



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wald- und Boden-
wissenschaften

Untersuchungen zur Bodenentwicklung auf Standorten des rekultivierten Gipsbergbaues Hintersteineralm

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur

im Rahmen des Studiums Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur (419)

Eingereicht von: Christian BAUER, Ing. Mag.

Matrikelnummer: 00111980

Institut für Bodenforschung
Department für Wald- und Bodenwissenschaften
Universität für Bodenkultur Wien

Betreuer:

Univ.-Prof. Dipl.- Ing. Dr. Dr.h.c. mult. Martin H. Gerzabek

Institut für Bodenforschung, Department für Wald- und Bodenwissenschaften

Ko-Betreuer:

Ao.Univ.-Prof.i.R. Dipl.-Ing. Dr. Othmar Nestroy

Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Graz

Wien, Mai 2022



Universität für Bodenkultur Wien

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen genutzt habe als jene, die im Text und in der Literaturliste erwähnt werden. Ich erkläre weiters, dass alle Personen und Institutionen, die direkt oder indirekt bei der Erstellung der Arbeit geholfen haben, erwähnt sind und dass die Arbeit oder Teile davon an keiner anderen Institution als Abschlussarbeit eingereicht worden ist.

Datum

Unterschrift

VORWORT & DANKSAGUNG

Nach dem Studium Geographie an der Karl-Franzens-Universität in Graz (2006) stellt für mich der Abschluss des Masterstudiums Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur an der Universität für Bodenkultur Wien das vorläufige Ende meiner universitären Weiterbildung dar. Schon lange bereute ich die Entscheidung nach der Matura nicht gleich an die BOKU gegangen zu sein. 2012 entschied ich mich, obwohl ich damals schon langjährig berufstätig war, doch noch für diesen Schritt und stehe nun, zugegeben nach mehreren Jahren, am Ende meiner zweiten Studienzeit, aber am Anfang eines neuen Abschnitts, dem ich, unter anderem, diesem Studium und dieser Arbeit hier verdanke.

Ich möchte mich bei all jenen Personen bedanken, die mich auf dem Weg hierher begleitet haben. Besonders danken möchte ich jedoch meinen beiden Betreuern, die mich zu diesem Punkt herangeführt und begleitet haben.

So danke ich:

**Herrn Univ.- Prof. Dipl.- Ing. Dr. Dr. h. c. mult. Martin H. Gerzabek
Institut für Bodenforschung, Department Wald- und Bodenwissenschaften
an der Universität für Bodenkultur in Wien**

für seinen aufopfernden, geduldigen und unermüdlichen Einsatz und die Betreuung von Seiten der Universität für Bodenkultur. Lieber Martin, vielen, vielen Dank!

**Herrn ao. Univ.- Prof. i. R. Dipl.- Ing. Dr. Othmar Nestroy
Institut für Angewandte Geowissenschaften an der Technischen Universität in Graz**

für seinen Einsatz, sein fachliches und allumfassendes Wissen, das ich annehmen durfte und für die jahrelange Begleitung vieler bodenkundlicher Projekte und letztlich für seine wertvolle Betreuungstätigkeit in Zuge der Abfassung dieser Arbeit. Lieber Othmar, ich danke Dir recht herzlich!

Großer Dank gebührt auch

**Herrn Dipl.- Ing. DDr. Roman Schaffer
Agrarconsulting und Handelsunternehmen, 8952 Irdning-Donnersbachtal**

für seine offenen Ohren, seine Anregungen und die fachliche Unterstützung. Lieber Roman, ohne Dich wäre das hier nie geworden, denn schließlich warst Du Initiator meiner ersten Diplomarbeit und hast so sozusagen „den Stein ins Rollen gebracht“. Ich danke Dir!

Abschließend bedanke ich mich bei mir selbst und bei **Andreas G.**, **Michael O.** und **Michael W.** für die unvergessliche Studienzeit in Wien.

ZUSAMMENFASSUNG

2005 wurden im Rahmen meiner ersten Diplomarbeit an der Karl-Franzens-Universität in Graz 6 ausgewählte Standorte im rekultivierten Gipsbergbau Hintersteineralm feldboden- und vegetationskundlich untersucht bzw. evaluiert. Die Ergebnisse der damaligen Untersuchungen zeigten einen tatsächlichen Zustand von Boden und Vegetation nach einer Zeitperiode von zwei Jahren auf. Boden wurde gemäß der damals geltenden Österreichischen Bodensystematik (ÖBS 2000) typologisiert, die Vegetation wurde, vor allem in Hinblick auf deren flächenhafter Entwicklung, mittels der Methode nach Braun-Blanquet quantifiziert. Die daraus resultierenden Ergebnisse beschrieben einen IST-Zustand der jeweiligen Untersuchungsflächen mit Fokus auf Boden und Vegetation.

2019 erfolgten erneut feld- und vegetationskundliche Untersuchungen und wurde auf vier von sechs Standorten aus 2005 Boden und Vegetation evaluiert. Die daraus resultierenden Ergebnisse liegen der vorliegenden Arbeit zugrunde und zeigen eine deutlich positive Entwicklung von Boden und Vegetation auf. 2005 wurden auf allen untersuchten Standorten artifizielle Böden des Bodentyps „Planieboden“ festgestellt, währenddessen 14 Jahre später deutliche Entwicklungstendenzen der Böden sichtbar waren. So wurden 2019, gemäß der mittlerweile neu geltenden Österreichischen Bodensystematik (ÖBS 2011) bereits weiterentwickelte Böden des Bodentyps „Rendzina“ bzw. „Braunerde“ identifiziert. Vor allem manifestierte sich die Sichtbarkeit in einer Horizontdifferenzierung und damit einhergehend mit einer Änderung des Bodentyps. Boden hat sich somit innerhalb dieser kurzen Zeitspanne entwickelt und galt es in diesem Zusammenhang auch zu klären, welche Einflussgrößen die Bodenentwicklung förderten bzw. etwaig hemmten. Ein wesentlicher Player in der Bodenentwicklung ist die Vegetation, die hier ebenso erneut untersucht wurde. Neben der Ermittlung der projektiven Deckungsgrade, und dem Vergleich dieser, wurden auch Häufigkeiten der vorkommenden Arten ermittelt. Durch Begrünungsmaßnahmen im Jahr 2003 wurden im Hydrosaatverfahren Pflanzenarten auf die jeweiligen Rohflächen appliziert, die die Flächen „künstlich“ besiedelten und den Weg für weitere einsiedelnde Arten bereiteten.

Essentiell für den Erfolg der durchgeführten Rekultivierungsmaßnahmen ist jedoch das Zusammenspiel von Boden und Vegetation. Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen erlauben den Schluss, dass im Falle der Rehabilitation von ehemaligen Bergbaustandorten Boden und Vegetation gleichermaßen wichtig sind und in einer Wechselwirkung zueinanderstehen. Denn, ohne Boden gibt es keine Vegetation und ohne Vegetation gibt es keinen Boden. Umso wichtiger wird die genaue, duale Betrachtung dieser beiden Parameter im Zusammenhang mit dem Erfolg einer Rekultivierungsmaßnahme erachtet.

ABSTRACT

In 2005, 6 selected sites in the recultivated Hintersteinalm gypsum mine were investigated or evaluated in terms of field soil and vegetation science as part of my first diploma thesis at the Karl Franzens University in Graz. The results of the investigations at that time showed an actual condition of soil and vegetation after a period of two years. Soil was typologized according to the Austrian Soil Systematics (ÖBS 2000) valid at that time, vegetation was quantified, especially with regard to its areal development, by means of the Braun-Blanquet method. The resulting results described an ACTUAL state of the respective study areas with a focus on soil and vegetation.

In 2019, field and vegetation surveys were conducted again and soil and vegetation were evaluated on four of six sites from 2005. The resulting findings are inherent in this work and show significant positive trends in soil and vegetation. In 2005, artificial soils of the soil type "planie soil" were found on all investigated sites, whereas 14 years later, clear developmental tendencies of the soils were visible. Thus, in 2019, already developed soils of the soil type "Rendzina" or "Brown Earth" were identified. Above all, the visibility manifested itself in a horizon differentiation and accompanied by a change in soil type. Soil has thus developed within this short period of time and in this context it was also important to clarify which influencing variables promoted or possibly inhibited soil development. An essential player in the soil development is the vegetation, which was examined here likewise again. In addition to the determination of the projective cover and the comparison of these, frequencies of the occurring species were also determined. Through greening measures in 2003, plant species were applied to the respective raw areas using the hydroseeding method, which "artificially" colonized the areas and prepared the way for further colonizing species.

However, the interaction between soil and vegetation is essential for the success of the reclamation measures carried out. The investigations carried out within the framework of this work allow the conclusion that in the case of the rehabilitation of former mining sites, soil and vegetation are equally important and interact with each other. Because, without soil there is no vegetation and without vegetation there is no soil. Therefore, the exact, dual consideration of these two parameters in connection with the success of a reclamation measure is considered all the more important.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG.....	1
1.1. Zeitlicher Kontext - Vorgeschichte.....	1
1.2. Bodendefinitionen.....	2
1.3. Bodenfunktionen.....	3
1.4. Pedogenese.....	4
1.4.1. Faktoren der Pedogenese.....	5
1.4.2. Geschwindigkeit der Pedogenese	8
2. FRAGESTELLUNG	10
3. MATERIALIEN UND METHODEN	12
3.1. Gebietsbeschreibung.....	12
3.1.1. Standort ehemaliger Gipsbergbau	12
3.1.2. Geologische Situation.....	13
3.1.3. Klimatische Verhältnisse.....	14
3.1.4. Vegetation	17
3.1.5. Natürlich vorkommende Böden.....	19
3.2. Bodenkundliche Aufnahmen.....	20
3.2.1. Bodenprobenahme, bodenchemische Analysen.....	23
3.3. Spezielle Faktoren der Bodengenese am Standort Gipsbergbau Hintersteineralm.....	26
3.4. Methodik zur vergleichenden Beurteilung der Bodenprofile.....	28
3.5. Vegetationskundliche Aufnahmen	29
3.5.1. Aufnahmeverfahren	29
3.6. Charakteristika der Untersuchungsflächen	32
3.6.1. Untersuchungsflächen 1.1. und 1.2.....	32
3.6.2. Untersuchungsfläche 2.1.	33
3.6.3. Untersuchungsfläche 2.2	34
4. ERGEBNISSE.....	35
4.1. Bodenkundliche Aufnahmen.....	35
4.1.1. Bodenprofil Untersuchungsfläche 1.1.	35
4.1.2. Bodenprofil Untersuchungsfläche 1.2.	37
4.1.3. Bodenprofil Untersuchungsfläche 2.1.	39
4.1.4. Bodenprofil Untersuchungsfläche 2.2.	41
4.1.5. Bodenphysikalische Eigenschaften.....	43
4.1.6. Bodenchemische Analysen	44
4.2. Vegetationskundliche Aufnahmen	45
4.2.1. Untersuchungsfläche 1.1.	46

4.2.2. Untersuchungsfläche 1.2.....	48
4.2.3. Untersuchungsfläche 2.1.....	50
4.2.4. Untersuchungsfläche 2.2.....	52
4.2.5. Vegetationskundliche Parameter.....	54
4.3. Artenzusammensetzung und Häufigkeiten	57
4.3.1. Pflanzenarten.....	57
4.3.2. Artenhäufigkeiten	57
5. DISKUSSION.....	59
5.1. Bodenspezifische Parameter	59
5.1.1. Bodentypen	59
5.1.2. Bodenart.....	61
5.1.3. Bodengefüge und Bodenstruktur.....	62
5.1.4. Bodenkonsistenz	63
5.1.5. Bodenfarbe	63
5.2. Bodenspezifische Veränderungen	64
5.2.1. Untersuchungsfläche 1.1.....	64
5.2.2. Untersuchungsfläche 1.2.....	66
5.2.3. Untersuchungsfläche 2.1.....	68
5.2.4. Untersuchungsfläche 2.2.....	69
5.3. Zusammenfassung Untersuchungsflächen.....	71
6. DISKUSSION.....	72
6.1. Bodenbildung	72
6.1.1. Ausgangssituation	72
6.1.2. Boden 2005 bzw. 2019	73
6.1.3. Bodenentwicklung auf den Standorten.....	74
6.1.4. Bodentyp „Moder-Rendzina“.....	74
6.1.5. Bodentyp „Braunerde“, Subtyp „Carbonathaltige Braunerde“.....	75
6.1.6. Bodentyp „Planieboden“	77
6.1.7. Faktoren der Bodengenese.....	77
6.1.8. Vegetation 2005 und 2019	80
6.1.9. Wirkungsgefüge Boden und Vegetation.....	81
6.1.10. Abschließende Betrachtung.....	83
7. LITERATURVERZEICHNIS	85
8. ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS.....	88
8.1. Abbildungsverzeichnis	88
8.2. Tabellenverzeichnis	89
9. ANHANG.....	90

9.1. Bodenkundliche Aufnahmeblätter	90
9.2. Bodenchemische Analysen.....	120
9.2.1. Prüfbericht Land Steiermark 2005	120
9.2.2. Prüfbericht Land Steiermark 2020	125

1. EINLEITUNG

1.1. Zeitlicher Kontext - Vorgeschichte

Von 1970 bis 2010 betrieb die Knauf GmbH., mit Werkssitz in Weißenbach bei Liezen, den rund 33 Hektar großen Gipsbergbau Hintersteineralm. Während dieser Zeit wurden obertägig aus mehr als 4,3 Millionen Tonnen Abraummateriale rund 3,4 Millionen Tonnen Wertmineralien in Form von Gips gewonnen, der im Werk Weißenbach bei Liezen zu Gipskartonplatten und weiteren hochwertigen Innenausbauprodukten verarbeitet wurde.

2002 wurde das sog. „Grubenfeld Claudia“, das eine Größe von rund 23 Hektar aufwies, stillgelegt und stellte dieser Zeitpunkt den Beginn umfassender Rekultivierungs- bzw. Renaturierungsarbeiten im „Grubenfeld Claudia“ dar. Gemäß des damals geltenden Mineralrohstoffgesetzes (MinroG) war der Bergbaubetreiber gesetzlich dazu verpflichtet, die „Sicherung der Oberflächennutzung nach Beendigung der Bergbautätigkeit“ durchzuführen. Diesen Sicherungsarbeiten lag ein Bescheid der örtlich zuständigen Bezirksverwaltungsbehörde zugrunde, der gleichzeitig das umzusetzende Rekultivierungs- bzw. Renaturierungskonzept legitimierte.

Die Zielvorgabe sah drei wesentlich zu schaffende Bereiche vor. Bedingt durch existierende Weiderechte seitens einer Agrargemeinschaft sollten im Zuge der Rekultivierung *Reinweideflächen* für Vieh entstehen. Ebenso sollte rund ein Drittel der Gesamtfläche wiederbewaldet werden, um so *Wald* etablieren lassen zu können. Neben der Anlage und Schaffung von land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen sollten auf einem Teil des ehemaligen Grubenfeldes auch *Sukzessionsflächen* entstehen, die sich in deren Entwicklung selbst überlassen wurden (hier kam es im Zuge der Rekultivierungsarbeiten zu keiner wie auch immer gearteten Behandlung der Flächen).

Nach Rückverfüllung und Oberflächengestaltung des ehemaligen Bergbauareals mit autochthonem, teilweise gipshaltigen, aber jedenfalls kalkhaltigen Abraummateriale erfolgte die Fertigstellung der Geländeoberfläche. Dabei wurde auf die vorbereiteten Flächen aus Rodungen stammender, abgeschobener und zwischengelagerter Waldboden, mit einer mittleren Auftragsmächtigkeit von 20-25cm, flächig mittels Schubraupen aufgebracht. Dieses fertige Planum stellte die Basis für die im Jahr 2003 beginnenden Rekultivierungsarbeiten dar, die in erster Linie Begrünungsmaßnahmen vorsahen. In diesen Zeitraum fällt die Anlage der landwirtschaftlich genutzten Untersuchungsflächen 1.1. und 1.2. sowie die Anlage der Wiederbewaldungsbereiche, in welchen die Untersuchungsflächen 2.1. sowie 2.2. liegen. Hier wurde vorerst nur begrünt, 2004 wurde sodann auf diesen Flächen mit der Wiederaufforstung begonnen.

2005 erfolgten, im Zuge der Erstellung meiner ersten Diplomarbeit „*Untersuchungen über die zeitliche Entwicklung von Vegetation und Boden, dargestellt an den Begrünungsmaßnahmen*“

im Gipsbau der Fa. Knauf am Pyhrn/Oberösterreich“ die ersten feldboden- bzw. vegetationskundlichen Aufnahmen, die als Grundlage für die vorliegende Masterarbeit dienen. Im Rahmen der Arbeit aus 2005 wurden insgesamt sechs Standorte (in Summe 16 Bodenprofile) feldbodenkundlich aufgenommen, beschrieben und ferner bodenchemisch analysiert. Überdies wurden diese sechs Standorte jeweils vegetationskundlich aufgenommen und beschrieben. Die Ergebnisse mündeten in der oben genannten Diplomarbeit und zeigten, nach zwei Jahren Entwicklungszeit, den damaligen IST-Zustand in Hinblick auf Boden und Vegetation.

Die nun vorliegende Masterarbeit greift nun auf die Ergebnisse der Diplomarbeit aus 2005 zurück und vergleicht diese mit den Ergebnissen aus 2019 (feldbodenkundliche und vegetationskundliche Aufnahmen) bzw. aus 2020 (bodenchemische Analysen). Sie probiert Veränderungen festzustellen und zu beschreiben, die sich im Zeitraum von 14 Jahren auf vier ausgewählten Standorten in Hinblick auf Boden und Vegetation ergeben haben. Das Hauptaugenmerk in dieser Arbeit liegt in der Beschreibung von Böden und wird dabei versucht, Einflussgrößen auf die Bodengenese herauszuarbeiten. Die Vegetation nimmt einen wichtigen Stellenwert ein, sie wird jedoch „nur“ begleitend dargestellt und liefert in erster Linie Informationen hinsichtlich deren flächenhafter Entwicklung, ohne dabei pflanzensoziologische bzw. pflanzenphysiologische Aspekte zu behandeln.

1.2. Bodendefinitionen

In der Literatur lassen sich, aus mehreren unterschiedlichen Disziplinen, zahlreiche Definitionen von Boden finden, die jeweils verschiedene Betrachtungsweisen dieses Mediums zulassen. Boden wird hier, in der vorliegenden Arbeit, primär als Pflanzenstandort betrachtet und so wird Boden einleitend gemäß der ÖNORM L 1050 definiert:

„Der Boden ist der oberste Bereich der Erdkruste, der durch Verwitterung, Um- und Neubildung (natürlich oder anthropogen verändert) entstanden ist und weiter verändert wird; er besteht aus festen anorganischen (Mineralteil) und organischen Teilen (Humus und Lebewesen) sowie mit Wasser, den darin gelösten Stoffen und mit Luft gefüllten Hohlräumen und steht in Wechselwirkung mit Lebewesen.“

BLUM (2012) lehnt seine Definition von Boden an die der ÖNORM L 1050 an, differenziert und fügt hierbei noch den atmosphärischen Einfluss sowie Transformationsvorgänge hinzu und definiert wie folgt:

„Boden ist eine von der Erdoberfläche bis zum Gestein reichende, in Horizonte gegliederte, mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzte Lockerdecke (Ausschnitt aus der Pedosphäre), die durch Umwandlung anorganischer und organischer Ausgangsstoffe, unter Zufuhr von Stoffen und Energien aus der Atmosphäre neu entstanden ist und in der diese Umwandlungsprozesse weiter ablaufen (dynamisches, dreiphasiges System). Im Gegensatz zu Mineralien, Pflanzen

und Tieren sind Böden nicht scharf abgrenzbare Naturkörper. Sie stellen komplexe Systeme der Erdoberfläche, der Pedosphäre dar, in denen sich Lithosphäre, Atmosphäre und Biosphäre durchdringen.“

Diese Definition bringt zum Ausdruck, dass Boden ein wichtiger Teil des Ökosystems ist, in welchem (Umwandlungs-) Prozesse vor sich gehen, die wechselseitige Auswirkungen auf andere Medien, wie z. B. der Biosphäre, haben können. Änderungen im Boden bewirken Änderungen auf die mit dem Boden in Verbindung stehenden Sphären. Boden reagiert und somit übt Bodenfunktionen aus, die nachstehend erklärt werden.

1.3. Bodenfunktionen

Böden als Teil von Ökosystemen erbringen eine Reihe von Funktionen für Mensch und Umwelt. Die Funktionen der Böden sind Lebensraum-, Nutzungs-, Transformations-, Filter-, Puffer- und Archivfunktion. Sie sind potenziell durch menschliche Aktivitäten gefährdet (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 2018). BLUM (2012) differenziert nun diese Bodenfunktionen, gruppiert diese und fasst zusammen:

„Böden besitzen 3 ökologische und 3 technisch-industriell, sozioökonomische und kulturelle Funktionen.

- * Land- und forstwirtschaftliche Biomassenproduktion*
- * Filter-, Puffer- und Transformationsfunktion zwischen Atmosphäre und Grundwasser bzw. Boden und Biosphäre*
- * Genschutz und Genreservfunktion, da in Böden eine viel höhere Menge und Vielfalt an Organismen lebt als auf der Erdoberfläche*
- * Daneben bilden Böden die physische Basis für Siedlungen, Industrie, Verkehrseinrichtungen, Freizeit-, Sport- und Erholungseinrichtungen sowie für die Entsorgung von Abfällen. Böden stellen hierfür Materialien wie Sande, Kiese, Schotter und anderes Material bereit.*

Sie besitzen weiters eine Kulturfunktion, da sie archäologische und paläontologische Zeugen der Kultur- und Landesgeschichte vor dem Zerfall schützen.“

NESTROY (2015) bemerkt zu den Bodenfunktionen folgendes: *„Die Hauptfunktion des Bodens ist nach wie vor die Erzeugung von Biomasse als Nahrungsmittel für Menschen, Futtermittel für Tiere und nachwachsende Rohstoffe“. Auch weist NESTROY darauf hin, dass „es gelingen muss, die vielfältigen Funktionen des Bodens, bei denen der Pflanze eine besondere Bedeutung zukommt, für die kommenden Generationen zu erhalten.“*

1.4. Pedogenese

Die Pedogenese beschreibt den Vorgang des Werdens des Bodens anhand bodenbildender Faktoren und Prozesse. Sie beginnt an der Oberfläche des jeweiligen Ausgangsgesteins und setzt sich, mit einer Zeitkomponente versehen, in die Tiefe fort. Durch Umwandlungs- und Umlagerungsprozesse werden Bodenschichten, die Bodenhorizonte, gebildet, die über spezifische Eigenschaften verfügen und letztlich einen bestimmten Bodentyp hervorbringen. NESTROY (2015) meint dazu, dass *„das Werden des Bodens, die Pedogenese, als Kombination von Faktoren, Prozessen und den daraus resultierenden Eigenschaften gesehen werden kann, denn diese sind die Ergebnisse der komplexen Bodengenese.“* Die Pedogenese wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst und bedingt.

SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2018) führen weiters aus, dass *„Böden Naturkörper unterschiedlichen Alters sind, die je nach Art des Ausgangsgesteins und Reliefs unter einem bestimmten Klima und damit einer bestimmten streuliefernden Vegetation mit charakteristischen Lebensgemeinschaften (Biozönosen) durch bodenbildende Prozesse entstanden sind“* und sprechen damit bereits wichtige bodenbildende Faktoren, wie z. B. das vorherrschende Relief, an. Auch geht hier daraus hervor, dass gewisse (natürliche) Voraussetzungen den Naturkörper Boden beeinflussen.

Bereits hier lässt sich erahnen, dass die Pedogenese von verschiedenen (Standort-)Faktoren und Prozessen abhängig ist. H. Jenny (1941) definierte Böden als Funktion ihrer genetischen Faktoren und hielt fest, dass Boden ein Produkt des Ausgangsgesteins (G), des Klimas (K), der Organismen (O), des Reliefs (R) sowie der Zeit (t) ist und fügte dazu noch den, bereits existierenden, menschlichen Einfluss (M) in seine Formel $B \text{ (Boden)} = f(G, K, O, R, M) t$ ein (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 2018).

Er, Jenny, beschreibt in seiner mathematischen Funktion nicht nur den menschlichen Einfluss auf die Pedogenese, sondern auch den wesentlichen Faktor Zeit.

„Die genetischen Faktoren lösen in ihrem komplexen Zusammenspiel bodenbildende Prozesse aus, die in Umwandlungs- und Umlagerungsprozesse (Transformation und Translokation) unterteilt werden. [...] Die Umwandlungs- und Umlagerungsprozesse führen in Abhängigkeit von ihrer Intensität und Dauer zu charakteristischen Bodeneigenschaften wie z. B. den für die verschiedenen Böden typischen Bodenhorizonten, die oben streuähnlich sind und nach unten gesteinsähnlicher werden. Damit ergibt sich die folgende Kausalkette der Pedogenese:

Genetische Faktoren → bodenbildende Prozesse → Bodenmerkmale

In umgekehrter Reihenfolge gelesen, erlauben die heutigen Merkmale der Böden Rückschlüsse auf die abgelaufenen Prozesse sowie die sie bestimmenden genetischen Faktoren und tragen

damit zu einer Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte bei.“ (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 2018)

1.4.1. Faktoren der Pedogenese

Im Wesentlichen bedingen abiotische und biotische Faktoren sowie der Faktor Zeit die Boden-genese (vgl. NESTROY, 2015). Zu den abiotischen (unbelebten) Faktoren zählen das (Ausgangs-) Gestein, das Relief sowie das Klima. Die biotischen (belebten) Faktoren ist die Ve-getation, die Tierwelt und der Mensch zu zählen. Überdies spielt der Faktor Zeit eine überaus bedeutende Rolle in der Bodengenese. Nachstehend werden die Faktoren der Bodengenese beschrieben.

1.4.1.1. Abiotischer Faktor Gestein

Gesteine beeinflussen die Bodenbildung hinsichtlich deren chemischer Zusammensetzung, Textur und Härte. Die chemische Zusammensetzung der Gesteine hat einen Einfluss auf das Nährstoffspektrum der daraus entstandenen Böden. Böden, die aus rein carbonatischen Aus-gangsgesteinen (z. B. Kalk oder Dolomit) entstanden sind, verfügen über ein relativ enges che-misches Spektrum. Ein breiteres chemisches Spektrum ist bei Böden, die aus kalkig-silikati-schen Ausgangsgesteinen, wie z. B. Löss oder Kalkglimmerschiefern, entstanden sind, vorzu-finden. Böden auf silikatischem Untergrund (z. B. Granit, Gneis) sind in der Regel nährstoffarm und weisen eine saure bis stark saure Bodenreaktion auf.

Der Chemismus des Ausgangsgesteins bedingt das Nährstoffangebot in den daraus entstan-denen Böden, das wiederum Einfluss auf die Zusammensetzung und Entwicklung der Vegetation hat.

Eine weitere Einflussgröße stellt die Gesteinstextur dar. Darunter versteht man die räumliche Anordnung und Verteilung der Gemengteile in einem Gestein (vgl. NESTROY, 2015). Hierbei ist zwischen einer richtungslos-körnigen (z. B. Granit) und einer geschieferten Textur zu unter-scheiden. Geschiefertes Gestein verwittert in der Regel schneller als Richtungslos-Körniges. Der Verwitterung, die physikalisch/mechanisch, chemisch oder biochemisch erfolgen kann, bedingt, vor allem in unseren Breiten, eine Freisetzung von Eisenoxiden und Eisenhydroxiden, die letztlich für die Bodenfarbgebung verantwortlich sind.

Auch die Gesteinhärte ist eine wesentliche Einflussgröße auf die Bodengenese. Vor allem in Hinblick auf die Geschwindigkeit der Bodenbildung ist es entscheidend, ob sich Boden aus festem (z. B. Dolomit), klastischem (Kalkschotter) oder lockerem Material (z. B. Löss) heraus entwickelt hat.

1.4.1.2. Abiotischer Faktor Relief

Ein weiterer abiotischer Faktor der Bodengenese ist das Relief. Mit ihm stehen die Lage sowie die hydrologischen Standortverhältnisse im Zusammenhang. Bedeutend hierbei ist die geografische Lage, denn diese bedingt die klimatischen Standortverhältnisse, die wiederum auf Verwitterung, Pflanzenwachstum, u. dgl. Einfluss nimmt. Auch ist, in diesem Zusammenhang, die Seehöhe maßgebend. Diese bestimmt beispielsweise die Dauer der Vegetationsperiode. Neigung und Neigungsrichtung haben Einfluss auf die Sonneneinstrahlung, die Verwitterungsintensität und das Erosionsgeschehen. Auch die geomorphologische Ausprägung eines Standorts steht in Zusammenhang mit dem Relief. In Hinblick auf die hydrologischen Verhältnisse ist es entscheidend, welche Ausformung der Standort hat. Vor allem ist dies für die Versorgung des Standorts mit Wasser entscheidend, es macht einen Unterschied, ob der Standort einen Zugang zu anstehendem Grundwasser hat oder ob dieser lediglich mit atmosphärischen Niederschlägen versorgt wird.

1.4.1.3. Abiotischer Faktor Klima

Dem Klima wird, als drittem abiotischen Faktor, in Hinblick auf die Bodengenese eine große Bedeutung eingeräumt, bedingt dieses doch den Grad der Verwitterung und hat so Einfluss auf die Bodenfarbgebung. Als wichtigste Klimafaktoren können hier Niederschlag, Temperatur und Wind genannt werden (vgl. NESTROY, 2015).

Ad Niederschlag: Dieser ist maßgebend für die Bodenbildung und die Vegetationsentwicklung. Als wichtiger Kennwert ist hier die Jahresniederschlagssumme zu nennen. Auch die Niederschlagsverteilung im Jahreslauf ist entscheidend, vor allem in Hinblick auf den Bewuchs/die Vegetation.

Ad Temperatur: Hier liefert die Jahresmitteltemperatur die erste Information. Angaben über Minima und Maxima, Spät- und Frühfröste sowie über die Dauer der Vegetationsperiode liefern weitere standortspezifische Informationen.

Ad Wind: Wind steht vor allem mit äolischer Erosion und Austrocknung in Zusammenhang. Stärke, Richtung und Häufigkeit sollen erfasst und beurteilt werden, da diese den Bodenaufbau stark beeinflussen können (vgl. NESTROY, 2015).

Klimadaten zum Standort Gipsbergbau Hintersteineralm werden in Punkt 3.1.3. Klimatische Verhältnisse dargestellt.

1.4.1.4. Biotischer Faktor Vegetation

Die genaue Kenntnis über die vorherrschende Vegetation am Standort liefert Informationen in Bezug auf die Humusverhältnisse dieses. Es ist festzustellen, ob es sich bei der Vegetation am Standort um Wald oder Forst (forstliche Nutzung) bzw. um Dauergrünland, Ackerland oder Wechselland handelt.

Denn, „alle diese genannten Bodennutzungsformen spielen namentlich für die Humusbilanz eines Standortes eine entscheidende Rolle, nämlich, ob durch humuszehrende Pflanzen, das sind meist Halmfrüchte, ein Humusabbau zu befürchten oder ob durch humusmehrende Pflanzen, das sind meist Blattfrüchte, eine ausgeglichene oder sogar positive Humusbilanz zu erwarten ist“ (NESTROY, 2015).

Die Vegetation ist also für den Humusabbau (Humusentzug durch Pflanzen, je nach Kulturart), aber auch für den Humusaufbau (Laubstreu, Ernterückstände) verantwortlich. Humus selbst erfüllt eine Fülle von Funktionen, so ist er zum Beispiel imstande CO₂ zu speichern und erfüllt im Boden seine Funktion als Puffermedium. Humus ist nicht mit freiem Auge erkennbar, sondern erfolgt die Bestimmung des Gehalts an Humus nur im Labor.

1.4.1.5. Biotischer Faktor Tiere

Boden beherbergt eine Vielzahl von tierischen Lebewesen, die in diesem eine Vielzahl von Funktionen erfüllen. Tiere können, ihrer Größe nach, in Mikro-, Meso- und Makrofauna eingeteilt werden. Bei den Lebewesen der Mikrofauna handelt es sich überwiegend um Mikroben, die im Boden vor allem für Abbau- bzw. Aufbauprozesse verantwortlich sind. Hier sollen beispielsweise Nitrosomonas und Nitrobacter angeführt werden, die im Stickstoffkreislauf eine wesentliche Rolle spielen. In der Meso-, Makro- und Megafauna sind überwiegend Würmer beheimatet. Der bekannteste und wohl gleichsam bedeutendste Bewohner aus dieser Fauna ist wohl der Regenwurm. Er ist Indikator fruchtbarer Böden, frisst sich durch diesen buchstäblich durch und scheidet sogenannte Ton-Humus-Komplexe aus. Die Regenwurmtätigkeit wird, im Zuge der feldbodenkundlichen Profilaufnahme, als wichtiges Merkmal aufgenommen.

1.4.1.6. Faktor Mensch

Menschliches Zutun, vor allem durch Bewirtschaftungsmaßnahmen, beeinflussen die Boden-genese positiv wie negativ. Die ersten menschlichen Eingriffe reichen rund 7.000 Jahre zurück und setzen im Neolithikum damit den Beginn der Bodenbewirtschaftung. Der zweite, verändernde, Eingriff war wohl die erste industrielle Revolution (vgl. NESTROY, 2015). Durch den Paradigmenwechsel menschliche/tierische Kraft hin zu mechanischer Kraft und zeitgleicher Technisierung der Landwirtschaft erfolge ein intensiverer Eingriff in den Produktionsfaktor Boden.

1.4.1.7. Faktor Zeit

Die Bodengenese versteht sich als langfristiger Prozess und ist eine von externen Einflussfaktoren abhängig. Die Zeit ist, als Multiplikator aller erwähnten Faktoren zu sehen (vgl. NESTROY, 2015). „DUBBIN (2001) gibt als Geschwindigkeit für die Bodenbildung allgemein 100 bis 400 Jahre je cm Bodentiefe an, auf verstürztem (Lockersediment ähnlichem) Material ist aber eine höhere Geschwindigkeit anzunehmen, etwa Jahrzehnte bis zur Bildung eines AC-Bodens (vgl. TISCHEW et al., 2004).“ (SCHAFFER, 2011)

1.4.2. Geschwindigkeit der Pedogenese

Im Kapitel 1.4.1 wurden die Faktoren der Bodenbildung dargestellt. Hier soll nun kurz auf die Veränderungen von Bodencharakteristika mit der Zeit eingegangen werden. Diese Frage ist nicht einfach zu behandeln, da uns oft die Beobachtungszeit fehlt, um längere Veränderungsprozesse im Boden festzustellen. Methodisch bieten sich Langzeitversuche und Chronosequenz-Untersuchungen an, um die Veränderung von Bodeneigenschaften mit der Zeit zu beobachten. Die erste Frage ist, welche Eigenschaften sich im Laufe der Bodenbildung verändern? GERZABEK und ZEHETNER (2022) listen folgende Veränderungen im Boden mit der Zeit auf:

- Lösung von leicht löslichen Mineralen
- Bildung sekundärer Minerale durch die Verwitterung (Tonminerale, Fe-, Mn-, Al-Oxide und Oxyhydroxide)
- Aufbau der organischen Bodensubstanz und des Mikrobioms
- Veränderung der Mikro- und Makrostruktur des Bodens – Bildung von Aggregaten und eines sekundären Porensystems.

PRONK et al. (2017) konnte in künstlichen Bodeninkubationsexperimenten (18 Monate) zeigen, dass sich – in Abhängigkeit der Zusammensetzung der festen Bodenbestandteile - die mikrobiellen Gemeinschaften rasch etablieren konnten, mehrere Zyklen von Aggregataufbau und -neuformierung festzustellen waren und die Bodenbildung insgesamt relativ unabhängig

von der mineralischen Zusammensetzung stattfindet. Vor allem das Boden-Mikrobiom ändert sich in den ersten Jahren der Bodenentwicklung rasch. Am Anfang kann bei initialen Bodenbildungen auf Gletschervorfeldern vor allem die Gewinnung von Nährstoffen aus dem Ausgangssubstrat der Bodenbildung im Vordergrund stehen (FRANZETTI et al., 2020). Ist das Mikroorganismenwachstum zunächst vor allem durch fehlende Stickstoff- und Kohlenstoffvorräte eingeschränkt, sind es später die Phosphorvorräte, die limitierend auftreten (JIANG et al., 2019). Veränderungen im Klima führen zu raschen Anpassungen der Abbauleistungen der mikrobiellen Gemeinschaften von alpinen Böden (DJUKIC et al., 2009, 2013). ZEHETNER et al. (2009) zeigten anhand einer Chronosequenz im Nationalpark Donauauen (Wien/NÖ), dass in den ersten 150 bis 200 Jahren der Bodenbildung auf Auensedimenten eine sehr schnelle Akkumulation von organischem Kohlenstoff (OC) im Boden stattfindet, mit Raten in den ersten Jahrzehnten von mehr als $100 \text{ g OC m}^{-2} \text{ a}^{-1}$. Auch unter tropischen Verhältnissen kommt es zu einem sehr schnellen Aufbau der organischen Bodensubstanz in den ersten hundert Jahren (GERZABEK et al., 2022). Deutlich langsamer gehen die Veränderungen der mineralischen Zusammensetzung und der Bodentextur im Zuge der Bodenbildung und -entwicklung vor sich. So konnten GERZABEK et al. (2022) zeigen, dass die Neubildungsrate von Schluff- und Tonpartikeln aus gröberen Texturfractionen zunächst bei mehr als $100 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ liegt und nach ca. 10.000 Jahren auf ca. $20 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ absinkt. Die Mineralausstattung verändert sich durch die Verwitterungsprozesse im gleichen Zeitraum und darüber hinaus bis zu 1 Mill. Jahren dramatisch (CANDRA et al., 2021).

Die Bodenfunktionen werden durch die geschilderten Veränderungen natürlich stark modifiziert.

2. FRAGESTELLUNG

In der gängig auffindbaren Literatur lassen sich viele Publikationen finden, die sich mit Rekultivierung, aber vielmehr mehr mit Renaturierung, in Bergbaufolgelandschaften beschäftigen. Das Gros dieser Literatur stammt aus Deutschland und befasst sich diese mit den Bergbaufolgelandschaften der Braunkohlereviere des tagebaulich stark überprägten Rheinlandes, des Mitteldeutschen Reviers bzw. der Lausitz (z.B. GASCHICK, 2008; LMBV, 2001). Eine weitere Quelle für einschlägige Literatur liefern Abhandlungen in Zusammenhang mit dem Kaliabbau auf Standorten in Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Hessen und Thüringen (bspw. NIESSING, 2005). Im Zusammenhang mit Renaturierung in Bergbaufolgelandschaften sind überwiegend botanische Arbeiten aufzufinden, die sich mit Artenzusammensetzung und Biodiversität beschäftigen. Die wenigsten Arbeiten dokumentieren den Bereich Boden bzw. Bodenentwicklung.

SCHAFFER (2011) bringt dies auf den Punkt: *„Recherchen zum Themenbereich Rekultivierung im Bergbau zeigen, dass diese im Gegensatz zur Renaturierung nicht im Fokus ingenieurbio-logischer Forschung zu stehen scheint. [...] Botanische Untersuchungen von Haldenflächen liegen in großer Zahl vor [...], Einzelprojekte zu Bergbaurekultivierungen werden beschrieben [...] und häufig im Internet veröffentlicht. Vielfach wird die Bedeutung von Bergbauf Flächen als Refugium wertvoller Arten und Sukzessionsstadien beschrieben. Seltener erscheinen Werke, in denen diese Thematik zusammenfassend betrachtet wird.“*

Abhandlungen, die Bodenentwicklung auf ehemaligen Bergbaustandorten thematisieren sind rar gesät und beschreiben diese nicht den Boden selbst, sondern eher das Ausgangsmaterial und dessen Eignung als Substrat für diverse, natürlich oder künstlich initiierte, Begrünungsmaßnahmen (vgl. JOCHIMSEN et al., 1995). Daraus resultieren wiederum Abhandlungen, die sich mit Vegetationsentwicklung und Artenvielfalt auseinandersetzen.

SCHRÖDER et al. (1985) untersucht rekultivierte Böden aus Löß im Gebiet des Rheinischen Braunkohlen Tagebaus und trifft Aussagen dazu, in welche Richtung sich Böden, in Abhängigkeit von Rekultivierungsverfahren, entwickeln können. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die untersuchten Standorte ackerbaulich genutzt wurden. BRÄUNIG (2001) untersucht rekultivierte Böden, zielt jedoch in seiner Abhandlung nicht auf Bodenentwicklung, sondern auf das Verhalten von Wasser in diesem ab. ALTERMANN und ROSCHE (2002) beschäftigten sich mit den sog. „Kippenböden“ und zeigen die Indikatoren der beginnenden Bodenbildung auf. So können die einzelnen Entwicklungsstadien anhand Humusbildung bzw. Humusakkumulation erkannt werden. Deren Abhandlung zeigt eine Chronosequenz der Bodenbildung, als entwickelter Boden auf kalkhaltigen Standorten wird die Pararendzina genannt. Dieser Bodentyp ist überdies jener Bodentyp, der in vielen Beispielen als entwickelter Bodentyp angeführt wird.

Bodenbildung ist ein komplexer Vorgang, der von vielen, sich wechselseitig beeinflussenden Faktoren, abhängig ist und wird auf dieses Thema das Hauptaugenmerk gelegt. Die vorliegende Arbeit versucht festzustellen, ob Bodenbildung auf den untersuchten Standorten während des Betrachtungszeitraums 2005 bis 2019 stattgefunden hat, und, wenn ja, welche Faktoren maßgeblich dafür verantwortlich waren. Auch wird im Zuge der Beantwortung dieser Frage versucht zu klären, wie sich die etwaig stattgefundene Bodenbildung physisch manifestiert hat (z. B. Horizontdifferenzierung, u. dgl.). Neben physischen Eigenschaften sollen auch bodenchemische Parameter betrachtet und geklärt werden, ob gravierende bodenchemische Veränderungen stattgefunden haben. Dies ist vor allem in Hinblick auf die Entwicklung der Vegetation relevant.

Nebst Bodenentwicklung wird auch die Entwicklung der Vegetation dargestellt. Vorrangig gilt es zu klären, ob und wie sich die Vegetation im Betrachtungszeitraum entwickelt hat. Der Fokus dabei liegt auf der Entwicklung des Deckungsgrades auf den untersuchten Flächen, zumal dieser Einfluss auf die Bodenentwicklung hat (Erosionshemmung, Nachlieferung an organischer Substanz, etc.).

Boden und Vegetation bilden gemeinsam ein Wirkungsgefüge und wird versucht zu erklären, wie das Zusammenspiel dieser beiden Komponenten funktioniert und welches Medium dabei welche Funktionen erfüllt.

Abschließend gilt es zu klären, wie erfolgreich die durchgeführten Rekultivierungsmaßnahmen in Hinblick auf die Wiedereingliederung eines ehemaligen Tagebauareals in das bestehende Landschaftsgefüge waren. Auch diese Frage gilt es zu beantworten.

3. MATERIALIEN UND METHODEN

3.1. Gebietsbeschreibung

3.1.1. Standort ehemaliger Gipsbergbau

Die ehemalige Abbaustelle des Gipsbergbaues der Fa. Knauf befindet sich im südlichen Teil des Bundeslandes Oberösterreich, liegt im Gemeindegebiet der politischen Gemeinde Spital am Pyhrn und ist nördlich der sogenannten „Hintersteinalm“, in einer Seehöhe von 1.100 m bis rund 1.250 m ü. A., situiert. Die jeweiligen Untersuchungsflächen liegen auf einer Höhe von 1.090 m (Fläche 1.1.), 1.100 m (Fläche 1.2.) bzw. 1.190 m (Flächen 2.1. bzw. 2.2.) über Adria.



Abbildung 1: Lage des ehemaligen Gipsbergbaues am Pyhrnpass. Quelle: DORIS, 2021.



Abbildung 2: Luftbild (21.09.2019) des ehemaligen Gipsbergbaues am Pyhrnpass. Quelle: DORIS, 2021.

3.1.2. Geologische Situation

Der Standort des ehemaligen Gipsbergbaues ist den Nördlichen Kalkalpen zuzuordnen und liegt im sogenannten permischen Haselgebirge, in welchen Gipsvorkommen potentielle Verbreitung aufweisen. Die Lagerstätte Hintersteineralm (in der Karte mit weißem Kreis markiert) gehört nach HADITSCH zu den größten Lagerstätten im permischen Haselgebirge, mit einem Gipsvorrat von einer Million Tonnen (TOLLMANN, 1985). Die in der Karte ersichtliche Zahl 648 weist als geologische Einheit das Haselgebirge und als lithologische Haupteinheit Tonbrekzie aus. Als lithologische Nebeneinheit wird Salz, Gips und Anhydrit genannt (vgl. Legende DORIS, 2021).

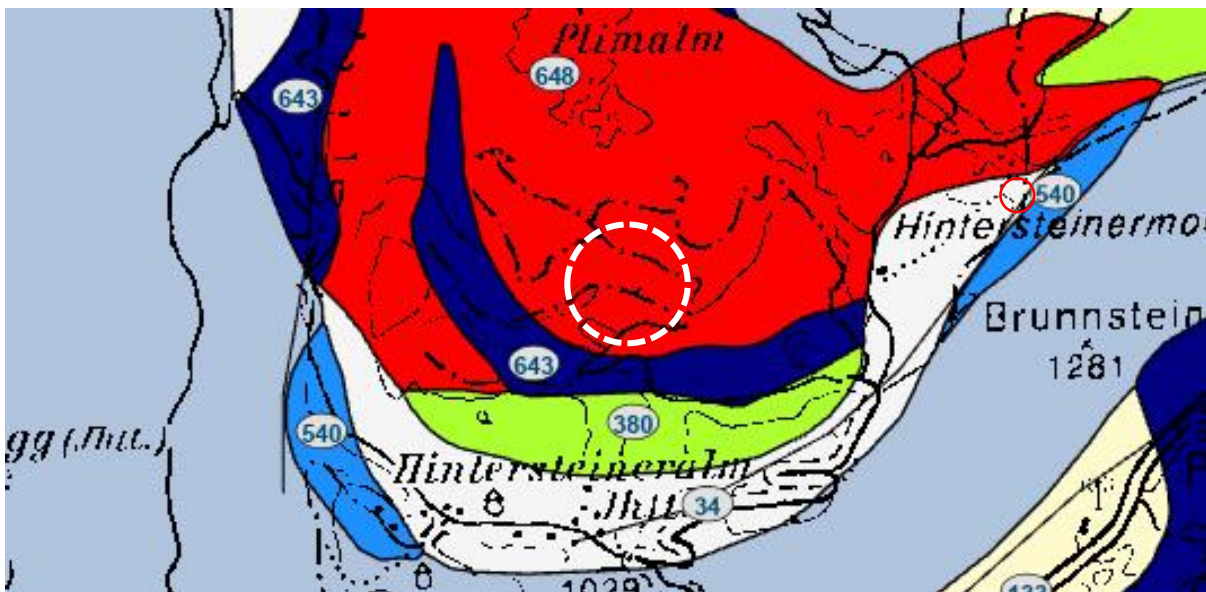


Abbildung 3: Geologische Karte (M = 1:20.000) des Untersuchungsgebiets. Quelle: DORIS, 2021

B. HOLUB und R. SACHSENHOFER (GBA, 1993) geben in deren Publikation „Anwendung geophysikalischer Prospektionsmethoden auf kalkalpine Gipsvorkommen (Admont, Liezen) in der Steiermark“ einen geologischen Überblick über die Gipsvorkommen in den Nördlichen Kalkalpen: „Die Gipsvorkommen der Nördlichen Kalkalpen treten in Vorarlberg und Tirol im Karn (JERZ, 1966) und im Ostabschnitt der Kalkalpen perlschnurartig aneinandergereiht an Deckengrenzen auf (TOLLMANN, 1985; BERNHARD & REICHL, 1986), wo sie meist eng mit den Werfener Schichten verbunden sind. Das Alter der gipsführenden Schichten im Untersuchungsgebiet, welche während der alpidischen Orogenese einen bevorzugten Bewegungshorizont bildeten, ist umstritten. Während BÜCHNER (1973) Gips und Haselgebirge S Admont als höheren Teil der skythischen Werfener Schichten interpretiert, stellt TOLLMANN (1985) dieses Vorkommen und jenes der Hintersteineralm ins Perm. Auch OTTER (1990) nimmt für letzteres Vorkommen oberpermisches Alter an.“

Ferner beschreiben beide das Gipsvorkommen auf der Hintersteineralm wie folgt:

„Das Gipsvorkommen ist Teil der juvavischen Wurzer Deckscholle, welche den Dachsteinkalken der tirolischen Warscheneckdecke aufliegt. Die geologischen Verhältnisse wurden jüngst von OTTER (1990) im Detail beschrieben. Die Basis der Wurzer Deckscholle wird von jurassischen grauen Kieselkalken und vereinzelt auftretenden Radiolariten gebildet, auf denen neben einer zwischengeschalteten Gleitbrekzie eine Abfolge von Gips, Anhydrit und Werfener Schichten liegt. Innerhalb der Abfolge lassen sich zwei unterschiedlich ausgebildete Gipshorizonte unterscheiden: der liegende Horizont weist eine intensive Wechsellagerung mit Haselgebirgstonen im cm- bis dm-Bereich auf (Lager 1), während der hangende kaum Tonzwischenlagen enthält (Lager 2). Anhydrit ist nur am frisch verritzten Gebirge aufgeschlossen, da er infolge von Wasseraufnahme rasch in Gips umgewandelt wird. Im frischen Zustand tritt er unregelmäßig gebankt, meist dünnplattig entwickelt auf (FLEISCHMANN & PREISS, 1988). Nach OTTER (1990) ist die gesamte Abfolge unter einer jurassischen Brekzie bzw. von Mergelkalken tektonisch verdoppelt (Lager 3 und Lager 4), möglicherweise sogar verdreifacht (Lager 5 und Lager 6). Obwohl die gesamte Lagerstätte von einem dichten Bohrungsnetz überzogen ist (vgl. HERRMANN, 1989b), ist der komplizierte tektonische Internbau der Wurzer Deckscholle noch nicht restlos geklärt. Die Morphologie des Gebietes ist von einer Unzahl an Dolinen mit bis zu 30m Durchmesser gekennzeichnet, die den Verlauf der einzelnen Gipslager nachzeichnen.“

3.1.3. Klimatische Verhältnisse

Der Standort Hintersteineralm befindet sich auf oberösterreichischem Landesgebiet und kann aufgrund seiner geographischen bzw. topographischen Lage zur südlich angrenzenden Steiermark, gemäß Einteilung der Klimaregionen der Steiermark (www.umwelt.steiermark.at), der Klimaregion Warscheneck zugeordnet werden. Die Klimaregion H.3 Warscheneck bis Pyhrgas ist wie folgt charakterisiert:

„Diese Zone gehört den Nördlichen Kalkalpen an und damit zählt sie zu den Gebieten mit Nordstau 1. Ordnung. Sie stellt die Verbindung zwischen Totem Gebirge im Westen und dem Gesäuse im Osten dar. Mit Kammhöhen von 2000 m bis 2300 m bildet diese Zone eine ausgeprägte Barriere bei Strömungslagen aus dem Sektor W bis N. Damit zeichnet sich diese Zone durch ein maritim geprägtes Klima aus, wobei dieser Eindruck noch durch geringe Sonnenscheindauer (beste Jahreszeit ist noch der Herbst), viel Nebel in Hang- und den Kammlagen infolge aufliegender Bewölkung und hohen Windgeschwindigkeiten in den Kamm- und Gipfeln verstärkt wird. Die Zahl der Tage mit Niederschlag ist ebenfalls recht hoch, zählt zu den höchsten in der Steiermark: 160 d/a analog zum Ausseer Land (zum Vergleich Graz mit 100 d/a). Ansonsten gelten die Klimaeigenschaften der Zone H.2 (reizstarkes Klima, etc.). Der Schneereichtum ist mit dem Ausseer Land vergleichbar (Pyhrnpaß in 960 m 160 d/a mit Schneedecken, um 60 Tage mehr als auf dem Semmering in analoger Seehöhe); die Gesamtjahressumme des Niederschlages beläuft sich auf 1600 mm bei ausgeprägtem Sekundärmaximum im Winter (Februar 147 mm, Minimum im Herbst Nov. mit 83 mm).“

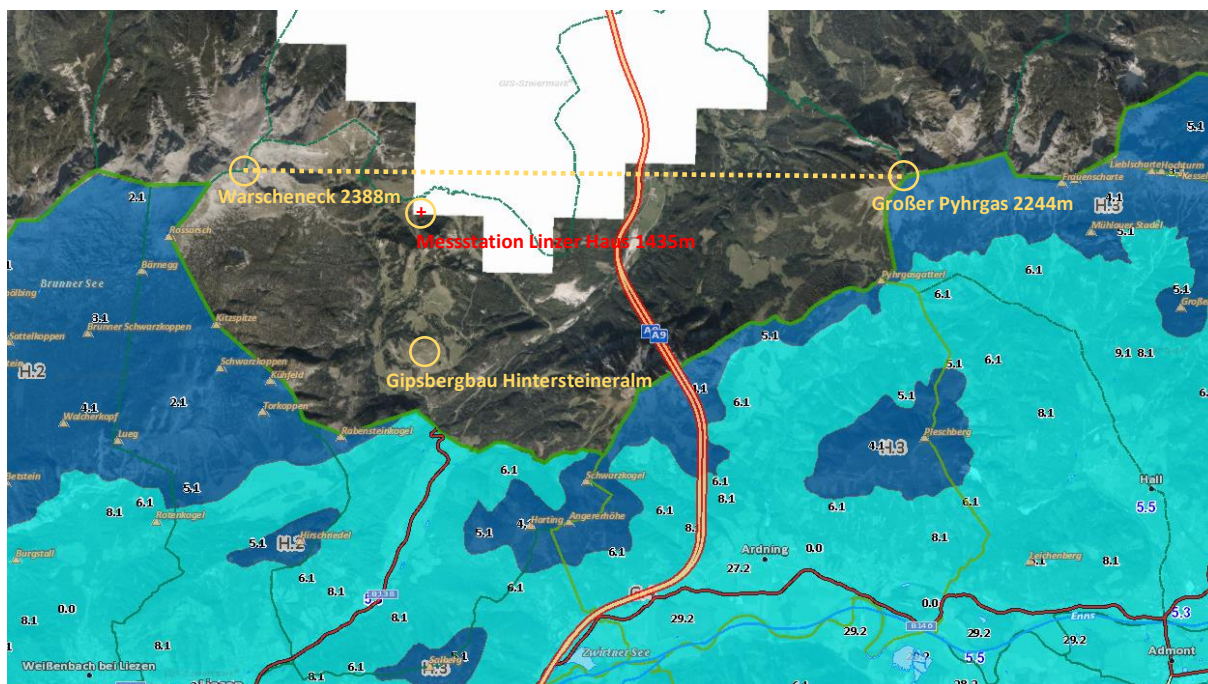


Abbildung 4: Klimaregion H.3 Warscheneck bis Pyrggas mit Hintersteinalm und Messstation Linzer Haus, unkartierter Bereich. Quelle: GIS Steiermark, 2021

Nördlich des Gipsbergbaues Hintersteinalm betreibt der Hydrographische Dienst der Oberösterreichischen Landesregierung seit 1933 die Messstation „Linzer Haus“, die auf einer Höhe von 1.435 m u. A. liegt. Der Hydrographische Dienst der OÖ Landesregierung stellte für den Zeitraum 2005 bis 2019 Daten, wie Niederschlagsmenge und Schneehöhen, zur Verfügung, die nachstehend für diesen Zeitraum dargestellt werden.

Tabelle 1: Niederschlag und Schnee für den Zeitraum 2005 bis 2019. Quelle: Hydrographischer Dienst des Landes Oberösterreich, nach persönlicher Anforderung; 2019

Jahre	Niederschlag (Ombrometer)			Schnee	
	Monatssumme	Max. Summe in 24 h	Zahl der Tage > 1mm	Zahl der Tage	Mittlere Maximale Schneehöhe
2005 bis 2019					
Monat	mm	mm	> 1mm	SH > 1cm	cm
I	133	256	14	31	131
II	80	162	11	28	152
III	101	190	12	30	171
IV	68	122	11	22	127
V	164	277	14	8	46
VI	200	419	17	< 1	5
VII	194	251	17	0	1
VIII	182	246	15	0	0
IX	152	328	12	< 1	4
X	111	180	11	4	17
XI	91	250	11	12	36
XII	107	272	13	26	70
Ø 2005 - 2019	1.583	419	158	161	53

Im Betrachtungszeitraum 2005 – 2019 fielen im Untersuchungsgebiet jährlich durchschnittlich 1.583mm Niederschlag zu Boden. Der niederschlagreichste Monat war in diesem Betrachtungszeitraum der Monat Juni mit einem maximalen Durchschnitt von 419 mm. An 158 Tagen fiel zumindest mehr als 1mm Niederschlag pro Tag und war im Betrachtungszeitraum 2005 – 2019 an durchschnittlich 161 Tagen die Schneehöhe höher als 1cm.

Weitere klimatologische Daten, wie z. B. Daten zur Lufttemperatur, konnten hier nicht über den Messstationsbetreiber in Erfahrung gebracht werden. Das Land Oberösterreich stellt jedoch in deren interaktiven Web-GIS-Applikation CLARISA (Climate-Air-Information-System for Upper Austria) Daten zur Verfügung und erlaubt die Abfrage von Klima- und Luftgütedaten für jeden beliebigen Ort in Oberösterreich. Datengrundlage sind hier Daten von mehr als 200 meteorologischen Messstationen, die einerseits von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) und andererseits vom Hydrographischen Dienst des Landes Oberösterreich betrieben werden. Als Bezugszeitraum zur Ermittlung der durchschnittlichen klimatischen Werte werden die Jahre 1981 bis 2010 herangezogen (CLARISA, 2021).

Nachstehend werden nun die Parameter Lufttemperatur Jahresmittel, Lufttemperatur Mittel Frühling, Sommer, Herbst und Winter, Frosttage Jahresmittel sowie Eistage Jahresmittel für den vorher genannten Bezugszeitraum am Standort Messstation Linzer Haus dargestellt.

Tabelle 2: Lufttemperaturen, Frost- und Eistage im Zeitraum 1981 bis 2010 an der Messstation Linzer Haus. Quelle: CLARISA, Land OÖ, 2021

Jahre	Lufttemp. Jahresmittel (°C)	Lufttemp. Mittel Frühling (°C)	Lufttemp. Mittel Sommer (°C)	Lufttemp. Mittel Herbst (°C)	Lufttemp. Mittel Winter (°C)	Frosttage Jahresmittel (d)	Eistage Jahresmittel (d)
1981 - 2010	3,8	2,7	12	4,4	-4	163	58

Auch liefert CLARISA Daten in Hinblick auf die lokale Vegetationsperiode. Im Folgenden werden Lufttemperatur Mittel, Niederschlagssumme Mittel, Vegetationsperiode Mittel Beginn, Vegetationsperiode Mittel Dauer und Vegetationsperiode Mittel Ende tabellarisch dargestellt. Auch hier gilt der Bezugszeitraum 1981 bis 2010 und wird die Vegetationsperiode anhand der Daten am Standort Messstation Linzer Haus dargestellt.

Tabelle 3: Mittel von Lufttemperatur, Niederschlagssumme, Beginn, Dauer und Ende der Vegetationsperiode im Zeitraum 1981 bis 2010 an der Messstation Linzer Haus. Quelle: CLARISA, Land OÖ, 2021

Jahre	Lufttemp. Mittel Vegetationsperiode (°C)	Niederschlagssumme Mittel Vegetation (mm)	Vegetationsperiode Mittel Beginn (x.Tag im Jahr)	Vegetationsperiode Mittel Dauer (d)	Vegetationsperiode Mittel Ende (y.Tag im Jahr)
1981 - 2010	10,9	755	129. (9. Mai)	153	281. (8. Oktober)

3.1.4. Vegetation

Bei der ursprünglich vorkommenden Vegetation im Untersuchungsgebiet Gipsbergbau Hintersteineralm handelt es sich um Wald. Dieser wird nach KILIAN et. al. (1993) dem Hauptwuchsgebiet 4, Nördliche Randalpen und hier wiederum dem Wuchsgebiet 4.1., Nördliche Randalpen – Westteil zugeordnet. Der Gipsbergbau selbst liegt in einer Seehöhe von 1.100 bis 1.250 m ü. A. und befindet in der mittelmontanen Höhenstufe. Hier besteht die natürliche Waldgesellschaft aus Fichten-Tannen-Buchenwald (Leitgesellschaft) mit Quirl-Weißwurz (*Polygonatum verticillatum*) und ist häufig eine anthropogene Entmischung zu Fichte-Tanne bzw. Fichte-Buche oder zu Fichten- bzw. Buchen-Reinbeständen vorkommend (KILIAN et. al., 1993).

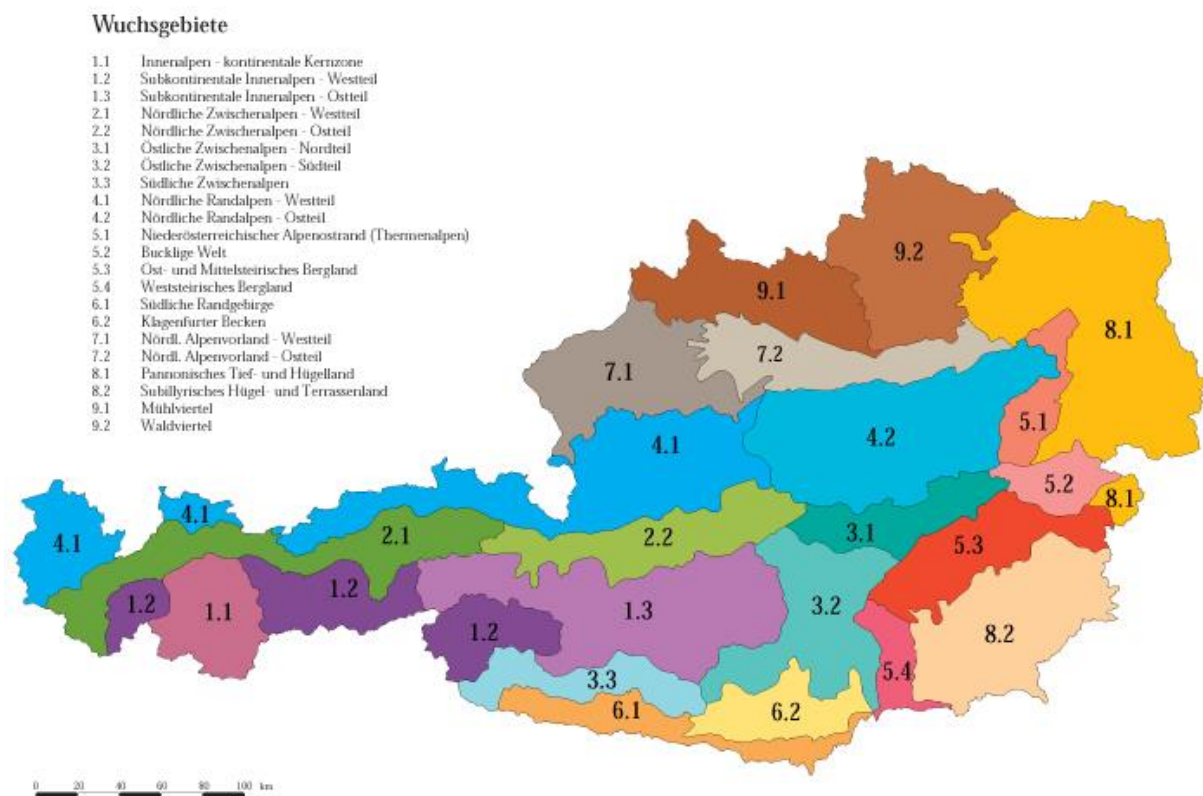


Abbildung 5: Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Quelle: FBVA, 1993.

In diesem Zusammenhang erscheint es als wichtig zwei maßgebliche Begriffe hinsichtlich des Überbegriffs Vegetation anzuführen. Und zwar handelt es sich hier einerseits um die Begriffe **potentielle natürliche Waldgesellschaft (PNWG)** bzw. **potentielle natürliche Vegetation (pnV)** sowie den Begriff der **realen (= aktuellen) Vegetation**.

3.1.4.1. Potentielle natürliche Waldgesellschaft (PNWG), potentielle natürliche Vegetation (pnV)

Hierbei definiert FRANK (2007) wie folgt: *„Potentielle natürliche Waldgesellschaft (PNWG), potentielle natürliche Vegetation (pnV) (nach ENGLISCH & KILIAN 1998): Als potentielle natürliche Waldgesellschaft (PNWG) wird die potentielle natürliche Vegetation (pnV) eines Waldstandortes bezeichnet. Zu ihrer gedanklichen Konstruktion wird von TÜXEN (1956) angenommen, dass sie sich bei Beendigung des menschlichen Einflusses einstellt, ohne dass Boden-, Klima- und Florenveränderungen, wie sie im Zuge einer länger dauernden natürlichen Sukzession vorkommen können, berücksichtigt werden. Sie ist als höchstentwickelte auf einem Standort mögliche Vegetation Ausdruck des Standortpotentials. Sie kann in unseren Landschaften deutlich von der realen, aktuellen Vegetation abweichen und ist dann nur über Vergleiche anhand von Standorteigenschaften ableitbar. Daher haftet ihr immer ein gewisses hypothetisches Moment an.“*

Diese Definition ist vor allem im Hinblick auf das umgesetzte Rekultivierungskonzept wichtig, sollte doch ein Großteil der rekultivierten Flächen wieder zu Wald werden. Dies betrifft in der konkreten Untersuchung vor allem die Flächen 2.1. und 2.2.. Hier wurde 2003, im Zuge der Rekultivierungsarbeiten, ein künstlicher „Initialwald“ installiert, der die Waldvergesellschaftung unterstützen bzw. fördern soll, sodass sich auf diesen beiden Flächen letztlich wieder eine geschlossene Waldgesellschaft einstellt.

3.1.4.2. Reale (=aktuelle) Vegetation

Auch hier definiert FRANK (2007) wie folgt: *„Reale (= aktuelle) Vegetation (nach ENGLISCH & KILIAN 1998): Die im Gelände konkret vorgefundene Vegetation. Nur sie kann tatsächlich aufgenommen und beschreiben werden. Ökologisch bedeutsam ist der Grad der Naturnähe (reziproker Begriff dazu: Hemerobiegrad). Wesentliches Kriterium dafür ist das Ausmaß der Abweichung der realen Vegetation von der pnV.“*

Im vorliegenden Beispiel handelt es sich bei der realen Vegetation auf den Flächen 1.1. bzw. 1.2. um landwirtschaftliches Grünland (Kulturart Weide) bzw. auf den Flächen 2.1. und 2.2. um Initialwald. Diese wurde auf allen Flächen vegetationskundlich aufgenommen. Eklatante Abweichungen der realen zur potentiell natürlichen Vegetation bestehen hier vor allem, bedingt durch das Rekultivierungskonzept, auf den Flächen 1.1. bzw. 1.2.. Hierfür ist vor allem die definierte Endnutzung, also die Schaffung einer dauerhaften Weidefläche für Rinder, maßgebend.

3.1.5. Natürlich vorkommende Böden

KILIAN et al. (1993) weist für das Wuchsgebiet 4.1. auch vorkommende Böden aus und meint dazu: *„Die Kalkalpen werden fast ausschließlich von Kalkböden beherrscht, mit einer stärkeren Dominanz von Rendsina (39 %) und Braunlehm-Rendsina (29 %) als in den westlichen Kalkalpen; Kalkbraunlehm 20%. Auf unreinem Kalk und Dolomit auch Kalkbraunerde (4 %). Immerhin nehmen auch hier Pseudogley (Werfener Schichten, Gosau) und Hanggley etwa 9000 ha Waldfläche ein. Der Anteil an saurer Braunerde und Semipodsol auf Silikatgestein (Lunzer Schichten etc.) ist mit 3 % gering.“*

3.2. Bodenkundliche Aufnahmen

Die ersten, dieser Arbeit zugrunde liegenden, feldbodenkundlichen Aufnahmen erfolgten im August 2005. Damals wurden auf 6 definierten Untersuchungsflächen 16 Bodenprofile gegraben und beschrieben. Pro Untersuchungsfläche wurden drei Bodenprofile in Falllinie gegraben. Bodenprofil 1 stellte das in der Reihe mittlere Profil dar, währenddessen Bodenprofil 2 über und Bodenprofil 3 unter diesem lagen. Im August 2019 erfolgten auf 4 der 6 Untersuchungsflächen erneut feldbodenkundliche Aufnahmen und wurden im Zuge dieser Aufnahmen 10 Bodenprofile gegraben und beschrieben.

Nach Grabung der einzelnen Profilgruben wurde die bergseitig liegende Profilwand mittels Spachtel fassoniert, um einen möglichst strukturell natürlichen Bodenaufbau zu erhalten. Dies ist vor allem in Hinblick auf die Benennung der einzelnen Bodenhorizonte von Bedeutung. Abschließend wurde ein Zentimetermaß auf der Profilwand befestigt, um die einzelnen Horizontmächtigkeiten quantitativ erfassen zu können.

Die Erfassung der im Feld vorhandenen bodenspezifischen Eigenschaften erfolgte in schriftlicher Form auf Profilblättern. Diese stellen ein Protokoll dar, unterstützen die feldbodenkundliche Profilaufnahme und sind wesentlicher Bestandteil zur Erstellung eines Feldbefundes. Je detaillierter diese erstellt werden, desto präziser die Darstellung der vorherrschenden Verhältnisse.

Sie beinhalten:

- Lagebeschreibung: Die Vorortung gibt genaue Auskunft über die Lage des jeweiligen Profilstandortes. Profilstandorte sollten möglichst detailliert beschrieben werden, um sie im Bedarfsfalle wieder finden zu können. Darüber geben Angaben zu Bundesland, politischer Bezirk, politische Gemeinde, Katastralgemeinde und Parzellen- bzw. Grundstücksnummer Auskunft. Eine Verortung des Profilstandorts mittels GPS-Angaben erleichtert in Regel das Wiederauffinden eines Standortes. Überdies sollten Informationen wie Seehöhe, Wetterverhältnisse, Kultur- und Fruchtart, Geländeform, Hangneigung, klimatische Höhenstufe, Wuchsgebiet, Waldgesellschaft, Vegetationstyp, Trophiestufe, Gefährdungen, landwirtschaftliches Produktionsgebiet, Bodenwasserhaushalt, Grundwasserstand, Meliorationen (Be- oder Entwässerung), aktuelle Bodenfeuchte und Ausgangsmaterial den jeweiligen Standort in seinen natürlichen Verhältnissen beschreiben. Auch der Zeitpunkt (Datum) der jeweiligen Aufnahme ist anzuführen. Im Falle einer Bodenprobenentnahme ist diese ebenso einzutragen, genauso wie allfällig auffallende Hinweise zum Bodenprofil selbst.
- Profilbeschreibung: Diese gibt Auskunft zum Bodenprofil selbst und nennt dessen Eigenschaften. Dazu gehören die Horizontbezeichnung, die Mächtigkeit dieser (in cm), Grobanteil, Bodenart, organische Substanz, Carbonat (sofern im Feld feststellbar), pH-

Wert (sofern im Feld feststellbar), Struktur, Porosität, Konsistenz, Bodenfarbe, Fleckung, Konkretionen, Überzüge, Durchwurzelung, biologische Aktivitäten, Übergang (zu einzelnen Bodenhorizonten), sonstige Hinweise und Anmerkungen, Gründigkeit, Bearbeitbarkeit und letztlich der festgestellte Bodentyp bzw. dessen Subtyp.

Die Profilblätter der vorliegenden Arbeit bilden die Brücke zwischen Feld und Labor. Sie werden einerseits mit im Felde gewonnenen Daten befüllt und zum anderen mit Daten, die aus dem Labor kommen, komplettiert. Dies alles jedoch in Abhängigkeit der Aufnahmemodalitäten sowie der technischen Möglichkeiten des jeweiligen Bodenkundlers.

Analog zu den Feldarbeiten wurden ebenso bodenspezifische bzw. bodenphysikalische Eigenschaften erhoben, die sich im Wesentlichen an den Vorgaben der *Bodenzustandsinventur* (BZI, 1996) bzw. den Prinzipien der *Österreichischen Bodensystematik* (ÖBS, 2011) richten. Dabei handelte es sich um die Feststellung von: Horizont, Mächtigkeit, Bodenfeuchte, Bodenart, Grobanteil, organische Substanz, Struktur, Gefüge, Bodenfarbe, Konsistenz, Fleckung, Durchwurzelung, biologische Durchmischung und Übergang. Auch Informationen über Ausgangsmaterial, Bodentyp bzw. Subtyp sowie allfällige Anmerkungen wurden dokumentiert. Die Feststellung des jeweiligen Bodentyps erfolgte 2005 anhand der damals gültigen Bodensystematik (ÖBS 2000), 2019 anhand der aktuell gültigen Bodensystematik (ÖBS 2011).

Nebst der verbalen Beschreibung eines Bodenprofils mittels Profilblättern können auch einige bodenphysikalische Parameter direkt am Bodenprofil ermittelt werden. Dies betrifft vor allem Bodenart, Bodenfarbe sowie die Bodenkonsistenz. Dazu bedient man sich relativ einfacher Methoden.

- **Bodenart:** Die Bodenart kann im Gelände mittels der sogenannten „Fingerprobe“ festgestellt werden. Die Bodenzustandsinventur (1996) beschreibt die Methode wie folgt: *„Zuerst wird die Bodenprobe annähernd in den Zustand der Fließgrenze gebracht (Probe glänzt, bei Drücken werden Finger leicht feucht, es erfolgt aber kein Wasseraustritt). Dann wird die Bodenprobe zwischen den Fingern auf folgende Eigenschaften geprüft: Sichtbarkeit und Fühlbarkeit von Einzelkörnern; Rauheit beim Reiben; Formbarkeit; Wiederholbarkeit der Verformung; Haften in Hautrillen; Klebrigkeit.“*

Bei der Fingerprobe selbst wird zuerst das Grobskelett abgesondert, danach wird die Bodenprobe mit Wasser angefeuchtet. Idealerweise wird die angefeuchtete Bodenprobe mit einem Messer durchmischt. Anschließend wird die Bodenprobe zwischen Daumen und Zeigefinger verrieben, gerollt bzw. verformt. Mit Erfahrung aus der Übung kann so die *„Bodenart im Gelände ausreichend genau ermittelt“* werden.

- **Bodenfarbe:** Die Ermittlung der Bodenfarbe erfolgt im Feld, als auch im Labor, anhand der Munsell Soil Color Charts oder der Standard Soil Color Charts. Im Feld wird, ähnlich

zur Fingerprobe, die Bodenprobe in der Hand zur Fließgrenze gebracht und mit den Farben der Soil Color Charts verglichen.

- **Bodenkonsistenz:** Die Konsistenz des Bodens kann im Felde durch eine einfache Methode ermittelt werden. Dabei kommen, im Zusammenhang mit Plastizität und Klebrigkeit, die sogenannten „Atterberg-Konstanten“ zum Einsatz. Die Bodenprobe wird befeuchtet und, ähnlich zur Bestimmung der Bodenart, zur Fließgrenze gebracht. Die Bodenprobe wird mittels Daumen und Zeigefinger gerollt (Plastizität) bzw. gezogen (Klebrigkeit). Abhängig von Tongehalt und Tonqualität kann eine Qualität ermittelt werden. Diese reicht von schwach bis stark klebend (k) bzw. plastisch (p).

Im Zuge der Feldarbeiten wurden nachstehende bodenspezifische bzw. bodenphysikalische Eigenschaften erhoben, die sich im Wesentlichen an die Vorgaben der *Bodenzustandsinventur* (BZI, 1996) bzw. den Prinzipien der *Österreichischen Bodensystematik* (ÖBS, 2011) richten.

Dabei handelte es sich um die Feststellung von: Horizont, Mächtigkeit, Bodenfeuchte, Bodenart, Grobanteil, organische Substanz, Struktur, Gefüge, Bodenfarbe, Konsistenz, Fleckung, Durchwurzelung, biologische Durchmischung und Übergang. Auch Ausgangsmaterial, Bodentyp bzw. Subtyp und allfällige Anmerkungen wurden vermerkt. Diese Eigenschaften wurden mit bodenchemischen Labordaten komplettiert.

Die jeweiligen Bodenprofile wurden sodann verbal beschrieben und gegenübergestellt. Dazu wurden die Aufnahmen aus dem Jahr 2005, die damals gemäß der gültigen Bodensystematik aus dem Jahre 2000 beschrieben wurden, an die nun gültige revidierte Bodensystematik aus 2011 angepasst. Dies betraf vor allem die Benennung der einzelnen Bodenhorizonte und daraus resultierend die Bezeichnung des Bodentyps. Dazu ein Beispiel:

2005 wurde, gemäß der ÖBS 2000, auf der Fläche 2.2. der Bodentyp „Carbonathaltiger Feinmaterial-Rohboden“ mit der Horizontabfolge A – Cv festgestellt. Diese Feststellung erwies sich bei genauerer Betrachtung im Nachhinein jedoch als falsch. Feinmaterial-Rohböden sind Böden, die in die Ordnung der „Terrestrischen Böden“ fallen und der Klasse „Terrestrischer Rohböden“ zugeordnet sind.

Gemäß der ÖBS können sich diese Böden hinsichtlich deren Ausgangsmaterial auf „*jedem feinklastischen Lockersediment bzw. feinklastischer Deckschicht von mindestens 30 cm Mächtigkeit*“ entwickeln. Ferner sind diese in Hinblick auf deren Lage, Verbreitung und Vergesellschaftung auf „*exponierten Lagen im Bereich von Lockersedimenten, Talterrassen, Moränen [...], aber auch im Bergland und im Hochgebirge*“ zu finden.

Aus diesen Abgrenzungskriterien geht hervor, dass es sich in Hinblick auf das Ausgangsmaterial bzw. auf die Verbreitung um natürlich entstandene Materialien bzw. natürlich entstandene Standorte handeln muss. Das heißt, dass aufgrund bodenbildender Prozesse aus einem

natürlichen Ausgangsmaterial (z. B. feinkörniger Kalkschotter), auf einem natürlich entstandenen Standort (z. B. Moräne) ein Carbonathaltiger Feinmaterial-Rohboden bilden kann. Es handelt sich bei diesem Bodentyp somit um einen Boden, der aufgrund natürlicher Rahmenbedingungen entstanden ist.

In der vorliegenden Arbeit werden jedoch Böden behandelt, die nicht natürlich, sondern aufgrund eines technischen Eingriffs entstanden sind. Der Bodenaufbau ist im vorliegenden Fall aufgrund eines menschlich-technischen Eingriffs bedingt, zumal dieser im Zuge von Geländemodellierungsarbeiten entstanden ist. Den Untergrund stellt der aus dem Gipsbergbau anfallende Abraum dar, der mit Waldboden, der aus Rodungstätigkeiten stammte, abgedeckt wurde. Vielmehr fallen die, 2005 als Carbonathaltiger Feinmaterial-Rohboden bezeichneten, Böden in die Klasse der „Kolluvien und Anthrosole“ und handelt es sich bei den untersuchten Böden um „Anthrosole“. Diese sind laut ÖBS (2011) wie folgt definiert:

„Anthrosole sind Böden, die infolge einer langandauernden und/oder intensiven menschlichen Aktivität eine tiefgründige Veränderung erfahren haben. Diese Veränderungen können Abtrag und/oder Vermischung von Bodenmaterial natürlichen Ursprungs oder auch von Material technogener Art sein [...]“

Somit musste, im Sinne der Vergleichbarkeit, der 2005 festgestellte Bodentyp abgeändert werden und wird, aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften, in dieser Arbeit als „Planieboden“ mit einer Horizontabfolge Ynat-Cu bezeichnet. Dieser ist, gemäß der ÖBS (2011), wie folgt definiert:

Ein Planieboden ist ein „Boden, der durch Auf- und/oder Umlagerung von oberflächennahem Bodenmaterial und/oder unterliegendem Grundgestein geprägt ist. Im Profil treten oft begrabene Humusschichten (Abeg) auf. Häufig sind kleine Nester oder unzusammenhängende Bänder bodenfremden Materials im Profil zu finden (ortsfremde Steine, ortsfremdes, ursprünglich bodenbürtiges, organisches Material). Boden aus/auf Baugrubenaushub werden diesem Subtyp zugeordnet.“

So sind in der Fassung der Arbeit die Ergebnisse hinsichtlich der Profilblätter aus 2005 bereits adaptiert und neu benannt und können diese nun mit den Aufnahmen aus dem Jahr 2019 verglichen werden.

3.2.1. Bodenprobenahme, bodenchemische Analysen

Im Zuge der feldbodenkundlichen Aufnahmen wurden aus allen gegrabenen Bodenprofilen Bodenproben gezogen. Diese wurden mittels Spachtel aus einer Tiefe von 5-10 cm entnommen, abgepackt, luftgetrocknet und zur weiteren Analyse an das Land Steiermark, Abteilung 10, Referat für Boden- und Pflanzenanalytik in Graz-Ragnitz übermittelt. Die Analyseergebnisse der Jahre 2005 bzw. 2020 sind im Anhang ersichtlich.

Untersucht wurden dabei nachstehende Parameter, die gemäß der aktuellen Auflage (2017) der „Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland“ bewertet bzw. eingestuft wurden.

3.2.1.1. Humusgehalte

2005 als auch 2020 wurde der Gehalt an Humus (M.-%) im Nassverbrennungsverfahren gemäß der ÖNORM L 1081 bestimmt. Für die Einstufung der einzelnen Standorte in Bezug auf deren Humusgehalte wurden die in der Tabelle ersichtlichen Gehaltsklassen für Grünland herangezogen.

Tabelle 4: Einstufung des Humusgehaltes im Acker- und Grünland für Mineralböden; BMLFUW, 2017

	Gehaltsklasse A	Gehaltsklasse C	Gehaltsklasse E
	niedrig	mittel	hoch
Ackerland	<2%	2-4,5%	>4,5%
Grünland	<4,5%	4,5-9%	>9%

3.2.1.2. Bodenreaktion; Bestimmung des pH-Wertes

2005 wurde die Ermittlung des pH-Wertes anhand der ÖNORM L 1083 durchgeführt. 2020 erfolgte die Feststellung des pH-Wertes anhand der neuen Europeanorm ÖNORM EN 15933. Beide Normen bedienen sich einer 0,01 molaren Calciumchloridlösung (CaCl_2) zur Bestimmung des Wertes.

Tabelle 5: Einstufung der Bodenreaktion; BMLFUW, 2017

pH-Wert (CaCl_2)	Bodenreaktion	Einflussfaktor
<4,2	stark sauer	Tonminerale
4,2-4,5		Silikate
4,6-5,5		
5,6-6,5	sauer	Tonfraktion/Humus
6,6-7,2	neutral	
7,3-8,0	alkalisch	Carbonate
>8,0	stark alkalisch	

3.2.1.3. Bestimmung von „pflanzenverfügbarem“ Phosphor und Kalium

Die Bestimmung der einzelnen Werte Phosphor und Kalium erfolgte gemäß der ÖNORM L 1087.

Tabelle 6: Einstufung der Phosphorgehalte; BMLFUW, 2017

Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	Grünland (mg P/1000g)
A	sehr niedrig	<26
B	niedrig	26-46
C	ausreichend	47-68
D	hoch	69-174
E	sehr hoch	>174

Tabelle 7: Einstufung der Kaliumgehalte; BMLFUW, 2017

Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	Grünland (mg P/1000g)
A	sehr niedrig	<50
B	niedrig	50-87
C	ausreichend	88-170
D	hoch	171-332
E	sehr hoch	>332

3.3. Spezielle Faktoren der Bodengenese am Standort Gipsbergbau Hintersteinalm

Nachstehend werden alle Faktoren der Bodengenese, in Bezug auf die gegebenen Standortsverhältnisse im Gipsbergbau Hintersteinalm dargestellt.

3.3.1. Faktor Gestein

Grundsätzlich ist hier festzuhalten, dass das Ausgangsgestein für die Bodenbildung ein Karbonatisches (Kalkgestein) ist, wenngleich dieses nicht natürlich anstehend ist. Aufgrund des bergmännischen, obertägigen Abbaus von Gips wurde das Ausgangsgestein gesprengt (mechanisch zerstört), gipshaltiges Gestein separiert und das überwiegend kalkhaltige und zerkleinerte Abraummateriale in Halden verstürzt, auf welche, im Zuge der Rekultivierung des Areals, flächig Waldboden aufgebracht wurde. Es handelt sich dabei um klastisches Material. Verwitterungsprozesse laufen hier schneller ab, zumal das lose verstürzte Gestein über höhere Oberflächen („Angriffsflächen“) verfügt. Die Lösungswirkung von Wasser, welches hier überwiegend aus Niederschlägen resultiert, ist stark und ist dieser Umstand in oberflächlich vorhandenen, ausgewaschenen „Sinklöchern“ sichtbar, die vor allem im angrenzenden Bereich der Flächen 2.1. bzw. 2.2. auftreten.

3.3.2. Faktor Relief

Die jeweils untersuchten Flächen befinden sich in südwestlich ausgerichteter Hanglage mit Neigungen von ca. 22°. Die Seehöhe der Untersuchungsflächen beträgt 1.110 m u. A. (Flächen 1.1. und 1.2.) bzw. 1.190 m ü. A. (Flächen 2.1. bzw. 2.2.). Erosionserscheinungen konnten lediglich am Standort 2.1. festgestellt werden. Hierbei handelt es sich um eine unbehandelte Fläche, die im Zuge der Rekultivierungsarbeiten nicht mit einem Waldbodenauftrag versehen wurde und deren Oberfläche aus Gesteinskörnungen unterschiedlicher Größe besteht.

3.3.3. Faktor Klima

Für den Standort Gipsbergbau Hintersteinalm kann, für den Betrachtungszeitraum 2005 bis 2019, eine Jahresniederschlagssumme von 1.583 mm angeführt werden (vgl. Tabelle 1). Dies stimmt mit den gängigen Angaben in der dazu auffindbaren Literatur gut überein (vgl. KILIAN et al., 1993; 1.000 – 1.700mm, vgl. SICHLER, 2006; 1.500 mm). In Hinblick auf die Niederschlagsverteilung ist festzuhalten, dass während der Sommermonate Juni, Juli und August die höchsten Niederschlagsmengen anfallen (vgl. Tabelle 1).

Für den Betrachtungszeitraum 1981 bis 2010 wird für den Standort Gipsbergbau Hintersteinalm eine Jahresmitteltemperatur von +3,8° C angegeben. Die Minimaltemperatur liegt im langjährigen Durchschnitt bei -4° C, die Höchsttemperatur bei +12° C. An durchschnittlich 163 Jahrestagen herrscht Frost (vgl. Tabelle 2). Die

Vegetationsperiode dauert durchschnittlich 153 Tage, während dieser fallen 755mm Niederschlag zu Boden (vgl. Tabelle 3). Aufzeichnungen über Windverhältnisse konnten keine in Erfahrung gebracht werden.

3.3.4. Faktor Vegetation

Die reale (= aktuelle) Vegetation ist einerseits Dauergrünland (Flächen 1.1. und 1.2.) und andererseits Initialwald (Flächen 2.1. bzw. 2.2.). Bei der ursprünglich vorhandenen Vegetation handelte es sich um Wald.

3.3.5. Faktor Tier

Hervorzuheben ist hier vor allem die Tätigkeit des Regenwurms, die im Zuge der feldbodenkundlichen Aufnahmen auf mehreren Standorten dokumentiert werden konnte. Mikrobielle Untersuchungen wurden nicht durchgeführt, auch wurden keine Vertreter der Makro- bzw. Megafauna auf den jeweiligen Standorten gefunden.

3.3.6. Faktor Mensch

Der Eingriff des Menschen ist im Gipsbergbau Hintersteinalm vor allem durch die vollständige Zerstörung der natürlich vorkommenden Verhältnisse durch die bergmännische Tätigkeit gekennzeichnet. Aber manifestiert sich das menschliche Tun nicht nur in der Zerstörung, sondern auch im Aufbau einer neuen Landschaft mit geändertem Relief und veränderter Vegetation und wurde hier insgesamt ein völlig neuer Lebensraum geschaffen, der auch neuen Arten Raum bietet.

3.3.7. Faktor Zeit

Seit Beginn der Rekultivierungsmaßnahmen im Jahr 2003 wurden Teilbereiche des ehemaligen Gipsbergbaues, wenn auch initiiert, sich selbst überlassen. Der Natur wurde Raum (und Zeit) gegeben, um sich selbst entwickeln zu können (hierfür wurden Flächen für die natürliche Sukzession ausgewiesen, diese sind in dieser Arbeit nicht bearbeitet). 2005 erfolgte die Anlage von Weideflächen bzw. die Installation der Initialwaldflächen. Grundsätzlich kann das Jahr 2003 Ausgangszeitpunkt für die Bodengenese im ehemaligen Gipsbergbau Hintersteinalm angenommen werden.

3.4. Methodik zur vergleichenden Beurteilung der Bodenprofile

2005, als auch 2019, wurden auf jeder einzelnen Untersuchungsfläche, mit Ausnahme der Untersuchungsfläche 2.1., drei Bodenprofile gegraben. Diese Bodenprofile dienen dem Vergleich mit jenen Bodenprofilen aus dem Jahr 2005.

Zur besseren und einfacheren Vergleichbarkeit, und aufgrund der Ähnlichkeit der einzelnen Profile je Untersuchungsfläche untereinander, wurden alle gegrabenen Bodenprofile gemittelt und auch so, beginnend in Punkt 4., dargestellt, sodass letztlich vier Bodenprofile aus 2005 bzw. vier Bodenprofile aus 2019 verglichen werden. Daraus resultierend lässt sich jede einzelne Untersuchungsfläche bodenkundlich einfach darstellen. Durch die Zusammenführung von bodenkundlichen und vegetationskundlichen Ergebnissen der jeweiligen Untersuchungsflächen lässt sich sodann eine Standortsbeurteilung durchführen.

Beginnend mit Punkt 4. werden nun generalisierte Bodenprofile beschrieben. Dabei sind die Horizontbezeichnungen an die geltende Fassung der aktuellen Bodensystematik angepasst. Der nebenstehende Klammerausdruck stellt das Aufnahmejahr dar, die hochgestellte Zahl, 1 oder 2, bezieht sich auf die damals bzw. aktuell gültige Horizontbenennung. Auch werden die einzelnen Bodenhorizonte mit deren Reichweite mittels hochgestellter Zahl 3 dargestellt. Ein Beispiel:

Bodentyp: ***Carbonathaltiger Feinmaterial-Rohboden¹ bzw. Planieboden²***

A (2005¹) / Ynat (2019²)

0-25 cm (min/max³); erdfrisch; lehmiger Sand; hoher Grobanteil; humos (Mull); undeutlich mittelpattig; schwach feinporös; 10 YR 3/4 bzw. 4/4; schwach klebend, schwach plastisch; leicht gefleckt; gering durchwurzelt; keine Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend;

Der generalisierte A- bzw. Ynat-Horizont aller drei Bodenprofile weist eine Ausprägung von 0 bis max. 25 cm auf.

¹) Nomenklatur ÖBS 2000;

²) Nomenklatur angepasst an ÖBS 2011;

³) Zusammengefasste Reichweite der jeweiligen Bodenhorizonte

3.5. Vegetationskundliche Aufnahmen

2005 und 2019 wurden vegetationskundliche Aufnahmen durchgeführt. Diese erfolgten auf allen Untersuchungsflächen, die im vorliegenden Beispiel feldbodenkundlich und bodenchemisch untersucht werden, namentlich handelt es sich bei diesen um die landwirtschaftlich genutzten Flächen 1.1. bzw. 1.2. sowie die der Natur überlassenen Wiederbewaldungsflächen 2.1. bzw. 2.2.. Die Neuaufnahme erfolgte zur selben Zeit im Jahreslauf und so ist es heute, in Hinblick auf die genaue Vergleichbarkeit, möglich, die Vegetation zum Aufnahmezeitpunkt August 2005 mit der Vegetation zum Aufnahmezeitpunkt 2019 zu vergleichen und darzustellen. Als Untersuchungsparameter wurde der Fokus 2005, als auch 2019, auf die projektive Flächendeckung (Gesamtdeckung) und die Artenverteilung (Gräser, Kräuter, Leguminosen) gelegt.

3.5.1. Aufnahmeverfahren

Die vegetationskundlichen Aufnahmen wurden im August 2005 bzw. 2019 durchgeführt. Dabei wurden alle Untersuchungsflächen mit dem Aufnahmeverfahren nach BRAUN-BLANQUET vegetationskundlich aufgenommen. Die Größe der jeweiligen Untersuchungssparzellen betrug 4 x 5 m (20 m²). Erhoben wurden im Zuge dieser Aufnahmen die Parameter Gesamtdeckung, daraus resultierend die jeweils anteilige Deckung an Gräsern, Kräutern, Leguminosen und Holzigen, sowie der Gesamtbestand der auf der Untersuchungsparzelle vorkommenden Pflanzenarten.

Nach Abstecken der jeweiligen Untersuchungsflächen wurde mit der Aufnahme der jeweiligen Pflanzenbestände mittels Aufnahmeverfahren nach BRAUN-BLANQUET (1964) begonnen, welches hier kurz erläutert wird.

SCHAFFER (2011), erklärt dieses Aufnahmeverfahren wie folgt: *„In der Vegetationskunde existieren diverse Verfahren zur Deckungsschätzung. Die meisten pflanzensoziologischen Methoden orientieren sich an den Arbeiten von Braun-Blanquet. Eine verbreitete und hier angewandte Methode ist die Schätzung der Artenmächtigkeit anhand einer Braun-Blanquet erweiterten Skala, in welcher eine Feinunterteilung der Artenmächtigkeit 2 in die Unterklassen 2m, 2a und 2b vorgenommen wird (Reichelt und Wilmanns, 1973). Die Artenmächtigkeiten in einer Pflanzengesellschaft stellt eine Kombination aus der Individuenzahl und dem von der jeweiligen Art bedeckten Teil der Bodenoberfläche, dem Deckungsgrad, dar, ist also eine Kombination aus Abundanz und Dominanz.“*

Der Kategorisierung der Artenmächtigkeit liegt dabei nachstehende Tabelle zugrunde:

Tabelle 8: Kategorisierung der Artenmächtigkeiten nach BRAUN-BLANQUET. Quelle: SCHAFFER, 2011

r	1 Individuum	(bei < 5% Deckung)
+	2-5 Individuen	(bei < 5% Deckung)
1	6-50 Individuen	(bei < 5% Deckung)
2m	> 50 Individuen	(bei < 5% Deckung)
2a		5-15% Deckung
2b		16-25% Deckung
3		26-50% Deckung
4		51-75% Deckung
5		> 75% Deckung

Der Deckungsgrad wird so erklärt: Vereinfacht gesagt versteht man unter Deckungsgrad (oder Deckung) jenen Teil (in Prozenten ausgedrückt) der Bodenoberfläche, der mit Pflanzen bedeckt ist (vgl. FISCHER et al., 2008). Der Grad der Bedeckung der Bodenoberfläche ist insofern wichtig, als dieser Einfluss auf das Erosionsgeschehen sowie Einfluss auf Temperaturamplituden hat, die in den Sommermonaten groß werden (können) und die Vegetation in niederschlagsfreien Monaten noch lückiger werden lassen kann (vgl. SCHAFFER, 2011). Im vorliegenden Beispiel erfüllt die Vegetation mehrere Funktionen, der Schutz vor Erosion ist hier primär anzuführen, vor allem deshalb, weil sich alle untersuchten Standorte in Hanglage mit Neigungen von 22 bis 24° befinden. In diesem Zusammenhang wird der Begriff „projektive Deckung, Engl. *top cover*“ erklärt, dem hier eine große Bedeutung zukommt.

*„Unter dem Deckungsgrad versteht man jenen Anteil der Aufnahmeﬂäche, der bei senkrechter Projektion der oberirdischen Pflanzenteile aller Arten bedeckt wird. Bei vertikaler Betrachtung eines Pflanzenbestandes lässt sich meist feststellen, dass dieser nicht überall geschlossen ist, sondern auch vegetationsfreie Lücken bestehen, deren Flächenausmaß zur Bestimmung der projektiven Deckung von der gesamten Aufnahmeﬂäche abgezogen wird. Ein vollﬂächig entwickelter Pflanzenbestand weist somit eine projektive Deckung von 100 % auf. Wenn bei der vertikalen Überlappung mehrerer Pflanzenteile nur der oberste Pflanzenteil berücksichtigt wird, kann die Gesamtdeckung 100 % nicht übersteigen und man spricht von projektiver Deckung (Engl. *top cover* nach Greig-Smith, 1983). [...] Der Deckungsgrad wird am häufigsten in vegetationsökologischen und pflanzensoziologischen Studien verwendet. Die projektive Deckung (*top cover*) hat große Relevanz in der Bewertung des Erosionsschutzes seitens der Vegetation, da es einen relativ engen Zusammenhang zwischen Vegetationsdeckungsgrad und Bodenabtrag gibt (Copeland, 1965; Linse et al., 2001)“ (vgl. PERATONER, PÖTSCH, 2015).*

In der folgenden Betrachtung wird die projektive Deckung als Deckungsgrad bezeichnet. Die festgestellten Arten wurden an Ort und Stelle in einem, den Profilblättern ähnlichen, tabellarisch aufgebauten, Protokoll eingetragen. Nach Bearbeitung dieser flächenspezifischen Protokolle am Computer erfolgte die Kategorisierung der aufgenommenen Arten in Gräser, Kräuter, Leguminosen und Holzige.

Die Datengrundlage zur Beurteilung von Veränderungen der Vegetation im Betrachtungszeitraum 2005 – 2019 setzt sich wie folgt zusammen:

- Rezept der aufgebrauchten Saatgutmischung (Anlagejahr jeweils 2003)
- Ergebnisse der vegetationskundlichen Erhebung 2005
- Ergebnisse der vegetationskundlichen Erhebung 2019

Sämtliche Ergebnisse der vegetationskundlichen Aufnahmen sind ab Punkt 4.2. zu finden.

3.6. Charakteristika der Untersuchungsflächen

3.6.1. Untersuchungsflächen 1.1. und 1.2.

Die Flächen 1.1. bzw. 1.2. liegen auf einer Seehöhe von rund 1.100 m ü. A. und wurden 2003 im Zuge der Rekultivierungsmaßnahmen angelegt. Beide Flächen wurden mit Abraummateriel aus dem Gipsbau geschüttet und mit einer Waldbodenaufgabe versehen. Die Ansaat beider Flächen erfolgte mittels Hydrosaat im Anlagejahr und wurde dabei eine landwirtschaftliche Saatgutmischung appliziert. Das Rekultivierungskonzept sah die Schaffung von Weideflächen auf diesen beiden Standorten vor. Die Flächen befinden sich jeweils in Hanglage (23° Neigung) und sind westsüdwestlich ausgerichtet.

Die aktuelle Nutzung (2019) ist Weideland, Alpvieh wird auf diesen Flächen von Ende Mai bis Mitte September aufgetrieben. In Bezug auf etwaige Pflegemaßnahmen ist festzuhalten, dass es sich hier um extensives Weideland handelt. Dieses wird nicht gedüngt bzw. wird ebenso keine Grünlandpflege (z. B. Mulchen) betrieben.

Zum Zeitpunkt der vegetationskundlichen Aufnahme waren beide Flächen beweidet und wurde hoher Viehtritt festgestellt. Überdies wiesen diese Flächen einen lückigen Bestand, viele kleine freie Stellen sowie einen hohen oberflächlichen Gehalt an Steinen auf.

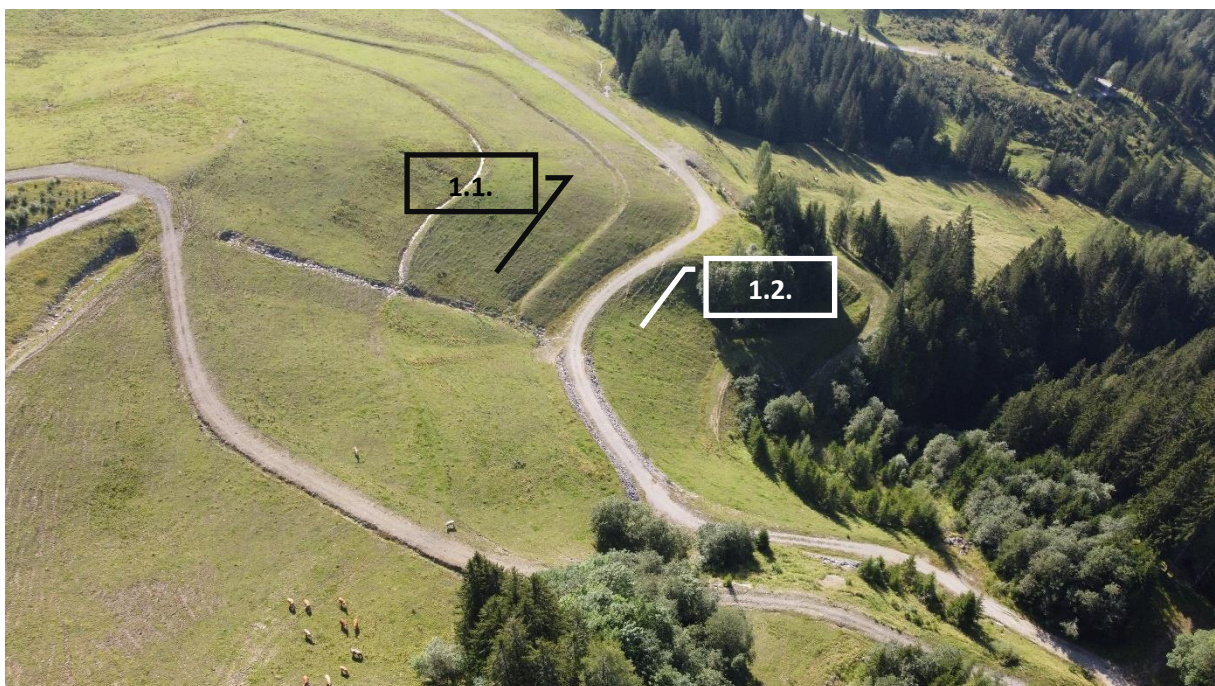


Abbildung 6: Die Fläche 1.1. bzw. 1.2. aus der Luft. Quelle: Eigene Aufnahme mittels Drohne, 2020

3.6.2. Untersuchungsfläche 2.1.

Diese Untersuchungsfläche nimmt eine Sonderstellung ein, da sie im Zuge der Rekultivierungsmaßnahmen nicht mit einer Waldbodenaufgabe versehen wurde. Sie liegt auf einer Seehöhe von 1.190 m ü. A., ist mit rund 22° in südwestliche Richtung geneigt und wurde im Jahr 2003 angelegt.

Im Gegensatz zu den beiden Flächen 1.1. bzw. 1.2. handelt es sich hier, hinsichtlich deren Nutzung, nicht um Weideland, sondern wurde hier ein Initialwald angelegt. Dieser bildet die gezielt eingeleitete Vorstufe für die Schlussgesellschaft, die letztlich wieder Wald sein soll. Die Bodenoberfläche, die gleichzeitig das Ausgangsmaterial darstellt, wurde mittels Hydrosaat eingesät, im Anschluss daran wurde die Fläche mit holzigen Gewächsen bepflanzt. Die Fläche erfährt keine Pflegemaßnahmen, sie ist seit ihrer Schaffung 2003 sich selbst überlassen. Der Standort ist als relativ trocken anzusprechen. Sie ist, und das geht sehr deutlich aus der Abbildung 7 hervor, stark mit mehreren Zentimeter tiefen Erosionsrillen bzw. Erosionsgräben durchsetzt.



Abbildung 7: Die Fläche 2.1. aus der Luft betrachtet. Quelle: Eigene Aufnahme mittels Drohne, 2020.

3.6.3. Untersuchungsfläche 2.2

Im Gegensatz zur Fläche 2.1. wurde auf dieser Fläche Waldboden flächig aufgebracht. Lage, Neigung, Nutzung und Vegetation sind analog zur Fläche 2.1., Erosionserscheinungen konnten hier nicht festgestellt werden.



Abbildung 8: Die Fläche 2.2. aus der Luft betrachtet. Quelle: Eigene Aufnahme mittels Drohne, 2020.

4. ERGEBNISSE

4.1. Bodenkundliche Aufnahmen

4.1.1. Bodenprofil Untersuchungsfläche 1.1.

Aufnahme Bodenprofil 2005:

Bodentyp: **Carbonathaltiger Feinmaterial-Rohboden¹** bzw. **Planieboden²**

Horizontabfolge: A – Cv (2005) bzw. Ynat – Cu (2019)

Ausgangsmaterial: *Kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsbau*

A (2005 ¹) / Ynat (2019 ²)	0-25 cm (min/max ³); erdfrisch; lehmiger Sand; hoher Grobanteil; humos (Mull); undeutlich mittelplattig; schwach feinporös; 10 YR 3/4 bzw. 4/4; schwach klebend, schwach plastisch; leicht gefleckt; gering durchwurzelt; keine Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend;
--	--

Cv (2005 ¹) / Cu (2019 ²)	25-30 cm +; geschüttetes Abtragungsmaterial;
---	--

Aufnahme Bodenprofil 2019:

Bodentyp: **Verbraunte Moder-Rendzina**

Horizontabfolge: A – Bv, g – Ag, beg, y

Ausgangsmaterial: *Kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsbau*

A	0-10 cm (min/max ³); feucht; stark lehmiger Sand bis sandiger Lehm; geringer bis hoher Grobanteil; humos; undeutlich feinkrümelig; porös; 10 YR 4/4; nicht bis schwach klebend, schwach plastisch; keine Fleckung; mittel bis stark durchwurzelt; keine Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend.
---	--

Bv,g	6-21 cm (min/max ³); feucht; geringer bis hoher Grobanteil; humos; undeutlich fein- bis mittelblockig; porös bis schwach feinporös; leichte Fleckung bis rostfleckig; schwach durchwurzelt; keine Regenwurmtätigkeit; scharf bis absetzend übergehend.
------	--

Ag, beg, y	18-25 cm+; erdfrisch; dicht; gleyartige Fleckung; nicht durchwurzelt.
------------	---

¹⁾ Nomenklatur ÖBS 2000;

²⁾ Nomenklatur angepasst an ÖBS 2011;

³⁾ Zusammengefasste Reichweite der jeweiligen Bodenhorizonte

Bodenprofil 1.1., Jahr 2005

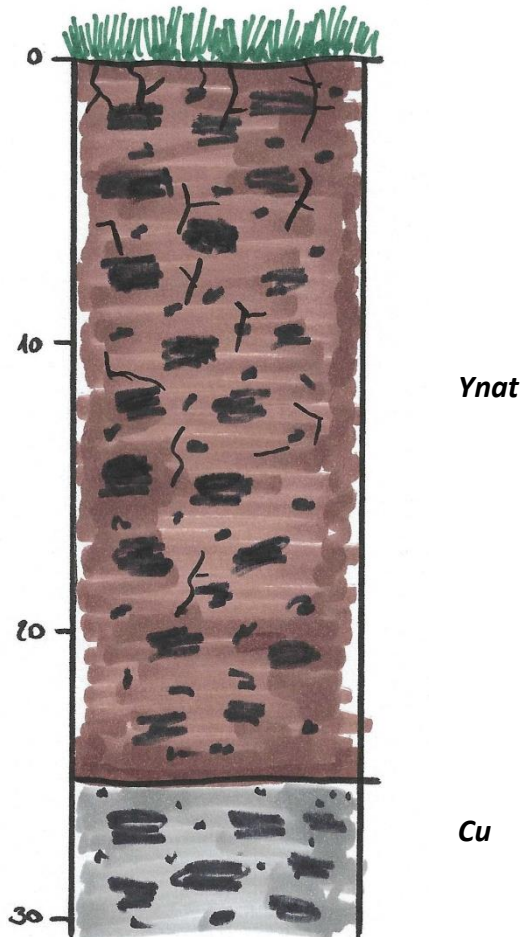


Abbildung 9: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 1.1. (2005). Quelle: Eigener Entwurf

Bodenprofil 1.1., Jahr 2019

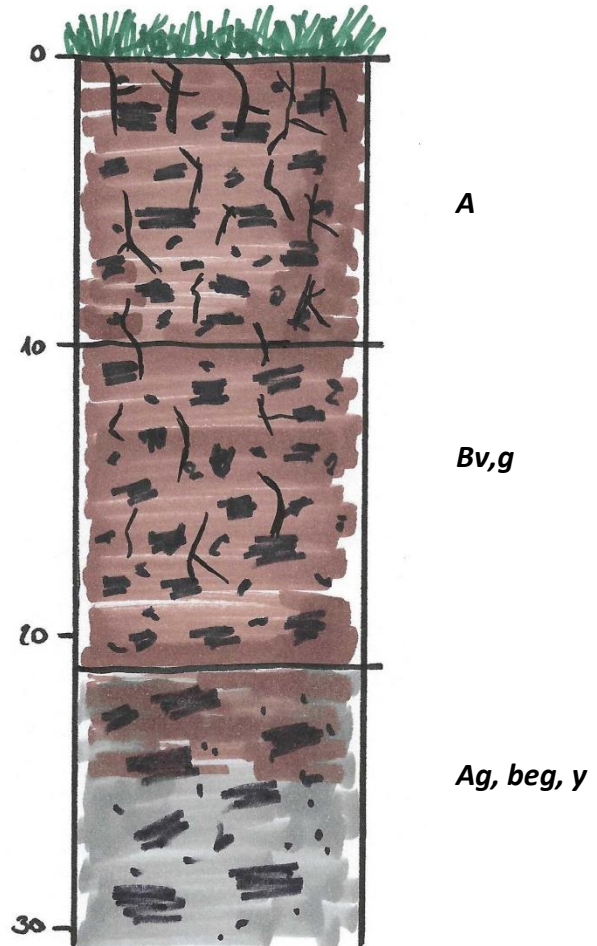


Abbildung 10: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 1.1. (2019). Quelle: Eigener Entwurf

4.1.2. Bodenprofil Untersuchungsfläche 1.2.

Aufnahme Bodenprofil 2005:

Bodentyp: **Carbonathaltiger Feinmaterial-Rohboden¹** bzw. **Planieboden²**

Horizontabfolge: A – Cv (2005) bzw. Ynat – Cu (2019)

Ausgangsmaterial: *Kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsbau*

A (2005 ¹) / Ynat (2019 ²)	0-25 cm (min/max ³), erdfrisch; lehmiger Sand; mittlerer Grobanteil; schwach humos; undeutlich feinblockig; dicht; 10 YR 4/6 bzw. 5/8; nicht bis schwach klebend, schwach plastisch; einige Fahl- und Rostflecken; schwach durchwurzelt; keine Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend;
--	---

Cv (2005 ¹) / Cu (2019 ²)	15-30 cm +; geschüttetes Abtragungsmaterial;
---	--

Aufnahme Bodenprofil 2019:

Bodentypen: **Verbraunte Moder-Rendzina, Carbonathaltige Braunerde, Moder-Rendzina**

Horizontabfolge: A – Bv, g – Ag, beg, y

Ausgangsmaterial: *Kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsbau*

A	0-10 cm (min/max ³); feucht; stark lehmiger Sand; kein Grobanteil; humos; undeutlich feinkrümelig; porös; 10 YR 3/4 bis 4/4; nicht klebend, schwach plastisch; keine Fleckung; stark durchwurzelt; keine Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend.
---	---

Bv,g	7-23 cm (min/max ³); feucht; stark lehmiger Sand; hoher Grobanteil; undeutlich feinblockig; porös bis schwach feinporös; leichte Fleckung; mittel durchwurzelt; geringe Regenwurmtätigkeit; unten absetzend.
------	--

Ag, beg, y	10-32 cm+; erdfrisch; hoher Grobanteil; dicht; gleyartige Fleckung; nicht durchwurzelt.
------------	---

¹) Nomenklatur ÖBS 2000;

²) Nomenklatur angepasst an ÖBS 2011;

³) Zusammengefasste Reichweite der jeweiligen Bodenhorizonte

Bodenprofil 1.2., Jahr 2005

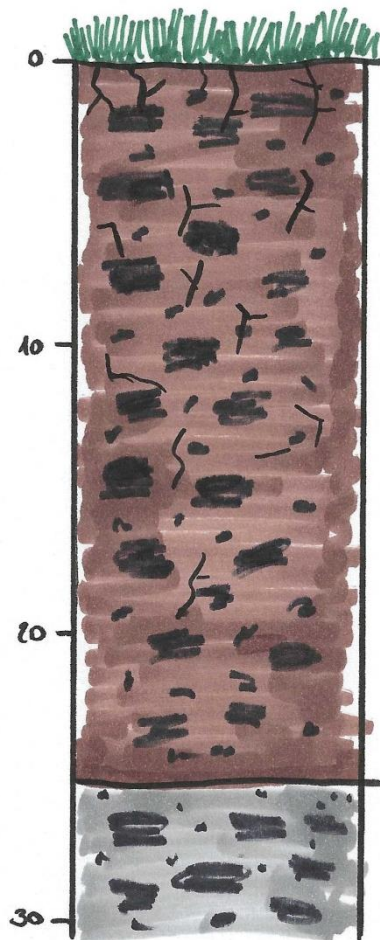


Abbildung 11: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 1.2. (2005). Quelle: Eigener Entwurf

Bodenprofil 1.2., Jahr 2019

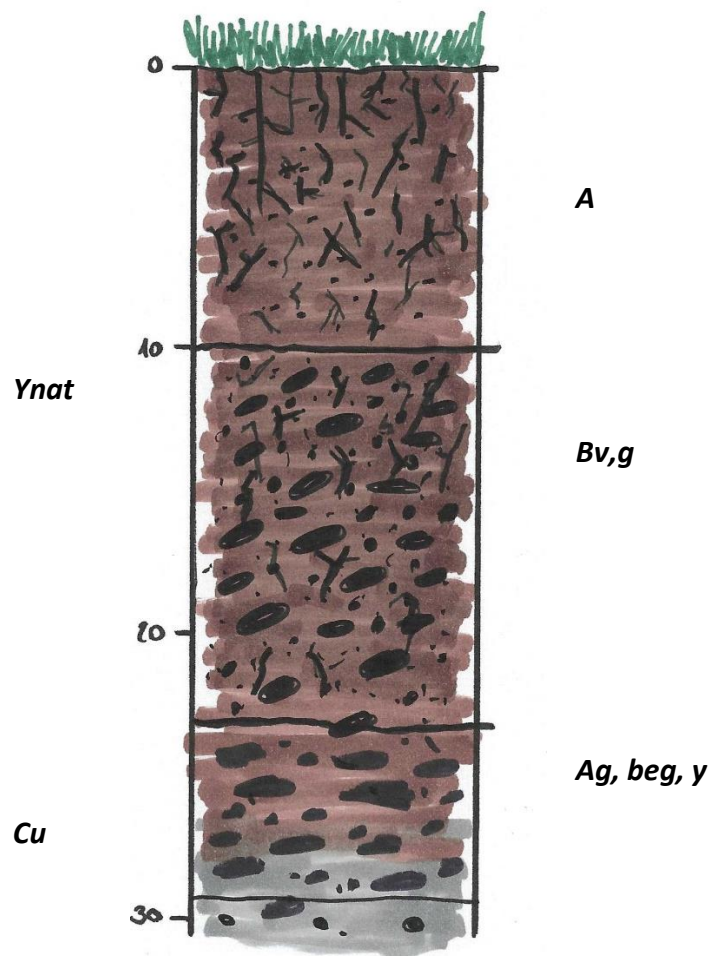


Abbildung 12: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 1.2. (2019). Quelle: Eigener Entwurf

4.1.3. Bodenprofil Untersuchungsfläche 2.1.

Aufnahme Bodenprofil 2005:

Bodentyp: **Carbonathaltiger Feinmaterial-Rohboden¹** bzw. **Planieboden²**

Horizontabfolge: *Ynat – Cu*

Ausgangsmaterial: *Kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsbau*

<i>A (2005¹) / Ynat (2019²)</i>	0-5 cm (min/max ³); erdfrisch; lehmiger Sand; mittlerer Grobanteil; schwach humos; 5 YR 3/3; schwach klebend, schwach plastisch;
<i>Cv (2005¹) / Cu (2019²)</i>	5-10 cm +; geschüttetes Abtragungsmaterial;

Aufnahme Bodenprofil 2019:

Bodentyp: **Planieboden**

Horizontabfolge: *A – Bv, g*

Ausgangsmaterial: *Kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsbau*

<i>A</i>	0-5 cm (min/max ³); feucht; Lehm; kein Grobanteil; humos; undeutlich feinblockig; schwach porös; 5 YR 4/3; schwach klebend, stark plastisch; keine Fleckung; mittel durchwurzelt; keine Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend.
<i>Bv, g</i>	5-20 cm +; erdfrisch; sandiger Lehm; geringer Grobanteil; undeutlich feinblockig; dicht; keine Fleckung; auslaufend durchwurzelt; keine Regenwurmtätigkeit;

¹) Nomenklatur ÖBS 2000;

²) Nomenklatur angepasst an ÖBS 2011;

³) Zusammengefasste Reichweite der jeweiligen Bodenhorizonte

Bodenprofil 2.1., Jahr 2005

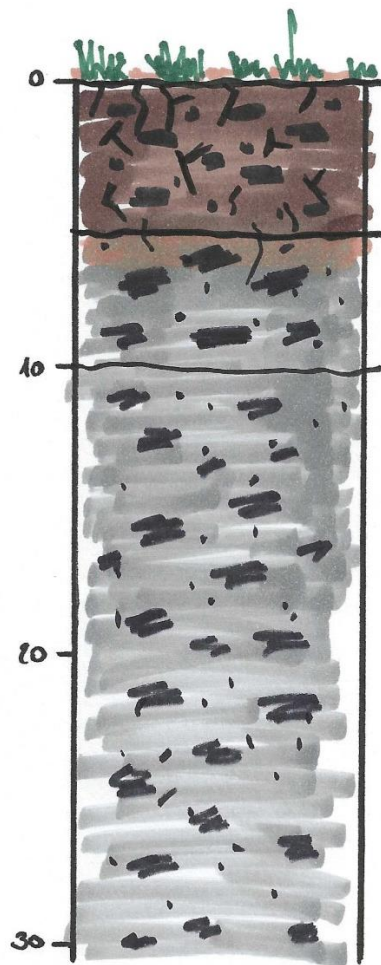


Abbildung 13: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 2.1. (2005). Quelle: Eigener Entwurf

Bodenprofil 2.1., Jahr 2019

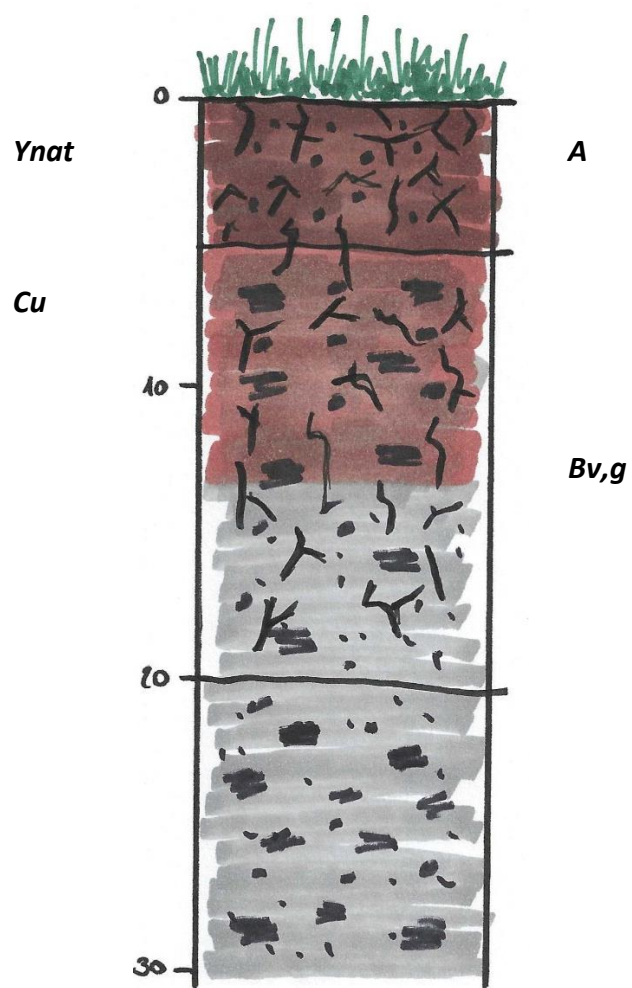


Abbildung 14: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 2.1. (2019). Quelle: Eigener Entwurf

4.1.4. Bodenprofil Untersuchungsfläche 2.2.

Aufnahme Bodenprofil 2005:

Bodentyp: **Carbonathaltiger Feinmaterial-Rohboden¹** bzw. **Planieboden²**

Horizontabfolge: A – Cv (2005) bzw. Ynat – Cu (2019)

Ausgangsmaterial: *Kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau (jeweils)*

A (2005 ¹) / Ynat (2019 ²)	0-25 cm (min/max ³); erdfrisch; sandiger Lehm; sehr hoher Grobanteil; humos; undeutlich feinblockig kantengerundet; dicht; 10 YR 4/4 bis 5/4; schwach klebend, schwach plastisch; stark durchwurzelt; keine Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend;
Cv (2005 ¹) / Cu (2019 ²)	19-30 cm +; geschüttetes Abtragungsmaterial;

Aufnahme Bodenprofil 2019:

Bodentyp: **Verbraunte Moder-Rendzina**

Horizontabfolge : A – Bh, v – Cu

Ausgangsmaterial: *Kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau (jeweils)*

A	0-27 cm (min/max ³); feucht; sandiger Lehm; hoher Grobanteil; humos; undeutlich feinblockig bis undeutlich krümelig; schwach feinporös bis porös; 10 YR 4/4; schwach klebend, schwach bis stark plastisch; teilweise kolluviale Fleckung; mittel durchwurzelt; keine Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend bzw. absetzend.
Bh, v	8-20 cm (min/max ³); erdfrisch bis feucht; sandiger Lehm; mäßiger bis sehr hoher Grobanteil; undeutlich feinblockig; dicht bis porös; keine Fleckung; auslaufend schwach bis mittel durchwurzelt; keine Regenwurmtätigkeit;
Cu	19-30 cm +; erdfrisch;

¹) Nomenklatur ÖBS 2000;

²) Nomenklatur angepasst an ÖBS 2011;

³) Zusammengefasste Reichweite der jeweiligen Bodenhorizonte

Bodenprofil 2.2., Jahr 2005

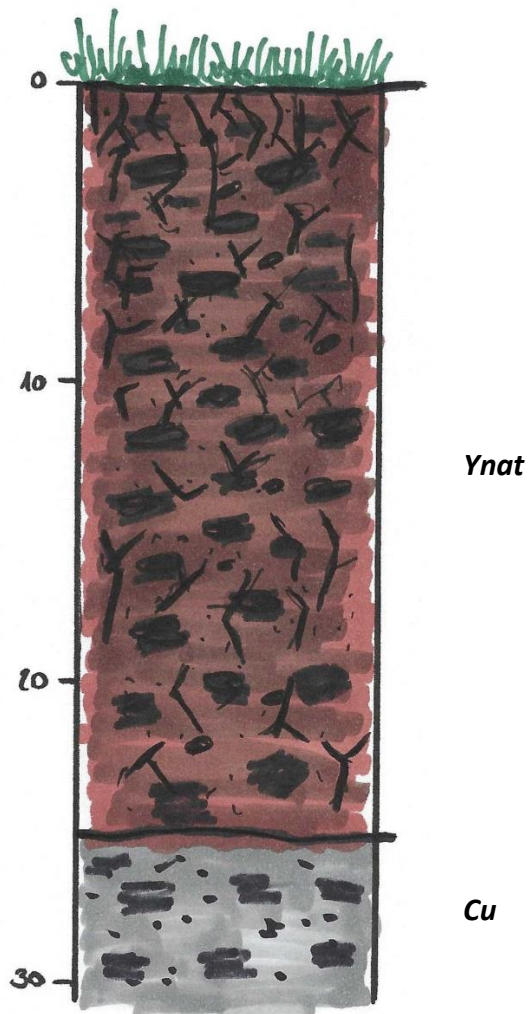


Abbildung 15: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 2.2. (2005). Quelle: Eigener Entwurf

Bodenprofil 2.2., Jahr 2019

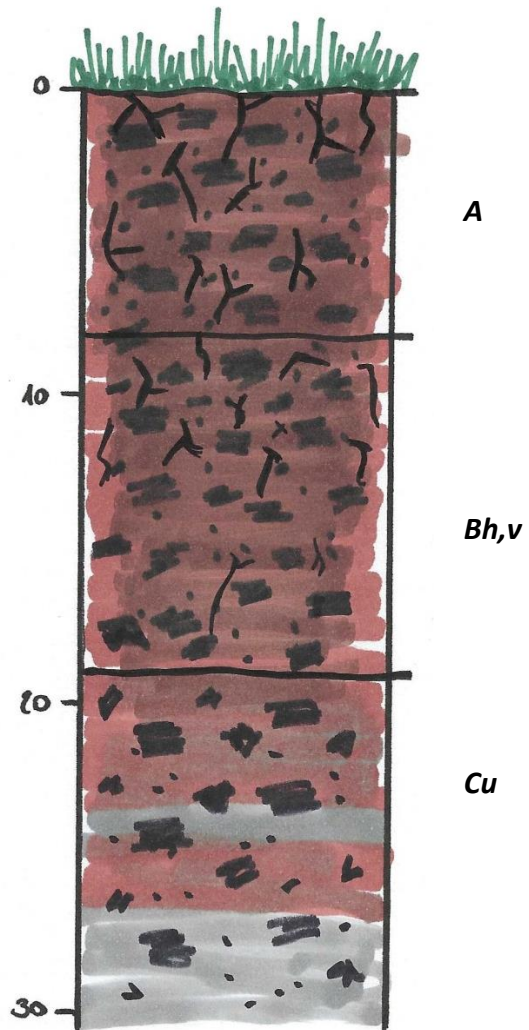


Abbildung 16: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 2.2. (2019). Quelle: Eigener Entwurf

4.1.5. Bodenphysikalische Eigenschaften

Betrachtet werden hier die Eigenschaften *Bodenart* (BA), *Bodengefüge* (BG), *Bodenstruktur* (BS), *Bodenkonsistenz* (BK) sowie die *Bodenfarbe* (BF) aller Bodenprofile. Die nachstehende Matrix gibt einen Überblick der Veränderungen hinsichtlich der vorgenannten Eigenschaften der Bodenprofilaufnahmen aus 2005 bzw. 2019. Veränderungen werden mittels Farbpunkten dargestellt. Betrachtet werden hier jeweils die Eigenschaften der Auflagenhorizonte *Ynat* bzw. *A*.

Tabelle 9: Bodenmatrix; Eigene Darstellung; Quelle: Profilblätter 2005 bzw. 2019

Profil	BA 05	BA 19	Δ	BG 05	BG 19	Δ	BS 05	BS 19	Δ	BK 05	BK 19	Δ	BF 05	BF 19	Δ
1.1.1.	IS	IS	●	schwach feinporös	porös	●	undeut. mittelplattig	undeut. feinkrümelig	●	k1, p1	k0, p1	●	10 YR 3/4	10 YR 4/4	●
1.1.2.	IS	sL	●	schwach feinporös	porös	●	undeut. mittelplattig	undeut. feinkrümelig	●	k1, p1	k1, p1	●	10 YR 4/4	10 YR 4/4	●
1.1.3.	sL	sL	●	schwach feinporös	porös	●	undeut. feinkrümelig	undeut. feinkrümelig	●	k1, p1	k0, p1	●	10 YR 4/4	10 YR 4/4	●
1.2.1.	sL	IS	●	dicht	porös	●	undeut. feinblockig	undeut. feinkrümelig	●	k1, p1	k0, p1	●	10 YR 5/6	10 YR 4/4	●
1.2.2.	sL	IS	●	dicht	porös	●	undeut. feinblockig	undeut. feinkrümelig	●	k0, p1	k0, p1	●	10 YR 5/8	10 YR 4/4	●
1.2.3.	sL	IS	●	dicht	porös	●	undeut. feinblockig	undeut. feinkrümelig	●	k0, p1	k0, p1	●	10 YR 4/6	10 YR 3/4	●
2.1.	sL	L	●	-	schwach feinporös	●	-	undeut. feinblockig	●	k1, p1	k1, p2	●	5 YR 3/3	5 YR 4/3	●
2.2.1.	sL	sL	●	dicht	schwach feinporös	●	undeut. feinblockig	undeut. feinblockig	●	k1, p1	k1, p2	●	10 YR 4/4	10 YR 4/4	●
2.2.2.	sL	sL	●	dicht	porös	●	undeut. feinblockig	undeut. feinblockig	●	k1, p1	k1, p1	●	10 YR 5/4	10 YR 4/4	●
2.2.3.	sL	sL	●	dicht	porös	●	undeut. feinblockig	undeutl. krümelig	●	k1, p1	k1, p1	●	10 YR 5/4	10 YR 4/4	●

(● schlechter, ● gleichbleibend, ● besser, ● verändert)

4.1.6. Bodenchemische Analysen

2005 und 2019 erfolgten im Zuge der bodenkundlichen Aufnahmen auf allen Standorten bodenchemische Aufnahmen. Aufgrund eines geänderten Ermittlungsverfahrens in Bezug auf die Bestimmung der Humusgehalte musste 2020 eine neuerliche Bodenprobeentnahme bzw. eine neuerliche bodenchemische Analyse aller Standorte erfolgen. Die in der nachstehenden bodenchemischen Matrix dargestellten Werte vergleichen nun die Analysenergebnisse aus 2005 mit denen aus dem Jahr 2020.

4.1.6.1. Bodenchemische Matrix

Tabelle 10: Bodenchemische Matrix, Vergleich der Werte 2005 mit 2020. Quelle: Prüfberichte Landwirtschaftliches Versuchszentrum Graz-Ragnitz 2005 bzw. 2020. Eigene Darstellung.

Nr.	Humus [M.-%]		Stufe		Δ	pH [CaCl ₂]		Reaktion		Δ	P [mg/1000g]		Stufe		Δ	K [mg/1000g]		Stufe		Δ
Jahr	'05	'20	'05	'20		'05	'20	'05	'20		'05	'20	'05	'20		'05	'20	'05	'20	
1.1.1.	3,2	1,2	m.	n.	▼	7,2	6,5	neu	sws	▼	14	<10	A	A	▶	65	59	B	B	▶
1.1.2.	3,6	2,2	m.	n.	▼	7,2	6,5	neu	sws	▼	15	<10	A	A	▶	63	58	B	B	▶
1.1.3.	2,8	1,9	m.	m.	▶	7,2	6,5	neu	sws	▼	15	<10	A	A	▶	69	59	B	B	▶
1.2.1.	1,3	4,4	n.	ho.	▲	6,9	7,1	neu	neu	▶	10	<10	A	A	▶	58	114	B	C	▲
1.2.2.	1,0	2,3	n.	m.	▲	6,9	7,2	neu	neu	▶	10	<10	A	A	▶	50	105	B	C	▲
1.2.3.	1,0	2,0	n.	m.	▲	7,0	7,1	neu	neu	▶	14	<10	A	A	▶	45	172	A	D	▲
2.1.	0,4	0,6	n.	n.	▶	7,4	7,3	alk	alk	▶	16	<10	A	A	▶	77	211	B	D	▲
2.2.1.	0,6	0,6	n.	n.	▶	7,4	7,3	alk	alk	▶	6	<10	A	A	▶	62	142	B	C	▲
2.2.2.	0,1	0,7	n.	n.	▶	7,5	7,2	alk	neu	▲	9	<10	A	A	▶	100	159	C	C	▶
2.2.3.	0,1	0,7	n.	n.	▶	7,5	7,3	alk	alk	▶	4	<10	A	A	▶	52	171	B	D	▲

Zur Erläuterung der in der Tabelle 10 verwendeten Kürzel und Zeichen:

Die Einstufung der jeweiligen Gehalte erfolgte gemäß der „Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland“, die ab Punkt 3.2.1.3. detailliert beschrieben sind. Die zur Anwendung gebrachten Kürzel und Zeichen haben folgende Bedeutung:

Humus (Gehaltsklasse):

m – mittel / n – niedrig / ho – hoch

pH-Wert (Bodenreaktion):

neu – neutral / sws – schwach sauer / alk – alkalisch

Phosphor und Kalium (Nährstoffversorgung):

A – Versorgung sehr niedrig / B – Versorgung niedrig / C – Versorgung ausreichend / D – Versorgung hoch

▲ Wert zunehmend oder verbessert / ▶ Wert gleichbleibend / ▼ Wert abnehmend

4.2. Vegetationskundliche Aufnahmen

Nachstehend werden die erhobenen vegetationskundlichen Daten tabellarisch in Aufnahmeblättern dargestellt. Diese zeigen jeweils die Gesamtdeckung bzw. die anteilige Deckung der Jahre 2005 und 2019 der einzelnen Untersuchungsflächen. Überdies wird die Artenanzahl der Jahre 2003, 2005 und 2019 und deren Veränderung im Laufe dieses Zeitraums dargestellt. Besondere Betrachtung gilt der Artenspalte 2019. Zur Erklärung der Aufnahmeblätter:

- Bei fett gedruckten Pflanzennamen (z. B. ***Cynosurus cristatus***) handelt es sich um Pflanzen, die sowohl 2005 als auch 2019 am jeweiligen Standort festgestellt wurden.
- Bei fett gedruckten und grau hinterlegten Pflanzennamen (z. B. ***Agrostis capillaris***) handelt es sich um Pflanzen, die 2003 gesät und 2005 bzw. 2019 am jeweiligen Standort festgestellt wurden. Diese Arten haben überdauert und stammen vermutlich aus der ersten Ansaat.
- Bei grau hinterlegten Pflanzennamen (z. B. *Poa pratensis*) handelt es sich um Pflanzen, die 2003 gesät und 2019 festgestellt werden konnten. Hierbei ist wiederum anzunehmen, dass diese aus der Erstbegrünung stammen.

In der jeweiligen Tabelle wird ebenso die Individuenzahl (IZ) bzw. Artenmächtigkeit des Erhebungsjahres sowie die daraus resultierende Differenz in der Artenanzahl (Abnahme, Zunahme, gleichbleibend, verschwunden oder neu) dargestellt. Die Kürzel betreffend Artenmächtigkeit (z. B. 1a) sind im Punkt 5.4.1. Aufnahmeverfahren erläutert. Die Spalte „Status 2019“ bezieht sich auf die Veränderungen im Aufnahmejahr 2019 zum Erstaufnahmejahr 2005. Die jeweils links nebenstehende Pflanzenart hat ab- oder zugenommen bzw. wurde gefunden oder nicht (mehr) gefunden. Hier gilt es zu beachten, dass die Feststellung, ob eine Art neu eingewandert oder gänzlich verschwunden ist, fachlich nicht dargestellt werden konnte.

4.2.1. Untersuchungsfläche 1.1.

Bezeichnung	Standort GPS (WGS84)	Größe Aufnahme­fläche
Fläche 1.1.	47.62151534 14.28285004	4 x 5m (20 m²)

Gesamtdeckung	2005	2019	Differenz (%punkte)
	70 %	60 %	-10

Deckung (anteilig)	Art	2005	2019	Differenz (%punkte)
	Gräser	37 %	30 %	-7
	Kräuter	3 %	20 %	+17
	Leguminosen	30 %	10 %	-20

Gräser						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	<i>Agrostis capillaris</i>	<i>Agrostis capillaris</i>	1	<i>Agrostis capillaris</i>	+	Abnahme
2	-	-		<i>Carex flacca</i>	1	gefunden
3	-	-		<i>Carex hirta</i>	r	gefunden
4	-	-		<i>Carex sylvatica</i>	+	gefunden
5	-	<i>Cynosurus cristatus</i>	1a	<i>Cynosurus cristatus</i>	+	Abnahme
6	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	1b	<i>Dactylis glomerata</i>	2a	Zunahme
7	-	<i>Deschampsia cespitosa</i>	+	-	-	nicht gefunden
8	-	<i>Elymus repens</i>	+	-		nicht gefunden
9	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Festuca pratensis</i> ssp. <i>pratensis</i>	1a	<i>Festuca pratensis</i>	+	Abnahme
10	<i>Festuca rubra</i> agg.	<i>Festuca rubra</i> agg.	1	<i>Festuca rubra</i> agg.	2a	Zunahme
11	<i>Lolium perenne</i>	<i>Lolium perenne</i>	2b	<i>Lolium perenne</i>	+	Abnahme
12	<i>Phleum pratense</i>	<i>Phleum pratense</i>	1a	<i>Phleum pratense</i>	+	Abnahme
13	<i>Poa pratensis</i>	-		-		nicht gefunden
14	-	<i>Poa annua</i>	+	-		nicht gefunden
15	-	<i>Trisetum flavescens</i>	1a	-		nicht gefunden
Kräuter						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	-	<i>Ajuga reptans</i>	+			nicht gefunden
2	-	<i>Alchemilla glabra</i>	r			nicht gefunden
3	-			<i>Achillea millefolium</i>	r	gefunden
4	-	<i>Alchemilla monticola</i>	+	-		nicht gefunden
5	-			<i>Alchemilla vulgaris</i> agg.	+	gefunden
6	-	<i>Bellis perennis</i>	+			nicht gefunden
7	-			<i>Campanula patula</i>	r	gefunden
8	-	<i>Centaurea jacea</i>	+	-		nicht gefunden
9	-	<i>Cerastium holosteoides</i>	+	-		nicht gefunden
10	-	-		<i>Clinopodium vulgare</i>	+	gefunden
11	-	-		<i>Cirsium</i> sp.	+	gefunden
12	-	-		<i>Crepis biennis</i>	+	gefunden
13	-	<i>Equisetum arvense</i>	+	-		nicht gefunden
14	-	<i>Galeopsis speciosa</i>	r	-		nicht gefunden
15	-	<i>Galium album</i>	+	-		nicht gefunden

16	-	-		<i>Galium verum s.str.</i>	r	gefunden
17	-	-		<i>Hieracium pilosella</i>	+	gefunden
18	-	-		<i>Hieracium sp.</i>	1	gefunden
19	-	-		<i>Hypochaeris radicata</i>	+	gefunden
20	-	-		<i>Leontodon hispidus</i>	2b	gefunden
21	-	<i>Leucanthemum vulgare agg.</i>	r	<i>Leucanthemum vulgare agg.</i>	2a	Zunahme
22	-	<i>Lysimachia nummularia</i>	+	-		
23	-	-		<i>Linum catharticum</i>	+	gefunden
24	-	<i>Plantago lanceolata</i>	+	<i>Plantago lanceolata</i>	1	Zunahme
25	-			<i>Prunella vulgaris</i>	+	gefunden
26	-	<i>Ranunculus acris ssp. acris</i>	+	<i>Ranunculus acris ssp. acris</i>	2a	Zunahme
27	-	<i>Ranunculus repens</i>	+	-		nicht gefunden
28	-	<i>Rumex obtusifolius</i>	+	-		nicht gefunden
29	-	-		<i>Rhinanthus minor</i>	r	gefunden
30	-	<i>Stellaria graminea</i>	r	-		nicht gefunden
31	-	<i>Taraxacum officinale agg.</i>	+	<i>Taraxacum officinale agg.</i>	+	gleichbleibend
32	-	<i>Tussilago farfara</i>	1a	<i>Tussilago farfara</i>	+	Abnahme
33	-	-		<i>Veronica chamaedrys</i>	+	gefunden
34	-	-		<i>Veronica officinalis</i>	r	gefunden
Leguminosen						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	-	<i>Lathyrus pratensis</i>	1b	<i>Lathyrus pratensis</i>	r	Abnahme
2	<i>Lotus corniculatus agg.</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	1	<i>Lotus corniculatus agg.</i>	1	gleichbleibend
3	<i>Trifolium hybridum</i>	<i>Trifolium hybridum</i>	1b	-		nicht gefunden
4	-	<i>Trifolium pratense</i>	2	<i>Trifolium pratense</i>	+	Abnahme
5	<i>Trifolium repens</i>	<i>Trifolium repens</i>	1b	-		nicht gefunden
6	-	<i>Vicia cracca</i>	+	<i>Vicia cracca</i>	+	gleichbleibend

* Mit diesen Arten erfolgte 2003 die Erstansaat auf der jeweiligen Einzelfläche (Dauerweidenmischung mit Knaulgras für raue Lagen)

4.2.2. Untersuchungsfläche 1.2.

Bezeichnung	Standort GPS (WGS84)	Größe Aufnahme­fläche
Fläche 1.2.	47.62141861 14.28258223	4 x 5m (20 m²)

Gesamtdeckung	2005	2019	Differenz (%punkte)
	70 %	85 %	+15

Deckung (anteilig)	Art	2005	2019	Differenz (%punkte)
	Gräser	31 %	30 %	-1
	Kräuter	1 %	38 %	+37
	Leguminosen	38 %	15 %	-23
	Holzige	-	2 % (in der Kraut-schicht)	+2

Gräser						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	<i>Agrostis capillaris</i>	<i>Agrostis capillaris</i>	1a	<i>Agrostis capillaris</i>	+	Abnahme
2	-	<i>Agrostis stolonifera</i>	+	-		nicht gefunden
3	-	<i>Carex hirta</i>	+	-		nicht gefunden
4	-	-		<i>Carex sylvatica</i>	r	gefunden
5	-	<i>Cynosurus cristatus</i>	1	<i>Cynosurus cristatus</i>	1	gleichbleibend
6	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	1	<i>Dactylis glomerata</i>	1	gleichbleibend
7	-	-		<i>Elymus repens</i>	r	gefunden
8	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Festuca pratensis</i> ssp. <i>pratensis</i>	1	-		nicht gefunden
9	<i>Festuca rubra</i> agg	<i>Festuca rubra</i> agg	1	<i>Festuca rubra</i> agg.	+	Abnahme
10	<i>Lolium perenne</i>	<i>Lolium perenne</i>	2b	<i>Lolium perenne</i>	1	Abnahme
11	<i>Phleum pratense</i>	<i>Phleum pratense</i>	1	-		nicht gefunden
12	<i>Poa pratensis</i>	-		<i>Poa pratensis</i>	+	Zunahme
Kräuter						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	-	-		<i>Alchemilla vulgaris</i> agg	+	gefunden
2	-	-		<i>Cerastium holosteoides</i>	+	gefunden
3	-	<i>Cirsium palustre</i>	r	-		nicht gefunden
4	-	-		<i>Crepis biennis</i>	+	gefunden
5	-	-		<i>Equisetum arvense</i>	+	gefunden
6	-	-		<i>Galium album</i> s. str.	r	gefunden
7	-	-		<i>Leontodon hispidus</i>	2a	gefunden
8	-	<i>Leucanthemum vulgare</i> agg.	r	-		nicht gefunden
9	-	<i>Lysimachia nummularia</i>	r	-		nicht gefunden
10	-	<i>Plantago lanceolata</i>	+	<i>Plantago lanceolata</i>	2a	Zunahme
11	-	-		<i>Plantago major</i>	r	gefunden
12	-	<i>Potentilla anserina</i>	+	-		nicht gefunden

13	-	<i>Potentilla reptans</i>	r	-		nicht gefunden
14	-	-		<i>Prunella vulgaris</i>	2m	gefunden
15	-	<i>Ranunculus acris ssp. acris</i>	r	<i>Ranunculus acris ssp. acris</i>	1	Zunahme
16	-	<i>Ranunculus repens</i>	r	-		nicht gefunden
17	-	-		<i>Rhinanthus minor</i>	+	gefunden
18	-	<i>Rumex obtusifolius</i>	+	<i>Rumex obtusifolius</i>	r	Abnahme
19	-	<i>Taraxacum officinale agg.</i>	r	<i>Taraxacum officinale agg.</i>	1	Zunahme
20	-	-		<i>Thymus pulegioides</i>	+	gefunden
21	-	<i>Tussilago farfara</i>	+	-		nicht gefunden
22	-	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	+	-		nicht gefunden
23	-	-		<i>Veronica chamaedrys</i>	+	gefunden
Leguminosen						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	-	<i>Lathyrus pratensis</i>	+	<i>Lathyrus pratensis</i>	+	gleichbleibend
2	<i>Lotus corniculatus agg.</i>	<i>Lotus corniculatus agg.</i>	2a	<i>Lotus corniculatus agg.</i>	+	Abnahme
3	-	<i>Medicago lupulina</i>	+	-		nicht gefunden
4	<i>Trifolium hybridum</i>	<i>Trifolium hybridum</i>	2	-		nicht gefunden
5	-	<i>Trifolium pratense</i>	+	<i>Trifolium pratense</i>	+	gleichbleibend
6	<i>Trifolium repens</i>	<i>Trifolium repens</i>	2a	<i>Trifolium repens</i>	+	Abnahme
7	-	<i>Vicia cracca</i>	+	<i>Vicia cracca</i>	+	gleichbleibend
Holzige						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	-	-	-	<i>Acer pseudoplatanus</i>	r	gefunden

* Mit diesen Arten erfolgte 2003 die Erstansaat auf der jeweiligen Einzelfläche (Dauerweidenmischung mit Knaulgras für raue Lagen)

4.2.3. Untersuchungsfläche 2.1.

Bezeichnung	Standort GPS (WGS84)	Größe Aufnahme­fläche
Fläche 2.1.	47.62460477 14.277794338	4 x 5m (20m²)

Gesamtdeckung	2005	2019	Differenz (%punkte)
	6,5 %	75 %	+68,5

Deckung (anteilig)	Art	2005	2019	Differenz (%punkte)
	Gräser	5 %	18 %	+13
	Kräuter	0,5 %	14 %	+13,5
	Leguminosen	1 %	35 %	+34
	Holzige (in der Krautschicht)	-	3 %	+3
	Holzige (in der Strauchschicht)	-	5 %	+5

Gräser						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	<i>Agrostis capillaris</i>	-		-		nicht gefunden
2	<i>Arrhenatherum elatius</i>	-		-		nicht gefunden
3	-	-		<i>Calamagrostis epigejos</i>	+	gefunden
4	-	-		<i>Carex flacca</i>	+	gefunden
5	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	+	<i>Dactylis glomerata</i>	+	gleichbleibend
6	<i>Festuca ovina</i> agg.	<i>Festuca ovina</i> agg.	+	<i>Festuca ovina</i> agg.	1	Zunahme
7	<i>Festuca pratensis</i>	-		-		nicht gefunden
8	<i>Festuca rubra</i> agg.	<i>Festuca rubra</i> agg.	+	-		nicht gefunden
9	-	-		<i>Festuca</i> sp.	+	gefunden
10	<i>Lolium perenne</i>	<i>Lolium perenne</i>	2a	-		nicht gefunden
11	<i>Phleum pratense</i>	<i>Phleum pratense</i>	r	-		nicht gefunden
12	<i>Poa pratensis</i>	<i>Poa pratensis</i>	+	-		nicht gefunden
13	-	<i>Trisetum flavescens</i>	+	-		nicht gefunden
Kräuter						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	-	-		<i>Bellis perennis</i>	+	gefunden
2	-	-		<i>Cirsium arvense</i>	r	gefunden
3	-	-		<i>Cirsium</i> sp.	r	gefunden
4	-	-		<i>Cirsium vulgare</i>	r	gefunden
5	-	-		<i>Crepis biennis</i>	+	gefunden
6	-	-		<i>Fragaria vesca</i>	1	gefunden
7	-	-		<i>Galium mollugo</i> agg.	+	gefunden
8	-	-		<i>Galium verum</i> s. str.	+	gefunden
9	-	-		<i>Gentianopsis ciliata</i>	r	gefunden
10	-	-		<i>Hieracium</i> sp.	r	gefunden

11	-	-		<i>Hieracium pilosella</i>	r	gefunden
12	-	-		<i>Leontodon hispidus</i>	1	gefunden
13	-	-		<i>Linum catharticum</i>	+	gefunden
14	-	<i>Tussilago farfara</i>	+	<i>Tussilago farfara</i>	+	gleichbleibend
Leguminosen						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	<i>Achillea millefolium</i>	-		-		nicht gefunden
2	<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Anthyllis vulneraria</i>	r	<i>Anthyllis vulneraria</i>	r	gleichbleibend
3	<i>Daucus carota</i>	-		-		nicht gefunden
4	<i>Leucanthemum vulgare</i>	-		-		nicht gefunden
5	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	r	<i>Lotus corniculatus</i>	2b	Zunahme
6	<i>Medicago lupulina</i>	-	+	<i>Medicago lupulina</i>	+	gefunden
7	-	-		<i>Medicago sativa</i>	+	gefunden
8	-	<i>Melilotus albus</i>	+	<i>Melilotus albus</i>	2b	Zunahme
9	-	<i>Melilotus officinalis</i>	r	<i>Melilotus officinalis</i>	+	Zunahme
10	-	<i>Onobrychis viciifolia</i>	1a	-		nicht gefunden
11	<i>Trifolium hybridum</i>	-		-		nicht gefunden
12	-	-		<i>Trifolium pratense</i>	+	gefunden
13	<i>Trifolium repens</i>	-		-		nicht gefunden
Holzige						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	-	-		<i>Alnus viridis</i> (Strauchschicht)	r	gefunden
2	-	-		<i>Fraxinus excelsior</i> (Krautschicht)	r	gefunden
3	-	-		<i>Picea abies</i> (Krautschicht)	r	gefunden

* Mit diesen Arten erfolgte 2003 die Erstansaat auf der jeweiligen Einzelfläche (Begrünungsmischung Rezeptur Dr. Schaffer)

4.2.4. Untersuchungsfläche 2.2.

Bezeichnung	Standort GPS (WGS84)	Größe Aufnahme­fläche
Fläche 2.2.	47.62440518 14.27815266	4 x 5m (20m ²)

Gesamtdeckung	2005	2019	Differenz (%punkte)
	40 %	70 %	+30

Deckung (anteilig)	Art	2005	2019	Differenz (%punkte)
	Gräser	12 %	22 %	+10
	Kräuter	3 %	25 %	+22
	Leguminosen	25 %	15 %	+10
	Holzige (in der Krautschicht)	-	3 %	+3
	Holzige (in der Strauchschicht)	-	5 %	+5

Gräser						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	<i>Agrostis capillaris</i>	-		-		nicht gefunden
2	-	<i>Agrostis stolonifera</i>	+	-		nicht gefunden
3	<i>Arrhenatherum elatius</i>	-		-		nicht gefunden
4	-	-		<i>Calamagrostis epigejos</i>	+	gefunden
5	-	-		<i>Carex flacca</i>	+	gefunden
6	-	<i>Cynosurus cristatus</i>	1a	<i>Cynosurus cristatus</i>	1	Abnahme
7	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	+	<i>Dactylis glomerata</i>	1	Zunahme
8	-	<i>Elymus repens</i>	+	-		nicht gefunden
9	<i>Festuca ovina</i> agg.	<i>Festuca ovina</i> agg.	+	<i>Festuca ovina</i> agg.	2a	Zunahme
10	<i>Festuca pratensis</i>	-		<i>Festuca pratensis</i>	+	gefunden
11	<i>Festuca rubra</i> agg.	<i>Festuca rubra</i> agg.	1	-		nicht gefunden
12	-	-		<i>Festuca</i> sp.	+	gefunden
13	<i>Lolium perenne</i>	<i>Lolium perenne</i>	2	-		nicht gefunden
14	<i>Phleum pratense</i>	<i>Phleum pratense</i>	+	<i>Phleum pratense</i>	+	gleichbleibend
15	<i>Poa pratensis</i>	<i>Poa pratensis</i>	1a	-		nicht gefunden
16	-	<i>Trisetum flavescens</i>	+	-		nicht gefunden
Kräuter						
Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	-	<i>Achillea millefolium</i> agg.	+	<i>Achillea millefolium</i>	r	Abnahme
2	-	-		<i>Cirsium arvense</i>	r	gefunden
3	-	-		<i>Crepis biennis</i>	+	gefunden
4	-	-		<i>Galium album</i> s. str.	+	gefunden
5	-	-		<i>Galium versum</i> s. str.	2b	gefunden
6	-	-		<i>Gentianopsis ciliata</i>	r	gefunden
7	-	-		<i>Gymnadenea conopsea</i>	r	gefunden

8	-	-		<i>Leontodon hispidus</i>	1	gefunden
9	-	-		<i>Leucanthemum vulgare</i> agg.	1	gefunden
10	-	-		<i>Origanum vulgare</i>	+	gefunden
11	-	<i>Plantago lanceolata</i>	+	<i>Plantago lanceolata</i>	2m	Zunahme
12	-	<i>Plantago major</i> ssp. <i>major</i>	+	-		nicht gefunden
13	-	-		<i>Potentilla anseria</i>	+	gefunden
14	-	<i>Rumex obtusifolius</i>	+	-		nicht gefunden
15	-	-		<i>Taraxacum officinale</i> agg.	1	gefunden
16	-	<i>Tussilago farfara</i>	2a	<i>Tussilago farfara</i>	+	Abnahme
17	-	-		<i>Veronica chamaedrys</i>	+	gefunden
18	-	-		<i>Veronica officinalis</i>	+	gefunden

Leguminosen

Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	<i>Achillea millefolium</i>	-		-		nicht gefunden
2	<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Anthyllis vulneraria</i>	1	<i>Anthyllis vulneraria</i>	1	gleichbleibend
3	<i>Daucus carota</i>	-		-		verschwunden
4	<i>Leucanthemum vulgare</i>	-		-		nicht gefunden
5	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	1a	<i>Lotus corniculatus</i>	+	Abnahme
6	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Medicago lupulina</i>	2	<i>Medicago lupulina</i>	+	Abnahme
7	-	<i>Medicago sativa</i>	1a	<i>Medicago sativa</i>	+	Abnahme
8	-	<i>Melilotus albus</i>	2	<i>Melilotus albus</i>	1	Abnahme
9	-	<i>Melilotus officinalis</i>	1a	<i>Melilotus officinalis</i>	r	Abnahme
10	-	<i>Onobrychis viciifloia</i>	+	-		nicht gefunden
11	-	-		<i>Securigera varia</i>	2a	gefunden
12	<i>Trifolium hybridum</i>	<i>Trifolium hybridum</i>	2	-		nicht gefunden
13	<i>Trifolium repens</i>	<i>Trifolium repens</i>	1a	-		nicht gefunden

Holzige

Nr.	2003*	2005	IZ	2019	IZ	Status 2019
1	-	-		<i>Picea abies</i> (Strauchschicht)	r	gefunden
2	-	-		<i>Sorbus aucuparia</i> (Krautschicht)	r	gefunden

* Mit diesen Arten erfolgte 2003 die Erstansaat auf der jeweiligen Einzelfläche (Begrünungsmischung Rezeptur Dr. Schaffer)

4.2.5. Vegetationskundliche Parameter

Im Folgenden werden nun die Ergebnisse der vegetationskundlichen Erhebungen dargestellt. Der Fokus liegt dabei auf den bereits 2005 erhobenen Parametern Deckungsgrad und Artenverteilung. Zusätzlich werden Artenanzahl (Pflanzenarten) und dominierende Pflanzenarten behandelt. Von einer weiteren Interpretation der Vegetation wird Abstand gehalten, da dies zu tief in die Materie der Pflanzensoziologie eindringen würde.

4.2.5.1. Deckungsgradmatrix 2005 und 2019

Diese adaptierte Matrix vergleicht die Deckungsgradentwicklung im Betrachtungszeitraum 2005 bis 2019 und gibt eine Tendenz wieder. Grundsätzlich ist hier festzuhalten, dass der Deckungsgrad 2005 auf 75 % der untersuchten Flächen höher als 50 % war. Lediglich die Fläche 2.1. zeigte einen äußerst niedrigen Deckungsgrad.

Tabelle 11: Entwicklung der Deckungsgrade 2005 und 2019. Quelle: Eigene Erhebungen, 2005 bzw. 2019.

Fläche	Nutzung	Deckungsgrad (%)		Differenz (%punkte)	Tendenz
		2005	2019		
1.1.	Grünland	70	60	-10	▼
1.2.	Grünland	70	85	+15	▲
2.1.	Initialwald	6,5	75	+68,5	▲
2.2.	Initialwald	40	70	+30	▲

(▼ abnehmend, ▲ zunehmend)

2019 verfügten alle untersuchten Flächen bereits über einen Deckungsgrad von mehr als 50 %. 75 % der untersuchten Flächen erfuhren eine Erhöhung des Deckungsgrads. 25 %, also lediglich eine Untersuchungsfläche (Fläche 1.1.), erfuhren einen Deckungsgradrückgang, aber ist diese nach wie vor mit einem Deckungsgrad über 50 % ausgestattet. Der Rückgang auf der Fläche 1.1. kann durchaus auf die dort stattfindende Beweidung zurückgeführt werden. Im Bereich des Aufnahmeortes befindet sich eine Nassstelle, an der Hangwasser austritt. Viehtritt bedingt in diesem Bereich aufgrund der nassen Bodenverhältnisse einen Rückgang der Vegetation.

Bemerkenswert ist die Erhöhung des Deckungsgrads auf der sich selbst überlassenen Fläche 2.1. Hier verzehnfachte sich der Deckungsgrad im Laufe der letzten 14 Jahre. Auf der ebenfalls sich selbst überlassenen Fläche 2.2. verdoppelte sich dieser fast. Der Umstand dafür kann sich aufgrund des Zusammenspiels von Vegetation und Boden erklären lassen. Beide Flächen werden weder beweidet noch erfolgt auf diesen eine wie auch immer geartete Pflege. Abgestorbene Pflanzenteile der dort wachsenden Vegetation verbleiben auf den jeweiligen Flächen, verrotten dort und werden zersetzt, ferner umgewandelt. Dies beeinflusst die Bodengenese und spiegelt sich dieser Umstand in deutlich verbesserten Bodenverhältnissen wider.

Bessere Bodenverhältnisse wiederum schaffen bessere Rahmenbedingung für das diasporenliefernde Umfeld, welches dadurch günstigere Keim- und Wuchsbedingungen vorfindet.

Der Vergleich von genutzten und nicht genutzten Flächen zeigt somit deutlich, dass die ungenutzten und nicht bewirtschafteten, naturbelassenen Flächen hinsichtlich der Deckungsgradentwicklung klar im Vorteil sind. Natürliche Auf-, Um- und Abbauprozesse laufen auf diesen Flächen anthropogen unbeeinflusst ab (vgl. viehwirtschaftliche Nutzung).

Daraus kann schlussgefolgert werden, dass durch die Nutzung der Flächen 1.1. und 1.2. die Erhöhung des Deckungsgrades beeinflusst wird. Im Betrachtungszeitraum 2005 bis 2019 erfuhr der Deckungsgrad der Fläche 1.1. eine Abnahme von 10 %pkt, jener auf Fläche 1.2. jedoch eine Zunahme von 15 %pkt. Beide Untersuchungsflächen weisen dieselben Geländeneigungen und gleichen Nutzungsarten (Weideland) auf. Die Abnahme des Deckungsgrades auf Fläche 1.1. resultiert höchstwahrscheinlich aus dem Viehtritt des Weideviehs in Kombination mit einer erhöhten Bodenfeuchte. Hier neigt Vieh aufgrund der Geländeneigung dazu auszurutschen, dabei werden Vegetationsteile aus dem Boden gerissen, die in trockenen Phasen austrocknen. Ein weiterer Grund der relativ geringen Zunahme des Deckungsgrades kann in der Beeinflussung des diasporenliefernden Umfeldes liegen. Pflanzen können, aufgrund der Fresstätigkeit des Viehs, keine oder nur geringe Fruchtstände entwickeln. Somit ist die Nachlieferung an eigenen Diasporen eingeschränkt und wirkt sich dies auf den Pflanzenbestand sichtbar aus. Auch die Nichtpflege der Weideflächen hat Einfluss auf die durch Vieh beanspruchten Futterflächen, da dies einen unregelmäßigen Aufwuchs bedingt. Trotzdem, und das sei angemerkt, liegt der Deckungsgrad der beiden Flächen 1.1. bzw. 1.2. noch immer höher als 50 % und kann hier von einer geschlossenen Vegetation gesprochen werden (vgl. SCHAFFER, 2011).

4.2.5.2. Anteiliger Deckungsgrad nach Pflanzenfamilien

Der Deckungsgrad aller Flächen wurde bereits im vorhergehenden Punkt dargestellt. Der anteilige Deckungsgrad splittet nun nach Pflanzenfamilie auf. Dabei wird zwischen Gräsern (*Poaceae*), Kräutern, Leguminosen (*Fabaceae*) und Holzigen unterschieden. Die Tabelle 17 weist die anteilige Artendeckung auf den jeweiligen Flächen für den Untersuchungszeitraum 2005 bis 2019 aus.

Tabelle 12: Anteilige Deckung nach Gräsern, Kräutern, Leguminosen und Holzigen. Quelle: Eigene Erhebungen 2005 bzw. 2019.

Fläche	Nutzung	Art	Deckungsgrad (%)		Differenz (%punkte)	Differenz (rel. %)	Tendenz
			2005	2019			
1.1.	Grünland	Gräser	37	30	-7	-18	▼
		Kräuter	3	20	+17	+566	▲
		Leguminosen	30	10	-20	-66,6	▼
1.2.	Grünland	Gräser	31	30	-1	-3,25	▼
		Kräuter	1	38	+37	+3700	▲
		Leguminosen	38	15	-14	-36,84	▼
		Holzige (* K)	0	2	+2	-	▲
		Gräser	5	18	+13	+260	▲
		Kräuter	0,5	14	+13,5	+2700	▲
		Leguminosen	1	35	+34	+3400	▲
		Holzige (* K)	-	3	+3	-	▲
		Holzige (* S)	-	5	+5	-	▲
2.2.	Initialwald	Gräser	12	22	+10	+83	▲
		Kräuter	3	25	+22	+733,3	▲
		Leguminosen	25	15	-10	-40	▼
		Holzige (* K)	-	3	+3	-	▲
		Holzige (* S)	-	5	+5	-	▲

(▼ abnehmend, ▲ zunehmend); (* K) = in der Krautschicht; (* S) = in der Strauchschicht

2005 stellten Kräuter jene Gruppe dar, die die niedrigste Deckung aufwiesen. Hierbei sei angemerkt, dass die applizierten Saatgutmischungen keine Kräuter enthielten und dass diese natürlich auf den Flächen aufkamen.

Betrachtet man den durchschnittlichen anteiligen Deckungsgrad der einzelnen Pflanzenfamilien aller Untersuchungsstandorte, dann lässt sich hier ein vergleichbares Bild ableiten. 2005 betrug der durchschnittliche anteilige Deckungsgrad von *Gräsern* auf allen Untersuchungsstandorten 21,25 %, währenddessen dieser 2019 bereits 25 % betrug. Die Familie der Gräser erfuhr somit, insgesamt betrachtet, einen, wenn auch bescheidenen Deckungsgradzuwachs. Der anteilige Deckungsgrad der *Kräuter* betrug 2005 4,4 %, währenddessen dieser 2019 bereits 24 % betrug. Die anteilige Deckung der Leguminosen belief sich 2005 auf 24 %, 2019 lag dieser bei 19 %.

Den größten durchschnittlichen Zuwachs am anteiligen Deckungsgrad im Betrachtungszeitraum 2005 bis 2019 erfuhr die Gruppe der Kräuter (+20 %punkte), gefolgt von der Gruppe der Gräser (+4 %punkte).

Keinen durchschnittlichen Zuwachs erfuhr die Gruppe der *Leguminosen*, hier kam es zu einer Abnahme von 5 %punkten.

4.3. Artenzusammensetzung und Häufigkeiten

4.3.1. Pflanzenarten

Alle untersuchten Flächen wurden im Jahr 2003 im Hydrosaatverfahren eingesät und kam dabei eine landwirtschaftliche Grünlandmischung laut österreichischem Mischungsrahmen bzw. eine Begrünungsmischung nach der eigenen Rezeptur Dr. Schaffer zur Anwendung. Die landwirtschaftliche Begrünungsmischung, die auf die Flächen 1.1. bzw. 1.2. appliziert wurde, setzte sich aus 10 verschiedenen Pflanzenarten zusammen und war nutzungsbedingt (landwirtschaftlich, Weideland) gräserbetont. Jene Mischung, die auf den Flächen 2.1. bzw. 2.2. aufgebracht wurde, setzte sich aus 17 verschiedenen Pflanzenarten zusammen. Beide Mischungen enthielten keine Kräuter.

Im Zuge der ersten vegetationskundlichen Aufnahme 2005 konnten auf allen Standorten insgesamt 51 Pflanzenarten bestimmt und gezählt werden. Bei der neuerlichen Aufnahme 2019 waren dies 68 Pflanzenarten. Das ergibt einen relativen Artenzuwachs von rund 35 % (absolut 17 Arten).

Die Anzahl der Arten bei Gräsern ging von 16 (2005) auf 15 (2019) zurück. Kräuter hingegen erfuhren während des Betrachtungszeitraums ein Plus. Waren 2005 24 Arten zählbar, so wurden 2019 36 verschiedene Kräuter gezählt. Die Leguminosen, bei denen 2005 11 Arten ermittelt wurden, erfuhren nur eine geringfügige Änderung. So wurden 2019 12 Arten festgestellt. Neu hinzu kamen die Gruppe der Holzigen, hier wurden 2019 5 Arten identifiziert.

4.3.2. Artenhäufigkeiten

Untersucht wurde auch die Häufigkeit der vorkommenden Pflanzenarten nach Familie. Die, nach Zählung, jeweils am häufigsten auftretenden Arten werden nachstehend genannt. Die Benennung der Arten erfolgte nach FISCHER, OSWALD & ADLER (2005).

4.3.2.1. Gräser (*Poaceae*) 2005 und 2019

2005 auf allen Standorten auftretend (100 %): *Dactylis glomerata* (Wiesenknaulgras), *Festuca rubra* agg. (Gewöhnlicher Rotschwingel)

2005 auf 3 von 4 Standorten auftretend (75 %): *Cynosurus cristatus* (Wiesenkammgras), *Lolium perenne* (Deutsches Weidelgras), *Phleum pratense* (Wiesenlieschgras), *Trisetum flavescens* (Wiesengoldhafer)

2019 auf allen Standorten auftretend (100 %): -

2019 auf 3 von 4 Standorten auftretend (75 %): *Carex flacca* (Blausegge), *Cynosurus cristatus* (Wiesenkammgras)

4.3.2.2. Kräuter 2005 und 2019

2005 auf allen Standorten auftretend (100 %): *Tussilago farfara* (Huflattich)

2005 auf 3 von 4 Standorten auftretend (75 %): *Plantago lanceolata* (Spitzwegerich), *Rumex obtusifolius* (Stumpfbblattampfer)

2019 auf allen Standorten auftretend (100 %): *Crepis biennis* (Wiesenpippau), *Leontodon hispidus* (Gewöhnlicher Leuenzahn, nach FISCHER et. al. 2005)

2019 auf 3 von 4 Standorten auftretend (75 %): *Galium verum* s. str (Echtes Labkraut), *Plantago lanceolata* (Spitzwegerich), *Taraxacum officinale* agg. (Gewöhnlicher Löwenzahn), *Tussilago farfara* (Huflattich), *Veronica chamaedrys* (Gewöhnlicher Gamander-Ehrenpreis)

4.3.2.3. Leguminosen (*Fabaceae*) 2005 und 2019

2005 auf allen Standorten auftretend (100 %): -

2005 auf 3 von 4 Standorten auftretend (75 %): *Lotus corniculatus* (Wiesenhornklee)

2019 auf allen Standorten auftretend (100 %): *Lotus corniculatus* (Wiesenhornklee)

2019 auf 3 von 4 Standorten auftretend (75 %): -

4.3.2.4. Holzige

2005 auf allen Standorten auftretend (100 %): -

2005 auf 3 von 4 Standorten auftretend (75 %): -

2019 auf allen Standorten auftretend (100 %): -

2005 auf 3 von 4 Standorten auftretend (75 %): -

5. DISKUSSION

5.1. Bodenspezifische Parameter

5.1.1. Bodentypen

Bei allen 2005 untersuchten Böden handelte es sich um den Bodensubtyp „Planieboden“ mit einer Horizontabfolge *Ynat – Cu*.

Gemäß der Gliederungskategorien der Österreichischen Bodensystematik ist dieser Bodensubtyp in die Ordnung der „**Terrestischen Böden**“ einzuordnen. Diese Einordnung erfolgt nach dem Wasserregime. Eine weitere Zuordnung besteht hinsichtlich seiner „**Klasse**“ und erfolgt aufgrund des Entwicklungszustandes, dem Grad der Horizontdifferenzierung sowie anderer, morphologisch wichtiger, Merkmale. So fallen alle Böden der Aufnahmen aus 2005 in die Klasse der „**Umlagerten Böden**“, welche durch „*natürliche oder künstliche Umlagerungsprozesse entstanden sind*“. In dieser Klasse kann nun der Bodentyp bestimmt und ein Subtyp zugeordnet werden. So handelt es sich bei allen Böden der Aufnahmen aus 2005 typologisch um „**Schüttungsböden**“ in der subtypischen Ausprägung „**Planieboden**“. In Hinblick auf dessen Varietät kann ebenso noch eine Differenzierung erfolgen. Hier können die Zusätze *carbonathaltig*, *carbonatfrei*, *pseudovergleyt* oder *vergleyt* zugeordnet werden.

Der Subbodentyp „**Planieboden**“ ist nun gemäß ÖBS (2011) wie folgt beschrieben:

„*Horizontabfolge: A – Ynat – Cu; Ynat – Cu; Ynat – Abeg – Cu;*

Definition und diagnostische Merkmale: Böden, die durch Auf- und/oder Umlagerung von oberflächennahem Bodenmaterial und/oder unterliegendem Grundgestein geprägt sind. Im Profil treten oft begrabene Humusschichten (Abeg) auf. Häufig sind kleine Nester oder unzusammenhängende Bänder bodenfremden Materials im Profil zu finden (ortsfremde Steine; ortsfremdes, ursprünglich bodenbürtiges organisches Material). Böden aus/auf Baugrubenaushub werden diesem Subtyp zugeordnet.

Varietäten: carbonhaltig, carbonatfrei, pseudovergleyt, vergleyt.“

Im Zuge der neuerlichen feldbodenkundlichen Aufnahmen 2019 konnten auf allen untersuchten Standorten überwiegend bereits weiterentwickelte Bodentypen ermittelt werden. Als vorherrschender Bodentyp kann in der vorliegenden Arbeit der Bodentyp „**Rendzina**“ in seiner subtypischen Ausprägung als „**Moder-Rendzina**“ herangezogen werden. Hier handelt es sich, der Ordnung nach, um einen „**Terrestrischen Boden**“, der der Klasse „**Terrestrische Humusböden**“ zuordenbar ist.

„**Moder-Rendzinen**“ wurden auf acht von zehn Standorten vorgefunden. Diese entwickelten sich im Laufe des Betrachtungszeitraums von 14 Jahren aus dem ursprünglichen Subtyp

„Planieboden“ mit der Horizontabfolge A – Bv, g – Abeg, y heraus. Bemerkenswert hierbei ist der Umstand, dass in der, dieser Untersuchung zugrunde liegenden Diplomarbeit 2005, im Punkt 8.1. Beurteilung der Bodenverhältnisse eine Vorausschau hinsichtlich der Weiterentwicklung der Böden erfolgte. Damals hieß es dort: *„Der vorherrschende Bodentyp wird sich, je nach Entwicklung des Humushorizontes, in eine carbonathaltige Braunerde oder in eine Mull-Pararendzina weiterentwickeln“*. Diese Aussage kann aufgrund der vorliegenden Datengrundlage verifiziert werden, wenngleich der aktuelle Entwicklungszustand des vorherrschenden Bodentyps nicht dem einer Mull-Pararendzina entspricht. Die Entwicklungstendenzen dahin gehen jedoch in die richtige Richtung und ist es eine Frage der Zeit, bis sich dieser Entwicklungszustand entstellt.

Als übergeordneter Bodentyp wird hier der Bodentyp „**Rendzina**“ beschrieben und aus der ÖBS zitiert:

„Horizontabfolge: Ahb – C; Ap – C; F. – H – Ahb – Cv – Cn; F – H – C;

Definition und diagnostische Merkmale: Humusboden auf festem oder lockeren Carbonatgestein mit mehr als 75 M.-% Carbonat- und Sulfatgehalt (berechnet als CaCO_3); meist stark humos und skelettreich; A-Horizont sehr stark carbonathaltig bis carbonatfrei, jedoch in der Regel basengesättigt, schwarz bis dunkelbraun (Calciumhumate), stets biogen akkumuliert; Gehalte an organischer Substanz bis 45 M.-% (26 M.-% C_{org}) werden bei Vorhandensein von typischen Mineralbodenmerkmalen toleriert. Bei Fehlen eines A-Horizontes muss ein durchgehenden H-Horizont mit deutlichen erkennbarem Mineralbodenanteil (Gesteinssplitter, Sand, Staub) vorhanden sein (Rendzinahumus). Das Ausgangsgestein beeinflusst in unterschiedlichem Maße die Bodenbildung und überwiegt in der Mineralbodenkomponente. Tonige und schluffige Komponenten des Solums können aus der Lösungsverwitterung des Gesteins in situ, aus vorverwittertem (reliktischem) oder eingewehtem Material stammen. Entscheidend sind der Profilaufbau und das Ausgangsmaterial.“

Neben dem vorherrschenden und quantitativ dominierenden Bodentyp wurde auf einem Standort der Bodentyp „**Braunerde**“, mit der Horizontabfolge A – Bv, g – Ag, beg, y, festgestellt. Der Bodentyp Braunerde ist der Klasse „**Braunerden**“ zugeordnet. Diese sind durch einen braun gefärbten B-Horizont gekennzeichnet. Die hier festgestellte Braunerde verfügt über einen B-Horizont mit einer Mächtigkeit von 23 cm. Dies entspricht, laut Einteilungskriterien, einer Mächtigkeit von über 15% in Bezug auf das Gesamtsolum.

Beschrieben wird dieser Bodentyp laut ÖBS (2011) wie folgt:

„Horizontabfolge: A – Bv – C; A – Bv – Cca; AB – C; A – BC – C;

Definition und diagnostische Merkmale: Braunerden sind Böden mit einem mehr oder weniger gefärbten B-Horizont. Dieser impliziert die Anreicherung bzw. Neubildung von Tonmineralen. Die Mächtigkeit erreicht mindestens 10cm oder 15% des Gesamtsolums (einschließlich AB- und

BC-Horizonte). Für die taxonomische Zuordnung zum Bodentyp Braunerde kann bereits eine undeutliche Braunfärbung des B-Horizontes ausreichen. Die Bodenart kann von sehr leicht bis sehr schwer reichen. Auch die Amplitude anderer Eigenschaften ist sehr breit – so reicht die Gründigkeit von seicht- bis tiefgründig. Ein Carbonatgehalt ist in jedem Horizont möglich, in der Regel dominieren jedoch die carbonatfreien Formen. Dementsprechend sind die ökologischen Eigenschaften sehr unterschiedlich. Da die Entkalkung für die Entstehung von Braunerden eine entscheidende Rolle spielt, erfolgt die weitere Einteilung nach dem Auftreten von Carbonaten sowie deren Verteilung im Profil. Ist eine Tonverlagerung erkennbar, deren Ausmaß nicht für die taxonomische Zuordnung zum Bodentyp Parabraunerde ausreicht, spricht man von lessivierten Braunerden. Braunerden können infolge Erosion oder kolluvialer Verlagerung ein Profil aufweisen, bei dem die Merkmale der typischen Ausprägung der Braunerde fehlen oder nur ein sekundär schwach entwickelter A-Horizont über einen verbliebenen BC-Horizont oder Cv, b liegt. Erodierte Braunerden stellen eine Übergangsform zu Pararendzinen und Rankern dar, mit denen sie häufig vergesellschaftet vorkommen.“

Auf einem Standort blieb der Bodentyp unverändert und betrifft dies den „Sonderstandort“ 2.1., der als einziger Standort im Untersuchungsgebiet nicht mit einer Waldbodenaufgabe versehen wurde. Hier blieb der Bodentyp „**Planieboden**“ grundsätzlich erhalten. Auf die Beschreibung dieses Bodentyps wird an dieser Stelle verzichtet, zumal dies im Zusammenhang mit dem 2005 vorherrschenden Bodentyp bereits erfolgte.

5.1.2. Bodenart

Die Beurteilung in Bezug auf die Änderung der Bodenart erfolgte mittels Einteilung der jeweiligen Bodenart in Schwereklassen. Diese Schwereklassen sind in der Bodenzustandsinventur (1996; 26, 28) dargestellt.

Tabelle 13: Einteilung der Bodenarten nach Schwereklassen. Modifizierte Darstellung. Quelle: Bodenzustandsinventur, 1996

Klasse / Stufe	Bodenschwere	Bodenart
I	sehr leicht	z. B. Sand
II	leicht	lehmiger Sand (IS)
III	mittelschwer	sandiger Lehm (sL)
IV	schwer	Lehm (L)
V	sehr schwer	z. B. Ton

Aus der Bodenmatrix geht hervor, dass die Bodenart auf dem Standort 1.1. im Wesentlichen unverändert blieb. Lediglich beim zweiten Bodenprofil auf dieser Fläche verschlechterte sich die Bodenart und wurde schwerer. Auf Fläche 1.2. kam es zu einer Verbesserung der Bodenart. Diese veränderte sich von sandigem Lehm hin zu lehmigem Sand und wurde somit leichter. Auf der Fläche 2.1., also auf jener Fläche, auf die kein Waldboden aufgebracht wurde, verschlechterte sich die Bodenart von sandigem Lehm hin zu Lehm. Dieser Boden wurde schwerer. Die Bodenart auf der Fläche 2.2. blieb, mit sandigem Lehm als Bodenart, gänzlich

unverändert. Grundsätzlich handelt sich in der vorliegenden Untersuchung auf allen Standorten um leichte bis schwere Böden, wobei der überwiegende Anteil eine mittelschwere Bodenschwere aufweist.

In Bezug auf die Bodenart meint BLUM (2012), dass *„Körnung und Bodenart in enger Beziehung zu Wasser- und Nährstoffhaushalt, sowie zur Durchwurzelung und Bearbeitbarkeit stehen. Sie bestimmen – gemeinsam mit anderen Faktoren – die Bodenfruchtbarkeit.“* Überdies meint BLUM (2012, 52), dass *„Böden mit ausgeglichener Körnung, z. B. sL = sandiger Lehm, günstig sind“*.

Als vorherrschende Bodenart kann in der vorliegenden Untersuchung die Bodenart „sandiger Lehm (sL)“ angeführt werden, zumal diese aktuell auf zwei Flächen, nämlich auf der Fläche 1.1. bzw. 2.2., dominiert.

5.1.3. Bodengefüge und Bodenstruktur

In Bezug auf die Beurteilung des Bodengefüges soll eine Definition nach NESTROY (2015) einen Denkanstoß liefern.

„Unter Bodenstruktur (Bodengefüge) wird die räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile verstanden, wobei in manchen Ländern noch zwischen Struktur und Gefüge unterschieden wird.“ Ferner meint NESTROY, dass *„Das Bodengefüge für den Bodenwasser- und Lufthaushalt, die Durchwurzelbarkeit, die Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen und vor allem für die Bearbeitbarkeit der steuernde Faktor ist“* und sagt weiters: *„Allgemein kann gesagt werden, je dichter das Gefüge ist, desto ungünstiger wirkt sich dies auf den Boden aus“*.

2005 wurde das Bodengefüge auf den jeweiligen Teilflächen als dicht bis schwach feinporös bewertet und konnte bereits 2019 hier eine Veränderung festgestellt werden. Das aktuell vorherrschende Bodengefüge hat sich verbessert und kann nun mit schwach feinporös bis porös bewertet werden. Die untersuchten Böden sind in Summe somit lockerer geworden. Vor allem in Hinblick auf die Bodenstruktur, und hier in Hinblick auf die Aggregatstruktur, kam es zu einer Verbesserung der Bodenaggregate und konnten 2019 auf allen untersuchten Flächen (fein-)krümelige Strukturen nachgewiesen werden.

5.1.4. Bodenkonsistenz

Die Bodenkonsistenz liefert Informationen zur Bearbeitbarkeit von Böden. NESTROY (2015) definiert diese wie folgt: *„Unter Konsistenz (auch Kohärenz) versteht man feuchtigkeitsabhängige bodenphysikalische Eigenschaften, wie fest, plastisch, zähflüssig. Der Bereich zwischen der Ausrollgrenze (halbfest zu steifplastisch) und Fließgrenze erlaubt Schlüsse auf die Tonmenge und Tonqualität. Zugleich kann auch die Klebrigkeit des Bodens bestimmt werden. Die als Atterberg-Konstanten bezeichneten Kenngrößen vermitteln eine rasche und gute Information über das physikalische Verhalten eines Bodens bezüglich Bearbeitungsmöglichkeiten und bei Meliorationsmaßnahmen“.*

Die Bodenkonsistenz liefert also, vereinfacht ausgedrückt, Informationen, die für die Bearbeitbarkeit von Böden von Interesse sind. Dies trifft vor allem auf ackerbaulich genutzte Standorte zu, die jedoch in dieser Untersuchung nicht vorliegen. Hinsichtlich etwaiger Veränderungen der Bodenkonsistenz kann jedoch festgehalten werden, dass diese nur geringfügige Veränderungen, in bessere bzw. schlechtere Konsistenz, erfuhr und überwiegend konstant blieb.

5.1.5. Bodenfarbe

„Die Bestimmung der Bodenfarbe erfolgt Mithilfe von Farbtafeln (Munsell Soil Color Chart). Die Bodenfarbe wird durch Zahlen und Buchstaben für den Farbton (hue), die Helligkeit (value) und die Farbintensität (chroma) sowie durch Farbbezeichnungen, die auf der, der Farbkarte jeweils gegenüberliegenden Seite angegeben sind, bezeichnet (z. B. gelblich-braun 10 YR 5/6). Für jeden Farbton gibt es eine eigene Farbtafel, auf der die Helligkeit von unten nach oben und die Farbintensität von links nach rechts steigen. Es können jeweils auch Zwischenstufen angegeben werden.“ (Bodenzustandsinventur 1996)

NESTROY (2015) meint dazu folgendes: *„Die Bodenfarbe spiegelt die vergangenen wie auch gegenwärtigen Oxidations- und Reduktionsverhältnisse im Boden wider. Sie wird von Humus, von Eisen- und Manganoxiden u. a. m. sowie – in manchen Fällen sogar dominant – von der Farbe des Substrats bestimmt.“*

In der vorliegenden Arbeit kam es bei fünf von zehn untersuchten Bodenproben zu keiner Änderung der Bodenfarbe, diese blieb konstant. Dementsprechend konnten hier auch keine Veränderungen festgestellt werden. In vier Einzelfällen änderte sich die Bodenfarbe in Richtung dunklerer Farbtöne. Dies kann aus der Erhöhung des Humusgehaltes resultieren. Lediglich eine Bodenprobe wies in Bezug auf die Bodenfarbe im Vergleich zur ermittelten Bodenfarbe aus 2005 eine Änderung in Richtung Helligkeit auf.

5.2. Bodenspezifische Veränderungen

Die wohl markanteste und sichtbarste Veränderung in Bezug auf Boden resultierte aus einer Veränderung der Bodenhorizonte heraus. Insgesamt wurden 2019 auf vier Untersuchungsflächen zehn Bodenprofile beschrieben, wovon sich auf drei Untersuchungsflächen neun Bodenprofile deutlich feststellbar veränderten. Lediglich auf einer Untersuchungsfläche konnte keine Veränderung des Bodenprofils nachgewiesen werden.

2005 war der Bodentyp „Planieboden“ auf allen Untersuchungsflächen vorherrschend, 2019 konnten auf drei Untersuchungsflächen bereits (weiter-)entwickelte Böden der Bodentypen „Moder-Rendzina“ und „Braunerde“ beschrieben werden.

Nachstehend werden alle Untersuchungsflächen hinsichtlich deren bodentypischen, bodenphysikalischen bzw. bodenchemischen Änderungen vergleichend dargestellt.

5.2.1. Untersuchungsfläche 1.1.

Im Zuge der ersten feldbodenkundlichen Aufnahmen 2005 wurde auf der Untersuchungsfläche 1.1. der Bodentyp „**Planieboden**“ festgestellt. Dieser Bodentyp war mittels zwei Bodenhorizonten charakterisiert. Dabei handelte es sich um einen aufliegenden *Ynat*-Horizont, der im Wesentlichen den geschütteten Waldboden darstellte, sowie einen unterlagernden *Cu*-Horizont, der sich aus dem verkippten Abraummateriel zusammensetzte.

2019 wurde ein bereits entwickelter Bodentyp vorgefunden werden. Dabei handelte es sich um den Bodentyp „**Rendzina**“ in seiner subtypischen Ausprägung als „**Moder-Rendzina**“. Aus dem ursprünglichen *Ynat*-Horizont (Waldbodenauftrag) entwickelten sich ein Auflagenhorizont (A) sowie ein tagwasserbeeinflusster Verwitterungshorizont (*Bvg* = *Cv*) heraus. Darunterliegend konnte ein begrabener Horizont (*Ag*, *beg*, *y*) angesprochen werden, der, nach wie vor, im Wesentlichen das verkippte Abraummateriel darstellte.

Vergleich bodenphysikalischer Eigenschaften 2005 und 2019:

Verglichen werden hier die beiden Auflagenhorizonte *Ynat* (2005) sowie A (2019) hinsichtlich sicht- und feststellbarer Eigenschaften, welche im Zuge der feldbodenkundlichen Arbeiten erhoben werden konnten. Veränderungen ergaben sich hier in Hinblick auf die Bodenstruktur. Diese entwickelte sich von undeutlich mittelpaltig hin zu undeutlich feinkrümelig. In Bezug auf die Porosität änderte sich das Gefüge weg von schwach feinporös hin in Richtung porös. Die Bodenfarbe blieb annähernd gleich, ebenso die Bodenkonsistenz hinsichtlich Klebrigkeit und Plastizität des Bodens. Der neu entstandene *Bvg* = *Cv*-Horizont stellt hier, mit seinen spezifischen Merkmalen, ebenso eine Veränderung im grundsätzlichen Aufbau dieses Bodentyps dar.

Vergleich bodenchemischer Parameter 2005 und 2020:

Verglichen werden die bodenchemischen Parameter *Humusgehalt*, *pH-Wert* sowie die Gehalte an „*pflanzenverfügbaren*“ *Phosphor (P)* und *Kalium (K)* der Jahre 2005 bzw. 2020 anhand der definierten Versorgungsstufen gemäß der „Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland“.

Gehalte an Humus:

2005 wurde der Gehalt an Humus dieser Untersuchungsfläche mit einem Anteil von 2,8 – 3,2 % als mittel eingestuft. Aktuelle Ergebnisse zeigen auf dieser Untersuchungsfläche einen Rückgang des Humusgehaltes (1,2 – 2,2 %) und eine daraus resultierende niedrige Einstufung.

Bodenreaktion / pH-Wert:

Im Jahr 2005 lag die Bodenreaktion auf diesem Standort im neutralen Bereich (pH 7,2). Hierbei kam es zu einer Verschiebung in den schwach sauren Bereich und liegt gegenwärtig der pH-Wert bei 6,5. Dieser Wert ist für die Nutzung als Weideland noch immer hoch, liegen doch anzustrebende pH-Werte für die Grünlandnutzung, in jeweiliger Abhängigkeit der Bodenschwere, bei pH 5 bis pH 6.

Gehalte an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor (P):

Die Gehalte an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor erfuhren während der letzten 15 Jahre keine wesentliche Änderung und ist der Standort hinsichtlich seiner P-Versorgung nach wie vor als sehr niedrig versorgt einzustufen.

Gehalte an „pflanzenverfügbarem“ Kalium (K):

Im Vergleich zum Ausgangsjahr 2005 kam es auch hier zu keiner wesentlichen Änderung des Gehaltes an „pflanzenverfügbarem“ Kalium. Der Standort ist 2005 und 2020, hinsichtlich seiner Versorgung, als niedrig einzustufen.

In Hinblick auf Veränderungen der bodenchemischen Parameter erfuhr diese Untersuchungsfläche während der letzten 14 Jahre keine nennenswerte Änderung. Der Gehalt an Humus ist mit mittel eingestuft, hier bedarf es keiner weiteren Maßnahme. Auch in Hinblick auf die Bodenreaktion gibt es keinen Handlungsbedarf, der pH-Wert ist zwar zu hoch, liegt jedoch noch im anzustrebenden schwach sauren Bereich. Die Gehalte an „pflanzenverfügbaren“ Phosphor und Kalium sind deutlich zu niedrig. Gründe hierfür sind vor allem in der fehlenden Düngung auf Teilfläche 1.1. zu finden. Hier würde eine Phosphor- bzw. Kali-Düngung durchaus positive Aspekte auf diesen Standort herbeiführen.

5.2.2. Untersuchungsfläche 1.2

Auch hier wurde 2005 der Bodentyp „**Planieboden**“ festgestellt. 2019 konnten hier jedoch drei verschiedene, jedoch „untereinander vergesellschaftete“ Bodentypen vorgefunden werden. Dabei handelte es sich um den Bodentyp „**Verbraunte Moder-Rendzina**“ am Bodenprofil 1, um eine „**Carbonathaltige Braunerde**“ am Bodenprofil 2 sowie eine, bereits zuvor gefundene, „**Moder-Rendzina**“. Die Gründe für diese drei unterschiedlichen Bodentypen auf der Fläche 1.2. liegen höchstwahrscheinlich in der inhomogenen Schüttung der Fläche, die eine Materialdurchmischung bedingte. Überdies handelt es sich bei den gegrabenen Profilen um sog. „Stockwerksprofile“ – bereits bestehende Bodenhorizonte wurden technisch überschüttet und so neu geschichtet. Gemeinsam verfügen die drei Bodentypen über die jeweils gleiche Horizontabfolge A – Bv,g=Cv – Ag, beg, γ, jedoch sind diese jeweils unterschiedlich ausgeprägt.

Die „Verbraunte Moder-Rendzina“ am Bodenprofil 1 weist einen mittel ausgeprägten, 13 cm mächtigen und verbrauchten Bv-Horizont auf, der auf einem begrabenen A-Horizont aufliegt, welcher wiederum das geschüttete Abraummateriale darstellt. Die „Carbonathaltige Braunerde“ am Bodenprofil 2 weist hingegen einen 23 cm mächtigen Bv-Horizont auf, dessen Entwicklung wahrscheinlich aufgrund der ungleichmäßigen und inhomogenen Schüttung begünstigt wurde. Der gesamte Bv-Horizont ist durchgehend deutlich braun gefärbt, seine Mächtigkeit erreicht mehr als 15 % des Gesamtsolums (> 10 cm). Die „Moder-Rendzina“ auf Bodenprofil 3 verfügt lediglich über zwei schwach ausgeprägte Mineralbodenhorizonte, die zusammen eine Mächtigkeit von 10 cm aufweisen. Für diesen Umstand dürfte ebenso die inhomogene Schüttung verantwortlich sein. Beide Horizonte liegen auf dem geschütteten Abraummateriale auf, welches den unterlagernden, begrabenen, Ag, beg, γ-Horizont darstellt.

Vergleich bodenphysikalischer Eigenschaften 2005 und 2019:

Verglichen werden auch hier die sicht- und feststellbaren Veränderungen der beiden Auflagenhorizonte Ynat sowie A.

Bodenstruktur: Die Bodenstruktur entwickelte sich im Betrachtungszeitraum 2005 – 2019 von undeutlich feinkrümig hin zu undeutlich feinkrümig. In Summe sind die Aggregate feiner geworden und ist dieser Umstand vor allem der höheren Durchwurzelung durch Pflanzen geschuldet. Auch hinsichtlich der Porosität sind Veränderungen ableitbar. Während 2005 das Gefüge auf der Untersuchungsfläche 1.2. mit dicht angesprochen wurde, so änderte dieses seinen Zustand in porös. Dies bedingt ein größeres Porenvolumen mit damit verbundenen, besseren, Eigenschaften in Bezug auf den Bodenwasser- bzw. Bodenlufthaushalt. Auch hier ist die „Arbeit“ der Pflanzen mit deren Durchwurzelungstätigkeit als Verursacher für diese Verbesserung anzusehen. Die Bodenfarbe erfuhr ebenso eine Änderung, diese änderte sich von gelblich braun (10 YR 5/4) hin zu dunkel gelblich braun (10 YR 4/4) und kann dies als Zeichen für die Steigerung des Humusgehaltes auf dieser Teilfläche zu werten. Die Bodenkonsistenz erfuhr

keine Veränderung und ist diese weiterhin mit nicht klebend und schwach plastisch einzustufen.

Vergleich bodenchemischer Parameter 2005 und 2020:

Gehalte an Humus:

2005 wurde der Gehalt an Humus auf dieser Untersuchungsfläche mit niedrig eingestuft (1,0 – 1,3 %). 2020 weist diese Untersuchungsfläche bereits einen höheren Humusgehalt auf (2,0 – 4,4 %) und wird aktuell hinsichtlich ihres Humusgehaltes mit mittel eingestuft.

Bodenreaktion/pH-Wert:

Hinsichtlich Bodenreaktion kam es auf dieser Untersuchungsfläche zu keiner Änderung. 2005, als auch 2020, lag der pH-Wert im neutralen Bereich.

Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor (P):

Die Gehalte an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor erfuhren auch hier, über die letzten 15 Jahre hinweg, keine wesentliche Änderung und ist dieser Standort in Bezug auf seine Versorgung mit Phosphor nach wie vor mit sehr niedrig einzustufen.

Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Kalium (K):

2005 wurde die Versorgung dieser Untersuchungsfläche noch mit niedrig bzw. sehr niedrig eingestuft. Hier kam es in den letzten 15 Jahren zu einer wesentlichen Änderung bzw. in weiterer Folge zu einer Freisetzung von Kalium, sodass 2020 diese Untersuchungsfläche in Hinblick auf deren Versorgung an „pflanzenverfügbarem“ Kalium mit ausreichend eingestuft werden kann.

Aus den Ergebnissen der chemischen Analyse auf der Untersuchungsfläche 1.2. geht hervor, dass diese vor allem in Bezug auf deren Gehalt an Humus bzw. Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Kalium eine positive (= steigende) Veränderung erfuhr. Hier besteht kein Handlungsbedarf. In Bezug auf die Bodenreaktion bleibt der pH-Wert gleich, hier wäre jedoch auch ein pH-Wert-Verschiebung in Richtung schwach sauer förderlich. Der Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor liegt im sehr niedrigen Bereich und ist dies auf die fehlende Düngung bzw. fehlende Nachlieferung an Phosphor zurückzuführen. Düngemaßnahmen würden hier die Situation verbessern.

5.2.3. Untersuchungsfläche 2.1.

2005 und 2019 konnte auf dieser Untersuchungsfläche jeweils der Bodentyp „**Planieboden**“ festgestellt werden. Der Bodentyp blieb hier unverändert und wies nahezu dieselbe Horizontabfolge auf. Der aufliegende Ynat-Horizont veränderte sich in seiner tiefenhaften Ausprägung nicht, der unterlagernde Bv,g = Cv-Horizont war jedoch tiefgründiger ausgeprägt. 2005 war das Bodenmaterial ein Gemenge aus mineralischem Feinmaterial, 2019 lag bereits ein humoser Auflagenhorizont vor. Dieser Umstand ist wahrscheinlich auf die aufgebrachte Begrünung zurückzuführen. Die Untersuchungsfläche erfuhr keine Pflege- oder Bewirtschaftungsmaßnahmen und war „sich selbst“ überlassen. Eine Nachlieferung an organischem Material durch abgestorbene Pflanzen erfolgte somit jährlich wiederkehrend.

Vergleich bodenphysikalischer Eigenschaften 2005 und 2019:

Der Vergleich der beiden Ynat-Horizonte aus 2005 und 2019 lieferte auf den ersten Blick wenige Informationen. Gründe hierfür sind in der Erstaufnahme 2005 zu suchen, bei der das geschüttete Abraummaterial wenig bodenkundliche Rückschlüsse zuließ. Die Aufnahme 2019 zeigt einen differenzierteren Bodenaufbau mit einer klaren Horizontabfolge (bedingt vor allem durch die Färbung aus Verwitterungsprozessen). Die Bodenstruktur war undeutlich feinkblockig und das Gefüge bereits schwach porös. Hinsichtlich Bodenkonsistenz blieb das Material schwach klebend, veränderte jedoch seine Eigenschaften in Hinblick auf die Plastizität insofern, als das 2019 eine starke Plastizität ermittelt werden konnte. Es konnte jedoch eine erhöhte Durchwurzelung des Bodens festgestellt werden.

Vergleich bodenchemischer Parameter 2005 und 2020:

Gehalte an Humus:

2005 und 2020 wurde diese Untersuchungsfläche jeweils als niedrig versorgt eingestuft. Trotz hoher Nachlieferung an organischem Material stieg der Gehalt quantitativ von 0,4 % (2005) auf (nur) 0,6 % (2020).

Bodenreaktion/pH-Wert:

Der pH-Wert blieb während der letzten 15 Jahre nahezu unverändert und liegt diese Untersuchungsfläche hinsichtlich deren Bodenreaktion weiterhin im alkalischen Bereich.

Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor (P):

Die Gehalte an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor erfuhren während der letzten 15 Jahre keine wesentliche Änderung und ist der Standort hinsichtlich seiner P-Versorgung nach wie vor als sehr niedrig versorgt einzustufen.

Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Kalium (K):

Im Vergleich zum Ausgangsjahr 2005 kam es auch hier zu einer Erhöhung des Gehaltes an „pflanzenverfügbarem“ Kalium. War der Standort 2005 mit „pflanzenverfügbarem“ Kalium noch niedrig versorgt, so ist 2020 die Versorgung dieses Standortes bereits mit hoch einzustufen.

Auf dieser Untersuchungsfläche sind positive Veränderungen in Bezug auf den Humusgehalt (prozentuell jedoch marginal) sowie hinsichtlich des Gehalts an „pflanzenverfügbaren“ Kalium während des Betrachtungszeitraums ableitbar. Hinsichtlich Bodenreaktion und dem Gehalt an „pflanzenverfügbaren“ Phosphor blieb das Säuremilieu bzw. die Versorgungsstufe gleich. Ein Handlungsbedarf ist auf dieser Fläche nicht gegeben, zumal diese Fläche eine sich selbst überlassene Fläche ist.

5.2.4. Untersuchungsfläche 2.2.

2005 wurde auf dieser Untersuchungsfläche der Bodentyp „**Planieboden**“ festgestellt. 2019 konnte hier bereits der Bodentyp „**Verbraunte Moder-Rendzina**“ nachgewiesen werden. Dieser Bodentyp ist durch drei Bodenhorizonte gekennzeichnet. Die Bodenprofile 1 und 3 wiesen dabei die Horizontabfolge A-Bh,v-Cu auf, währenddessen das Bodenprofil 2 einen reduzierten Aufbau mit der Horizontabfolge A-Cu zeigte. Dieses Profil war stark kolluvial beeinflusst, sodass ein mächtiger A-Horizont daraus resultierte. Auch wies dieses Bodenprofil eine leichte Verbraunung auf.

Vergleich bodenphysikalischer Eigenschaften 2005 und 2019:

In Hinblick auf die Entwicklung der Bodenstruktur konnten hier keine gravierenden Veränderungen abgeleitet werden und blieb die Bodenstruktur auf zwei von drei Profilstandorten nahezu unverändert. Lediglich der Profilstandort 3 erfuhr eine Strukturverbesserung von veränderte sich diese von undeutlich feinkblockig kantengerundet hin zu undeutlich krümelig. Die Porosität des Bodens jedoch erfuhr eine Veränderung. 2005 wies diese Fläche ein dichtes Gefüge auf, 2019 konnte bereits ein schwach feinporöses bis porös Gefüge ermittelt werden. Die Bodenfarbe änderte sich geringfügig und blieb mit dem Wert 10 YR 4/4 nahezu gleich. Zu keiner wesentlichen Änderung kam es in Bezug auf die Bodenkonsistenz, die blieb mit schwach klebend bzw. schwach plastisch nahezu gleich. Auch der Grad der Durchwurzelung blieb gleich.

Vergleich bodenchemischer Parameter 2005 und 2020:

Gehalte an Humus:

Der Gehalt an Humus wurde 2005, als auch 2020 als niedrig eingestuft und kam es hier nur prozentuell zu einem Zuwachs. Lagen die Gehalte an Humus im Jahr 2005 bei 0,1 - 0,6 %, so stiegen diese geringfügig auf 0,6 - 0,7 % an.

Bodenreaktion/pH-Wert:

Im Jahr 2005 lag die Bodenreaktion auf diesem Standort im alkalischen Bereich (pH 7,5). Auch 2020 wurde mit einem pH-Wert von 7,3 eine alkalische Bodenreaktion nachgewiesen. Hier kam es zu keiner Veränderung und blieb die Bodenreaktion auf diesem Standort gleich.

Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor (P):

Die Gehalte an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor erfuhren während der letzten 15 Jahre keine wesentliche Änderung und ist der Standort hinsichtlich seiner P-Versorgung nach wie vor als sehr niedrig versorgt einzustufen.

Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Kalium (K):

Im Vergleich zum Ausgangsjahr 2005 kam es auch hier zu einer Erhöhung des Gehaltes an „pflanzenverfügbarem“ Kalium. War der Standort 2005 mit „pflanzenverfügbarem“ noch niedrig bis ausreichend versorgt, so war 2020 die Versorgung dieses Standortes bereits mit ausreichend bis hoch einzustufen.

Die Humusgehalte auf dieser Untersuchungsfläche erfuhren während der letzten 15 Jahre einen Zuwachs, wenngleich dies keinen Einfluss auf den Grad der Versorgungsstufe hatte und bleibt diese mit niedrig gleich. Keine Änderungen konnten auch bei Bodenreaktion und Versorgung mit „pflanzenverfügbaren“ Phosphor festgestellt werden, auch hier blieben die Werte konstant. Relativ betrachtet kam es zu einer Erhöhung der Gehalte an „pflanzenverfügbaren“ Kalium, die Versorgung stieg auf ausreichend bis hoch.

5.3. Zusammenfassung Untersuchungsflächen

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich auf drei von vier Standorten Boden weiterentwickelt hat, dies ist durch das Vorliegen neuer Bodentypen belegt. Die Ausbildung neuer Bodenhorizonte ist dafür das markanteste Indiz. Lediglich eine Untersuchungsfläche erfuhr keine wie auch immer geartete Veränderung in Bezug auf deren vorherrschenden Bodentyp.

Betrachtet man nun den Parameter Bodenstruktur auf den drei entwickelten Untersuchungsflächen, so blieb diese zumindest auf einer Untersuchungsfläche gleich und verbesserte sich auf zwei weiteren. Der Parameter Porosität verbesserte sich jeweils auf allen drei, die Parameter Bodenfarbe und Bodenkonsistenz blieben überwiegend konstant. Die nicht entwickelte Untersuchungsfläche blieb ohne jegliche Veränderung von Bodenstruktur, Porosität, Bodenfarbe bzw. Bodenkonsistenz konstant unverändert.

Die bodenchemischen Parameter Gehalt an Humus, Bodenreaktion, Gehalte an „pflanzenverfügbaren“ Phosphor und Kalium variierten zwar absolut, jedoch nicht in der relativen Betrachtung mittels Versorgungsstufe. Die Gehalte an Humus zeigen Zuwachs, Abnahme und Stagnation. Die Bodenreaktion blieb überwiegend unverändert und liegt auf allen Untersuchungsflächen im schwach sauren bis leicht alkalischen Bereich. Die Versorgung an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor ist nach wie vor unverändert sehr niedrig, währenddessen die Versorgung an „pflanzenverfügbarem“ Kalium auf drei Untersuchungsflächen anstieg und ein hohes Versorgungsniveau erreichte.

6. DISKUSSION

6.1. Bodenbildung

6.1.1. Ausgangssituation

2003 starteten umfangreiche Rekultivierungsarbeiten im „Grubenfeld Claudia“. In diesem Grubenfeld wurde in Tagebauweise der Rohstoff Gips gewonnen und implizierte dieser Vorgang enorme Massenbewegungen, die einen deutlich sichtbaren Eingriff im bestehenden Landschaftsgefüge hinterließen.

So galt es, in Hinblick auf die Bestimmungen des MinroG, Maßnahmen zu treffen, die eine zukünftige Oberflächennutzung im ehemaligen „Grubenfeld Claudia“ sicherstellen konnten. Dabei bildete die Rückverfüllung abbaubedingter Hohlräume und Bermen die erste Maßnahme. Verkippt wurde großblockiges Abraummaterial (Totgestein), das keiner Rohstoffverwertung zugeführt werden konnte und temporär im Gipsbergbau gelagert wurde. Diese Blöcke bilden den Unterbau, auf den weiteres Abraummaterial unterschiedlicher Körnung gekippt wurde. Verkippungsbedingte Klüfte und Hohlräume wurden mit feinerem Abraumaterial verstürzt und wurde mit diesem Material die eigentliche Oberfläche gestaltet, auf die schlussendlich flächig Waldboden aufgetragen wurde.



Abbildung 17: Unterbau auf den Flächen 2.1. (im Hintergrund) und 2.2. (im Vordergrund). Quelle: Eigene Aufnahme, 2003.

Nach Fertigstellung der Oberfläche erfolgte (meist) im selben Jahr die Ansaat der Flächen im Hydrosaatverfahren. Dabei wurde mittels Pumpe ein in Wasser gelöstes Gemenge aus Saatgut, Düngemitteln und Bodenhilfsstoffen, unter Druck, auf die jeweiligen Flächen appliziert.



Abbildung 18: Applikation des Saatgutes im Hydrosaatverfahren. Quelle: DDr. Roman Schaffer, 2003.

Diese Arbeiten und Maßnahmen stellten 2005 die Grundlage der ersten feldbodenbodenkundlichen, bodenchemischen und vegetationskundlichen Aufnahmen dar.

6.1.2. Boden 2005 bzw. 2019

2005 wurden auf allen, dieser Untersuchung zugrunde liegenden Flächen, Boden des Bodentyps „*Planieboden*“ mit der Horizontabfolge *Ynat* – *Cu* festgestellt. Dabei handelt es sich um einen Boden, der durch einen menschlich-technischen Eingriff durch Umlagerung von (Boden-)Materialien neu geschaffen wurde. Der Bodenaufbau dieses Bodentyps ist im gegenständlichen Fall durchwegs homogen: Auf die geschüttete Basis (*Cu*-Horizont) wurde Waldboden, in unterschiedlicher Ausprägung, aufgebracht. So erreichen die *Ynat*-Horizonte, je nach Fläche, eine Mächtigkeit von bis zu 25 cm.

2019, 14 Jahre später, konnten auf allen Standorten Böden der Bodentypen „*Moder-Rendzina*“ bzw. „*Braunerde*“ festgestellt werden. Diese Bodentypen haben sich im

Laufe der letzten 14 Jahre aus dem Bodentyp „*Planieboden*“ heraus entwickelt. Eine Bodenentwicklung hat also stattgefunden und kann dabei von einem Reifeprozess gesprochen werden.

6.1.3. Bodenentwicklung auf den Standorten

Bei allen 2005 untersuchten Böden handelt es sich um Böden des Bodentyps „*Planieboden*“. *Planieböden* sind anthropogen beeinflusste, durch Menschenhand entstandene Böden, die trotz deren Entstehung einer Bodenentwicklung unterliegen, zumal die Faktoren der Boden-genese weiterhin auf den Boden einwirken (vgl. BLUM, 2012). Die Entwicklung von Böden aus künstlichen Aufträgen natürlicher Substrate ähnelt der Entwicklung von Böden aus natürlichen Sedimenten und kann sich beispielsweise innerhalb weniger Jahrzehnte aus umgelager-tem Löss genauso eine Pararendzina entwickeln wie aus Löss selbst (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 2018). Im vorliegenden Beispiel ist dies zweifellos der Fall, denn wurde im Zuge der laufenden Grubenerweiterung Waldbodenboden aus Rodungen abgetragen, zwischengelagert und auf ein fertiggestelltes Planum aus Abraummaterial wieder aufgebracht. Einzig die Fläche 2.1. stellt hier eine Ausnahme dar, da diese mit einer derartigen Auflage nicht versehen wurde und die Bodenbildung direkt am geschütteten Substrat erfolgte bzw. erfolgen musste.

Seit 2003 herrschen nun neue Böden auf dem ehemaligen „Grubenfeld Claudia“ vor und unterliegen einer wie auch immer gearteten Bodenentwicklung. Die 2019 identifizierten Bodentypen werden nun nachstehend hinsichtlich derer Genese beschrieben.

6.1.4. Bodentyp „*Moder-Rendzina*“

Dieser Bodentyp wurde 2019 auf acht von zehn Flächen vorgefunden und ist dieser als dominierender Bodentyp in dieser Untersuchung anzusehen. Der Bodentyp wird gemäß ÖBS (2011) wie folgt charakterisiert:

„Definition und diagnostische Merkmale:

Humusform Moder, Kalk-Moder; L+F-Horizont 2 bis 15 cm, falls nicht flächendeckend zumindest 5 cm; meist sehr stark humos; lose, strukturlos, im Humus reichlich unvollständig zersetzte Pflanzenreste; Auflagehumus auch stark sauer und carbonatfrei, z.T. mit geringer biologischer Aktivität. Der Carbonatgehalt stammt von Gesteinssplintern und neu gebildeten Kalkkrusten am Grobskelett, das Humusmaterial selbst kann hingegen sauer sein, ist jedoch meist voll basengesättigt. In warm-trockenen Lagen auch humusärmer, hoher Carbonatgehalt, vergleichsweise wenig zersetzter Bestandesabfall mit feinkörnigem Gesteinsdetritus vermengt, deutlich gehemmte Zersetzung des organischen Bestandesabfalls infolge Trockenheit.

Nutzung, Vegetation, Umweltaspekte:

Wald (geringe bis mittlere Bonität); Erosionsgefährdung.“

Die Untersuchungsergebnisse belegen, dass es sich bei dem aufgebrachten Material um autochthonen Waldboden handelt. KILIAN (1993, vgl. Punkt 3.1.5.) weist als ursprünglich vorkommenden Boden im Wuchsgebiet 4.1. die stark dominierende Rendzina aus. Überdies beschreibt die ÖBS (2011) Wald als die darauf stehende Vegetation und ist in diesem Zusammenhang die Kenntnis darüber, dass das ehemalige „Grubenfeld Claudia“ vor Beginn der bergmännischen Aktivität Wald war, überaus relevant.

Dies lässt den (forensischen) Schluss zu, dass auf jenen acht Flächen, auf denen der Bodentyp „Moder-Rendzina“ gefunden wurde, keine wesentliche Bodenentwicklung stattgefunden hat, sondern dass sich auf diesen Flächen im Laufe der letzten 14 Jahre wieder das natürliche Gefüge des ursprünglich vorkommenden Bodentyps eingestellt hat bzw. gerade dabei ist sich wieder einzustellen.

Dieser Schluss ist in Hinblick auf die Rekultivierung des gesamten Bergbauareals von äußerster Bedeutung, denn bestätigt dieser Schluss das zugrundeliegende Rekultivierungskonzept, die durchgeführten Arbeiten und ferner das Rekultivierungsziel, wenngleich die Flächen unterschiedlich genutzt sind.

6.1.5. Bodentyp „Braunerde“, Subtyp „Carbonathaltige Braunerde“

Auf einer von zehn Flächen wurde der Bodentyp „Carbonathaltige Braunerde“ vorgefunden und ist dieser Bodentyp aus dem Bodentyp „Planieboden“ hervorgegangen. Die „Braunerde“ wird gemäß ÖBS (2011) wie folgt definiert:

„Definition und diagnostische Merkmale:

Braunerden sind Böden mit einem mehr oder weniger braun gefärbten B-Horizont. Dieser impliziert die Anreicherung bzw. Neubildung von Tonmineralen. Die Mächtigkeit erreicht mindestens 10 cm oder 15 % des Gesamtsolums (einschließlich AB und BC-Horizonte). Für die taxonomische Zuordnung zum Bodentyp Braunerde kann bereits eine undeutliche Braunfärbung des B-Horizontes ausreichen. Die Bodenart kann von sehr leicht bis sehr schwer reichen. Auch die Amplitude anderer Eigenschaften ist sehr breit – so reicht die Gründigkeit von seicht- bis tiefgründig. Ein Carbonatgehalt ist in jedem Horizont möglich, in der Regel dominieren jedoch die carbonatfreien Formen. Dementsprechend sind die ökologischen Eigenschaften sehr unterschiedlich. Da die Entkalkung für die Entstehung von Braunerden eine entscheidende Rolle spielt, erfolgt die weitere Einteilung nach dem Auftreten von Carbonaten sowie deren Verteilung im Profil. Ist eine Tonverlagerung erkennbar, deren Ausmaß nicht für die taxonomische Zuordnung zum Bodentyp Parabraunerde ausreicht, spricht man von lessivierten Braunerden.

Braunerden können infolge Erosion oder kolluvialer Verlagerung ein Profil aufweisen, bei dem die Merkmale der typischen Ausprägung einer Braunerde fehlen und nur ein sekundär schwach entwickelter A-Horizont über einem verbliebenen BC-Horizont oder Cv,b liegt. Erodierte Braunerden stellen eine Übergangsform zu Pararendzinen und Rankern dar, mit denen sie häufig vergesellschaftet vorkommen.

Nutzung, Vegetation und Umweltaspekte:

Acker, Grünland, Dauerkulturen, Wald, vorwiegend Laub- und Laubmischwaldstandorte; sehr unterschiedliche Trophiestufen (Nährstoffausstattung) in Abhängigkeit von Gründigkeit, Bodenschwere und Skelettgehalt.

Subtyp „Carbonathaltige Braunerde“:

*Carbonathaltiges Ausgangsmaterial und/oder Matrix, z.T. feindispers oder in Form von Grob-
stoff oder Verwitterungsnestern.“*

Bei Braunerden handelt es sich um Böden, die durch eine Horizontabfolge A-B-C gekennzeichnet sind. Merkmalsgebend ist der B-Horizont, der durch Verwitterungsprozesse, mehr oder weniger intensiv, braun gefärbt ist.

Der Standort, auf dem dieser Bodentyp vorgefunden wurde, ist landwirtschaftlich als Weideland genutzt und ist, hinsichtlich des Bodenreifungsprozesses, in der Beurteilung des Bodentyps die Anwendung der Zustandsstufen nach GÖRZ zulässig. Zustandsstufen beschreiben den Entwicklungsgrad von Böden. Maßgebend hierbei sind Bodeneigenschaften, die aufgrund der Einwirkung von Klima, Vegetation und Geländegestaltung bedingt sind (vgl. OEHMICHEN, 1983).

Ausgangspunkt der Bodenbildung stellt hierbei der aufgebrauchte Waldboden dar, die wahrscheinlich durch eine ungleichmäßige und inhomogene Schüttung auf diesem Standort begünstigt wurde. Das beschriebene Bodenprofil weist ein Solum von insgesamt 32cm auf, 23cm entfallen davon auf den Bv,g-Horizont. Der A-Horizont ist humos, die Durchwurzelung greift in eine Tiefe von mehr als 30cm.

Im Gegensatz zu Ackerböden existieren bei Böden unter Grünland nur drei Zustandsstufen, die entweder einen Reifeprozess (Verbesserung) oder einen Degradationsprozess (Verschlechterung) beschreiben. Stufe III bezeichnet rohes Gestein mit dünner Verwitterungsdecke, Stufe II leitet die zunehmende Bodenbildung bzw. zunehmende Durchwurzelungstiefe ab und Stufe I beschreibt einen reifen, humosen, tiefgründigen, nicht entkalkten Boden mit besten physikalischen Eigenschaften (vgl. OEHMICHEN, 1983).

In Hinblick auf die Tatsache, dass der dominierende Bodentyp eine „Moder-Rendzina“ darstellt kann daraus abgeleitet werden, dass sich die vorgefundene „Carbonathaltige Braunerde“ aus diesem Bodentyp entwickelt hat, wenngleich beide Böden in dieselbe Zustandsstufe (Zustandsstufe II) fallen. Die Entwicklung dieses Bodentyps aus dem Bodentyp „Planieboden“ heraus ist eher unwahrscheinlich, zumal der aufgebrauchte Waldboden das Ausgangssubstrat der Bodenbildung darstellt. Sprich: Die Bodenbildung fand lediglich im Ynat-Horizont statt.

6.1.6. Bodentyp „Planieboden“

2005 als auch 2019 wurde einzig auf der „Sonderfläche“ 2.1. der Bodentyp „Planieboden“ vorgefunden. Diese Fläche stellt in dieser Untersuchung jene Fläche dar, die nicht mit einem Waldbodenauftrag versehen wurde. Die Bodenbildung erfolgte hier auf dem geschütteten, kalkhaltigen Abraummaterial. Stellt man nun die beiden Bodenprofile der Jahr 2005 bzw. 2019 gegenüber, dann lässt sich erkennen, dass in Bezug auf die Mächtigkeit des Auflagenhorizontes keine wesentliche Veränderung feststellbar ist. In beiden Jahren betrug die Mächtigkeit des Ynat- bzw. A-Horizontes 5 cm. Blickt man jedoch eine „Etag“ tiefer, dann lässt sich ein anderes Bild generieren. Aus dem unterlagernden Cu-Horizont entstand innerhalb von 14 Jahren ein BCv-Horizont, der eine Mächtigkeit von 15 cm aufweist. Dieser Mischhorizont steht in Verbindung mit dem A- bzw. Cu-Horizont und vice versa. Trivial ausgedrückt wird dieser Horizont von oben „gefüttert“. Die Vegetation liefert organische Substanz, der Boden baut Humus auf (vgl. Humusgehalte 2005 bzw. 2019, Tabelle 24). Ebenso von oben infiltriert Niederschlags- bzw. Schmelzwasser in untere Bodenschichten und bedingt dies chemische Verwitterungsprozesse im unteren Teil des BVC-Horizontes. 2005 konnte keine Durchwurzelung festgestellt werden, 2019 reichten die Wurzeln bereits in eine Tiefe von bis zu 19 cm. Die Bodenart erfuhr eine Änderung von sandigem Lehm in Lehm, die Bodenstruktur blieb gleich jedoch änderte sich das Gefüge von dicht in schwach feinporös.

Dieser Boden, der sich auf einem Extremstandort befindet, entwickelt sich allmählich. Dies lässt sich anhand der dargestellten Parameter darstellen. Interessant ist hier vor allem der Umstand, dass gerade auf dieser Fläche die höchsten Zuwächse hinsichtlich des Deckungsgrades vorzufinden sind. Hier gibt es einen Zuwachs von 68,5 Prozentpunkten oder, relativ gesehen, von 1.141 Prozent(!).

6.1.7. Faktoren der Bodengenese

Wissensstand ist jener, dass sich innerhalb eines Zeitraums von 16 Jahren zumindest zwei verschiedene Bodentypen aus dem Ausgangsbodentyp „Planieboden“ herausentwickelt haben.

Es wird nun versucht darzulegen, welche Faktoren maßgeblich die Bodengenese beeinflusst, begünstigt oder auch gehemmt haben.

- *Abiotischer Faktor Gestein*

Verwitterndes, natürlich vorkommendes Gestein stellt in der Regel die Basis der Bodenbildung dar. Die Ausnahme stellen Materialien dar, die durch anthropogenen Einfluss entstanden sind (z. B. Kippsubstrate des Bergbaus, Bauschutt, Schlacken und dergleichen). Diese können als Gemenge oder als sortenreine Substrate geschüttet werden. Sie werden als anthropogene Ausgangsgesteine bezeichnet und können bereits als Boden (z. B. Technosole nach WRB-Klassifikation) angesehen werden (vgl. SCHEFFER/SCHACHTSCHABL, 2018).

2003 wurde im ehemaligen „Grubenfeld Claudia“ mit der Verkipfung von kalkhaltigem Abraummaterial eine völlig neue Oberflächenstruktur bzw. -gestalt geschaffen, die als Basis für weitere Rekultivierungsmaßnahmen diente. Eine solche Rekultivierungsmaßnahme war beispielsweise die Aufbringung von autochthonem Waldboden, der primär die Funktion als Begrünungssubstrat und Pflanzenstandort erfüllen sollte.

Das mineralische Gestein wurde mit einer organischen Schicht überzogen, bei der es sich um einen umlagerten und bereits entwickelten Boden handelte. Der geschüttete Untergrund wurde somit konserviert und war dieser nicht „in der Pflicht“ Boden bilden zu müssen, zumal der aufliegende Waldboden als Puffer für sämtliche bodenbildende Faktoren fungierte. Auf drei von vier untersuchten Flächen war dies der Fall und wurden darauf Bodentypen gefunden, die bereits in deren Entwicklungsstadium höher fortgeschritten waren als jener Boden, der auf der nicht mit Waldboden überzogenen Fläche festgestellt wurde. Auf dieser einen Fläche, nämlich der Fläche 2.1., musste die Bodenbildung direkt am geschütteten (klastischen) Abraummaterial stattfinden und ist dies in dieser Untersuchung jener Standort, dessen eigentliche Entwicklung vom Ausgangsgestein abhängig ist.

Auf drei Flächen spielte somit das Ausgangsgestein für die Bodenbildung eine untergeordnete Rolle, auf einem Standort war dieses wirklich das Ausgangsmaterial.

- *Abiotischer Faktor Relief*

Alle Untersuchungsflächen befanden sich in Hanglage und wiesen eine Neigung von ca. 22° auf. Die Hanglage bereitete vor allem der Fläche 2.1. Schwierigkeiten, weil Niederschläge starke Erosionsschäden verursachten und Schäden an Boden und Vegetation durch Abschwemmung entstanden. Zeugnis dafür sind in der Fläche selbst zu finden: Dezimetertiefe Gräben durchziehen die Fläche 2.1. in der Falllinie von oben nach unten (vgl. hierzu Abbildung 7). Alle anderen Untersuchungsflächen wiesen keine Schäden durch Erosion auf.

- *Abiotischer Faktor Klima*

Niederschlag: Niederschlagswässer lösen Stoffe im Boden, machen diese für Pflanzen verfügbar und waschen diese aber auch in tiefere Bodenschichten aus. In den Jahren 2005 bis 2019 fielen im Untersuchungsgebiet jährlich durchschnittlich 1.583 mm Niederschlag zu Boden (vgl. Tabelle 1). Niederschläge haben Einfluss auf das Erosionsgeschehen (vgl. abiotischer Faktor Relief) sowie die Auswaschung von (Nähr-)Stoffen. In bodenchemischer Hinsicht ist dies vor allem bei den Gehalten von Kalium messbar, die sich in den letzten Jahren deutlich erhöht haben. Im Gegensatz zu Phosphor: Hier kam es zu einem Rückgang der Gehalte durch Auswaschung, aber auch durch den Entzug von Pflanzen.

Temperatur: Die Jahresmitteltemperatur im Untersuchungsgebiet beläuft sich auf +3,8° C. Maßgeblich ist die Dauer der Vegetationsperiode, dies ist vor allem für die Entwicklung der Vegetation relevant, zumal diese als Lieferant für organische Substanz die Bodenbildung beeinflusst.

Wind: Hier konnten keine Daten in Erfahrung gebracht werden. Aufgrund des Bewuchses und der hohen Deckungsgrade kann davon ausgegangen werden, dass dieser Faktor, wenn überhaupt, eine untergeordnete Rolle spielt. Hinsichtlich Austrocknung und damit verbundener eingeschränkter Wasserverfügbarkeit ist Wind jedoch ein Thema.

- *Biotischer Faktor Vegetation*

Auf drei von vier Flächen kam es zu einer Erhöhung der Deckungsgrade, lediglich eine Fläche erfuhr eine Reduktion. Die Steigerung der Deckungsgrade bedingt direkt eine Steigerung der Biomasse auf den jeweiligen Standorten, die vor allem auf den Standorten 2.1. sowie 2.2. für die Bodenbildung eine wesentliche Rolle spielen. Totes Pflanzenmaterial verbleibt auf der Fläche und kann so zu Humus umgewandelt werden.

- *Biotischer Faktor Tiere*

Der Umbau bzw. die Zersetzung von toter organischer Substanz impliziert die Anwesenheit von Insekten und Mikroben, die diese zersetzen, umwandeln und eine Bautätigkeit, beispielsweise von Humus, bewirken. Der Regenwurm, der als Indikator der Bodenfruchtbarkeit steht, konnte überdies auf mehreren Flächen angefundener werden. Somit spielt der biotische Faktor Tiere ebenso eine wesentliche Rolle.

- *Biotischer Faktor Mensch*

Das menschliche Tun manifestiert sich vor allem durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Flächen 1.1. bzw. 1.2. Diese werden während der Sommermonate mit Vieh bestoßen

und bringt dieser Viehtrieb einen zusammengefasst negativen Aspekt auf die Bodenbildung mit sich. Durch den Entzug von Biomasse durch das aufgetriebene Vieh bzw. durch die Nichtpflege der Weideflächen (z. B. Mulchen nach der Weideperiode) ist die Bodenbildung eingeschränkt. Zu beachten ist hier der Umstand der Geländeneigung in Kombination mit dem Viehtritt, der bei nassen Verhältnissen äußerst negativ wirkt.

- *Faktor Zeit*

Betrachtet man nun den Zeitraum dieser Untersuchung, also die Jahre 2005 bis 2019, dann kann man feststellen, dass sich während dieser kleinen Zeitspanne in Hinblick auf die Werdung des Bodens viel getan hat. Die aufgebrachten Waldbodensubstrate sind dabei, ihren eigentlichen Aufbau wiederherzustellen und sich herauszubilden, währenddessen die Bodenbildung auf dem Standort 2.1. bereits deutlich erkennbar ist. Der Faktor Zeit bestimmt, natürlich im Zusammenhang des Einflusses der oben genannten Faktoren, letztlich den Endzustand des Bodens bzw. die Endgesellschaft der Vegetation.

6.1.8. Vegetation 2005 und 2019

In diesem Vergleich werden die Deckungsgrade der Erhebungen 2005 mit jenen aus dem Jahr 2019 gegenübergestellt.

Die Deckungsgrade der landwirtschaftlich als Weideland genutzten Flächen betrugen im Jahr 2005 jeweils 70 %. 2019 wies die Fläche 1.1. einen Rückgang und die Fläche 1.2. einen Zuwachs des Deckungsgrades auf. Diese negativen und positiven Differenzen lassen auf eine Entwicklung schließen, wenngleich die „Amplitude“ in zwei Richtungen ausschlägt. Die Vegetation kann sich verschlechtern oder verbessern. Dies ist höchstwahrscheinlich in Abhängigkeit mit den bodenchemischen Verhältnissen zu sehen, die sich hemmend oder fördernd auf die Vegetation auswirken.

Untersuchungsfläche 1.1.: Betrachtet man die bodenchemischen Untersuchungsergebnisse (vgl. Tabelle 10), dann ist hier erkennbar, dass keine wesentlichen Veränderungen in Bezug auf Humusgehalt, Bodenreaktion und Gehalte an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor und Kalium erfolgte. Der Gehalt an Humus sank in Bezug auf die Versorgungsstufe, die Bodenreaktion änderte sich in den schwach sauren Bereich und die Gehalte an Phosphor und Kalium stagnierten. Offensichtlich ist dieser Standort unterversorgt und zeigt sich dieses Defizit in der darauf wachsenden Vegetation, der Deckungsgrad sank um 10 %Pkte auf 60 %.

Untersuchungsfläche 1.2.: Diese zeigt ein anderes Bild. Im Vergleich zu 2005 stiegen die Gehalte an Humus und ist die Fläche hinsichtlich ihrer Humusversorgung mit mittel bis hoch eingestuft. Die Bodenreaktion blieb im neutralen Bereich gleich, ebenso der Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor. Die Versorgung an „pflanzenverfügbarem“ Kalium erfuhr während

der letzten Jahre einen Aufschwung und ist diese mit ausreichend bis hoch eingestuft. Die bodenchemischen Parameter zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen dem Humusgehalt, der Bodenreaktion und den gebundenen Nährstoffen im Boden zur Vegetation besteht und ist dies deutlich in der Zu- bzw. Abnahme des Deckungsgrades erkennbar. So nimmt beispielsweise die Verfügbarkeit der Hauptnährstoffe unter einem pH-Wert von 5,5 ab (vgl. Richtlinien zur sachgerechten Düngung, 2017). Der Deckungsgrad der Untersuchungsfläche 1.2. stieg, und zwar um 15 %Pkte von 70 auf 85 %. Miteinhergehend stieg auf das Niveau der Kaliumversorgung und ist die Fläche mit „pflanzenverfügbarem“ Kalium ausreichend bis hoch versorgt. Die Wirkung von Kalium in der Pflanze wird im nächsten Absatz erläutert.

Untersuchungsfläche 2.1.: Der Deckungsgrad auf dieser „Sonderfläche“ betrug 2005 6,5 %. 2019 erhöhte sich dieser auf 75 %. Das entspricht einem relativen Zuwachs von 1.141 % (!). Vergleicht man hier nun auch die chemischen Untersuchungsergebnisse (vgl. Tabelle 10), dann lässt sich auch hier erkennen, dass die Gehalte an Humus (niedrig) sowie die Gehalte an „pflanzenverfügbarem“ Kalium (hoch) jeweils gestiegen sind, währenddessen die Bodenreaktion (alkalisch) und der Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor wiederum konstant blieben. Kalium spielt in dieser Betrachtung eine spezielle Rolle, zumal die Verfügbarkeit bzw. die Versorgung im Boden hoch ist und dies einen direkten Einfluss auf die Vegetation hat. Die Untersuchungsfläche 2.1. ist grundsätzlich als trockener Standort anzusehen, fallende Niederschläge infiltrieren nur schwer in den Boden. Trotzdem stieg der Deckungsgrad auf dieser Fläche enorm an und ist dies mit dem Verhalten von Kalium in den Pflanzen selbst erklärbar. K⁺-Ionen wirken osmotisch und begünstigen den pflanzlichen Wasserzustand (Hydratur). So können gut mit Kalium versorgte Pflanzenbestände Wasser schneller aufnehmen und zudem Bodenwasser besser nutzen. Die Verdunstung vom Wasser über die Spaltöffnungen der Blätter (Transpiration) wird gesenkt, dies hat eine große Toleranz gegenüber Frost- und Dürreereignissen.

Untersuchungsfläche 2.2.: Im Vergleich zum Jahr 2005 wuchs der Deckungsgrad von 40 % auf 70 % an. Auch hier zeigt sich ein ähnliches Bild (vgl. Tabelle 10) wie bereits bei den Flächen mit Deckungsgradzuwachsen zuvor. Bodenreaktion und Gehalt an „pflanzenverfügbaren“ Phosphor gleichbleibend, Gehalt an Humus gleichbleibend, aber noch immer niedrig versorgt und Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Kalium steigend (ausreichend bis hoch versorgt). Auch hier zeigt Kalium seine bedeutende Rolle.

6.1.9. Wirkungsgefüge Boden und Vegetation

Auf den zu rekultivierenden Flächen wurde Bodenmaterial aufgetragen, das vornehmlich der aufgebrachten Begrünung einen Standort zur Entwicklung der Vegetation bot. Dies ist im Zusammenhang mit dem Rekultivierungskonzept zu sehen, denn galt es ja, die zukünftige Oberflächennutzung im Sinne der Bestimmungen des MinroG sicherzustellen. Diese Nutzung ist zum Teil bereits sichergestellt und betrifft dies den landwirtschaftlich als Weideland genutzten Teil. Eine forstliche Nutzung kann derzeit nicht erfolgen, zumal die forstlichen Bestände noch

lange nicht hiebsreif sind und wird der Entwicklungsprozess der forstlichen Gehölze noch mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmen.

Boden und Vegetation stehen in dieser Untersuchung in enger Verbindung. Die Analyse der vier Untersuchungsflächen zeigt jedoch, dass der Bodentyp keinen wesentlichen Einfluss auf die darauf wachsende Vegetation hat. Ein direkter Vergleich aller vier Untersuchungsfläche ist hier aufgrund der verschiedenen Nutzungen nicht möglich. Die Untersuchungsflächen 1.1. bzw. 1.2. unterliegen einer extensiven landwirtschaftlichen Nutzung und werden diese beiden Flächen während der Sommermonate mit Weidevieh bestoßen. In Summe gesehen leidet hier die Vegetation. Bodenverdichtung, Vertritt und Erosion durch Viehtrieb, Entzug von organischem Pflanzenmaterial durch Weidevieh und ein eingeschränktes Nährstoffangebot lassen die Deckungsgrad, wenn überhaupt, nur spärlich anwachsen. Durch gezielte Pflegemaßnahmen und eine standortgerechte Düngung könnte die Situation hier wahrscheinlich besser aussehen.

Die beiden Untersuchungsflächen 2.1. bzw. 2.2. sind Flächen, die absolut keiner Nutzung unterliegen. Sie wurden gezielt, mit dem Ziel der Wiederherstellung einer Waldgesellschaft, angelegt und sind sich selbst überlassen. Die Untersuchungsfläche 2.1. weist mit dem Bodentyp „Planieboden“ wohl den am wenigsten entwickelten Boden auf. Trotzdem ist der Deckungsgrad, und hier vor allem der Zuwachs des Deckungsgrades, enorm bemerkenswert. Auch die Untersuchungsfläche 2.2. wies einen enormen Anstieg des Deckungsgrades auf.

Es kann somit nicht der Schluss gezogen werden, dass schlechte Bodenverhältnisse gleichzeitig schlechte Vegetationsverhältnisse bedingen.

Aus der Untersuchung geht grundsätzlich hervor, dass sich Boden auf drei von vier Untersuchungsflächen entwickelt hat bzw. dass der Prozess der Bodenentwicklung gerade im Gange ist. Würde man den Faktor Vegetation nun ausblenden und die Bodenentwicklung ohne diesen Faktor ablaufen lassen, dann wäre die Entwicklung längst nicht in einem derart fortgeschrittenen Stadium.

Die Vegetation erfüllt wertvolle Funktionen und unterstützt die Bodenbildung, ferner die Bodenentwicklung. Vor allem die Schutzfunktion in Bezug auf Erosion ist hervorzuheben. Ohne Vegetation würde Boden erodieren, Starkniederschläge würden ohne die interzeptive Wirkung von Pflanzenteilen Bodenmaterial abschwemmen und an anderer Stelle ablagern. Pflanzenwurzeln tragen wesentlich zur Durchlüftung von Böden bei, haben aber auch eine drainierende Wirkung und erleichtern so die Infiltration von Niederschlägen. Dies wirkt sich, gesamt gesehen, wiederum auf die Bodenfeuchte bzw. den Bodenwasserhaushalt aus, die wiederum für die in ihm wachsenden Pflanzen wichtig sind. Auch bietet Boden den Lebensraum für in Symbiose lebende Bakterien (vgl. hierzu Knöllchenbakterien bei Leguminosen). Diese Bakterien binden den Luftstickstoff im Wurzelbereich der Pflanzen und bringen so den „Stickstoffkreislauf“ in Bewegung, der wiederum positive Auswirkungen auf den

Gesamtpflanzenbestand hat. Auch speichert Boden Pflanzennährstoffe, unter anderem Phosphor und Kalium, die wesentlichen Einfluss auf den nachhaltigen Gesamtpflanzenbestand in Bezug auf Reifestadium und Diasporenbildung haben. Als wichtigster Pflanzennährstoff kann in dieser Untersuchung Kalium hervorgehoben werden.

6.1.10. Abschließende Betrachtung

In Bezug auf den Betrachtungszeitraum 2005 bis 2019 ist abschließend und zusammenfassend festzuhalten, dass sowohl Bodenentwicklung als auch Vegetationsentwicklung stattgefunden haben. Die untersuchten Böden wiesen 2019 deutlich ausgeprägtere Merkmale als 2005 auf. Vor allem ist dies in der Horizontdifferenzierung sichtbar. Mehr oder weniger humose Auflagenhorizonte bieten der darauf stehenden Vegetation ausreichend Wurzelraum und Nährstoffe.

Haben die gesetzten Rekultivierungsmaßnahmen nun gefruchtet und hat sich das ehemalige „Grubenfeld Claudia“ in die Landschaft eingefügt?

Diese Frage ist mit einem Ja zu beantworten. Die Bemühungen und Aufwände im Zusammenhang mit der Rekultivierung dieses ehemaligen Bergbaustandortes lassen sich anhand der Boden- und Vegetationsentwicklung darstellen. Diese ist zum heutigen Zeitpunkt als positiv zu beurteilen und zeigen die Ergebnisse beeindruckende Zahlen. So kam es innerhalb der letzten 14 Jahre zu einem Zuwachs von 17 verschiedenen Pflanzenarten. Dies ist den geschaffenen Standortverhältnissen geschuldet, die in Bezug auf die vorkommenden Böden jeweils gute Pflanzenstandorte darstellen.

Ebenso hervorzuheben ist der überwiegende Anstieg der Deckungsgrade auf den jeweils untersuchten Flächen. Diese sorgen für geschlossene Pflanzenbestände und so für ein zusammenhängend „grünes“ Erscheinungsbild.

Die Wiedereingliederung des ehemaligen bergmännisch genutzten „Grubenfeldes Claudia“ in das bestehende Landschaftsgefüge ist gelungen und konnten hier, durch eine Vision und einem fachlich fundiertem Rekultivierungskonzept, neue Flächen entstehen, die gleichzeitig neue Lebens- und Erholungsräume für Mensch und Tier darstellen.



Abbildung 19: Das ehemalige "Grubenfeld Claudia" kurz vor der Gesamtfertigstellung. Quelle: A. Schönauer, 2008.

7. LITERATURVERZEICHNIS

ALTERMANN, M. ROSCHE, O. (2002): Standortkennzeichnung und –bewertung als Grundlage für die standortbezogene und umweltschonende Landnutzung, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle, S. 75-78.

BLUM, W. E. H. (2012): Bodenkunde in Stichworten. 7. Auflage. Gebr. Borntraeger, Stuttgart. 176 S.

BLUM, W.E.H., H. SPIEGEL, und W.W. WENZEL (1996): Bodenzustandsinventur - Konzeption, Durchführung und Bewertung, Arbeitsgruppe Bodenzustandsinventur der ÖBG; 2. Auflage. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft; Wien, 102 S.

BMLFUW (2017): Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland. 7. Auflage. Wien, 117 S.

BRÄUNIG, A. (2001): Entwicklung forstlich rekultivierter sowie renaturierter Böden und Simulation ihres Wasserhaushaltes in der Mitteldeutschen Braunkohlen-Bergbaufolgelandschaft. Dissertation an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, 181 S.

CANDRA NYOMAN, I, GERZABEK, M.H., OTTNER, F., WRIESSNIG, K., TINTNER, J., SCHMIDT, G., RECHBERGER, M.V., RAMPAZZO, N., ZEHETNER, F. (2021): Soil development and mineral transformations along a 1-million-year chronosequence on the Galápagos Islands. *Soil Sci. Soc. America J.* 85, 2077-2099.

DJUKIC, I., ZEHETNER, F., MENTLER, A., GERZABEK, M.H. (2009): Microbial community composition and activity in different Alpine vegetation zones. *Soil Biol. & Biochem.* 42, 155-161.

DJUKIC, I, ZEHETNER, F, WATZINGER, A, HORACEK, M, GERZABEK, M.H. (2013): In situ carbon turnover dynamics and the role of soil microorganisms therein: a climate warming study in an Alpine ecosystem. *FEMS MICROBIOLOGY ECOLOGY* 83/1, 112-124.

FISCHER, M. A., ADLER, W., OSWALD, K., (2008): Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. 3. Auflage. Land Oberösterreich, OÖ Landesmuseen, Linz, 1392 S.

FRANK, G. (2007): Aktuelle Vegetation, Potentielle Natürliche Waldgesellschaften und Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen. Land Oberösterreich, Naturschutzabteilung, Linz. 37 S.

FRANZETTI, A., PITTINO, F., GANDOLFI, I., AZZONI R. S., DIOLAIUTI, G., SMIRAGLIA, C., PELFINI, M., COMPOSTELLA, C., TURCHETTI, B., BUZZINI, P., AMBROSINI, R. (2020): Early ecological succession patterns of bacterial, fungal and plant communities along a chronosequence in a recently deglaciated area of the Italian Alps, *FEMS Microbiology Ecology*, Volume 96, Issue 10, October 2020, f1aa165, <https://doi.org/10.1093/femsec/f1aa165>

GASCHICK, V. (2008): Neuanlage von Grünland auf Tagebauflächen im rheinischen Braunkohlerevier. Diplomarbeit an der Universität Oldenburg, 170 S.

GERZABEK, M.H. und F. ZEHETNER (2022): Auf Darwins Spuren: Bodenbildung, Bodennutzung und Gefährdung der Galápagos' Böden. Vortrag, Kommission für Interdisziplinäre Ökologische Studien der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 9.6.2022, Wien.

GERZABEK, M.H., RECHBERGER, M.V., SCHMIDT, G., WRIESSNIG, K., ZEHETNER, F. (2022): Soil organic carbon and fine particle stocks along a volcanic chrono- and elevation-sequence on the Galápagos archipelago/ Ecuador. Geoderma Regional, online published.

HOLUB, B., SACHSENHOFER, R. (1993): Anwendung geophysikalischer Prospektionsmethoden auf kalkalpine Gipsvorkommen (Admont, Liezen) in der Steiermark. Arch. F. Lagerst.forsch. Geol. B. -A., Wien, S. 29-40.

JIANG, Y., LEI, Y., QIN, W., KORPELAINEN, H., LI, C. (2019): Revealing microbial processes and nutrient limitation in soil through coenzymatic stoichiometry and glomalin-related soil proteins in a retreating glacier forefield, Geoderma 338,313-324,<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.12.023>

JOCHIMSEN, M., HARTUNG, J., FISCHER, I. (1995): Spontane und künstliche Begrünung der Abraumhalden des Stein- und Braunkohlenbergbaus. Bericht der Reinh.-Tüxen-Ges., Hannover, S. 69-88.

KILIAN, W., MÜLLER, F., STARLINGER, F. (1993): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Forstliche Bundesversuchsanstalt Waldforschungszentrum, Wien. 60 S.

LMBV (2001): Wissenschaftliche Begleitung der ostdeutschen Braunkohlesanierung. Eigenverlag der LMBV, Berlin. 327 S.

NESTROY, O (2015): Den Boden verstehen. Leopold Stocker Verlag, Graz – Stuttgart. 216 S.

NESTROY, O., DANNEBERG, O. H., ENGLISCH, M., GESSL, A., HAGER, H., HERZBERGER, E., KILIAN, W., NELHIEBEL, P., PECINA, E., PEHAMBERGER A., SCHNEIDER, W., WAGNER J. (2000): Systematische Gliederung der Böden Österreichs (Österreichische Bodensystematik 2000). Mitt. der Österr. Bodenkundl. Ges., Heft 60, Wien.

NESTROY, O., AUST, G., BLUM, W. E. H., ENGLISCH, M., HAGER, H., HERZBERGER, E., KILIAN, W., NELHIEBEL, P., ORTNER, G., PECINA, E., PEHAMBERGER, A., SCHNEIDER, W. WAGNER, J. (2011): Systematische Gliederung der Böden Österreichs (Österreichische Bodensystematik 2000 in der revidierten Fassung von 2011). Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., Heft 79, Wien.

NIESSING, S. (2005): Begrünungsmaßnahmen auf der Rückstandshalde des Kaliwerkes Sigmundshall in Bokeloh. Dissertation an der Universität Kassel, 190 S.

OEHMICHEN, J. (1983): Pflanzenproduktion. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. 531 S.

PERATONER, G, PÖTSCH, E. (2015): Erhebungsmethoden des Pflanzenbestandes im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum. S 15-22.

PRONK, G.J., HEISTER, K., VOGEL, C., BABIN, D., BACHMANN, J., DING, G.C., DITTERICH, F., GERZABEK, M.H., GIEBLER, J., HEMKEMEYER, M., KANDELER, E., MOUVENCHERY, Y.K., MILTNER, A., POLL, C., SCHAUMANN, G.E., SMALLA, K., STEINBACH, A., TANUWIDJAJA, I., TEBBE, C.C., WICK, L.Y., WOCHER, S.K., TOTSCHE, K.U., SCHLOTTER, M., KOEGL-KNABNER, I. (2017) Interaction of minerals, organic matter, and microorganisms during biogeochemical interface formation as shown by a series of artificial soil experiments. BIOL FERT SOILS 53(1), 9-22.

SCHAFFER, R. (2011): Untersuchung rekultivierter Halden am Steirischen Erzberg mit besonderer Berücksichtigung von Boden und Vegetation. Dissertation an der Universität Salzburg, 248 S.

SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. (2018): Lehrbuch der Bodenkunde. 17. Auflage. Springer-Verlag GmbH Deutschland. Berlin, 749 S.

SCHRÖDER, D., STEPHAN, S. SCHULTE-KARRING, H. (1985): Eigenschaften, Entwicklung und Wert rekultivierter Böden aus Löß im Gebiet des Rheinischen Braunkohlen-Tagebaues. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. Wiley-VCH GmbH, Weinheim. 148 S.

SICHLER, M. (2006): Naturraumkartierung Oberösterreich – Biotopkartierung Gemeinde Spital am Pyhrn Süd. Land Oberösterreich, Naturschutzabteilung, Linz. 387 S.

TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich. Deuticke Verlag, Wien. 710 S.

ZEHETNER, F., LAIR, G.J., GERZABEK, M.H. (2009): Rapid carbon accretion and organic matter pool stabilization in riverine floodplain soils. Global Biogeochemical Cycles 23, GB4004, doi:10.1029/2009GB003481.

Internetquellen:

KLIMAATLAS STEIERMARK, www.umwelt.steiermark.at, Stand: März 2021

GEOGRAFISCHES INFORMATIONSSYSTEM STEIERMARK, <http://gis.steiermark.at>; Stand: März 2021

CLIMATE-AIR-INFORMATION-SYSTEM FOR UPPER AUSTRIA (CLARISA), <https://www.doris.at/themen/umwelt/clairisa.aspx>; Stand: März 2021

8. ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

8.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des ehemaligen Gipsbergbaues am Pyhrnpass. Quelle: DORIS, 2021.	12
Abbildung 2: Luftbild (21.09.2019) des ehemaligen Gipsbergbaues am Pyhrnpass. Quelle: DORIS, 2021.	12
Abbildung 3: Geologische Karte (M = 1:20.000) des Untersuchungsgebiets. Quelle: DORIS, 2021	13
Abbildung 4: Klimaregion H.3 Warscheneck bis Pyhrngas mit Hintersteineralm und Messstation Linzer Haus, unkartierter Bereich. Quelle: GIS Steiermark, 2021.....	15
Abbildung 5: Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Quelle: FBVA, 1993.	17
Abbildung 6: Die Fläche 1.1. bzw. 1.2. aus der Luft. Quelle: Eigene Aufnahme mittels Drohne, 2020	32
Abbildung 7: Die Fläche 2.1. aus der Luft betrachtet. Quelle: Eigene Aufnahme mittels Drohne, 2020.....	33
Abbildung 8: Die Fläche 2.2. aus der Luft betrachtet. Quelle: Eigene Aufnahme mittels Drohne, 2020.....	34
Abbildung 9: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 1.1. (2005). Quelle: Eigener Entwurf	36
Abbildung 10: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 1.1. (2019). Quelle: Eigener Entwurf	36
Abbildung 11: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 1.2. (2005). Quelle: Eigener Entwurf	38
Abbildung 12: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 1.2. (2019). Quelle: Eigener Entwurf	38
Abbildung 13: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 2.1. (2005). Quelle: Eigener Entwurf	40
Abbildung 14: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 2.1. (2019). Quelle: Eigener Entwurf	40
Abbildung 15: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 2.2. (2005). Quelle: Eigener Entwurf	42
Abbildung 16: Schematische Darstellung des gemittelten Bodenprofils des Standorts 2.2. (2019). Quelle: Eigener Entwurf	42
Abbildung 17: Unterbau auf den Flächen 2.1. (im Hintergrund) und 2.2. (im Vordergrund). Quelle: Eigene Aufnahme, 2003.	72
Abbildung 18: Applikation des Saatgutes im Hydrosaatverfahren. Quelle: DDr. Roman Schaffer, 2003.	73
Abbildung 19: Das ehemalige "Grubenfeld Claudia" kurz vor der Gesamtfertigstellung. Quelle: A. Schönauer, 2008.	84
Abbildung 20: Bodenprofil 1 auf Fläche 1.1; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019	92
Abbildung 21: Bodenprofil 2 auf Fläche 1.1; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019	95
Abbildung 22: Bodenprofil 3 auf Fläche 1.1; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019	98
Abbildung 23: Bodenprofil 1 auf Fläche 1.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019	101
Abbildung 24: Bodenprofil 2 auf Fläche 1.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019	104
Abbildung 25: Bodenprofil 3 auf Fläche 1.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019	107
Abbildung 26: Bodenprofil 1 auf Fläche 2.1; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019	110
Abbildung 27: Bodenprofil 1 auf Fläche 2.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019	113
Abbildung 28: Bodenprofil 2 auf Fläche 2.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019	116
Abbildung 29: Bodenprofil 3 auf Fläche 2.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019	119

8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Niederschlag und Schnee für den Zeitraum 2005 bis 2019. Quelle: Hydrographischer Dienst des Landes Oberösterreich, nach persönlicher Anforderung; 2019.....	15
Tabelle 2: Lufttemperaturen, Frost- und Eistage im Zeitraum 1981 bis 2010 an der Messstation Linzer Haus. Quelle: CLARISA, Land OÖ, 2021.....	16
Tabelle 3: Mittel von Lufttemperatur, Niederschlagssumme, Beginn, Dauer und Ende der Vegetationsperiode im Zeitraum 1981 bis 2010 an der Messstation Linzer Haus. Quelle: CLARISA, Land OÖ, 2021	16
Tabelle 4: Einstufung des Humusgehaltes im Acker- und Grünland für Mineralböden; BMLFUW, 2017	24
Tabelle 5: Einstufung der Bodenreaktion; BMLFUW, 2017	24
Tabelle 6: Einstufung der Phosphorgehalte; BMLFUW, 2017	25
Tabelle 7: Einstufung der Kaliumgehalte; BMLFUW, 2017	25
Tabelle 8: Kategorisierung der Artenmächtigkeiten nach BRAUN-BLANQUET. Quelle: SCHAFFER, 2011.....	30
Tabelle 9: Bodenmatrix; Eigene Darstellung; Quelle: Profilblätter 2005 bzw. 2019	43
Tabelle 10: Bodenchemische Matrix, Vergleich der Werte 2005 mit 2020. Quelle: Prüfberichte Landwirtschaftliches Versuchszentrum Graz-Ragnitz 2005 bzw. 2020. Eigene Darstellung.....	44
Tabelle 11: Entwicklung der Deckungsgrade 2005 und 2019. Quelle: Eigene Erhebungen, 2005 bzw. 2019.....	54
Tabelle 12: Anteilige Deckung nach Gräsern, Kräutern, Leguminosen und Holzigen. Quelle: Eigene Erhebungen 2005 bzw. 2019.....	56
Tabelle 13: Einteilung der Bodenarten nach Schwereklassen. Modifizierte Darstellung. Quelle: Bodenzustandsinventur, 1996.....	61
Tabelle 14: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020	91
Tabelle 15: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020	94
Tabelle 16: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020	97
Tabelle 17: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020	100
Tabelle 18: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020	103
Tabelle 19: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020	106
Tabelle 20: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020	109
Tabelle 21: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020	112
Tabelle 22: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020	115
Tabelle 23: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020	118

9. ANHANG

9.1. Bodenkundliche Aufnahmeblätter

Bodenprofile auf Standort 1, Fläche 1.1.

Flächennummer: 1.1.	Bodenprofil: 1
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 24.06.2005	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung als Weide, keine Grünlandpflege.	Lage (WGS84): 47.62151534 14.28285004 Seehöhe: 1110m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
---	--

Horizont	Ynat	Cu	
Mächtigkeit (cm)	0-25	25-30+	
Bodenfeuchte	erdfrisch	-	
Bodenart	lehmgiger Sand	-	
Grobanteil	hoch	-	
Organische Substanz	humos (Mull)	-	
Struktur	undeutlich mittelplattig	-	
Gefüge	schwach feinporös	-	
Farbe (FG*)	10 YR 3/4	-	
Konsistenz	k1 p1	-	
Fleckung	leichte Fleckung	-	
Durchwurzelung	W1	-	
Biologische Durchmischung	R0	-	
Übergang	allmählich übergehend	-	
Ausgangsmaterial	geschüttetes, kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau		
Bodentyp (ÖBS 2000)	Planieboden mit Horizontabfolge Ynat - Cu		
Anmerkungen	keine		

Suffixe: *nat* = natürlich, ehemals bodenbürtiges, jedoch umgelagertes Material; *u* = unterlagernd

(FG*) = Fließgrenze

Flächennummer: 1.1.	Bodenprofil: 1
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 01.08.2019	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung als Weide, keine Grünlandpflege.	Lage (WGS84): 47.62151534 14.28285004 Seehöhe: 1110m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
---	--

Horizont	A	Bv,g = Cv	Ag, beg, y
Mächtigkeit (cm)	0-10	10-21	21-25+
Bodenfeuchte	feucht	feucht	erdfrisch
Bodenart	stark lehmiger Sand	-	-
Grobanteil	ca. 25%, Grus & Schutt	ca. 25%, Grus & Schutt	-
Organische Substanz	humos	humos, schwächer werdend nach unten	-
Struktur	undeutlich feinkrümelig	undeutlich feinblockig	-
Gefüge	porös	porös	dicht
Farbe (FG*)	10 YR 4/4	-	-
Konsistenz	k0 p1	-	-
Fleckung	keine	leichte Fleckung	gleyartige Fleckung
Durchwurzelung	W2	W1 auslaufend	-
Biologische Durchmischung	R0	R0	-
Übergang	allmählich übergehend	scharf	-
Ausgangsmaterial	kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau		
Bodentyp (ÖBS 2011)	Verbraunte Moder-Rendzina , aus Planieboden hervorgegangen		
Anmerkungen	Gesamtsolum mächtiger, B-Horizont mächtiger ausgeprägt		

Suffixe: *beg* = begraben; *g* = grundvernässt; *v* = verwittert; *y* = künstlich umlagertes und/oder technogenes Material

(FG*) = Fließgrenze

Bodenchemie Bodenprofil 1.1.1.

Tabelle 14: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020

Jahr	Entnahmetiefe	Humus [M.-%]	Stufe	pH [CaCl ₂]	Reaktion	P [mg/1000g]	Stufe	K [mg/1000g]	Stufe
2005	5-10 cm	3,2	mittel	7,2	neutral	14	A (sehr niedrig)	65	B (niedrig)
2020	5-10 cm	1,2	niedrig	6,5	schwach sauer	< 10	A (sehr niedrig)	59	B (niedrig)
Änderung		▼		▼		▶		▶	

▲ Zunahme ▼ Abnahme ▶ gleichbleibend

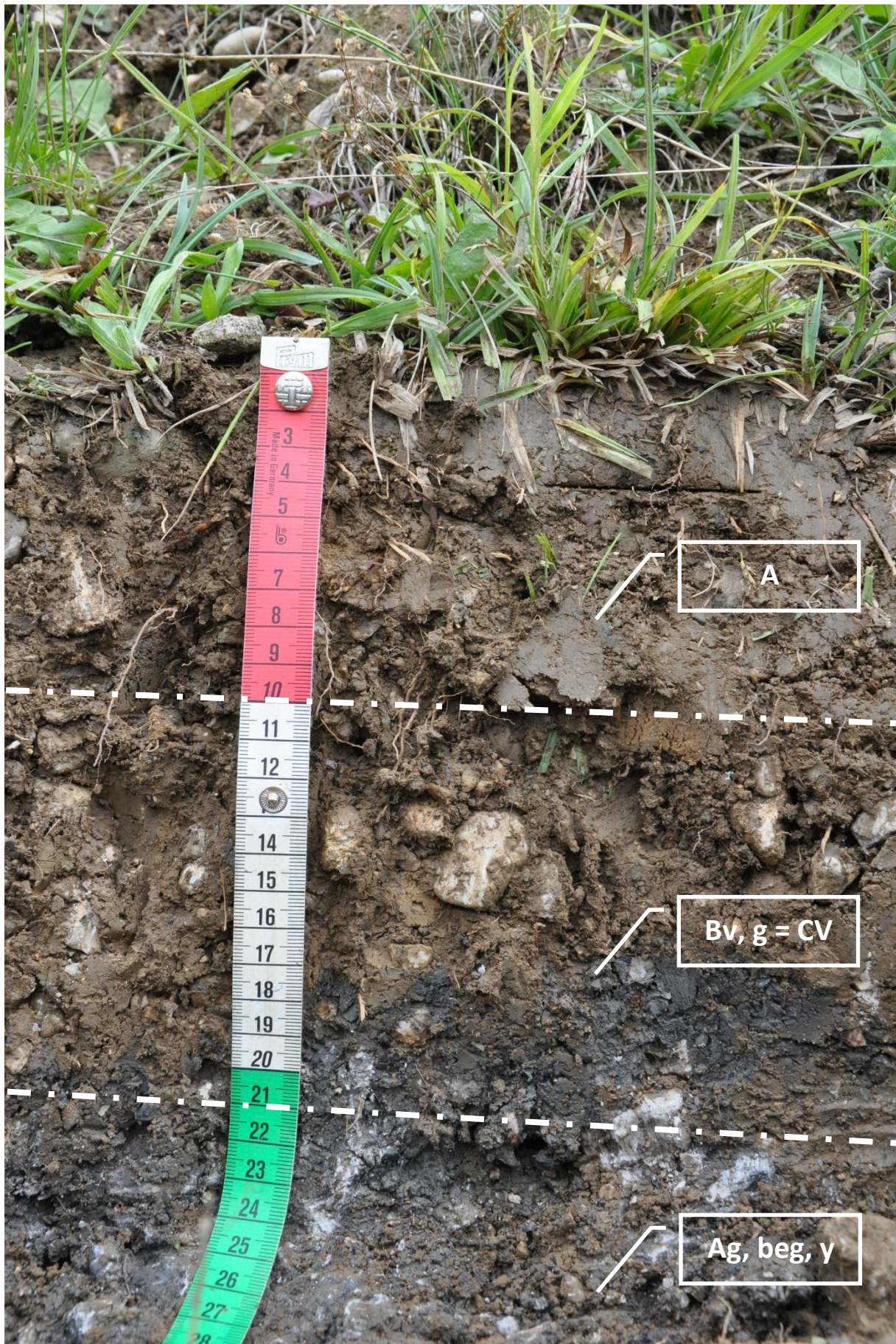


Abbildung 20: Bodenprofil 1 auf Fläche 1.1; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019

Flächennummer: 1.1.	Bodenprofil: 2
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 24.06.2005	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung als Weide, keine Grünlandpflege.	Lage (WGS84): 47.62151534 14.28285004 Seehöhe: 1110m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
---	--

Horizont	Ynat	Cu	
Mächtigkeit (cm)	0-25	25-30+	
Bodenfeuchte	erdfrisch	-	
Bodenart	lehmgiger Sand	-	
Grobanteil	hoch	-	
Organische Substanz	humos (Mull)	-	
Struktur	undeutlich mittelplattig	-	
Gefüge	schwach feinporös	-	
Farbe (FG*)	10 YR 4/4	-	
Konsistenz	k1 p1	-	
Fleckung	leichte Fleckung	-	
Durchwurzelung	W1	-	
Biologische Durchmischung	R0	-	
Übergang	allmählich übergehend	-	
Ausgangsmaterial	geschüttetes, kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau		
Bodentyp (ÖBS 2000)	Planieboden mit Horizontabfolge Ynat - Cu		
Anmerkungen	keine		

Suffixe: *nat* = natürlich, ehemals bodenbürtiges, jedoch umgelagertes Material; *u* = unterlagernd
(FG*) = Fließgrenze

Flächennummer: 1.1.	Bodenprofil: 2
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 01.08.2019	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung als Weide, keine Grünlandpflege.	Lage (WGS84): 47.62151534 14.28285004 Seehöhe: 1110m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
---	--

Horizont	A	Bv, g = Cv	Ag, beg, y
Mächtigkeit (cm)	0-9	9-18	18-20+
Bodenfeuchte	feucht	feucht	erdfrisch
Bodenart	sandiger Lehm	-	-
Grobanteil	gering, Grus	-	-
Organische Substanz	humos	humos, schwächer werdend nach unten	-
Struktur	undeutlich feinkrümelig	undeutlich feinblockig	-
Gefüge	porös	porös	dicht
Farbe (FG*)	10 YR 4/4	-	-
Konsistenz	k1 p1	-	-
Fleckung	keine	-	-
Durchwurzelung	W3	auslaufend	-
Biologische Durchmischung	R0	R0	-
Übergang	allmählich übergehend	absetzend	-
Ausgangsmaterial		kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau	
Bodentyp (ÖBS 2011)		Verbraunte Moder-Rendzina , aus Planieboden hervorgegangen	
Anmerkungen		keine	

Suffixe: *beg* = begraben; *g* = grundvernässt; *v* = verwittert; *y* = künstlich umlagertes und/oder technogenes Material

(FG*) = Fließgrenze

Bodenchemie Bodenprofil 1.1.2.

Tabelle 15: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020

Jahr	Entnahmetiefe	Humus [M.-%]	Stufe	pH [CaCl ₂]	Reaktion	P [mg/1000g]	Stufe	K [mg/1000g]	Stufe
2005	5-10 cm	3,6	mittel	7,2	neutral	15	A (sehr niedrig)	63	B (niedrig)
2020	5-10 cm	2,2	mittel	6,5	schwach sauer	< 10	A (sehr niedrig)	58	B (niedrig)
Änderung		▶		▼		▶		▶	

▲ Zunahme ▼ Abnahme ▶ gleichbleibend



Abbildung 21: Bodenprofil 2 auf Fläche 1.1; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019

Flächennummer: 1.1.	Bodenprofil: 3
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 24.06.2005	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummaterial aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung als Weide, keine Grünlandpflege.	Lage (WGS84): 47.62151534 14.28285004 Seehöhe: 1110m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
--	--

Horizont	Ynat	Cu	
Mächtigkeit (cm)	0-25	25-30+	
Bodenfeuchte	erdfrisch	-	
Bodenart	lehmiger Sand	-	
Grobanteil	hoch	-	
Organische Substanz	humos (Mull)	-	
Struktur	undeutlich mittelplattig	-	
Gefüge	schwach feinporös	-	
Farbe (FG*)	10 YR 4/4	-	
Konsistenz	k1 p1	-	
Fleckung	leichte Fleckung	-	
Durchwurzelung	W1	-	
Biologische Durchmischung	R0	-	
Übergang	allmählich übergehend	-	
Ausgangsmaterial	geschüttetes, kalkhaltiges Planie- oder Abraummaterial aus Gipsabbau		
Bodentyp (ÖBS 2000)	Planieboden mit Horizontabfolge Ynat - Cu		
Anmerkungen	keine		

Suffixe: *nat* = natürlich, ehemals bodenbürtiges, jedoch umgelagertes Material; *u* = unterlagernd
(FG*) = Fließgrenze

Flächennummer: 1.1.	Bodenprofil: 3
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 01.08.2019	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung, keine Grünlandpflege.	Lage (WGS84): 47.62151534 14.28285004 Seehöhe: 1110m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
---	--

Horizont	A	Bv, g = Cv	Ag, beg, y
Mächtigkeit (cm)	0-6	6-21	21-24+
Bodenfeuchte	feucht	feucht	erdfrisch
Bodenart	sandiger Lehm	-	-
Grobanteil	gering, Grus	gering, Grus	-
Organische Substanz	humos	humos, schwächer werdend nach unten	-
Struktur	undeutlich feinkrümelig	undeutlich mittelblockig	-
Gefüge	porös	schwach feinporös	dicht
Farbe (FG*)	10 YR 4/4	-	-
Konsistenz	k0 p1	-	-
Fleckung	keine	rostfleckig	-
Durchwurzelung	W2	W1 auslaufend	-
Biologische Durchmischung	R0	R0	-
Übergang	allmählich übergehend	scharf	-
Ausgangsmaterial	kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau		
Bodentyp (ÖBS 2011)	Verbraunte Moder-Rendzina , aus Planieboden hervorgegangen		
Anmerkungen	-		

Suffixe: *beg* = begraben; *g* = grundvernässt; *v* = verwittert; *y* = künstlich umlagertes und/oder technogenes Material

(FG*) = Fließgrenze

Bodenchemie Bodenprofil 1.1.3.

Tabelle 16: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020

Jahr	Entnahmetiefe	Humus [M.-%]	Stufe	pH [CaCl ₂]	Reaktion	P [mg/1000g]	Stufe	K [mg/1000g]	Stufe
2005	5-10 cm	2,8	mittel	7,2	neutral	15	A (sehr niedrig)	69	B (niedrig)
2020	5-10 cm	1,9	mittel	6,5	schwach sauer	< 10	A (sehr niedrig)	59	B (niedrig)
Änderung		▶		▼		▶		▶	

▲ Zunahme ▼ Abnahme ▶ gleichbleibend



Abbildung 22: Bodenprofil 3 auf Fläche 1.1; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019

Bodenprofile auf Standort 1, Fläche 1.2.

Flächennummer: 1.2.	Bodenprofil: 1
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 24.06.2005	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummaterial aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung als Weide, fallweise Grünlandpflege (Mulchen, keine Abfuhr des Schnittgutes).	Lage (WGS84): 47.62141861 14.28258223 Seehöhe: 1090m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
---	--

Horizont	Ynat	Cu	
Mächtigkeit (cm)	0-25	25-30+	
Bodenfeuchte	erdfrisch	-	
Bodenart	sandiger Lehm	-	
Grobanteil	mittel	-	
Organische Substanz	schwach humos	-	
Struktur	undeutlich feinblockig	-	
Gefüge	dicht	-	
Farbe (FG*)	10 YR 5/6	-	
Konsistenz	k1 p1	-	
Fleckung	einige Fahl- und Rostflecken	-	
Durchwurzelung	W1	-	
Biologische Durchmischung	R0	-	
Übergang	allmählich übergehend	-	
Ausgangsmaterial	geschüttetes, kalkhaltiges Planie- oder Abraummaterial aus Gipsabbau		
Bodentyp (ÖBS 2000)	Planieboden mit Horizontabfolge Ynat - Cu		
Anmerkungen	Fläche erosiv, durchfurcht, unruhiges Relief, daraus resultierend unterscheidlich tiefes Solum		

Suffixe: *nat* = natürlich, ehemals bodenbürtiges, jedoch umgelagertes Material; *u* = unterlagernd

(FG*) = Fließgrenze

Flächennummer: 1.2.	Bodenprofil: 1
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 01.08.2019	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkippten Abbaumaterial aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung als Weide, fallweise Grünlandpflege (Mulchen, keine Abfuhr des Schnittgutes).	Lage (WGS84): 47.62141861 14.28258223 Seehöhe: 1090m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
--	--

Horizont	A	Bv,g = Cv	Ag, beg, y
Mächtigkeit (cm)	0-10	10-23	23+
Bodenfeuchte	feucht	feucht	erdfrisch
Bodenart	stark lehmiger Sand	-	-
Grobanteil	keiner	ca. 25%, Grus & Schutt	> 25%, Grus & Schutt
Organische Substanz	humos	-	-
Struktur	undeutlich feinkrümelig	undeutlich feinblockig	-
Gefüge	porös	porös	dicht
Farbe (FG*)	10 YR 4/4	-	-
Konsistenz	k0 p1	-	-
Fleckung	keine	leichte Fleckung	gleyartige Fleckung
Durchwurzelung	W3	W2	0
Biologische Durchmischung	R1	R1	0
Übergang	allmählich übergehend	unten absetzend	-
Ausgangsmaterial	kalkhaltiges Planie- oder Abbaumaterial aus Gipsabbau		
Bodentyp	Verbraunte Moder-Rendzina , aus Planieboden hervorgegangen		
Anmerkungen	Stockwerksprofil; inhomogene Schüttung (Materialdurchmischung); Hanglage		

Suffixe: *beg* = begraben; *g* = grundvernässt; *v* = verwittert; *y* = künstlich umlagertes und/oder technogenes Material

(FG*) = Fließgrenze

Bodenchemie Bodenprofil 1.2.1.

Tabelle 17: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020

Jahr	Entnahmetiefe	Humus [M.-%]	Stufe	pH [CaCl ₂]	Reaktion	P [mg/1000g]	Stufe	K [mg/1000g]	Stufe
2005	5-10 cm	1,3	niedrig	6,9	neutral	< 10	A (sehr niedrig)	58	B (niedrig)
2020	5-10 cm	4,4	hoch	7,1	neutral	< 10	A (sehr niedrig)	114	C (ausreichend)
Änderung		▲		▶		▶		▲	

▲ Zunahme ▼ Abnahme ▶ gleichbleibend

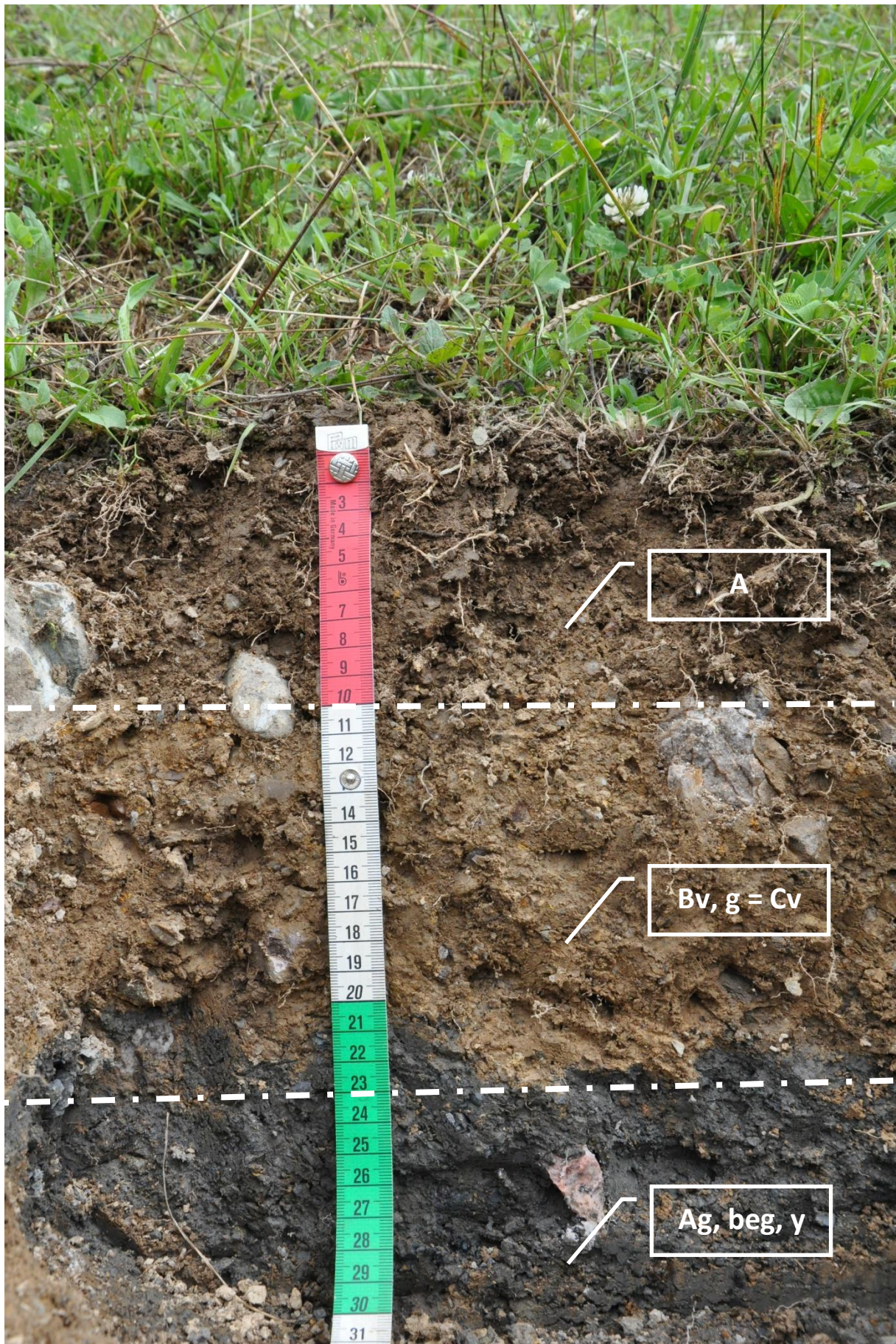


Abbildung 23: Bodenprofil 1 auf Fläche 1.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019

Flächennummer: 1.2.	Bodenprofil: 2
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 24.06.2005	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung als Weide, fallweise Grünlandpflege (Mulchen, keine Abfuhr des Schnittgutes).	Lage (WGS84): 47.62141861 14.28258223 Seehöhe: 1090m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
--	--

Horizont	Ynat	Cu	
Mächtigkeit (cm)	0-23	23-30+	
Bodenfeuchte	erdfrisch	-	
Bodenart	sandiger Lehm	-	
Grobanteil	mittel	-	
Organische Substanz	schwach humos	-	
Struktur	undeutlich feinkblockig	-	
Gefüge	dicht	-	
Farbe (FG*)	10 YR 5/8	-	
Konsistenz	k0 p0	-	
Fleckung	einige Fahl- und Rostflecken	-	
Durchwurzelung	W1	-	
Biologische Durchmischung	R0	-	
Übergang	allmählich übergehend	-	
Ausgangsmaterial	geschüttetes, kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau		
Bodentyp (ÖBS 2000)	Planieboden mit Horizontabfolge Ynat - Cu		
Anmerkungen	leicht akkumuliert, tieferes Solum		

Suffixe: *nat* = natürlich, ehemals bodenbürtiges, jedoch umgelagertes Material; *u* = unterlagernd

(FG*) = Fließgrenze

Flächennummer: 1.2.	Bodenprofil: 2
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 01.08.2019	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung als Weide, fallweise Grünlandpflege (Mulchen, keine Abfuhr des Schnittgutes).	Lage (WGS84): 47.62141861 14.28258223 Seehöhe: 1090m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
--	--

Horizont	A	Bv,g = Cv	Ag, beg, y
Mächtigkeit (cm)	0-9	9-32	32+
Bodenfeuchte	feucht	feucht	erdfrisch
Bodenart	stark lehmiger Sand	-	-
Grobanteil	keiner	-	10%, Grus & schwach Schutt
Organische Substanz	humos	-	-
Struktur	undeutlich feinkrümelig	undeutlich feinblockig	-
Gefüge	porös	porös	dicht
Farbe (FG*)	10 YR 4/4	-	-
Konsistenz	k0 p1	-	-
Fleckung	keine	leichte Fleckung	gleyartige Fleckung
Durchwurzelung	W3	W2 - 0	-
Biologische Durchmischung	R0	R0	-
Übergang	allmählich übergehend	absetzend	-
Ausgangsmaterial	kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau		
Bodentyp	Braunerde (carbonathaltig) , aus Planieboden hervorgegangen		
Anmerkungen	B-Horizont mächtiger ausgeprägt		

Suffixe: *beg* = begraben; *g* = grundvernässt; *v* = verwittert; *y* = künstlich umlagertes und/oder technogenes Material

(FG*) = Fließgrenze

Bodenchemie Bodenprofil 1.2.2.

Tabelle 18: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020

Jahr	Entnahmetiefe	Humus [M.-%]	Stufe	pH [CaCl ₂]	Reaktion	P [mg/1000g]	Stufe	K [mg/1000g]	Stufe
2005	5-10 cm	1,0	niedrig	6,9	neutral	< 10	A (sehr niedrig)	50	B (niedrig)
2020	5-10 cm	2,3	mittel	7,2	neutral	< 10	A (sehr niedrig)	105	C (ausreichend)
Änderung		▲		▶		▶		▲	

▲ Zunahme ▼ Abnahme ▶ gleichbleibend

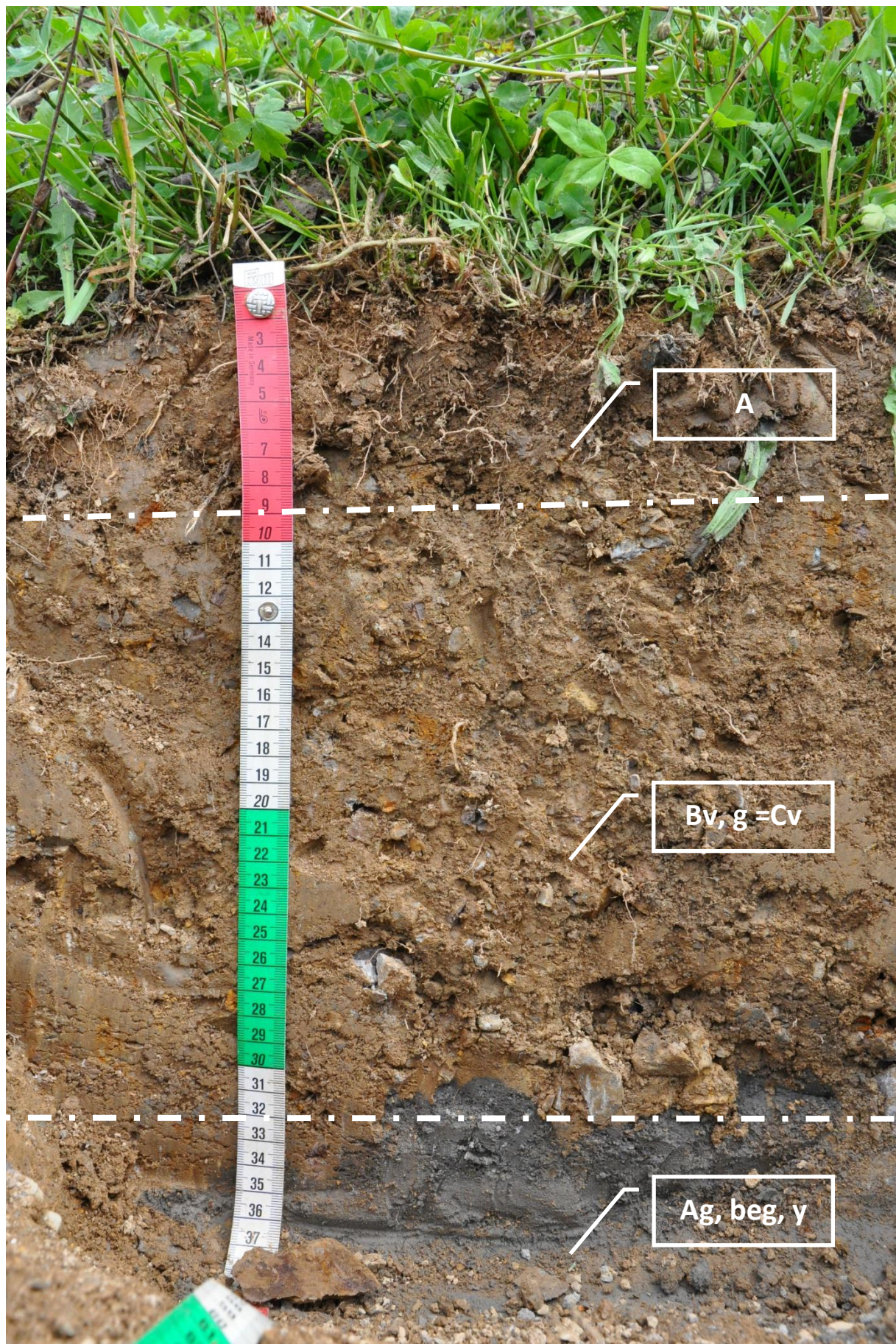


Abbildung 24: Bodenprofil 2 auf Fläche 1.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019

Flächennummer: 1.2.	Bodenprofil: 3
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 24.06.2005	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateri al aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung als Weide, fallweise Grünlandpflege (Mulchen, keine Abfuhr des Schnittgutes).	Lage (WGS84): 47.62141861 14.28258223 Seehöhe: 1090m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
--	--

Horizont	Ynat	Cu	
Mächtigkeit (cm)	0-15	15-30+	
Bodenfeuchte	erdfrisch	-	
Bodenart	sandiger Lehm	-	
Grobanteil	mittel	-	
Organische Substanz	schwach humos	-	
Struktur	undeutlich feinblockig	-	
Gefüge	dicht	-	
Farbe (FG*)	10 YR 4/6	-	
Konsistenz	k0 p1	-	
Fleckung	einige Fahl- und Rostflecken	-	
Durchwurzelung	W1	-	
Biologische Durchmischung	R0	-	
Übergang	allmählich übergehend	-	
Ausgangsmaterial	geschüttetes, kalkhaltiges Planie- oder Abraummateri al aus Gipsabbau		
Bodentyp (ÖBS 2000)	Planieboden mit Horizontabfolge Ynat - Cu		
Anmerkungen	-		

Suffixe: *nat* = natürlich, ehemals bodenbürtiges, jedoch umgelagertes Material; *u* = unterlagernd
(FG*) = Fließgrenze

Flächennummer: 1.2.	Bodenprofil: 3
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 01.08.2019	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateri al aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Bodenauftrag mit Waldboden, Begrünung 2003. Nutzung als Weide, fallweise Grünlandpflege (Mulchen, keine Abfuhr des Schnittgutes).	Lage (WGS84): 47.62141861 14.28258223 Seehöhe: 1090m ü. A. Exposition: WSW Neigung: 23° Kulturart: Weide Anlagejahr: 2003
--	--

Horizont	A	Bv,g = Cv	Ag, beg, y
Mächtigkeit (cm)	0-7	7-10	10-16+
Bodenfeuchte	feucht	feucht	erdfrisch
Bodenart	stark lehmiger Sand	-	-
Grobanteil	keiner	ca. 25%, Grus & Schutt	> 25%, Grus & Schutt
Organische Substanz	humos	-	-
Struktur	undeutlich feinkrümelig	undeutlich feinblockig	-
Gefüge	porös	porös	dicht
Farbe (FG*)	10 YR 3/4	-	-
Konsistenz	k0 p1	-	-
Fleckung	keine	leichte Fleckung	gleyartige Fleckung
Durchwurzelung	W3	W2	0
Biologische Durchmischung	R1	R1	0
Übergang	allmählich übergehend	unten absetzend	-
Ausgangsmaterial	kalkhaltiges Planie- oder Abraummateri al aus Gipsabbau		
Bodentyp	Moder-Rendzina , aus Planieboden hervorgegangen		
Anmerkungen	Stockwerksprofil; inhomogene Schüttung (Materialdurchmischung); Hanglage		

Suffixe: *beg* = begraben; *g* = grundvernässt; *v* = verwittert; *y* = künstlich umlagertes und/oder technogenes Material

(FG*) = Fließgrenze

Bodenchemie Bodenprofil 1.2.3.

Tabelle 19: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020

Jahr	Entnahmetiefe	Humus [M.-%]	Stufe	pH [CaCl ₂]	Reaktion	P [mg/1000g]	Stufe	K [mg/1000g]	Stufe
2005	5-10 cm	1,0	niedrig	7,0	neutral	14	A (sehr niedrig)	45	A (sehr niedrig)
2020	5-10 cm	2,0	mittel	7,1	neutral	< 10	A (sehr niedrig)	172	D (hoch)
Änderung		▲		▶		▶		▲	

▲ Zunahme ▼ Abnahme ▶ gleichbleibend

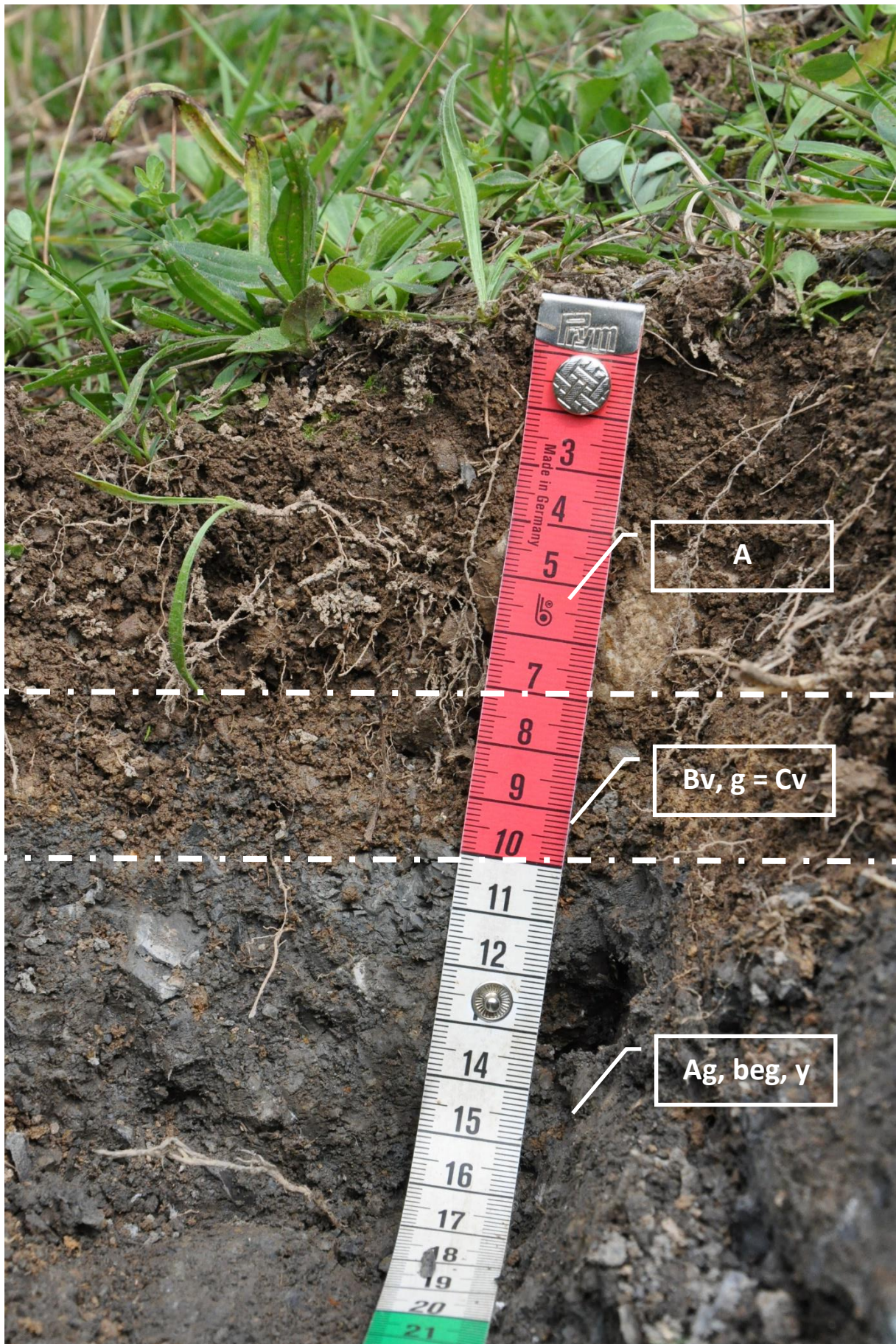


Abbildung 25: Bodenprofil 3 auf Fläche 1.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019

Bodenprofil auf Standort 2, Fläche 2.1.

Flächennummer: 2.1.	Bodenprofil: 1
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 24.06.2005	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Fläche ohne Waldbodenauftrag, Begrünung und Bepflanzung 2003 auf „rohe“ Fläche, zukünftige Endgesellschaft Wald. Sich selbst überlassene Fläche, keine Kulturlpflege.	Lage (WGS84): 47.62141861 14.28258223 Seehöhe: 1190m ü. A. Exposition: SW Neigung: 22° Kulturart: Vorwaldinstallation Anlagejahr: 2003
--	---

Horizont	Ynat	Cu	
Mächtigkeit (cm)	0-5	5-10+	
Bodenfeuchte	erdfrisch	-	
Bodenart	sandiger Lehm	-	
Grobanteil	mittel	-	
Organische Substanz	schwach humos	-	
Struktur	undeutlich feinkblockig	-	
Gefüge	dicht	-	
Farbe (FG*)	5 YR 3/3	-	
Konsistenz	k1 p1	-	
Fleckung	einige Fahl- und Rostflecken	-	
Durchwurzelung	-	-	
Biologische Durchmischung	-	-	
Übergang	-	-	
Ausgangsmaterial	geschüttetes, kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau		
Bodentyp (ÖBS 2000)	Planieboden mit Horizontabfolge Ynat - Cu		
Anmerkungen	geschüttete, nicht humifizierte Fläche; starke Rillenerosion; Beginn einer Bodenbildung		

Suffixe: *nat* = natürlich, ehemals bodenbürtiges, jedoch umgelagertes Material; *u* = unterlagernd

(FG*) = Fließgrenze

Flächennummer: 2.1.	Bodenprofil: 1
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 01.08.2019	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriel aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Fläche ohne Waldbodenauftrag, Begrünung und Bepflanzung 2003 auf „rohe“ Fläche, zukünftige Endgesellschaft Wald. Sich selbst überlassene Fläche, keine Kulturpflege.	Lage (WGS84): 47.62141861 14.28258223 Seehöhe: 1190m ü. A. Exposition: SW Neigung: 22° Kulturart: Vorwaldinstallation Anlagejahr: 2003
--	---

Horizont	A	BCv	-
Mächtigkeit (cm)	0-5	5-20+	-
Bodenfeuchte	feucht	erdfrisch	-
Bodenart	Lehm	sandiger Lehm	-
Grobanteil	keiner	ca. 10%	-
Organische Substanz	humos	-	-
Struktur	undeutlich feinblockig	undeutlich feinblockig	-
Gefüge	schwach feinporös	dicht	-
Farbe (FG*)	5YR 4/3	-	-
Konsistenz	k1 p2	-	-
Fleckung	keine	-	-
Durchwurzelung	W2	auslaufend bei 19cm	-
Biologische Durchmischung	R0	R0	-
Übergang	allmählich übergehend	-	-
Ausgangsmaterial	kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriel aus Gipsabbau		
Bodentyp	Planieboden		
Anmerkungen	unbehandelte Fläche, kein Bodenauftrag, nur Schüttmateriel, Profil kolluvial beeinflusst		

Suffixe: v = verwittert

(FG*) = Fließgrenze

Bodenchemie Bodenprofil 2.1.1.

Tabelle 20: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020

Jahr	Entnahmetiefe	Humus [M.-%]	Stufe	pH [CaCl ₂]	Reaktion	P [mg/1000g]	Stufe	K [mg/1000g]	Stufe
2005	5-10 cm	0,4	niedrig	7,4	alkalisch	16	A (sehr niedrig)	77	B (niedrig)
2020	5-10 cm	0,6	niedrig	7,3	alkalisch	< 10	A (sehr niedrig)	211	D (hoch)
Änderung		▲		▶		▶		▲	

▲ Zunahme ▼ Abnahme ▶ gleichbleibend

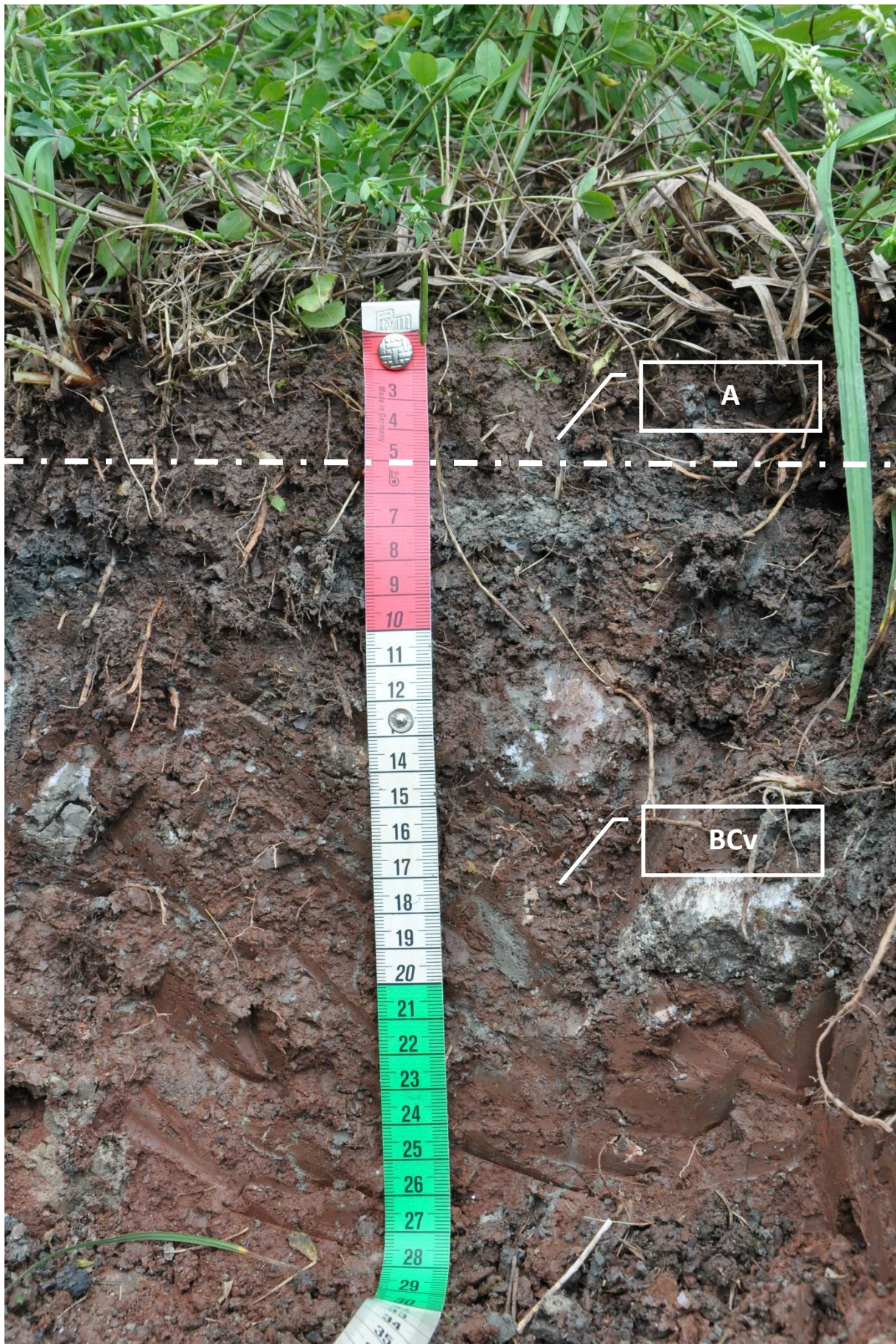


Abbildung 26: Bodenprofil 1 auf Fläche 2.1; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019

Bodenprofile auf Standort 2, Fläche 2.2.

Flächennummer: 2.2.	Bodenprofil: 1
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 24.06.2005	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Fläche mit Waldbodenauftrag, Begrünung und Bepflanzung 2003, zukünftige Endgesellschaft Wald. Sich selbst überlassene Fläche, keine Kulturpflege.	Lage (WGS84): 47.62440518 14.27815266 Seehöhe: 1190m ü. A. Exposition: SW Neigung: 22° Kulturart: Vorwaldinstallation Anlagejahr: 2003
--	---

Horizont	Ynat	Cu	
Mächtigkeit (cm)	0-20	20-30+	
Bodenfeuchte	erdfrisch	-	
Bodenart	sandiger Lehm	-	
Grobanteil	hoch	-	
Organische Substanz	humos	-	
Struktur	undeutlich feinblockig kantengerundet	-	
Gefüge	dicht	-	
Farbe (FG*)	10 YR 4/4	-	
Konsistenz	k1 p1	-	
Fleckung	einige Fahl- und Rostflecken	-	
Durchwurzelung	W3	-	
Biologische Durchmischung	R0	-	
Übergang	allmählich übergehend	-	
Ausgangsmaterial		geschüttetes, kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau	
Bodentyp (ÖBS 2000)		Planieboden mit Horizontabfolge Ynat - Cu	
Anmerkungen		Fläche mit Bodenauftrag	

Suffixe: *nat* = natürlich, ehemals bodenbürtiges, jedoch umgelagertes Material; *u* = unterlagernd

(FG*) = Fließgrenze

Flächennummer: 2.2.	Bodenprofil: 1
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 01.08.2019	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Fläche mit Waldbodenaufrag, Begrünung und Bepflanzung 2003, zukünftige Endgesellschaft Wald. Sich selbst überlassene Fläche, keine Kulturpflege.	Lage (WGS84): 47.62440518 14.27815266 Seehöhe: 1190m ü. A. Exposition: SW Neigung: 22° Kulturart: Vorwaldinstallation Anlagejahr: 2003
---	---

Horizont	A	Bh,v	Cu
Mächtigkeit (cm)	0-8	8-20+	20-28+
Bodenfeuchte	feucht	feucht	erdfrisch
Bodenart	sandiger Lehm	sandiger Lehm	-
Grobanteil	30% Grus und Schutt	50% Grus	-
Organische Substanz	humos	-	-
Struktur	undeutlich feinblockig	undeutlich feinblockig	-
Gefüge	schwach feinporös	dicht	-
Farbe (FG*)	10YR 4/4	-	-
Konsistenz	k1 p2	-	-
Fleckung	keine	-	-
Durchwurzelung	W2	W2-W1, auslaufend	-
Biologische Durchmischung	R0	R0	-
Übergang	allmählich übergehend	absetzend	
Ausgangsmaterial	kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau		
Bodentyp	Verbraunte Moder-Rendzina		
Anmerkungen	-		

Suffixe: *h* = humos; *v* = verwittert; *u* = unterlagernd
(FG*) = Fließgrenze

Bodenchemie Bodenprofil 2.2.1.

Tabelle 21: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020

Jahr	Entnahmetiefe	Humus [M.-%]	Stufe	pH [CaCl ₂]	Reaktion	P [mg/1000g]	Stufe	K [mg/1000g]	Stufe
2005	5-10 cm	0,6	niedrig	7,4	alkalisch	6	A (sehr niedrig)	62	B (niedrig)
2020	5-10 cm	0,6	niedrig	7,3	alkalisch	< 10	A (sehr niedrig)	142	C (ausreichend)
Änderung		▶		▶		▶		▲	

▲ Zunahme ▼ Abnahme ▶ gleichbleibend

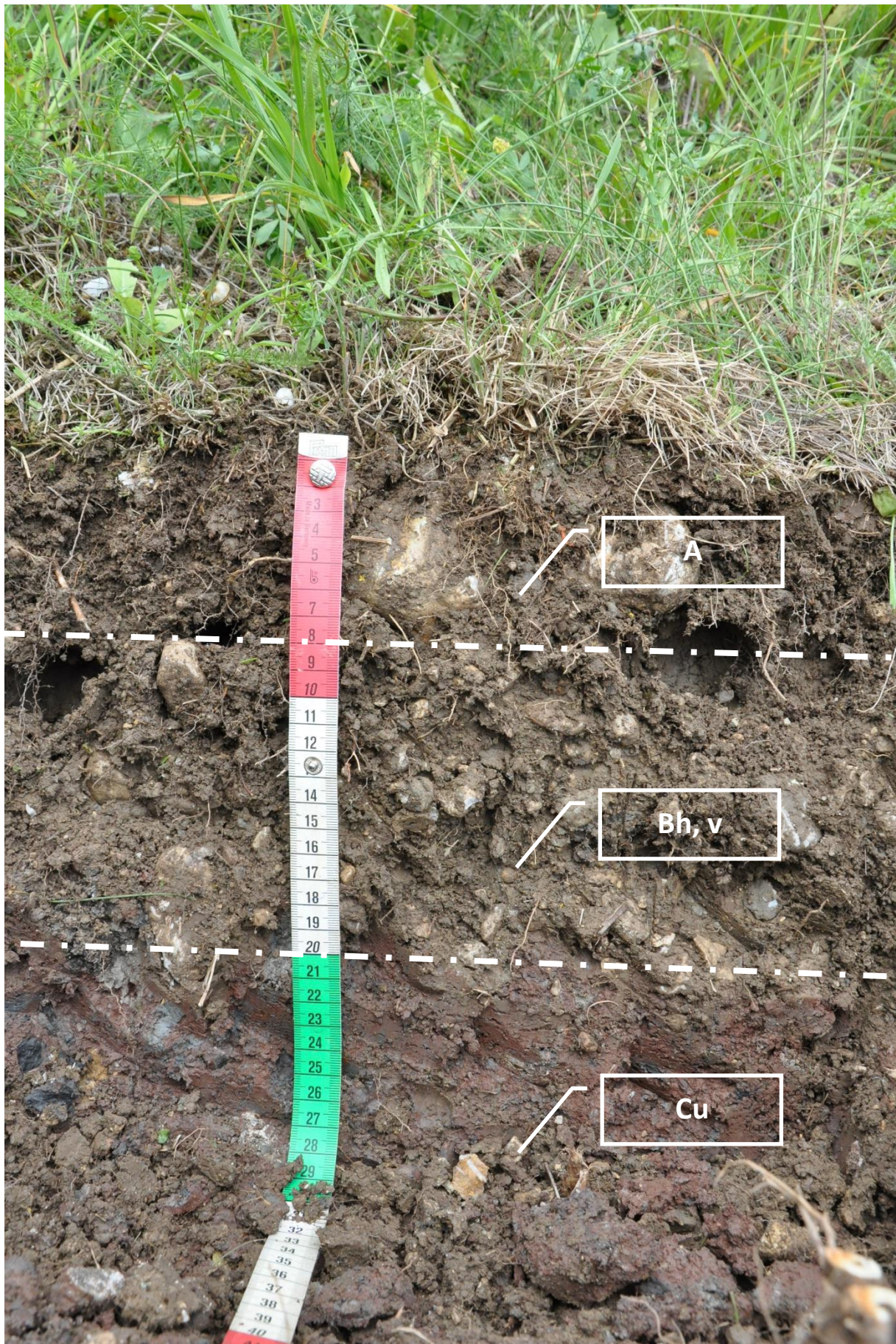


Abbildung 27: Bodenprofil 1 auf Fläche 2.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019

Flächennummer: 2.2.	Bodenprofil: 2
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 24.06.2005	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Fläche mit Waldbodenauftrag, Begrünung und Bepflanzung 2003, zukünftige Endgesellschaft Wald. Sich selbst überlassene Fläche, keine Kulturpflege.	Lage (WGS84): 47.62440518 14.27815266 Seehöhe: 1190m ü. A. Exposition: SW Neigung: 22° Kulturart: Vorwaldinstallation Anlagejahr: Bodenauftrag 2003 (mit Begrünung)
--	--

Horizont	Ynat	Cu	
Mächtigkeit (cm)	0-25	25-30+	
Bodenfeuchte	erdfrisch	-	
Bodenart	sandiger Lehm	-	
Grobanteil	sehr hoch	-	
Organische Substanz	humos	-	
Struktur	undeutlich feinkblockig kantengerundet	-	
Gefüge	dicht	-	
Farbe (FG*)	10 YR 5/4	-	
Konsistenz	k1 p1	-	
Fleckung	-	-	
Durchwurzelung	W3	-	
Biologische Durchmischung	R0	-	
Übergang	allmählich übergehend	-	
Ausgangsmaterial	geschüttetes, kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau		
Bodentyp (ÖBS 2000)	Planieboden mit Horizontabfolge Ynat - Cu		
Anmerkungen	Fläche mit Bodenauftrag		

Suffixe: *nat* = natürlich, ehemals bodenbürtiges, jedoch umgelagertes Material; *u* = unterlagernd

(FG*) = Fließgrenze

Flächennummer: 2.2.	Bodenprofil: 2
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 01.08.2019	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Fläche mit Waldbodenaufrag, Begrünung und Bepflanzung 2003, zukünftige Endgesellschaft Wald. Sich selbst überlassene Fläche, keine Kulturpflege.	Lage (WGS84): 47.62440518 14.27815266 Seehöhe: 1190m ü. A. Exposition: SW Neigung: 22° Kulturart: Vorwaldinstallation Anlagejahr: 2003
---	---

Horizont	A	Cu	-
Mächtigkeit (cm)	0-27	27+	
Bodenfeuchte	feucht	feucht	
Bodenart	sandiger Lehm	sandiger Lehm	
Grobanteil	40%, Grus & Schutt	-	
Organische Substanz	humos	-	
Struktur	undeutlich feinblockig	-	
Gefüge	porös, nicht verdichtet	-	
Farbe (FG*)	10YR 4/4	-	
Konsistenz	k1 p1	-	
Fleckung	kolluviale Fleckung	-	
Durchwurzelung	W2, auslaufend bei 15cm	-	
Biologische Durchmischung	R0	R0	
Übergang	absetzend	-	
Ausgangsmaterial	kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau		
Bodentyp	Leicht verbrauchte Moder-Rendzina		
Anmerkungen	Profil kolluvial beeinflusst		

Suffixe: u = unterlagernd

(FG*) = Fließgrenze

Bodenchemie Bodenprofil 2.2.2.

Tabelle 22: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020

Jahr	Entnahmetiefe	Humus [M.-%]	Stufe	pH [CaCl ₂]	Reaktion	P [mg/1000g]	Stufe	K [mg/1000g]	Stufe
2005	5-10 cm	0,1	niedrig	7,5	alkalisch	9	A (sehr niedrig)	100	C (ausreichend))
2020	5-10 cm	0,7	niedrig	7,2	neutral	< 10	A (sehr niedrig)	159	C (ausreichend)
Änderung		▲		▲		▶		▲	

▲ Zunahme ▼ Abnahme ▶ gleichbleibend



Abbildung 28: Bodenprofil 2 auf Fläche 2.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019

Flächennummer: 2.2.	Bodenprofil: 3
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 24.06.2005	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummaterial aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Fläche mit Waldbodenauftrag, Begrünung und Bepflanzung 2003, zukünftige Endgesellschaft Wald. Sich selbst überlassene Fläche, keine Kulturpflege.	Lage (WGS84): 47.62440518 14.27815266 Seehöhe: 1190m ü. A. Exposition: SW Neigung: 22° Kulturart: Vorwaldinstallation Anlagejahr: 2003
---	---

Horizont	Ynat	Cu	
Mächtigkeit (cm)	0-19	25-30+	
Bodenfeuchte	erdfrisch	-	
Bodenart	sandiger Lehm	-	
Grobanteil	sehr hoch	-	
Organische Substanz	schwach humos	-	
Struktur	undeutlich feinkblockig kantengerundet	-	
Gefüge	dicht	-	
Farbe (FG*)	10 YR 5/4	-	
Konsistenz	k1 p1	-	
Fleckung	-	-	
Durchwurzelung	W3	-	
Biologische Durchmischung	R0	-	
Übergang	allmählich übergehend	-	
Ausgangsmaterial	geschüttetes, kalkhaltiges Planie- oder Abraummaterial aus Gipsabbau		
Bodentyp (ÖBS 2000)	Planieboden mit Horizontabfolge Ynat - Cu		
Anmerkungen	Fläche mit Bodenauftrag		

Suffixe: *nat* = natürlich, ehemals bodenbürtiges, jedoch umgelagertes Material; *u* = unterlagernd

(FG*) = Fließgrenze

Flächennummer: 2.2.	Bodenprofil: 3
----------------------------	-----------------------

Aufnahmedatum: 01.08.2019	
----------------------------------	--

Standortbeschreibung: Mit verkipptem Abraummateriale aus bergmännischer Tätigkeit gestaltetes Gelände, Fläche mit Waldbodenaufrag, Begrünung und Bepflanzung 2003, zukünftige Endgesellschaft Wald. Sich selbst überlassene Fläche, keine Kulturpflege.	Lage (WGS84): 47.62440518 14.27815266 Seehöhe: 1190m ü. A. Exposition: SW Neigung: 22° Kulturart: Vorwaldinstallation Anlagejahr: 2003
---	---

Horizont	A	Bh,v	Cu
Mächtigkeit (cm)	0-9	9-19	19-30+
Bodenfeuchte	feucht	erdfrisch	erfrisch
Bodenart	sandiger Lehm	sandiger Lehm	
Grobanteil	25%, Schutt	15%, Grus und Schutt	
Organische Substanz	humos	-	
Struktur	undeutlich krümelig	undeutlich feinblockig	
Gefüge	porös	porös	
Farbe (FG*)	10YR 4/4	-	
Konsistenz	k1 p1	-	
Fleckung	keine	-	
Durchwurzelung	W2	auslaufend	
Biologische Durchmischung	R0	R0	
Übergang	allmählich übergehend	-	
Ausgangsmaterial	kalkhaltiges Planie- oder Abraummateriale aus Gipsabbau		
Bodentyp	Verbraunte Moder-Rendzina		
Anmerkungen	Profil leicht kolluvial gestört durch Erosion bzw. Akkumulation; Substratflecken		

Suffixe: *h* = humos; *v* = verwittert; *u* = unterlagernd

(FG*) = Fließgrenze

Bodenchemie Bodenprofil 2.2.3.

Tabelle 23: Bodenchemische Untersuchungsergebnisse 2005 und 2020. Quelle: Land Steiermark, Prüfberichte 10.08.2005 bzw. 01.10.2020

Jahr	Entnahmetiefe	Humus [M.-%]	Stufe	pH [CaCl ₂]	Reaktion	P [mg/1000g]	Stufe	K [mg/1000g]	Stufe
2005	5-10 cm	0,1	niedrig	7,5	alkalisch	4	A (sehr niedrig)	52	B (niedrig)
2020	5-10 cm	0,7	niedrig	7,3	alkalisch	< 10	A (sehr niedrig)	171	D (hoch)
Änderung		▶		▶		▶		▲	

▲ Zunahme ▼ Abnahme ▶ gleichbleibend

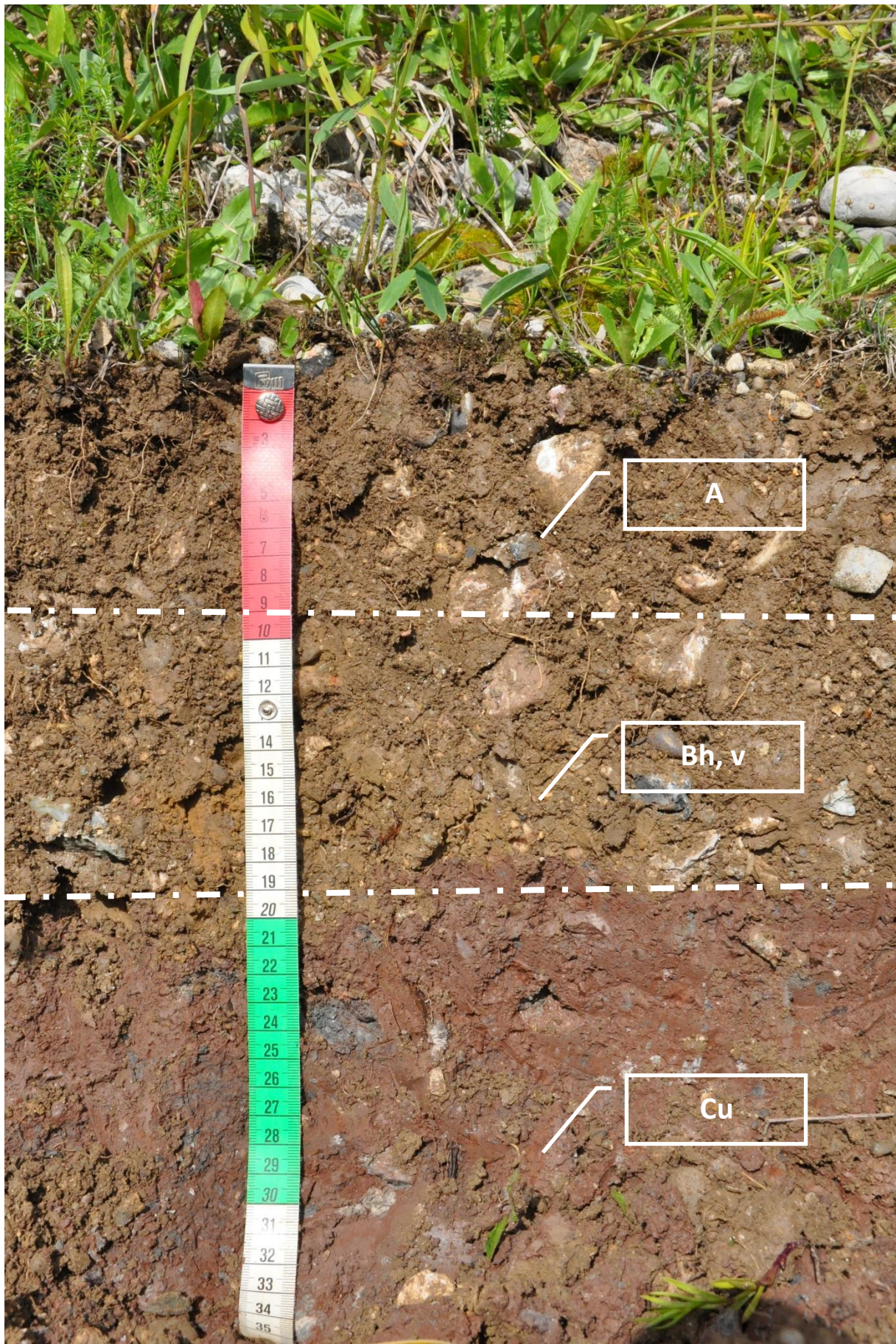


Abbildung 29: Bodenprofil 3 auf Fläche 2.2; Eigene Aufnahme, 1. 8. 2019

9.2. Bodenchemische Analysen

9.2.1. Prüfbericht Land Steiermark 2005

AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG

Fachabteilung 10B

Hr. DI Dr.
Schaffner Roman
Agrarconsulting und Handelsunternehmen
Irdning 168
8952 Irdning



Das Land
Steiermark

→ Landwirtschaftliches
Versuchszentrum

Boden- und Pflanzenanalytik

Bearbeiter: Michael HIRTl.
Tel: 0316-877-6663
Fax: 0316-877-6638
E-Mail: fa10b@stmk.gv.at

Bei Antwortschreiben bitte
Geschäftszeichen (GZ) anführen!

GZ: FA10B-B-4659/2005

Graz, am 10.08.2005

Ggst: **Bodenprobe**, eingelangt am 12.07.2005

UNTERSUCHUNGSBERICHT

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		I.1.1. 4659		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	14	A sehr niedrig					
Kalium	mg/1000g	65	B niedrig					
pH-Wert		7,2	neutral					
Carbonat	g/100g	10,0						
Humus	g/100g	3,2	mittel					
Sand	g/100g	35						
Schluff	g/100g	45						
Ton	g/100g	20						

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		I.1.2. 4660		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	15	A sehr niedrig					
Kalium	mg/1000g	63	B niedrig					
pH-Wert		7,2	neutral					
Carbonat	g/100g	7,5						
Humus	g/100g	3,6	mittel					
Sand	g/100g	32						

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		1.1.2. 4660	A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Schluff	g/100g	48					
Ton	g/100g	20					

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		1.1.3. 4661	A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	15	A sehr niedrig				
Kalium	mg/1000g	69	B niedrig				
pH-Wert		7,2	neutral				
Carbonat	g/100g	8,8					
Humus	g/100g	2,8	mittel				
Sand	g/100g	36					
Schluff	g/100g	44					
Ton	g/100g	20					

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		1.2.1. 4662	A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	10	A sehr niedrig				
Kalium	mg/1000g	58	B niedrig				
pH-Wert		6,9	neutral				
Carbonat	g/100g	0,8					
Humus	g/100g	1,3	niedrig				
Sand	g/100g	49					
Schluff	g/100g	34					
Ton	g/100g	17					

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		1.2.2. 4663	A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	10	A sehr niedrig				
Kalium	mg/1000g	50	B niedrig				
pH-Wert		6,9	neutral				
Carbonat	g/100g	0,3					

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		1.2.2. 4663		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Humus	g/100g	1,0	niedrig					
Sand	g/100g	44						
Schluff	g/100g	36						
Ton	g/100g	20						

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		1.2.3. 4664		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	14	A sehr niedrig					
Kalium	mg/1000g	45	A sehr niedrig					
pH-Wert		7,0	neutral					
Carbonat	g/100g	0,6						
Humus	g/100g	1,0	niedrig					
Sand	g/100g	43						
Schluff	g/100g	39						
Ton	g/100g	18						

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		2.1.1. 4665		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	16	A sehr niedrig					
Kalium	mg/1000g	77	B niedrig					
pH-Wert		7,4	alkalisch					
Carbonat	g/100g	4,0						
Humus	g/100g	0,4	niedrig					
Sand	g/100g	32						
Schluff	g/100g	55						
Ton	g/100g	13						

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		2.1.2. 4666		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	16	A sehr niedrig					
Kalium	mg/1000g	79	B niedrig					
pH-Wert		7,5	alkalisch					
Carbonat	g/100g	3,8						
Humus	g/100g	0,3	niedrig					
Sand	g/100g	30						
Schluff	g/100g	57						
Ton	g/100g	13						

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		2.1.3. 4667		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	17	A sehr niedrig					
Kalium	mg/1000g	81	B niedrig					
pH-Wert		7,4	alkalisch					
Carbonat	g/100g	2,5						
Humus	g/100g	0,3	niedrig					
Sand	g/100g	29						
Schluff	g/100g	58						
Ton	g/100g	13						

bezogen auf luftgetrockneten Feinboden sind enthalten		2.2.1. 4668		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	6	A sehr niedrig					
Kalium	mg/1000g	62	B niedrig					
pH-Wert		7,4	alkalisch					
Carbonat	g/100g	16,3						
Humus	g/100g	0,6	niedrig					
Sand	g/100g	37						
Schluff	g/100g	60						
Ton	g/100g	3						

bezogen auf lufttrockenen Feinboden sind enthalten		2.2.2. 4669		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	9	A sehr niedrig					
Kalium	mg/1000g	100	C ausreichend					
pH-Wert		7,5	alkalisch					
Carbonat	g/100g	5,0						
Humus	g/100g	0,1	niedrig					
Sand	g/100g	34						
Schluff	g/100g	54						
Ton	g/100g	12						

bezogen auf lufttrockenen Feinboden sind enthalten		2.2.3. 4670		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch
Phosphor	mg/1000g	4	A sehr niedrig					
Kalium	mg/1000g	52	B niedrig					
pH-Wert		7,5	alkalisch					
Carbonat	g/100g	35,0						
Humus	g/100g	0,1	niedrig					
Sand	g/100g	28						
Schluff	g/100g	43						
Ton	g/100g	29						

Die Untersuchungen werden nach den bestehenden ÖNORMEN und Verbandsmethoden durchgeführt.
Die Bewertung der Ergebnisse erfolgt nach den "Richtlinien für die sachgerechte Düngung" vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Für die Steiermärkische Landesregierung

Der Referatsleiter:

Der Fachabteilungsleiter:

Unterschriften auf dem Original im Akt

(Mag. Dr. Wolfgang Krainer)

(HR Dipl.-Ing. Josef Pusterhofer)

AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG

Abteilung 10

Soilutions - Ingenieurbüro für Boden
Ing. Mag. rer. nat. Christian Bauer
Klostergasse 21
8952 Falkenburg

GZ: ABT10-B-3986/2020

Ggst: **Bodenprobe**, eingelangt am 22.09.2020



Das Land
Steiermark

→ Land- und Forstwirtschaft

Boden- und Pflanzenanalytik

Zeichnungsberechtigter -
Bearbeiter: HIRTL Michael
Tel: 0316-877-6663
Fax: 0316-877-6626
E-Mail: abteilung10@stmk.gv.at

Bei Antwortschreiben bitte
Geschäftszeichen (GZ) anführen!

Graz, am 01.10.2020



PRÜFBERICHT

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angeführten Prüfgegenstände.

Die Untersuchungen wurden nach den bestehenden ÖNORMEN und Verbandsmethoden (siehe Anhang) durchgeführt.

Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte nach den geltenden "Richtlinien für die sachgerechte Düngung" vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (aktuelle Auflagen).
Eine konkrete Klassifizierung ist nur möglich, wenn die Bodenschwere bekannt oder eine Korngrößenbestimmung erfolgt ist. Ansonsten wird für die Bewertung ein mittelschwerer Boden angenommen.

Der Prüfbericht darf nur vollständig reproduziert (kopiert) werden.

Herzlichen Dank für den Untersuchungsauftrag.

Für die Steiermärkische Landesregierung

Die Referatsleiterin

Unterschrift auf dem Original im Akt

Mag. Dr. Gertrude Billiani

Durchführung der Labortätigkeit bezogen auf lufttrockenen Feinboden sind enthalten		22.09.2020 - 01.10.2020 3986/2020 I.1.1.		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch	Nr.
Phosphor pflanzenverfügbar	mg/1000g	< 10,0	A sehr niedrig						3
Kalium pflanzenverfügbar	mg/1000g	59	B niedrig	☒					3
pH-Wert in Calciumchlorid		6,5	schwach sauer						2
Humus (Nassverbrennung)	%	1,2	niedrig						6

Durchführung der Labortätigkeit bezogen auf lufttrockenen Feinboden sind enthalten		22.09.2020 - 01.10.2020 3987/2020 I.1.2.		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch	Nr.
Phosphor pflanzenverfügbar	mg/1000g	< 10,0	A sehr niedrig						3
Kalium pflanzenverfügbar	mg/1000g	58	B niedrig	☒					3
pH-Wert in Calciumchlorid		6,5	schwach sauer						2
Humus (Nassverbrennung)	%	2,2	mittel						6

Durchführung der Labortätigkeit bezogen auf lufttrockenen Feinboden sind enthalten		22.09.2020 - 01.10.2020 3988/2020 I.1.3.		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch	Nr.
Phosphor pflanzenverfügbar	mg/1000g	< 10,0	A sehr niedrig						3
Kalium pflanzenverfügbar	mg/1000g	59	B niedrig	☒					3
pH-Wert in Calciumchlorid		6,5	schwach sauer						2
Humus (Nassverbrennung)	%	1,9	mittel						6

Durchführung der Labortätigkeit bezogen auf lufttrockenen Feinboden sind enthalten		22.09.2020 - 01.10.2020 3989/2020 I.2.1.		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch	Nr.
Phosphor pflanzenverfügbar	mg/1000g	< 10,0	A sehr niedrig						3
Kalium pflanzenverfügbar	mg/1000g	114	C ausreichend	☒					3
pH-Wert in Calciumchlorid		7,1	neutral						2
Humus (Nassverbrennung)	%	4,4	hoch						6

Durchführung der Labortätigkeit bezogen auf lufttrockenen Feinboden sind enthalten		22.09.2020 - 01.10.2020 3990/2020 1.2.2.		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch	Nr.
Phosphor pflanzenverfügbar	mg/1000g	< 10,0	A sehr niedrig						3
Kalium pflanzenverfügbar	mg/1000g	105	C ausreichend						3
pH-Wert in Calciumchlorid		7,2	neutral						2
Humus (Nassverbrennung)	%	2,3	mittel						6

Durchführung der Labortätigkeit bezogen auf lufttrockenen Feinboden sind enthalten		22.09.2020 - 01.10.2020 3991/2020 1.2.3.		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch	Nr.
Phosphor pflanzenverfügbar	mg/1000g	< 10,0	A sehr niedrig						3
Kalium pflanzenverfügbar	mg/1000g	172	D hoch						3
pH-Wert in Calciumchlorid		7,1	neutral						2
Humus (Nassverbrennung)	%	2,0	mittel						6

Durchführung der Labortätigkeit bezogen auf lufttrockenen Feinboden sind enthalten		22.09.2020 - 01.10.2020 3992/2020 2.1.		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch	Nr.
Phosphor pflanzenverfügbar	mg/1000g	< 10,0	A sehr niedrig						3
Kalium pflanzenverfügbar	mg/1000g	211	D hoch						3
pH-Wert in Calciumchlorid		7,3	alkalisch						2
Humus (Nassverbrennung)	%	0,6	niedrig						6

Durchführung der Labortätigkeit bezogen auf lufttrockenen Feinboden sind enthalten		22.09.2020 - 01.10.2020 3993/2020 2.2.1.		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch	Nr.
Phosphor pflanzenverfügbar	mg/1000g	< 10,0	A sehr niedrig						3
Kalium pflanzenverfügbar	mg/1000g	142	C ausreichend						3
pH-Wert in Calciumchlorid		7,3	alkalisch						2
Humus (Nassverbrennung)	%	0,6	niedrig						6

Durchführung der Labortätigkeit bezogen auf luftgetrocknenen Feinboden sind enthalten		22.09.2020 - 01.10.2020 3994/2020 2.2.2.		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch	Nr.
Phosphor pflanzenverfügbar	mg/1000g	< 10,0	A sehr niedrig						3
Kalium pflanzenverfügbar	mg/1000g	189	C ausreichend						3
pH-Wert in Calciumchlorid		7,2	neutral						2
Humus (Nassverbrennung)	%	0,7	niedrig						6

Durchführung der Labortätigkeit bezogen auf luftgetrocknenen Feinboden sind enthalten		22.09.2020 - 01.10.2020 3995/2020 2.2.3.		A sehr niedrig	B niedrig	C ausreichend	D hoch	E sehr hoch	Nr.
Phosphor pflanzenverfügbar	mg/1000g	< 10,0	A sehr niedrig						3
Kalium pflanzenverfügbar	mg/1000g	171	D hoch						3
pH-Wert in Calciumchlorid		7,3	alkalisch						2
Humus (Nassverbrennung)	%	0,7	niedrig						6