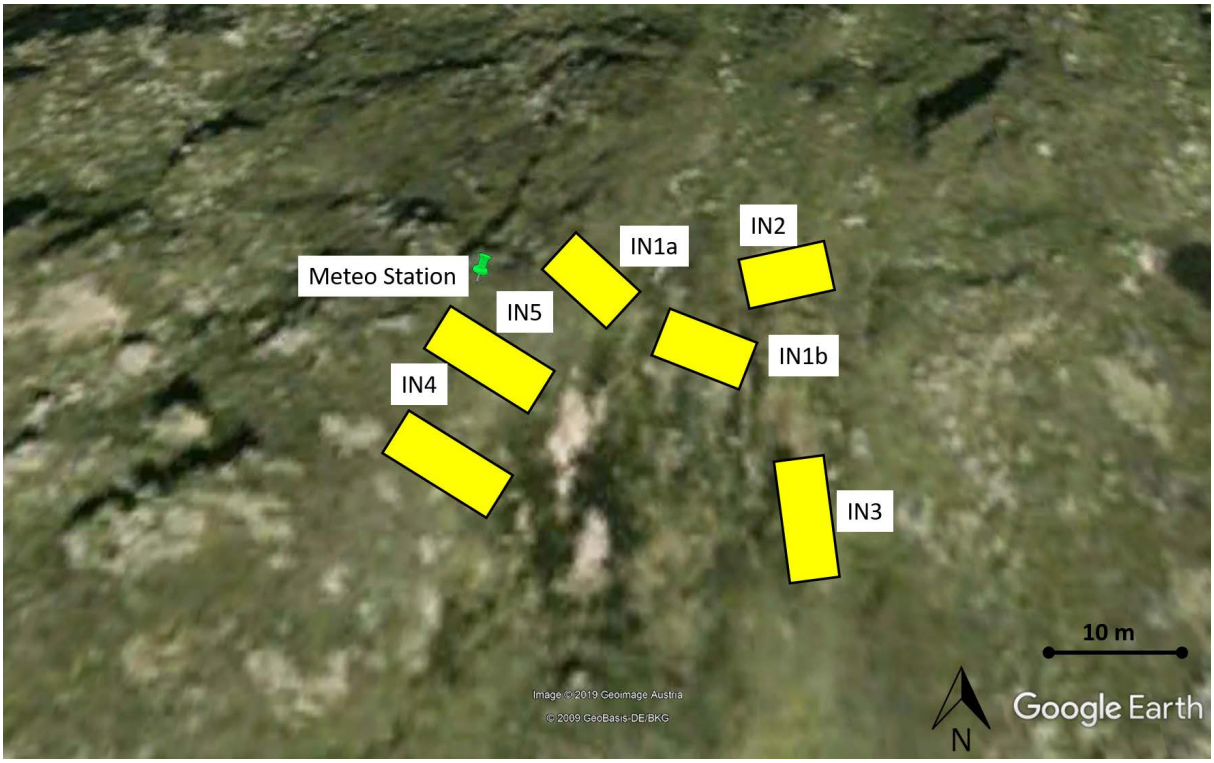


Abbildung 27: Überblick, Transekte Innergschlöss (Quelle: Google Earth) die einzelnen plots sind jeweils 7 bis 10m lang.

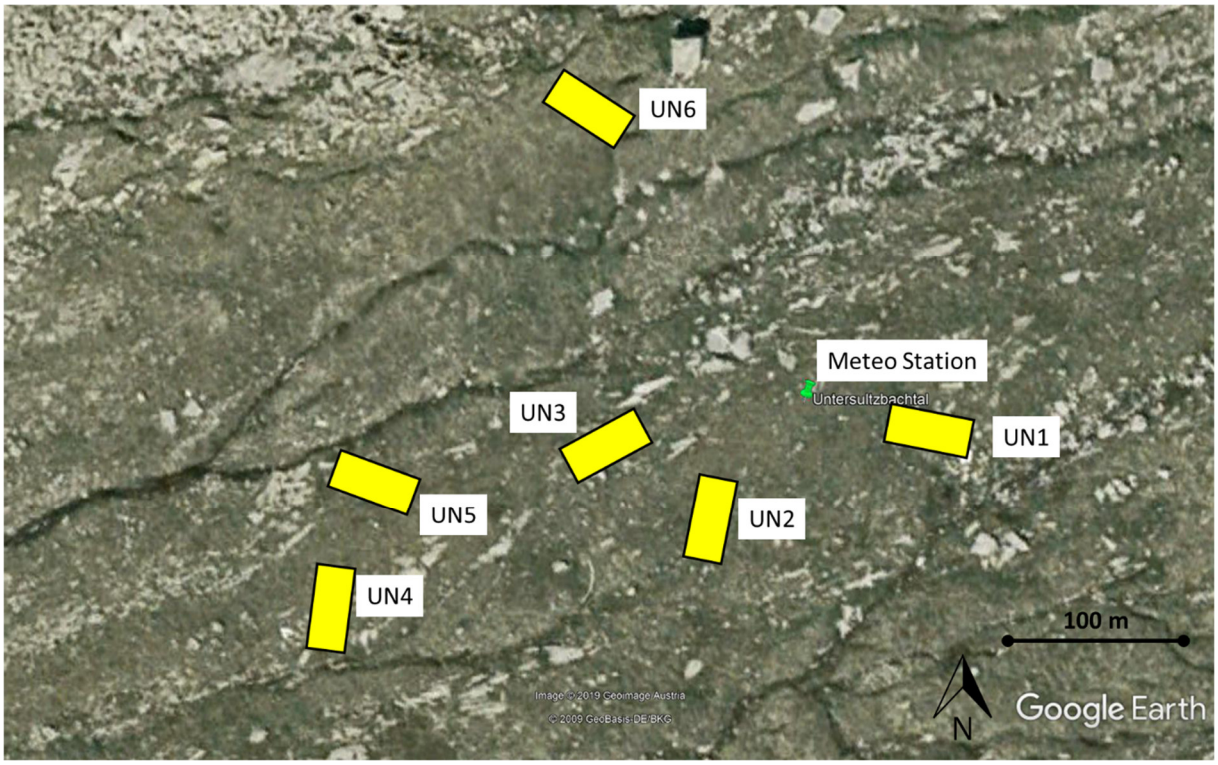


Abbildung 28: Überblick, Transekte Untersulzbachtal (Quelle: Google Earth)

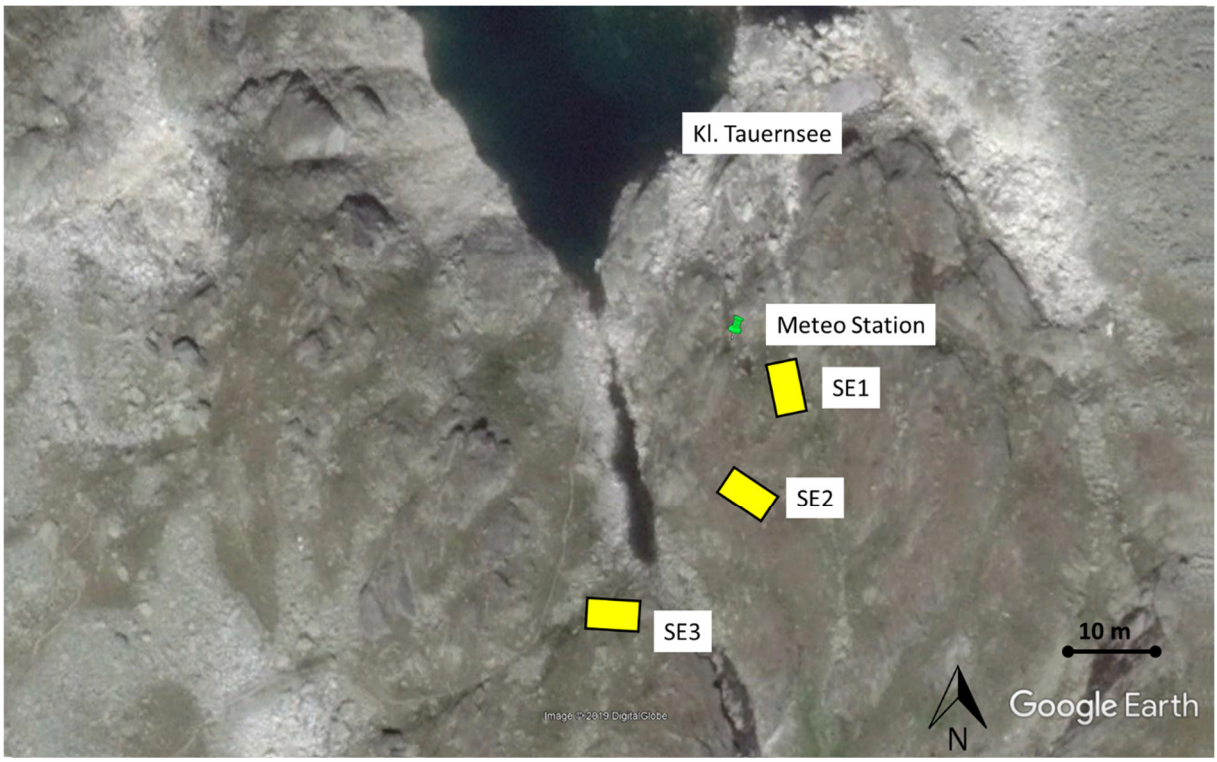


Abbildung 29: Überblick, Transekte Seebachtal (Quelle: Google Earth)

g. Transektpläne der 2017 und 2018 erfolgten Probennahmen

Allgemeine Anmerkungen:

Zentralflächen für nicht destruktive Untersuchungen (Fotodokumentation)

Quadrate, die sich aufgrund unterschiedlicher Faktoren (z.B. Steine) nicht zur Beprobung eignen

Trennung, wenn ein Transekt kürzer oder geteilt ist.

Bodentemperaturlogger

Weitere detaillierte Erläuterungen zu den Abkürzungen finden sich im Text, auf S. 14.

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
IN	1	10.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

Feldcode	Anmerkungen	
CKa	Boden	1-6 = 147, 6-11 = 161
CKa	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
C4c	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
C3c	Boden	1-6 = 141, 6-11 = 121
C3c	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
A2b	Boden	keine Zylinder
A2b	Zoo	0-5
A1c	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
BTd	Boden	1-6 = 138, 6-11 Steinplatte
BTd	Zoo	0-15

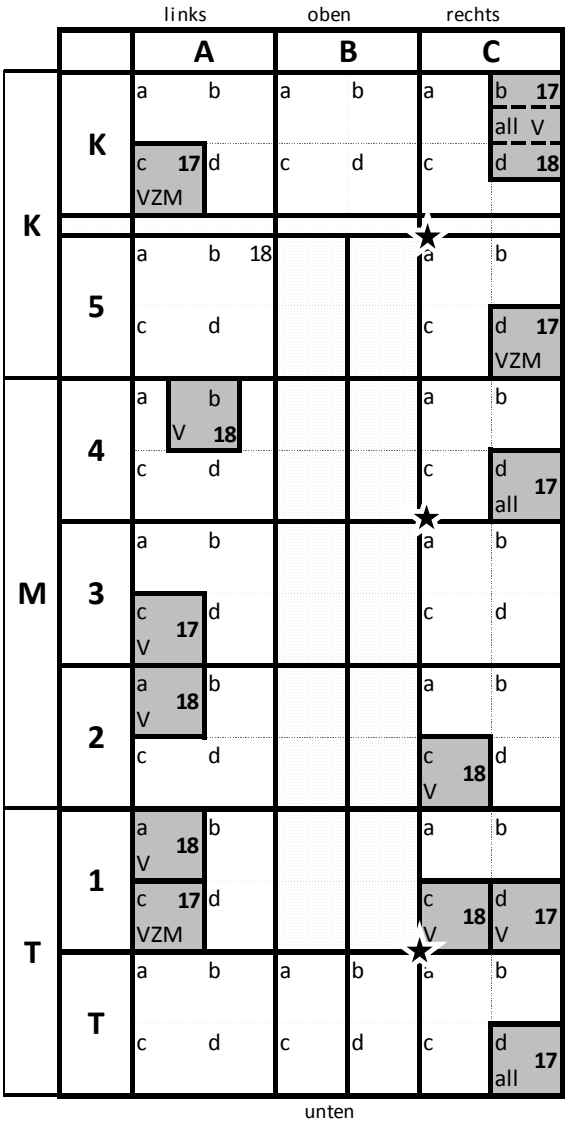
links: A; oben: B; rechts: C; unten

Furka: FU; Oberettes: OB; P1 … P5: Plot; Seebachtal: SE; Innergschlöss: IN; Untersulzbach: UN

K: Kopfende; T: Tiefster Punkt

Abbildung 30: Transektplan, Transekt Innergschlöss 1

Ort	Plot-Nr.	Datum		Name	Zweck
IN	2	10.08.2018		Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie



Feldcode	Anmerkungen
CKb	Boden 1-6 = 128, 6-11: #nv
CKb	Zoo 1-5, 5-10
AKc	Zoo 1-5, 5-10
C5d	Zoo 1-5, 5-10
C4d	Boden 1 -6 = 134, 6-11: #nv
C4d	Zoo 1-5, 5-10
A1c	Zoo 0-5, 5-10, 10,15
CTd	Boden 1-6 = 122, 6-11 = 133
CTd	Zoo 0-5, 5-10, 10-15

Furka: FU
Oberettes: OB
P1 ... P5: Plot

Seebachtal: SE
Innergschlöss: IN
Untersulzbach: UN

K: Kopfende
T: Tiefster Punkt

Abbildung 31: Transektplan, Transekt Innergschlöss 2

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
IN	3	10.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

		links A	oben B	rechts C	Feldcode	Anmerkungen	
K	K	a 17 VZM b / c V 18 d	a b / c 17 VZM d	a b / c d			
					AKa	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
					BKc	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
K	6	a all 17 b / c d		a V 18 b / c d	A6a/c	Boden	1- 6 = 163, 6-11 = 197
					A6a/c	Zoo	0-5, 5-10, 10,15
	5	a 17 VZM b / c d		a b / c d			
					A5a	Zoo	0-5, 5-10, 10,15
M	4	a b / c d		a b / c d			
	3	a all 17 b / c d V 18		a b / c d V 18	A3a	Boden	1-6 = 196, 6-11 #nv
					A3a	Zoo	0-5, 5-10
T	2	a b / c d		a b / c d			
	1	a 17 all b / c d		a b / c d V 18	A1a	Boden	1-6 =175, 6-11 (Sand mit Steinen)
					A1a	Zoo	0-5, 5-10
	T	a b / c d	a b / c d	a b / c d			

unten

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 32: Transektplan, Transekt Innergschlöss 3

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
IN	4	10.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

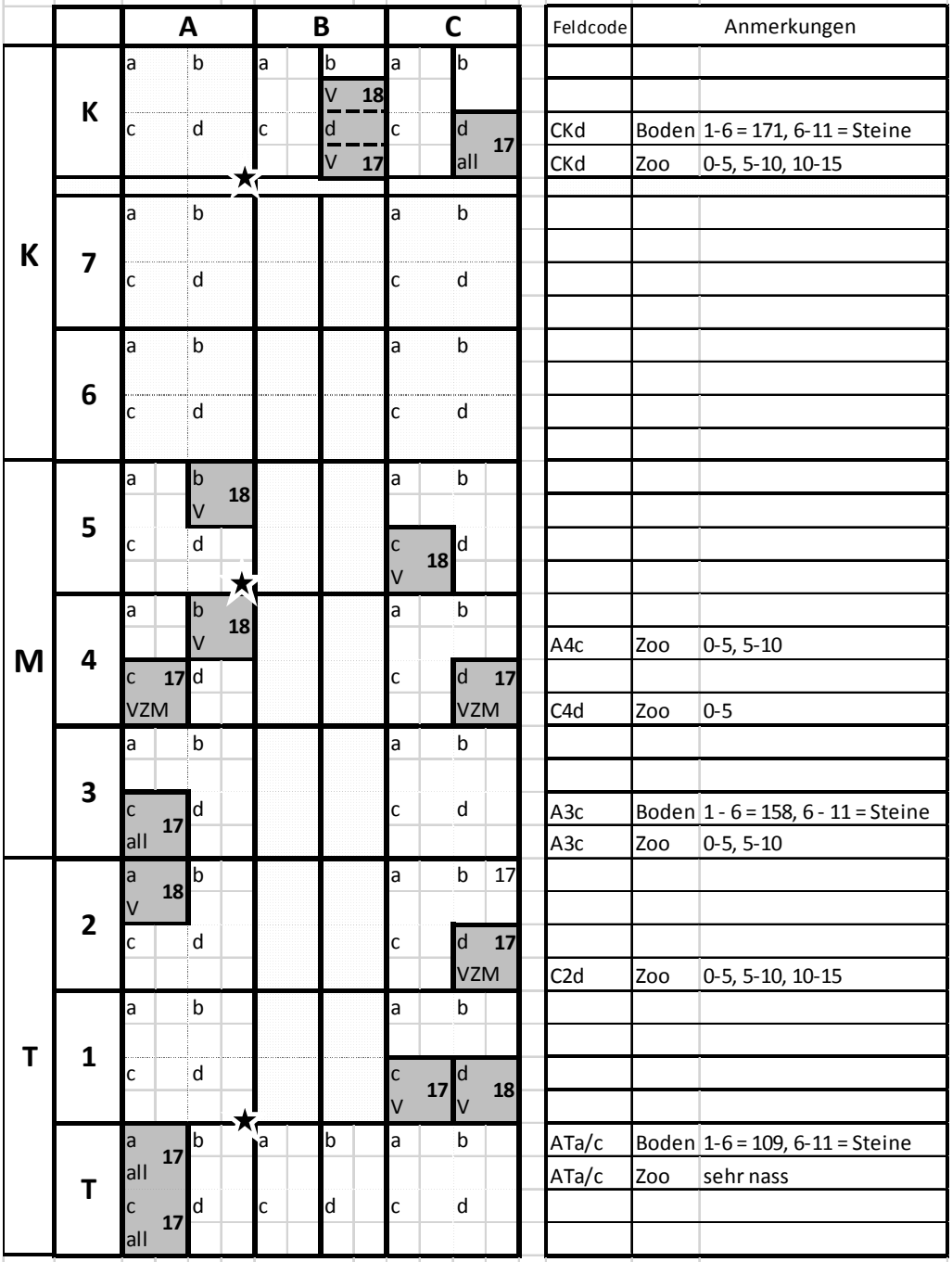
		links A	oben B	rechts C	Feldcode	Anmerkungen	
K	K	a b / c d	a b / c d	a b / c d			
K	8	a 18 VZM b / c 17 all d		a b / c d 17 VZM	A8c	Boden	1-6 = 195, 6-11 (Steine)
					A8c	Zoo	0-5, 5-10, 40-15
					A8d	Zoo	0-5,05-10, 10-15
	7	a b / c d		a 18 V b / c d			
M	6	a b / c 17 VZM d		a b / c 17 V 18 d			
					A6c	Zoo	0-5,05-10, 10-15
	5	a b / c 18 d		a b / c d			
	4	a b V 18 / c 17 all d		a b / c d 17 V	A4c	Boden	1-6 = 155, 6-11 = 188
					A4c	Zoo	0-5,05-10, 10-15
	3	a b 18 / c d		a b / c d			
T	2	a 17 VZM b / c d		a b / c d			
					A2a	Zoo	0-5,05-10, 10-15
	1	a b / c d V 18		a b / c d V 18			
	T	a b / c 17 all d	a b / c d	a b / c d			
					ATc	Boden	1-6 = 202, 6-11 (Sumpf/Steine)
					ATc	Zoo	0-5,05-10 (sehr nass)

unten

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 33: Transektplan, Transekt Innergschlöss 4

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
IN	5	10.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie



Feldcode	Anmerkungen	
CKd	Boden	1-6 = 171, 6-11 = Steine
CKd	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
A4c	Zoo	0-5, 5-10
C4d	Zoo	0-5
A3c	Boden	1 - 6 = 158, 6 - 11 = Steine
A3c	Zoo	0-5, 5-10
C2d	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
ATa/c	Boden	1-6 = 109, 6-11 = Steine
ATa/c	Zoo	sehr nass

Abbildung 34: Transektplan, Transekt Innergschlöss 5

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
SE	1	09.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

		links A	oben B	rechts C
K	7	a; b V 18; c; d all 17		a 17 VZM; b; c V 18; d
	6	a; b; c; d all 17		a; b; c; d
	5	a V 18; b; c all 17; d		a; b 17 VZM; c; d V 18
M	4	a; b; c; d		a; b; c; d
	3	a; b; c; d VZM 17		a; b; c; d V 17
T	2	a 17 VZM; b; c; d		a V 18; b; c; d
	1	a; b; c; d		a; b 17 VZM; c; d
	T	a all 17; b; c; d	a; b; c; d	a; b 17 VZM; c; d

unten

Feldcode	Anmerkungen	
C7a	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
A7d	Boden	1-6 = 153
A7d	Zoo	0-5, 5-10
A6d	Boden	1-6 = 160
A6d	Zoo	?
C5b	Zoo	0-5, 5-10
A5c	Boden	1-6 = 157, 6-11 = 185
A5c	Zoo	0-5, 5-10
A3d	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
A2a	Zoo	0-5, 5-10
C1b	Zoo	0-5, 5-10
ATa	Boden	1-6 = 182
ATa	Zoo	0-5
CTb	Zoo	0-5, 5-10, 10-15

Furka: FU
Oberettes: OB
P1 ... P5: Plot
Seebachtal: SE
Innergschlöss: IN
Untersulzbach: UN
K: Kopfende
T: Tiefster Punkt

Abbildung 35: Transektplan, Transekt Seebachtal 1

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
SE	2	09.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

links oben rechts

		A	B	C
K	K	a b 17 VZM c d	a b c d	a 17 all b c d
K	6	a b c d		a b c d
M	5	a b c d 17 VZM		a 17 all b c d
M	4	a b 18 V c d		a b c d
M	3	a b c d 17 VZM		a b c 18 V d
M	2	a 18 V b c d 17 VZM		a b c 17 all d 18 V
T	1	a b c d		a b c d
T	T	a b c 17 d VZM VZM	a b c d	a b c 17 all d

unten

Feldcode	Anmerkungen	
CKa	Boden	nur Steine
CKa	Zoo	0-5, 5-10
AKb	Zoo	0-5, 5-10
C5a	Boden	1 -6 = 200, 6-11 = 174
C5a	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
A5d	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
A3d	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
A2d	Zoo	0-5, 5-10
C2c	Boden	1 -6 = 187, 6-11 = 201
C2c	Zoo	0-5, 5-10
ATc	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
CTc	Boden	1-6 = 177, 6-11 = 173
CTc	Zoo	0-5, 5-10, 10-15

Furka: FU
Oberettes: OB
P1 ... P5: Plot
Seebachtal: SE
Innergschlöss: IN
Untersulzbach: UN
K: Kopfende
T: Tiefster Punkt

Abbildung 36: Transektplan, Transekt Seebachtal 2

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
SE	3	09.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

		links A	oben B	rechts C
K	K	a; b 17 VZM; c 18 V; d	a; b all 17; c; d	a; b; c; d
K	6	a; b 17 VZM; c; d		a; b; c; d
K	5	a; b 17 VZM; c; d		a; b; c; d
M	4	a; b all 17; c; d		a; b; c 18 V; d 17 VZM
M	3	a; b; c; d 18 V		a; b; c; d
T	2	a; b; c; d		a; b; c; d
T	1	a; b all 17; c; d		a; b 17 VZM; c; d
T	T	a; b all 17; c; d	a 17 Z; b; c; d	a 17 VZM; b; c; d
		unten		

Feldcode	Anmerkungen	
AKb	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
BKb	Boden	1-6= 176, 6-11 = 178
BKb	Zoo	0-5, 5-10
A5b	Zoo	0-5, 5-10
A5b	Zoo	0-5, 5-10
A4b	Boden	1-6 = 172, 6-11 = 199
A4b	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
C4d	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
A1b	Boden	1-6= 191, 6-11= Steine
A1b	Zoo	0-5, 5-10
C1b	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
ATb	Boden	Steine
ATb	Zoo	0-5
BTa	Zoo	0-5, 5-10
CTa	Zoo	0-5, 5-10, 10-15

Furka: FU
Oberettes: OB
P1 ... P5: Plot
Seebachtal: SE
Innergschlöss: IN
Untersulzbach: UN
K: Kopfende
T: Tiefster Punkt

Abbildung 37: Transektplan, Transekt Seebachtal 3

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
UN	1	10.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

		links A	oben B	rechts C	Feldcode	Anmerkungen	
K	K	a b c d	a 18 V b c d 17 all	a b c d			
					BKd	Boden	1-6:167, 6-11:165
					BKd	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
K	7	a b c d		a 17 VZM b c d			
					C7a	Zoo:	0-5, 5-10
	6	a b c d		a b c d 17 VZM	C6d	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
M	5	a b c 18 V d		a b c d			
	4	a b c d		17 a all 18 b c d	C4a	Boden	1-6:169, 6-11:159
					C4a	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
	3	a 17 V b c d		a b c d			
T	2	a b c 17 VZM d 18 V		a b c d	A2c	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
	1	a b c d		a b 17 V c d			
	T	a b c d	a 17 all b c d 18 V	a b c d	BTa	Boden	1-6 = 186
					BTa	Zoo	0-5

unten

Furka: FU
Oberettes: OB
P1 ... P5: Plot

Seebachtal: SE
Innergschlöss: IN
Untersulzbach: UN

K: Kopfende
T: Tiefster Punkt

Abbildung 38: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 1

Ort	Plot-Nr.	Datum		Name	Zweck
UN	2	10.08.2018		Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

		links A	oben B	rechts C
K	K	a; b V 18; c; d	a 17 VZM; b; c; d	a; b; c; d
K	8	a; b; c; d		a; b; c; d
K	7	a; b; c; d		★; b; c; d V 18
M	6	a all 17; b; c; d		a; b; c 17 VZM; d
M	5	a; b; c; d		a; b; c; d
M	4	a; b; c; d		a; b V 18; c; d
M	3	a; b; c; d V 18		★ 17 all; b; c; d
T	2	a; b; c 17 V; d		a; b; c; d
T	1	a; b; c; d		a; b; c 17 all; d V 18
T	T	a; b 17 VZM; c; d	a; b; c; d	★; b; c; d

unten

Feldcode	Anmerkungen	
BKa	Zoo	0-15
A6a	Boden	1-6: 179, 6-11: 154
A6a	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
C6c	Zoo	0-5, 5-10
C3a	Zoo	0-5, 5-10
C3a	Boden	1-6: 125, 6-11, 194
C1c	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
C1c	Boden	1-6: 113
ATb	Zoo	0-5, 5-10?

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 39: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 2

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
UN	3	10.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

		links A	oben B	rechts C	Feldcode	Anmerkungen	
K	K	a b c d	a b c d	a b c d			
K	6	a V 18 b V 17 c d		a b c d V 18			
K	5	a b c d		a all 17 b c all 17 d	C5a/c	Boden	1-6:111 6-11:184
					C5a/c	Zoo	0-5, 5-10
M	4	a b c d		a b V 18 c d 17 VZM	C4d	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
M	3	a b c 18 V d all 17		b c d	A3d	Boden	1-6: 129, 6-11: 164
					A3d	Zoo	0-5, 5-10
T	2	a b c d		a b c d			
T	1	a b c d		a b V 18 c d			
T	T	a V 18 b c d	a b c d 17 VZM	b V 17 c d	BTd	Zoo	0-3

unten

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 40: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 3

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
UN	4	10.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

		links A	oben B	rechts C
K	K	a b c d	a 17 VZM; b 18 V c d	a b c d
K	6	a b c 17 VZM; d	a b c d	a b 18 V c d
	5	a b c d	a b c d	a b c d
M	4	a b c d	a b c d	a 17 all; b c d
	3	a 18 V; b c d	a b c d	a b 18 V c d
T	2	a b c d	a b c d	a b c d
	1	a 17 VZM; b c d	a b c d	a b c d
	T	a b 18 V c d	a b c 17 all; d	a 18 V; b c d

unten

Feldcode	Anmerkungen	
BKa	Boden	1-6: #nv, 6-11: #nv
BKa	Zoo	0-5, 5-10
A6c	Zoo	0-5, 5-10
C4a	Boden	1-6: 131, 6-11: 112 (nur Analyse)
C4a	Zoo	0-5, 5-10, 10-16
A1a	Zoo	0-5, 5-10, 10-16
BTc	Boden	1-6: 180, 6-11: #nv
BTc	Zoo	0-5, 5-10

Furka: FU
Oberettes: OB
P1 ... P5: Plot
Seebachtal: SE
Innergschlöss: IN
Untersulzbach: UN
K: Kopfende
T: Tiefster Punkt

Abbildung 41: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 4

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
UN	5	10.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

		links A	oben B	rechts C	Feldcode	Anmerkungen	
K	K	a b / c d	a b 18 V / c d	a b / c 17 all d			
					CKc	Boden	1-6: 135, 6-11: #nv
	7	a b / c 18 V d		a b / c d			
	6	a b / c d 17 all		a b / c d	A6d	Boden	1-6: 148, 6-11: 189
					A6d	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
M	5	a b / c d		a b / c d			
	4	a b / c d		a b / c d			
	3	a 17 VZM 18 b / c d		a b / c d	A3a	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
T	2	a b / c d		a b 18 V / c d			
	1	a b / c d		a 17 all b / c d 18 V	C1a	Boden	1-6= 156, 6-11= 170
					C1a	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
	T	a b / c d	a b 18 V / c d 17 VZM	a b / c d	BTd	Zoo	0-5, 5-10

unten

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 42: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 5

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
UN	6	10.08.2018	Newesely, Körner, Meyr, Grube	Biomasse / Boden / Zoologie / Mikrobiologie

		links A	oben B	rechts C	Feldcode	Anmerkungen	
K	K	a b V 18 / c d	a b / c d	a V 18 b / c d			
	5	a b / c 17 d VZM		a all 17 b / c d	C5a	Boden	1-6= 126, 6-11= 110
					C5a	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
					A5c	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
M	4	a b / c d		a b / c d 18 V			
	3	a b V 18 / c 17 d all		a b / c d	A3c	Boden	1-6= 166, 6-11= 190
					A3c	Zoo	0-5, 5-10, 10-15
	2	a b / c d		a b / c d			
T	1	a b / c d V 18		a b / c d			
	T	a b / c d	a all 17 b / c d 18 V	a b / c d	BTa	Boden	1-6: 193, 6-11:168
					BTa	Zoo	0-5, 5-10, 10-15

unten

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 43: Transektplan, Transekt Untersulzbachtal 6

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
FU	1	07.08.2017	Körner	Biomasse (OI)

		links A	oben B	rechts C	Feldcode	Anmerkungen
K	K	a b c d	a b V 18 c d	a b c V 17 d		
K	6	a b all 17 c d		a V 18 b c d		
K	5	a b c d		a b V 17 c d		
M	4	a b c d V 17 18		a V 18 b c d		
M	3	a b c d		a V 17 b c d		
T	2	a b c all 17 d		a b c V 18 d		
T	1	a b c d		a b c d		
T	T	a all 17 b c d	a V 18 b c d	a b c V 17 d		

unten

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 44: Transektplan, Transekt Furka 1

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
FU	2	07.08.2017	Körner	Biomasse (OI)

		links A	oben B	rechts C	Feldcode	Anmerkungen
K	K	a b c d V 17	a b c d	a b d all 17		
					CKd	Grenze zu C6b
				★		
	6	a V 18 b c d		a b c d		
	5	a V 17 b c d		a b c d		
M	4	a b c d V 18		a b c d		
	3	a b c d V 17		a all 17 b c V 18 d		
T	2	a b c d		a b c d V 17		
	1	a b c V 17 d		a b c d		
				★		
	T	a b c V 18 d	a b c d V 18	a V 18 b c d all 17		

unten

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 45: Transektplan, Transekt Furka 2

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
FU	3	07.08.2017	Körner	Biomasse (OI)

		links A	oben B	rechts C	Feldcode	Anmerkungen
K	K	a b c 18 V d	a b c d	a b 17 V c 18 V d		
K	7	a 17 V b c d		a 17 all b c d		
	6	a b c d		a b c d		
M	5	a 17 V b c d		a b 17 V c d		
	4	a b c 18 V d		c 17 all d 18		
	3	a b c d		a b c d		
T	2	a b c d		a b c d		
	1	a 17 V b 18 V c d		a b c d		
	T	a b c d	a b c d	a 17 all b 18 V c d		

unten

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 46: Transektplan, Transekt Furka 3

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
FU	4	07.08.2017	Körner	Biomasse (OI)

		links A	oben B	rechts C	Feldcode	Anmerkungen
K	K	a; b 17 V 18; c; d	a; b	a V 18; b V 17; c; d ★		
K	7	a; b; c; d		a; b all 17; c; d		
K	6	a; b; c; d		a; b; c; d		
M	5	a; b; c; d		a; b; c; d 18 V		
M	4	a; b; c 17 V; d 18 V		a 17 all; b; c; d		
M	3	a; b; c; d		a; b; c; d		
T	2	a; b; c; d 18 V		a; b; c; d		
T	1	a 17 V; b; c; d		a 18 V; b 17 all; c; d ★		
T	T	a; b; c; d	a; b; c; d	a; b; c 17 V; d		

unten

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 47: Transektplan, Transekt Furka 4

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name	Zweck
FU	5	07.08.2017	Körner	Biomasse (OI)

		links A	oben B	rechts C	Feldcode	Anmerkungen
K	K	a b c d V 17	a c V 18 d	a b c d		
	5	a b c d		a b all 17 c V 18 d		
M	4	a b c d		a b c d		
	3	a b c V 17 d V 18		a b c all 17 d V 18		
	2	a b c d		a b c d		
T	1	a b c d		a b c d V 18		
	T	a b c V 17 d	a V 18 b c d	a all 17 b c d		

unten

Furka: FU	Seebachtal: SE	K: Kopfende
Oberettes: OB	Innergschlöss: IN	T: Tiefster Punkt
P1 ... P5: Plot	Untersulzbach: UN	

Abbildung 48: Transektplan, Transekt Furka 5

Ort	Plot-Nr.	Datum		Name	Zweck
OB	1	27.07.2018		Niedrist	Biomasse

links oben rechts

		A	B	C
K	K	a V 18 b / c d	a b / c d	a b / c d
K	6	a b / c d ★	a b / c d	a b / c V 18 d all 17
	5	a b / c d	a V 18 b / c d	a b / c d V 17
M	4	a V 18 b / c d	a b / c d	a b / c d all 17
	3	a b / c d ★	a b / c d	a V 18 b / c d V 17
T	2	a b V 18 / c d	a b / c d	a b / c d V 17
	1	a b / c d	a b / c d	a V 18 b / c d all 17
	T	a b / c d ★	a b / c d	a b / c d

unten

Feldcode		Anmerkungen
Flächentausch B<->C		
C3x	V	Ernte ausserhalb

Furka: FU
Oberettes: OB
P1 ... P5: Plot

Seebachtal: SE
Innergschlöss: IN
Untersulzbach: UN

K: Kopfende
T: Tiefster Punkt

Abbildung 49: Transektplan, Transekt Oberettes 1

Ort	Plot-Nr.	Datum	Name		Zweck		
OB	2	27.07.2018	Niedrist		Biomasse		

links oben rechts

		A	B	C
K	K	a b c d	a b c d	a V 18 b c d
K	6	a b c d	a b	c V 18 d all 17
	5	a b c d	a	b V 18 c d V 17
M	4	a b c d	a b	c V 18 d all 17
	3	a V 18 b c d	a b	c d V 17
T	2	a b c V 18 d	a b	c d V 17
	1	a b c d	a b	c V 18 d all 17
	T	a b c/d V 18	a b c d	a b c d

unten

Feldcode		Anmerkungen
C5		aussen links bei a
A2 aussen		Referenz
		Vegetation eutrophiert

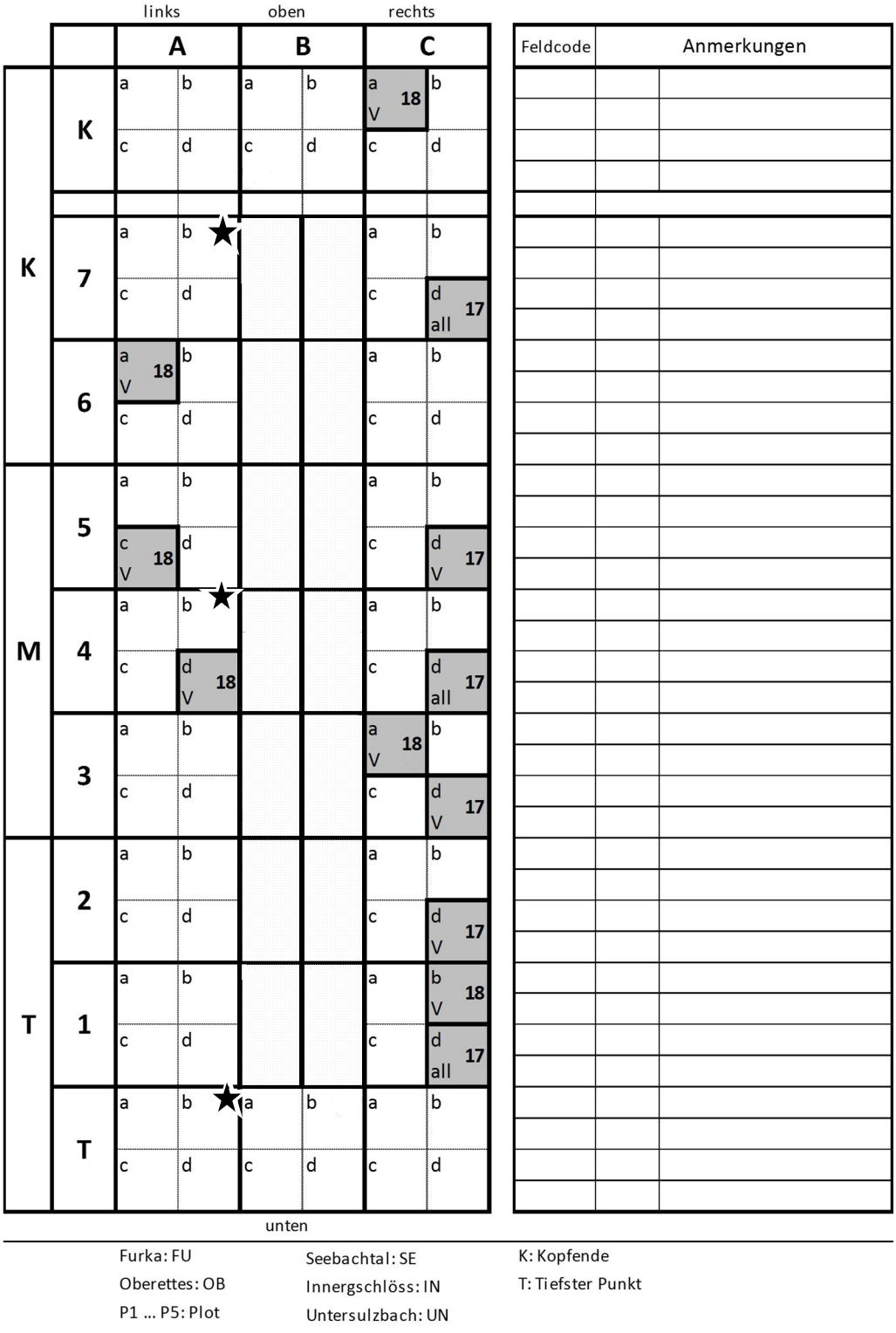
Furka: FU
Oberettes: OB
P1 ... P5: Plot

Seebachtal: SE
Innergschlöss: IN
Untersulzbach: UN

K: Kopfende
T: Tiefster Punkt

Abbildung 50: Transektplan, Transekt Oberettes 2

Ort	Plot-Nr.	Datum		Name	Zweck
OB	3	27.07.2018		Niedrist	Biomasse



Feldcode	Anmerkungen

Furka: FU
Oberettes: OB
P1 ... P5: Plot

Seebachtal: SE
Innergschlöss: IN
Untersulzbach: UN

K: Kopfende
T: Tiefster Punkt

Abbildung 51: Transektplan, Transekt Oberettes 3

h. Fotodokumentation

Grau hinterlegte Bereiche zeigen Stellen, die 2017 bzw. 2018 beprobt wurden, oder aufgrund der Auswahlkriterien nicht als Probenflächen zur Verfügung stehen. Alle Fotos: Eurac Research, Bearbeitung: Newesely

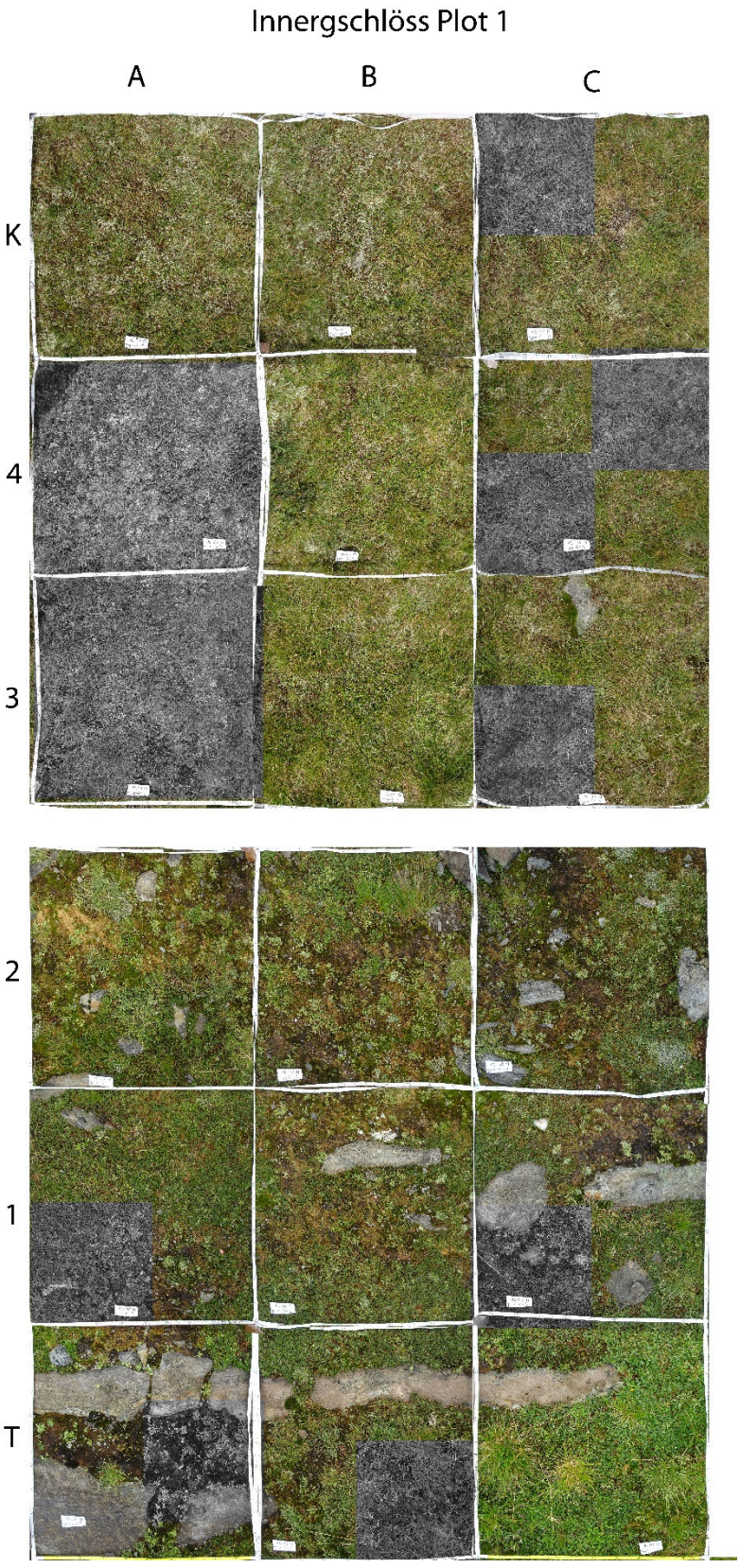


Abbildung 52: Transektfoto, Transekt Innergschlöss 1

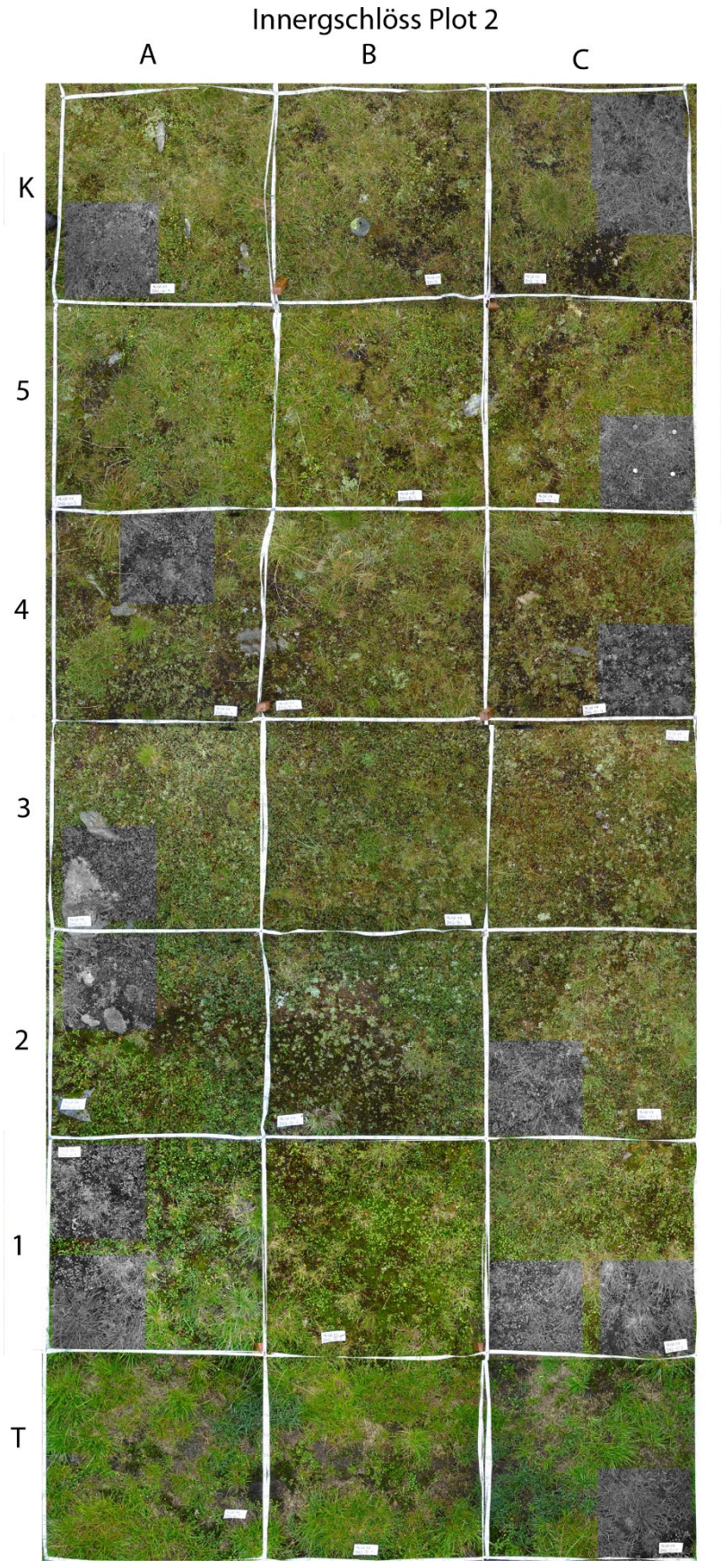


Abbildung 53: Transektfoto, Transekt Innergschlöss 2

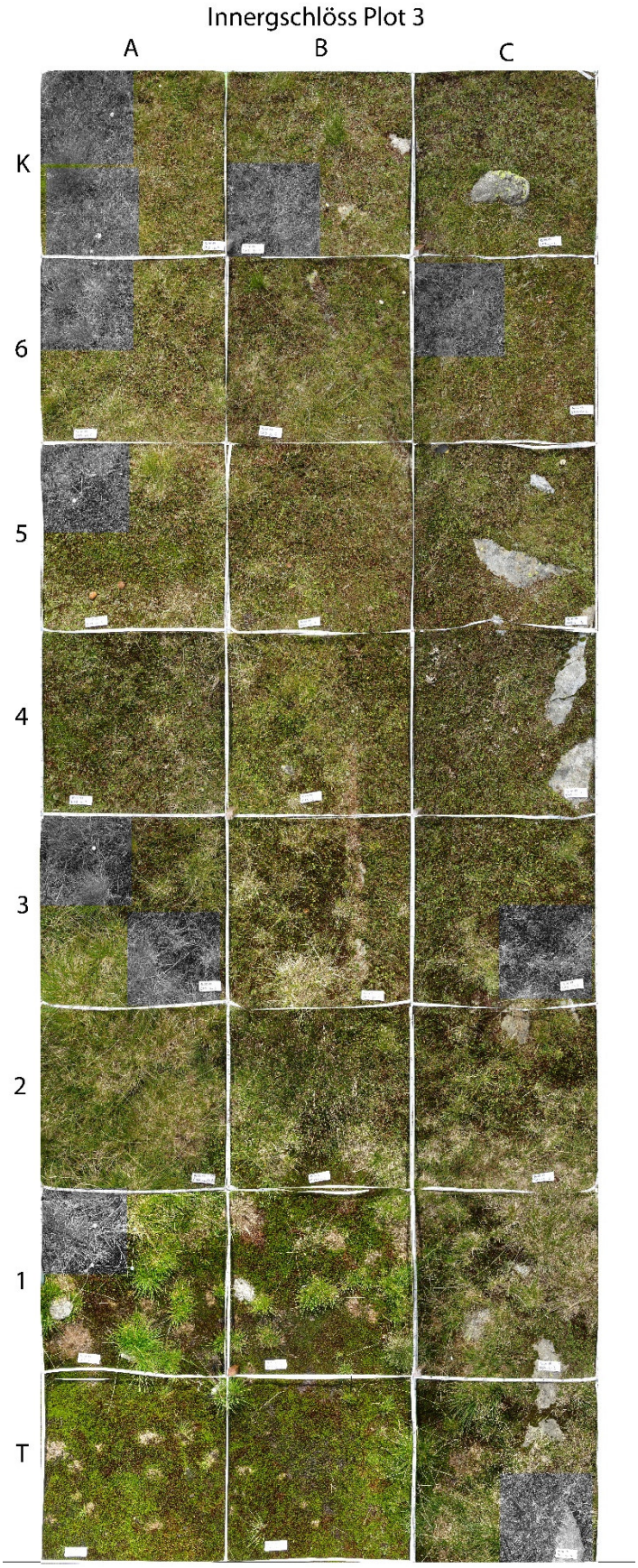


Abbildung 54: Transektfoto, Transekt Innergschlöss 3

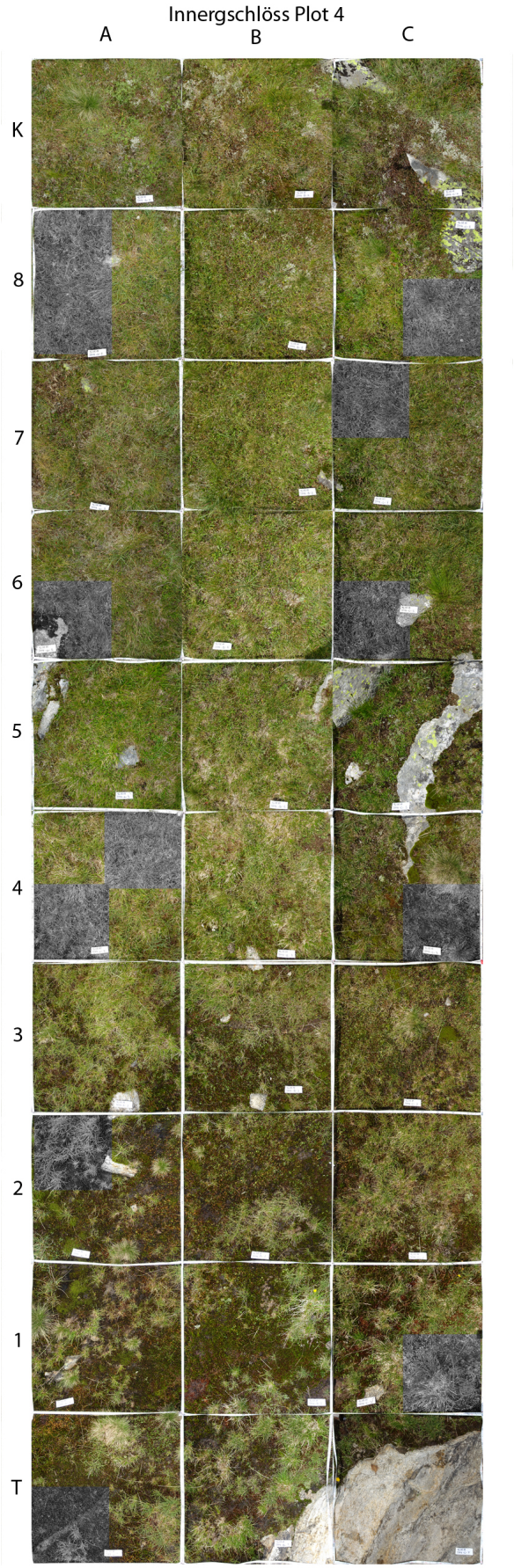


Abbildung 55: Transektfoto, Transekt Innergschlöss 4

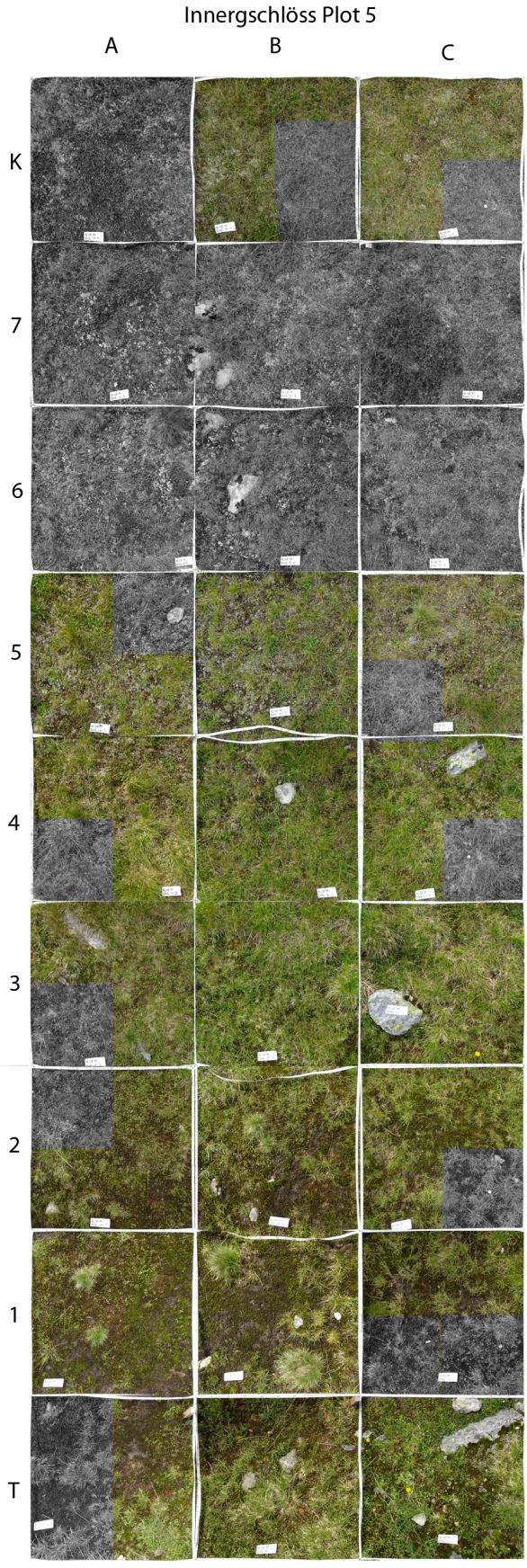


Abbildung 56: Transektfoto, Transekt Innergschlöss 5

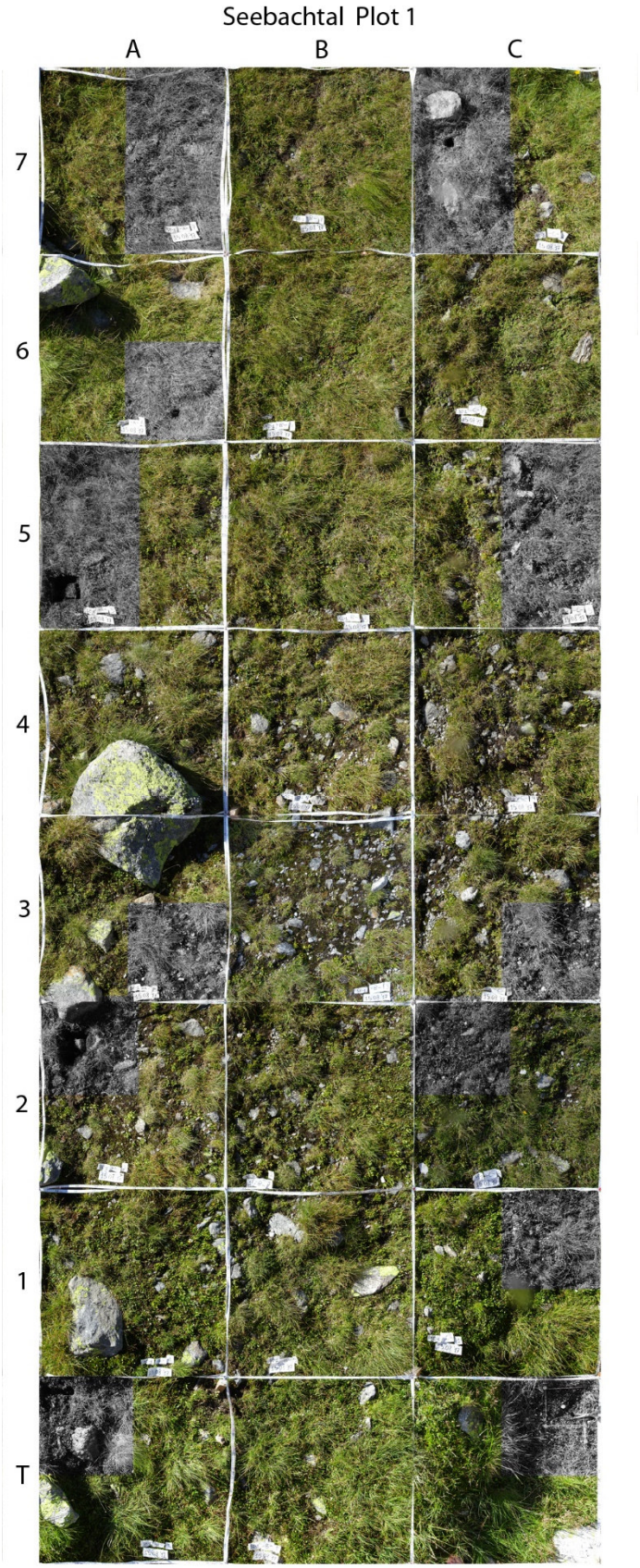


Abbildung 57: Transektfoto, Transekt Seebachtal 1

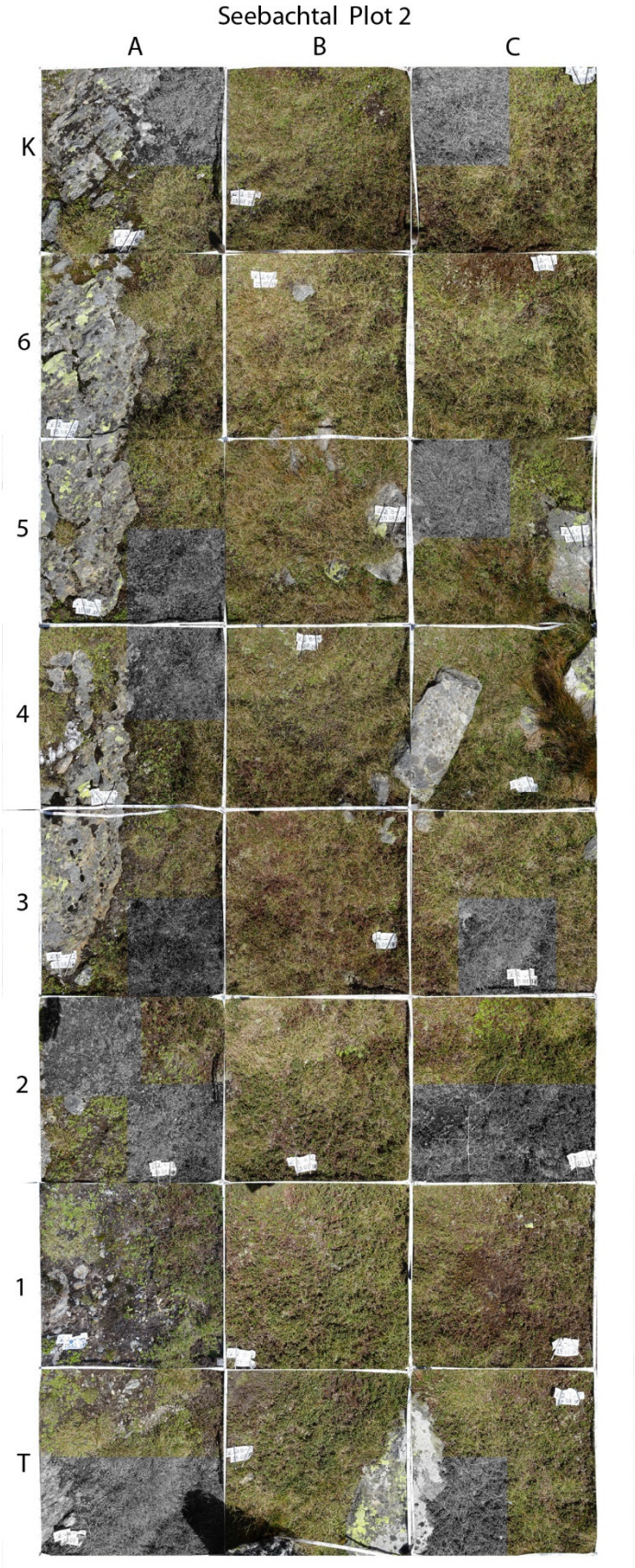


Abbildung 58: Transektfoto, Transekt Seebachtal 2

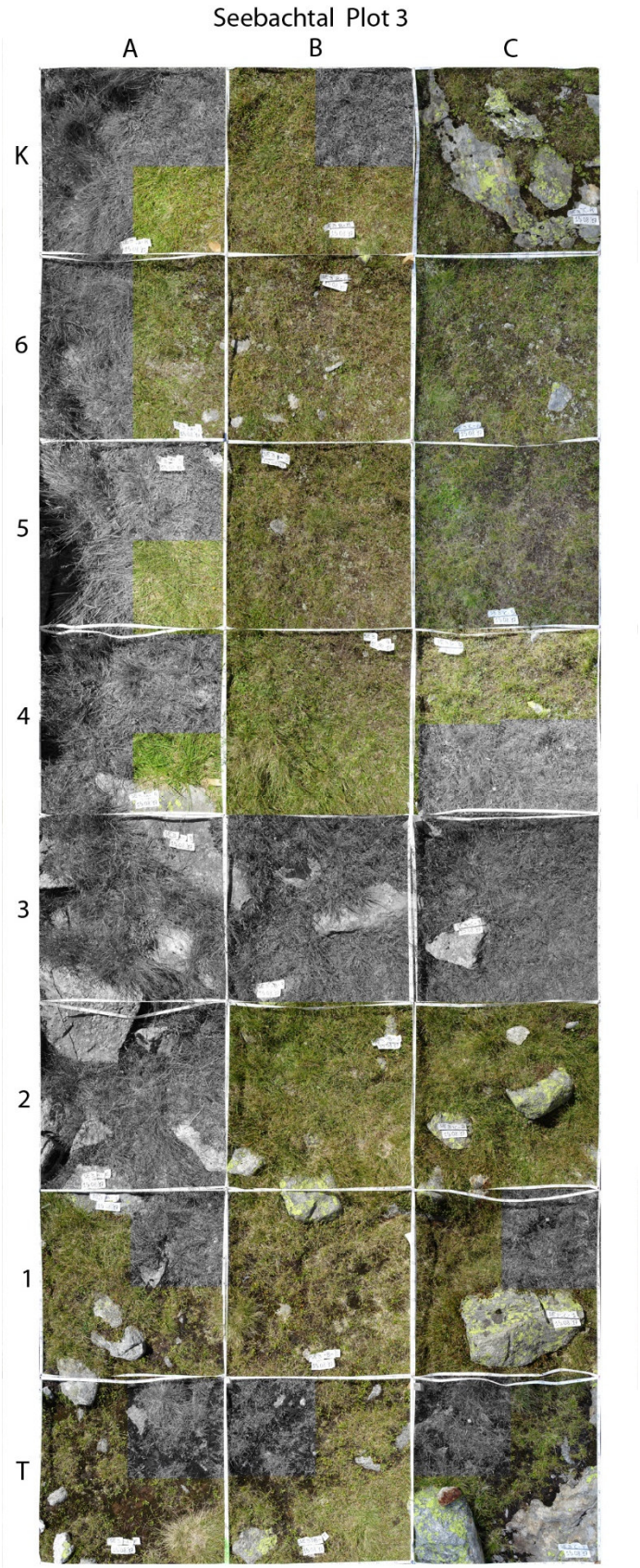


Abbildung 59: Transektfoto, Transekt Seebachtal 3

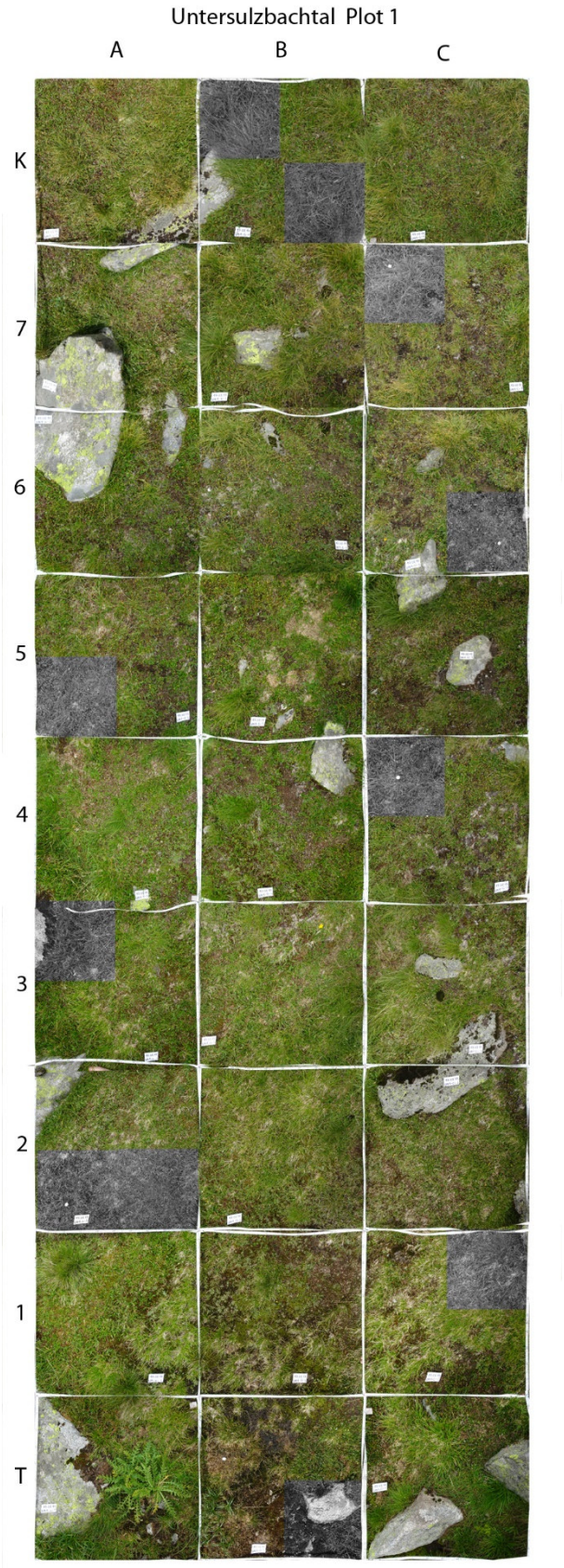


Abbildung 60: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 1

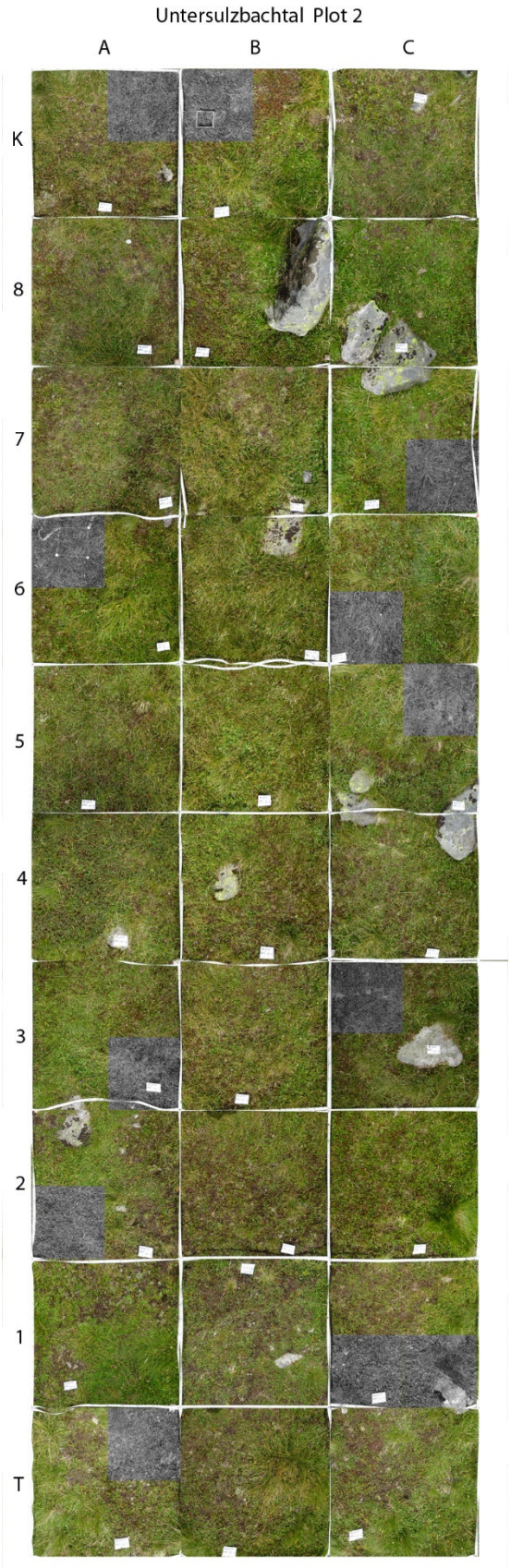


Abbildung 61: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 2

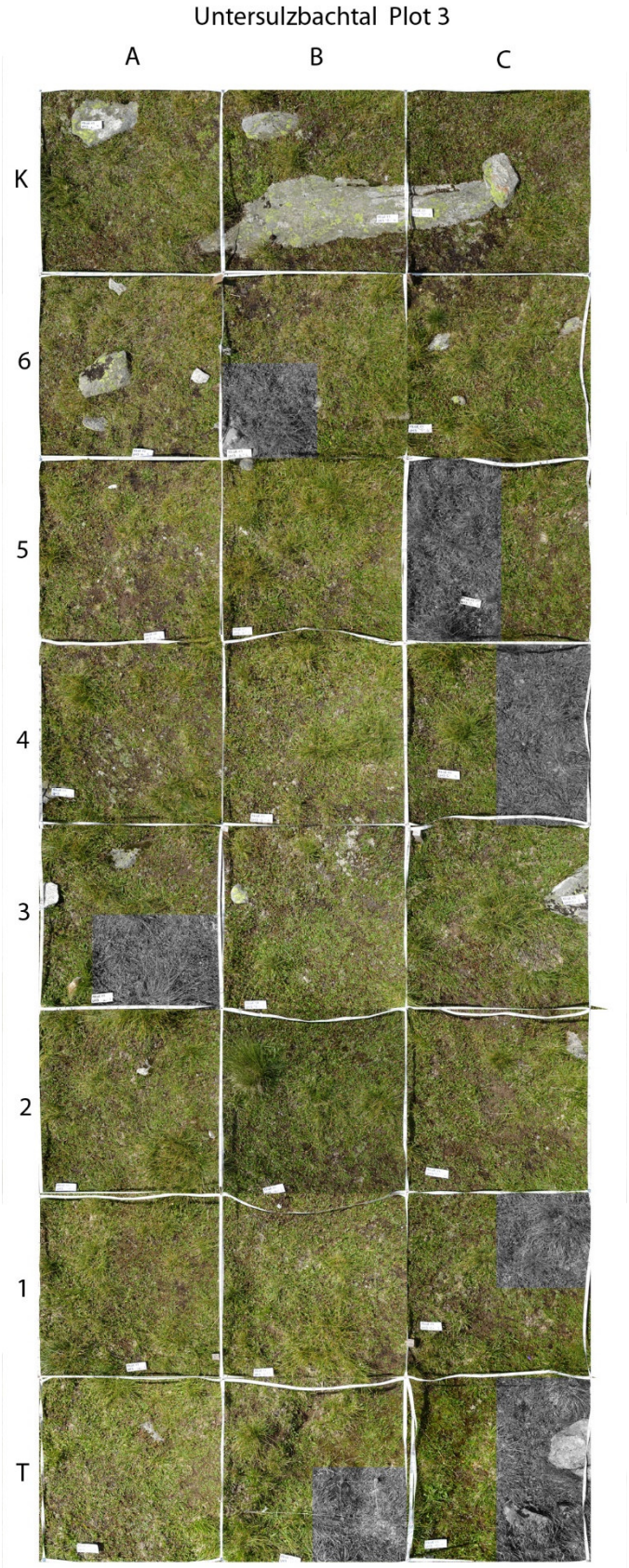


Abbildung 62: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 3

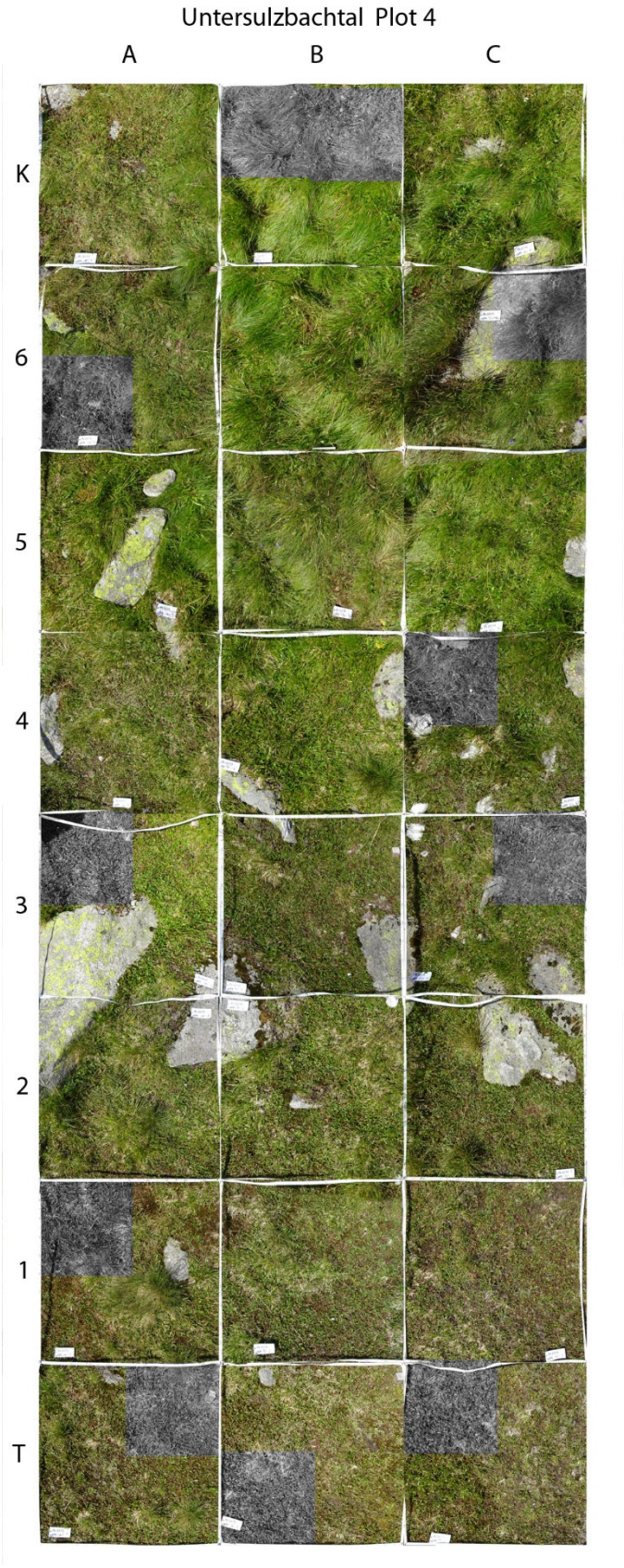


Abbildung 63: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 4

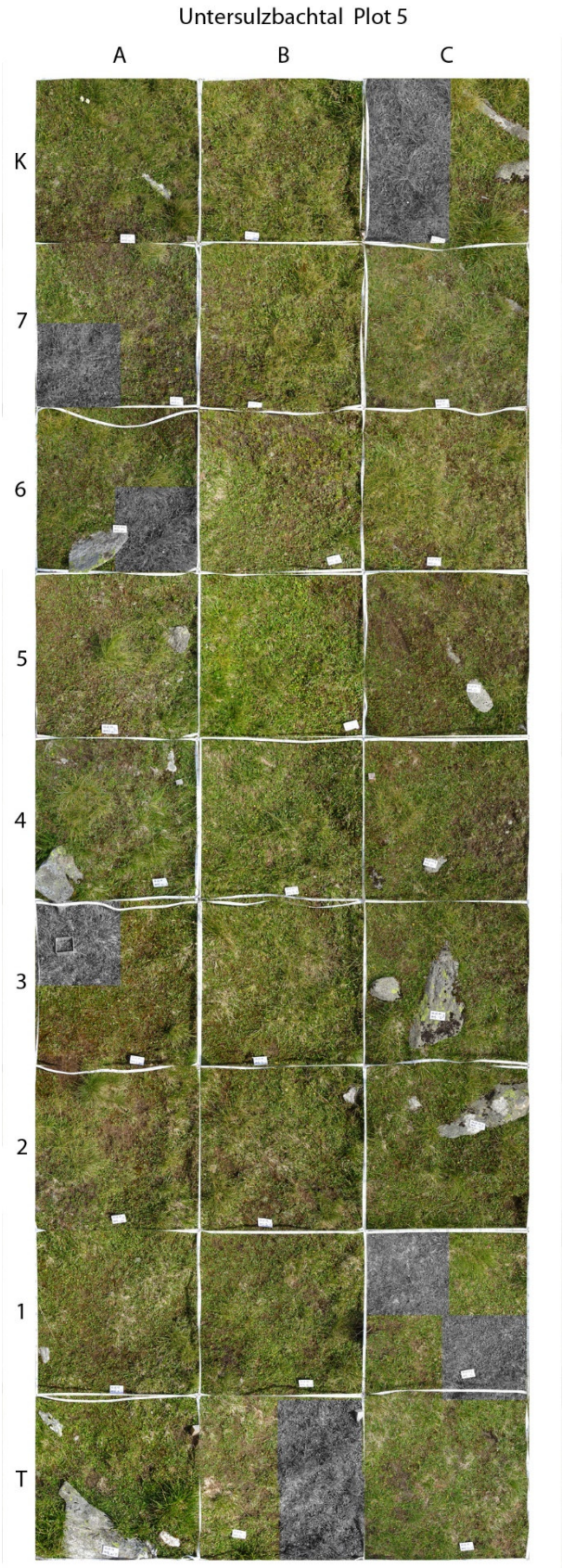


Abbildung 64: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 5

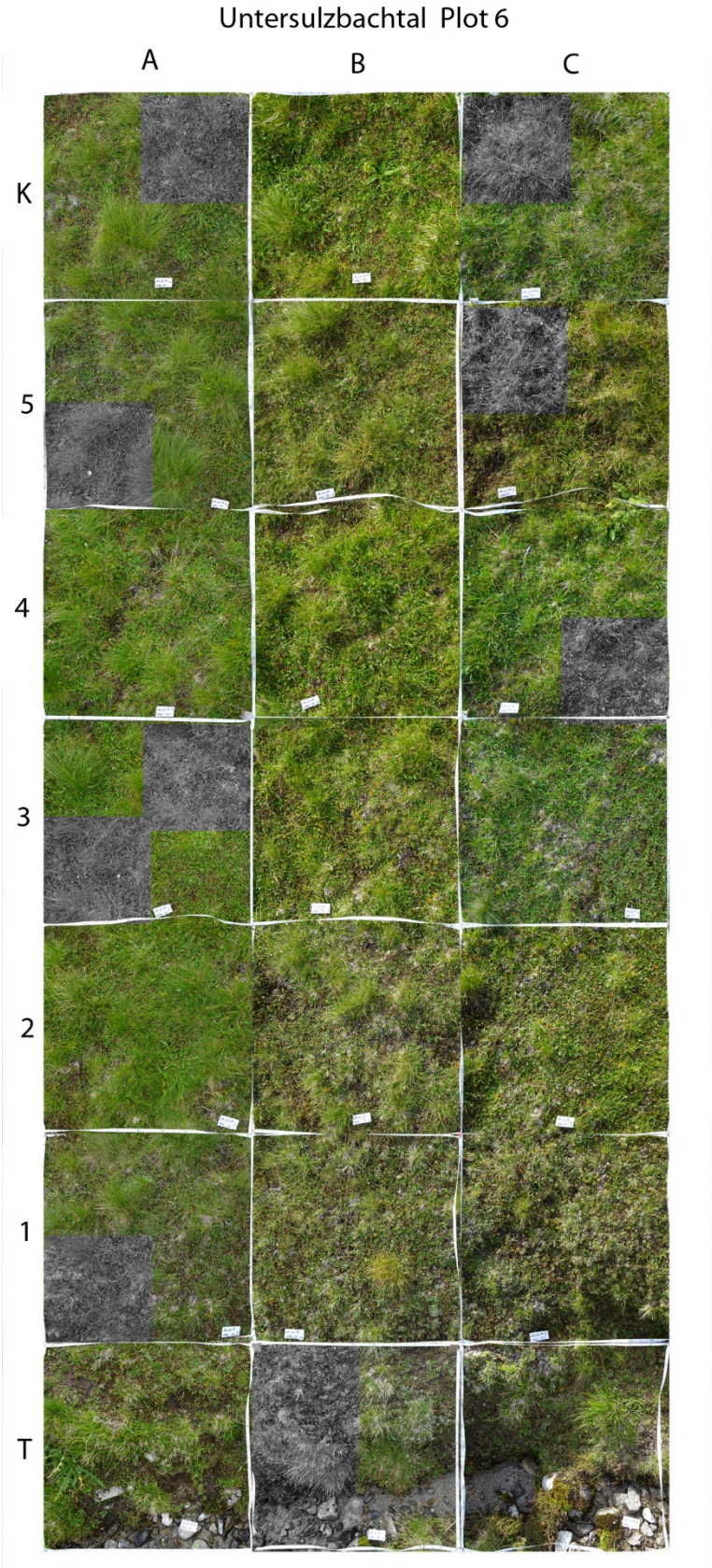


Abbildung 65: Transektfoto, Transekt Untersulzbachtal 6

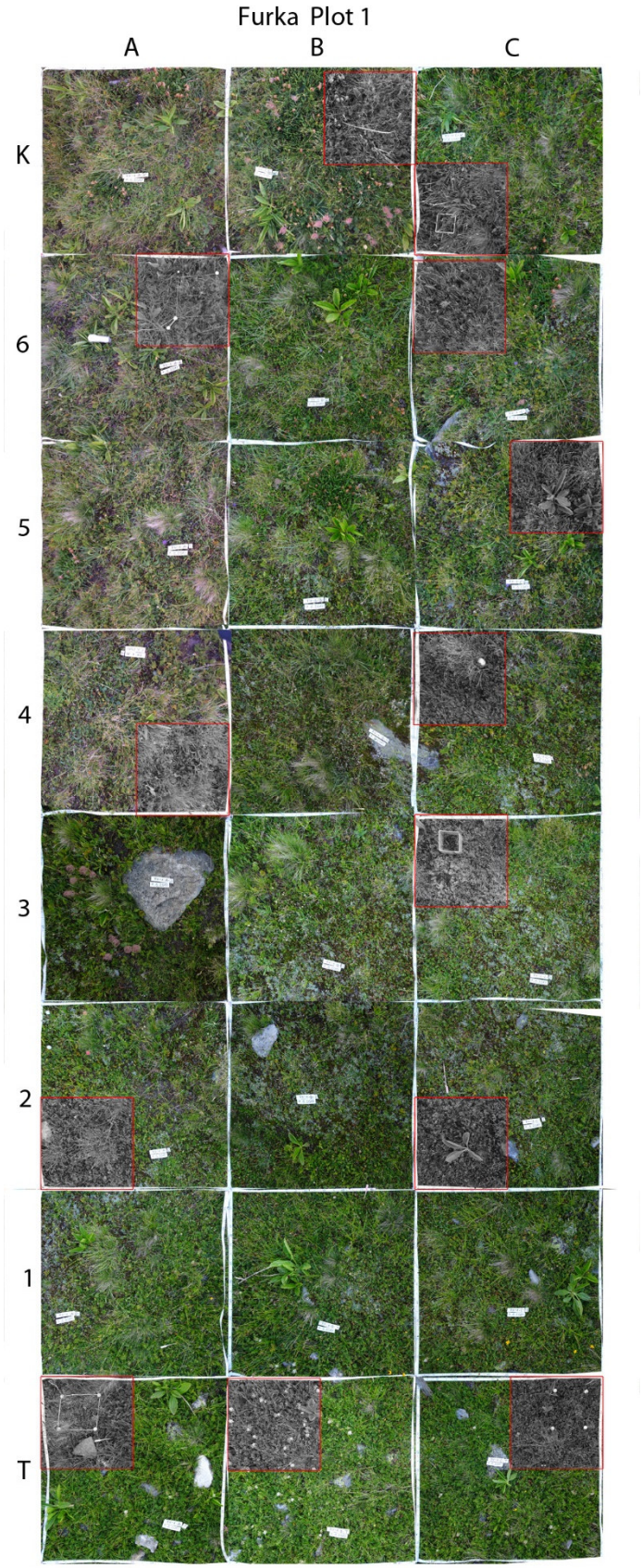


Abbildung 66: Transektfoto, Transekt Furka 1

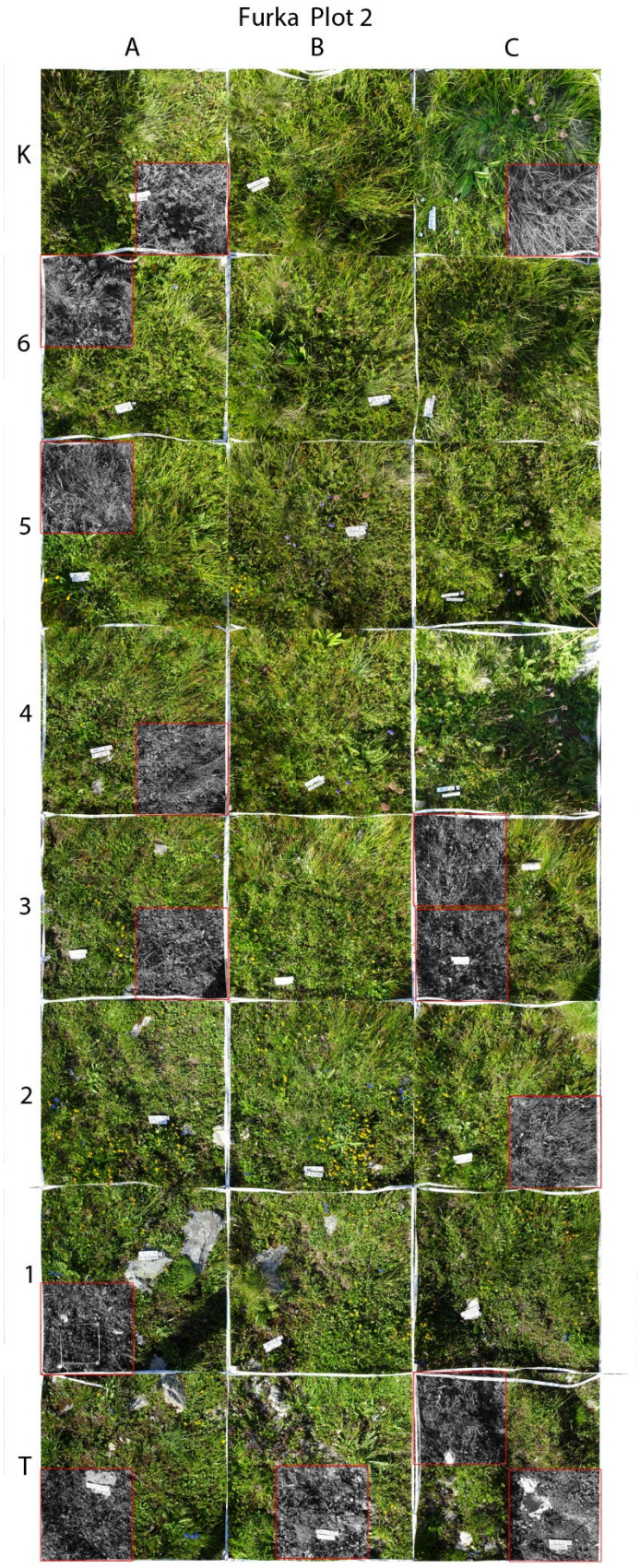


Abbildung 67: Transektfoto, Transekt Furka 2

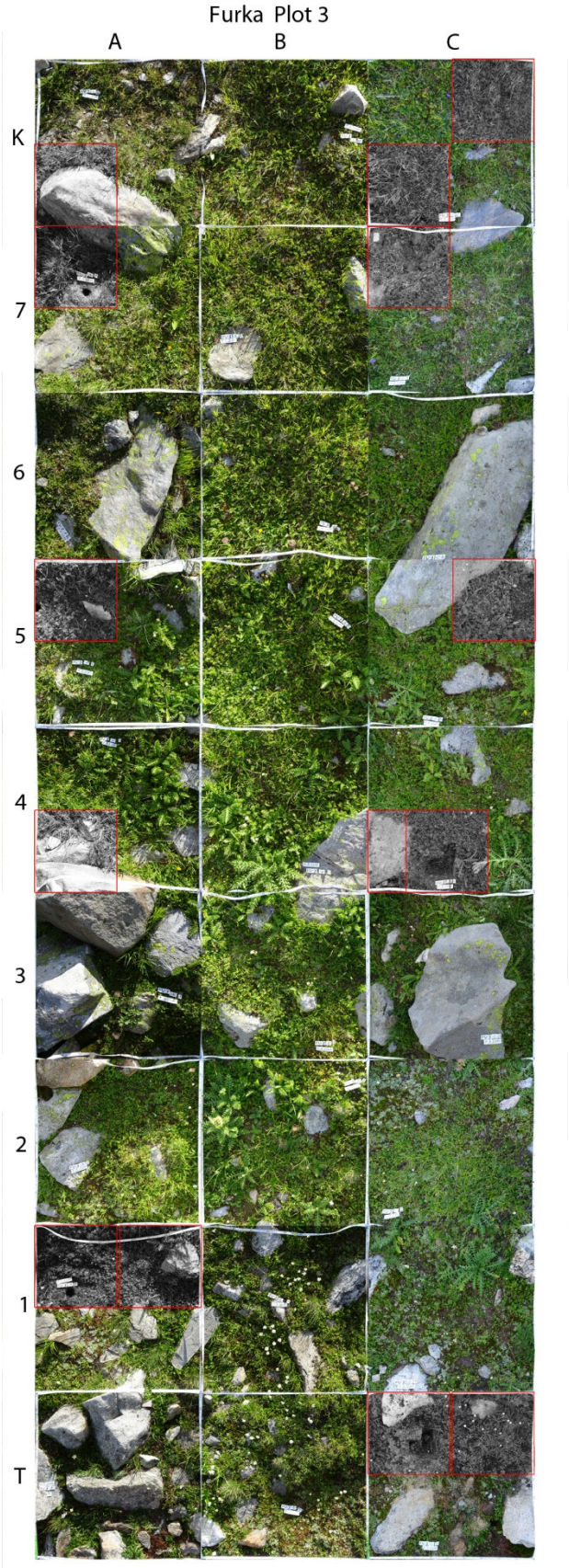


Abbildung 68: Transektfoto, Transekt Furka 3

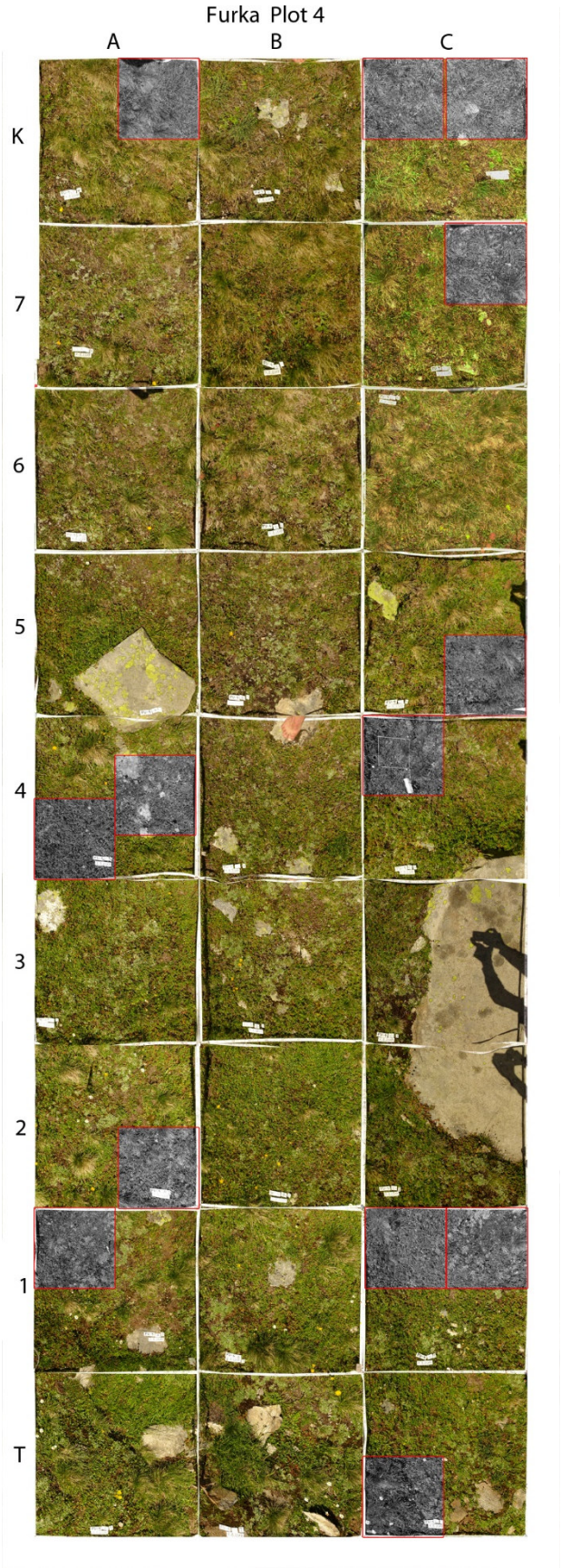


Abbildung 69: Transektfoto, Transekt Furka 4

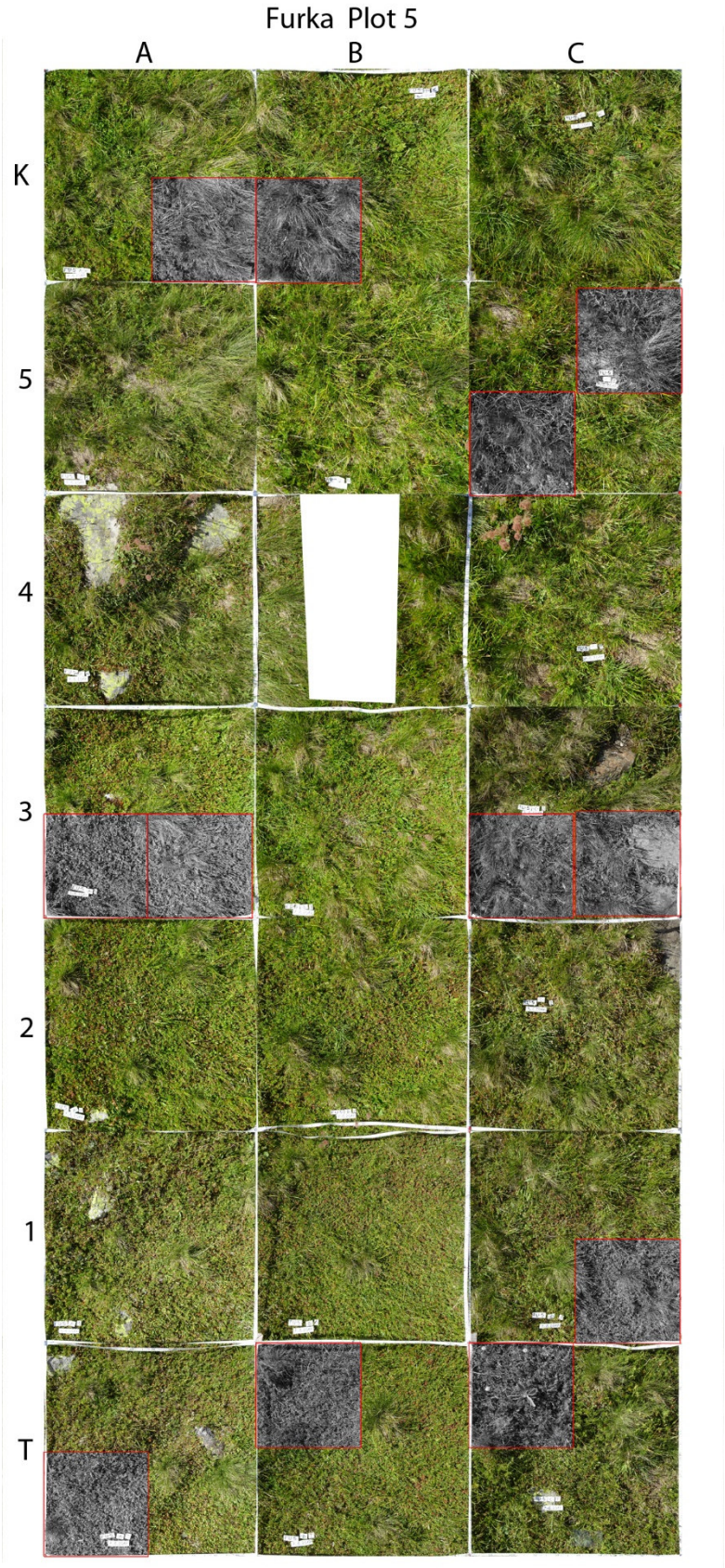


Abbildung 70: Transektfoto, Transekt Furka 5 (Foto für B4 nicht verwendbar)

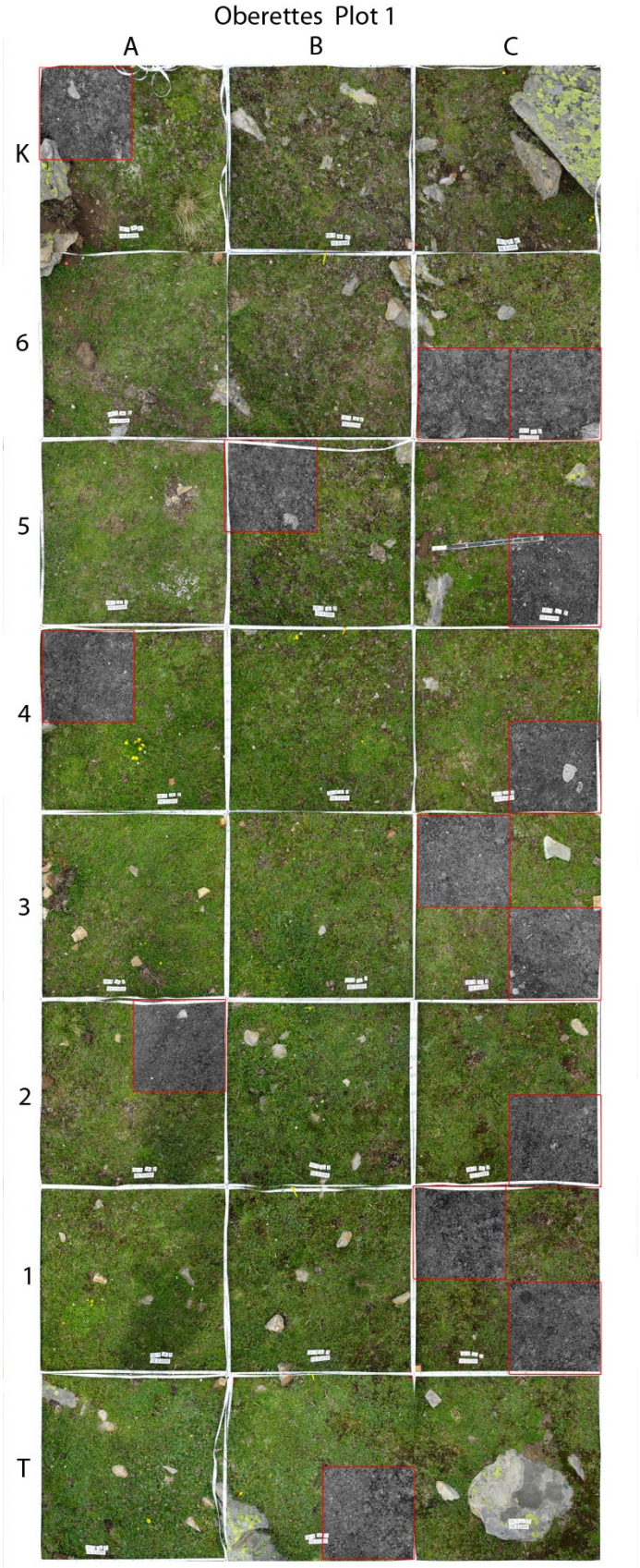


Abbildung 71: Transektfoto, Transekt Oberettes 1

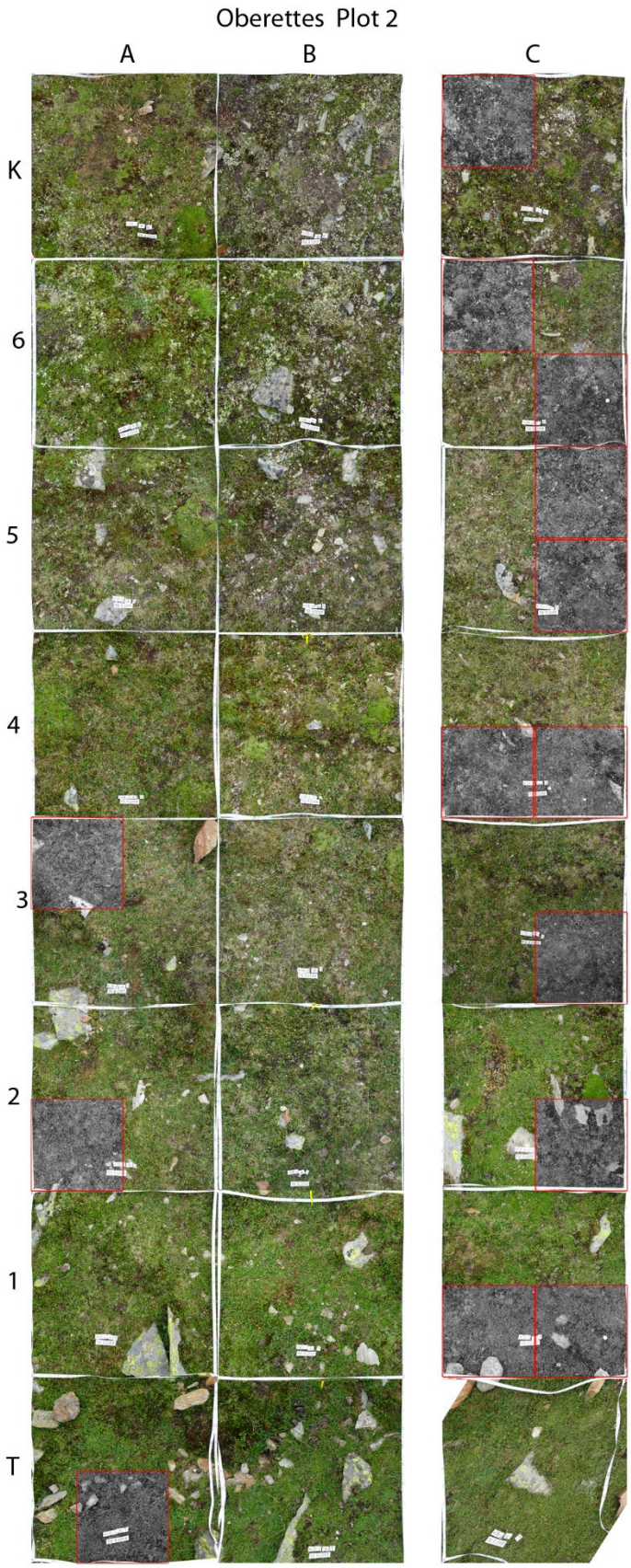


Abbildung 72: Transektfoto, Transekt Oberettes 2 (Streifen C etwas abgesetzt)

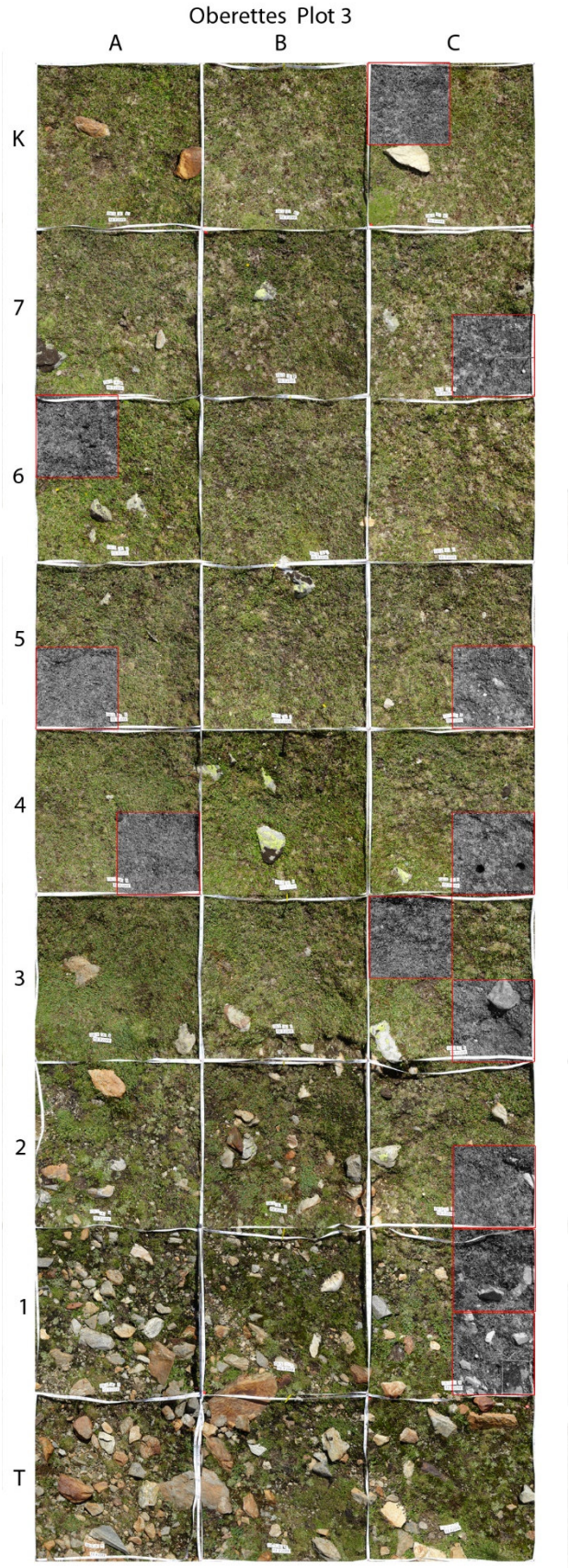


Abbildung 73: Transektfoto, Transekt Oberettes 3



Nationalpark® Hohe Tauern

Medieninhaber und Herausgeber, Verleger:
Nationalparkrat Hohe Tauern
Kirchplatz 2, 9971 Matrei
Tel.: +43 (0) 4875 / 5112 | E-Mail: nationalparkrat@hohetauern.at

www.hohetauern.at