



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

Das Zusammenspiel von Gestein, Boden und Vegetation in einem abgegrenzten Gebiet der Kärntner Nockberge

verfasst von

Pia Allesch

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaft (Mag.rer.nat.)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 445 313

Studienrichtung lt. Studienblatt: Lehramtsstudium

Unterrichtsfach 1: Biologie und Umweltkunde

Unterrichtsfach 2: Geschichte, Sozialkunde und
Politische Bildung

Betreut von: Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Eugen Libowitzky

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	4
Das Untersuchungsgebiet und sein Schutz	4
Lage des Untersuchungsgebietes	4
UNESCO Biosphärenpark Salzburg Lungau & Kärntner Nockberge	5
Kernzonen (rot).....	7
Pflegezonen (gelb)	7
Entwicklungszonen (grün).....	7
Geologie und Boden	8
Genaue Beschreibung des Wanderweges	11
Klima	14
Höhenstufen und Vegetation	15
Methoden zur Bodenanalyse	16
Bestimmen des pH-Werts in Böden nach der ÖNORM EN 15933, ÖNORM L 1083	16
Bestimmung von P und K in Böden nach der CAL-Methode mittels SFAS Autoanalyser, ÖNORM L 1087.....	16
Bestimmung des CaCl ₂ -extrahierbaren Magnesiums in Böden mittel AAS-Flamme, ÖNORM L 1093.....	18
Bestimmung von Gesamtstickstoff in Böden durch trockene Verbrennung mittels Elementaranalyse, ÖNORM L 1095.....	18
Bestimmung von EDTA-extrahierbarem Fe, Mn, Cu und Zn in Böden mittels ICP-OES; ÖNORM L 1098.....	20
Bestimmung der austauschbaren Kationen und der effektiven Austauschkapazität mittels ICP-OES und AAS, ÖNORM L 1086-1	21
Flora und Vegetation.....	21
Allgemeines	21
Umwelteinflüsse durch den Menschen	24
Ausgewählte Farn- und Blütenpflanzen	25
Basenzeiger (Kalkzeiger)	25
Säurezeiger (Silikatzeiger)	29
Weiter Arten im Untersuchungsgebiet.....	35
Ergebnisse	37
1. Bodenprobe	37
2. Bodenprobe	39

3. Bodenprobe	41
4. Bodenprobe	43
5. Bodenprobe	44
6. Bodenprobe	47
7. Bodenprobe	48
8. Bodenprobe	50
9. Bodenprobe	52
Datenanalyse und Diskussion.....	54
Literaturverzeichnis.....	57
Allgemein	57
Botanik.....	57
Geologie.....	57
Methoden	58
Abbildungsverzeichnis	59
Zusammenfassung/Abstract	61
Danksagung	62
Lebenslauf	63

Einleitung

Die Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Frage: „Welchen Einfluss haben die vorherrschenden Gesteine auf die Bodenbildung und diese wiederum auf die darauf wachsende Vegetationsdecke?“. Schon UNGER (1836) wies in seinem Werk „Der Einfluss des Bodens auf die Verteilung der Gewächse“ das erste Mal auf den Zusammenhang zwischen Substrat und Flora hin. Um dieser Frage auch in den geologisch sehr heterogenen Kärntner Nockbergen nachzugehen, wurde ein geeignetes Gebiet ausgewählt, in dem sowohl Silikat- als auch Kalkgesteine mit unterschiedlichem Bewuchs vorkommen.

Die Anregung zu dieser Diplomarbeit stammt größten Teils von mir selbst. Die Ausführung wurde im Sommer 2013 mit Dr. Michael Götzinger und Dr. Luise Ehrendorfer-Schratt im Zuge einer Wanderung in dem von mir vorgeschlagenen Untersuchungsgebiet besprochen. Dr. Luise Ehrendorfer-Schratt unterstützte mich in den botanischen Belangen, während mir Dr. Michael Götzinger geologisch zur Hand ging, wobei wir sehr stark mit der Geologischen Karte der Republik Österreich, Blatt 183 Radenthein arbeiteten. Meine Aufgabe bestand darin die Bodenproben zu entnehmen, die Vegetation in den Bestimmungsquadraten zu erheben und schlussendlich alle gewonnenen Informationen miteinander in Verbindung zu bringen. Darüber hinaus war es für mich eine große Motivation dieses Thema für den Schulunterricht aufzubereiten, um den SchülerInnen die Zusammenhänge zwischen Geologie, Mineralogie, Bodenbeschaffenheit und Pflanzendecke anschaulicher und somit spannender näherbringen zu können. Zur Verwirklichung wurde schließlich ein Rundwanderweg in den Kärntner Nockbergen ausgewählt, der aufgrund seiner vielgestaltigen Substrate naturräumlich sehr gut geeignet und auch leicht mit einer Schulklasse zu bewältigen ist.

Das Untersuchungsgebiet und sein Schutz

Lage des Untersuchungsgebietes

Der ausgewählte Rundwanderweg, welcher den in dieser Diplomarbeit untersuchten Bereich umschließt, befindet sich in den Kärntner Nockbergen, genauer im Biosphärenpark Salzburg Lungau & Kärntner Nockberge. Dieses doch recht begrenzte Gebiet erstreckt sich ca. 2 km vom Westen bis Süden um den Gr. Königstuhl (2.336 m) am „Dreiländereck“ – Salzburg, Steiermark und Kärnten – und mit Hilfe der Nockalmstraße ist der Ausgangspunkt (Karlbad) gut erreichbar.

UNESCO Biosphärenpark Salzburg Lungau & Kärntner Nockberge

Aus den in der Biosphärenparkverwaltung in der Ebenen Reichenau aufliegenden Foldern lassen sich nachfolgende Daten entnehmen. Welche Ausdehnung hat der Biosphärenpark über den gesprochen wird? Der komplette Name des Biosphärenparks, in dem diese Diplomarbeit entstand, ist „Biosphärenpark Salzburg Lungau und Kärntner Nockberge –

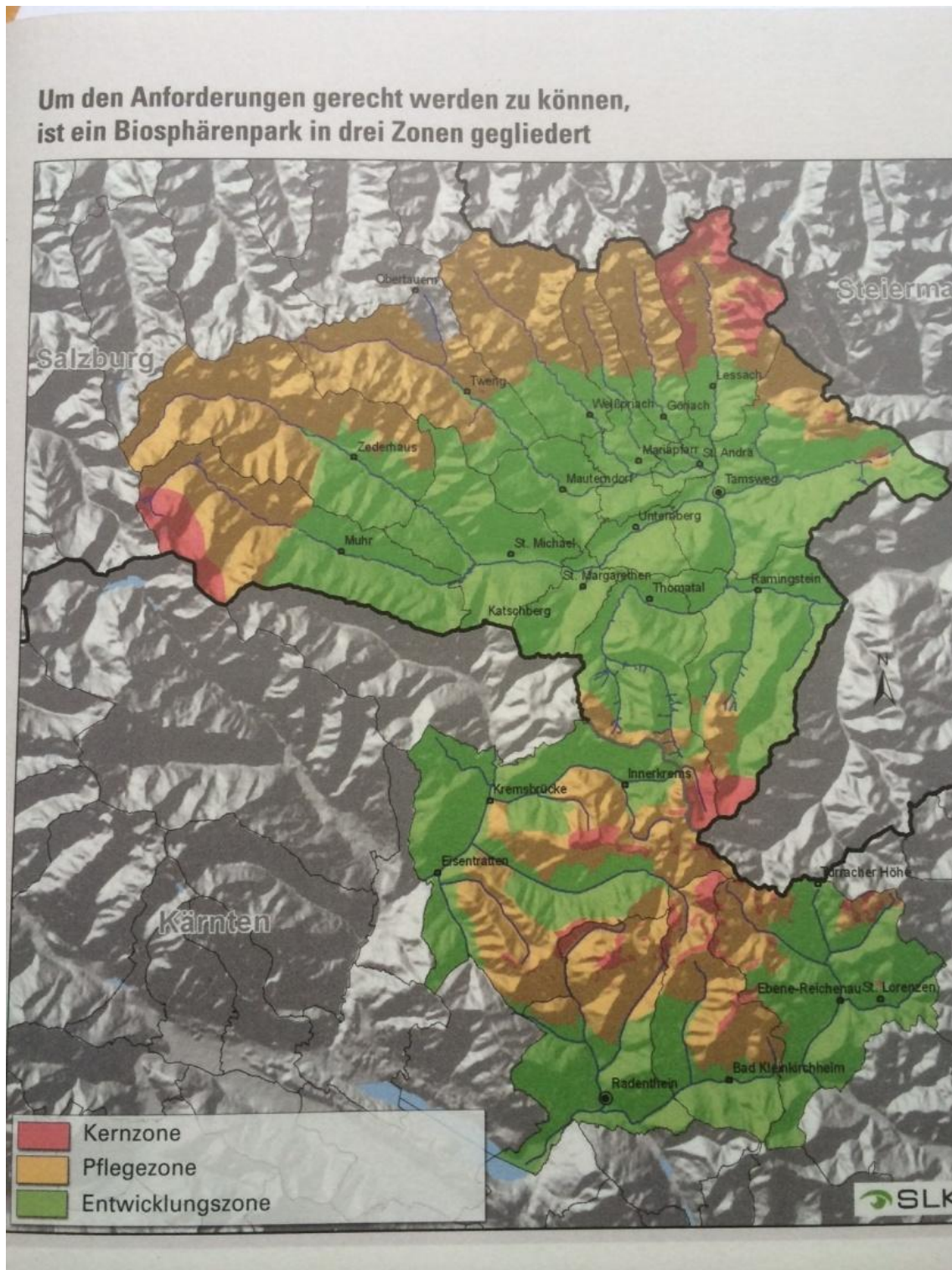


Abb. 1. Übersichtskarte aus der Informationsbroschüre: UNESCO Biosphärenpark, Salzburg Lungau & Kärntner Nockberge; Regionalverband Lungau, Biosphärenparkverwaltung Nockberge

Modellregion für nachhaltige Entwicklung“ (Anerkennung 2012). Aus diesem Namen geht hervor, dass sich dieser Biosphärenpark auf Regionen in Kärnten und Salzburg erstreckt. Der frühere „Nationalpark Nockberge“, macht heute nur einen kleineren Teil des Biosphärenparks aus; ein weitaus größeres Areal befindet sich in Salzburg (siehe Karte – Abb. 1.).

Ein Biosphärenpark ist ein Gebiet, dessen Existenz durch zahlreiche Wertevorstellungen und das Wirken des Menschen beeinflusst wird. Es wird darauf abgezielt eine Region in vielen verschiedenen Bereichen zu schützen und zu fördern. (INFORMATIONSBROSCHÜRE UNESCO BIOSPHÄRENPAK; REGIONALVERBAND LUNGAU, BIOSPHÄRENPAKVERWALTUNG NOCKBERGE)

Der heutige Biosphärenpark Nockberge war vor einigen Jahren noch als „Nationalpark Nockberge“ bekannt, wurde aber als Nationalpark international nicht anerkannt. Daher bemühte sich die Verwaltung sehr, das von der UNESCO vergebene Prädikat „biosphere reserve“ (in Österreich als Biosphärenpark bezeichnet) zu erhalten. Dies gelang am 11. Juli 2012. Die UNESCO bezeichnet mit diesem internationalen Prädikat Lebensräume (= Ausschnitte der Biosphäre), die aufgrund ihrer naturschutzfachlichen Werte als besonders wertvoll erachtet werden. Damit einher gehen besondere Auflagen, die eingehalten werden müssen. Weiters ist mit diesem Prädikat verbunden, dass die Region den Beinamen „Modellregion zur nachhaltigen Entwicklung“ tragen darf, was auf den Wert der regionalen Bevölkerung verweist. Ein Biosphärenpark berücksichtigt somit nicht nur die dort vorkommenden Tiere und Pflanzen, sondern auch die Menschen und deren Bedürfnisse. Das Ziel des Biosphärenparks ist es, das Miteinander von Mensch und Natur zu stärken und alle damit verbundenen Bedürfnisse und Gepflogenheiten in Einklang zu bringen. Es soll auch das Bewusstsein für die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Natur geschärft werden. Schließlich ist dieser Lebensraum Nahrungs- und Lebensgrundlage, aber auch Erholungsort für alle, nicht nur für die regionale Bevölkerung. Der Mensch gestaltet schließlich schon über Generationen hinweg mit Bergbau, Land- und Forstwirtschaft aktiv die Natur und somit auch deren Aussehen. Dies soll in diesem Gebiet nun nachhaltig erfolgen, dass sowohl die Region an sich gestärkt wird, aber auch alles, was mit ihr in Verbindung steht (Tradition, Bildung und Wirtschaft). Um den Biosphärenpark richtig verwalten zu können und auch den vorgegebenen Anforderungen zu entsprechen, umfasst der Park drei Zonen: Kernzonen, Pflegezonen und Entwicklungszonen (siehe Abb. 1.). Der Biosphärenpark steht somit für eine

Modellregion. (INFORMATIONSBROSCHÜRE UNESCO BIOSPHÄRENPAK; REGIONALVERBAND LUNGAU, BIOSPHÄRENPAKVERWALTUNG NOCKBERGE)

Kernzonen (rot)

Die Kernzonen müssen laut UNESCO mindestens 5% der Gesamtfläche eines Biosphärenparks ausmachen und sollen den Erhalt von unberührter und traditionell schonend bewirtschafteter Natur garantieren. Es sollen in diesen Gebieten besonders typische Ökosysteme ungestört bewahrt werden. Die Flächen wurden von ihren Eigentümern freiwillig zur Verfügung gestellt oder waren bereits früher ein Naturschutzgebiet. Es darf in diesen Bereichen nur extensive, pflegliche, traditionelle Almwirtschaft und Wildstandsregulation nach ökologischen Kriterien betrieben werden; keine weitere Nutzung ist gestattet. Damit soll garantiert werden, dass die traditionellen Almen erhalten bleiben und die naturbelassene Entwicklung der Landschaft gewährleistet wird. (INFORMATIONSBROSCHÜRE UNESCO BIOSPHÄRENPAK; REGIONALVERBAND LUNGAU, BIOSPHÄRENPAKVERWALTUNG NOCKBERGE)

Pflegezonen (gelb)

Pflegezonen umgeben die Kernzonen und sollen somit als Pufferzonen fungieren. Es sind meist schon bestehende Landschaftsschutzgebiete in deren Natur und Landschaft mit Bedacht eingegriffen werden darf. Sie sollen unter anderem dem Erhalt der typisch regionalen Kulturlandschaft dienen. Durch die extensive Nutzung wird in diesen Bereichen eine Verbuschung oder Verwaldung vermieden. Damit wird der Verlust der biologischen Vielfalt hintangehalten, weil bei Nutzungsaufgabe wertvolle Ökosysteme, Tiere und Pflanzen nicht weiter existieren könnten. Würde die Nutzung aber zu intensiv erfolgen, würde dies das vorherrschende Landschaftsbild auch maßgeblich verändern und naturschutzfachlich ungünstige Entwicklungen auslösen. (INFORMATIONSBROSCHÜRE UNESCO BIOSPHÄRENPAK; REGIONALVERBAND LUNGAU, BIOSPHÄRENPAKVERWALTUNG NOCKBERGE)

Entwicklungszonen (grün)

Die Entwicklungszonen umfassen all jene Gebiete, die Wirtschafts-, Lebens-, Siedlungs- und Erholungsräume der Menschen sind. Durch innovatives Projektmanagement wird in diesen Zonen in verschiedenen Bereichen für eine vorbildliche und nachhaltige Entwicklung gesorgt. (INFORMATIONSBROSCHÜRE UNESCO BIOSPHÄRENPAK; REGIONALVERBAND LUNGAU, BIOSPHÄRENPAKVERWALTUNG NOCKBERGE)

Geologie und Boden

Die Geologie in dem Gebiet der Nockberge wird schon sehr lange erforscht – nicht ohne Grund, weil sie doch eher komplex ist. Grundlegende Arbeiten verfassten PISTOTNIK (1974, 1980), SCHUSTER (2005a, 2005b) und SCHUSTER et al. (2006).

Für die botanischen Betrachtungen ist für diese Arbeit mehr die lithologische Heterogenität von Bedeutung: Kristallines Grundgebirge, unterschiedliche schwach metamorphe Gesteine der Gurktaler Decke und Karbonatgesteine des Stangalm-Mesozoikums liegen hier auf engem Raum nebeneinander. Deshalb wurde eine Region ausgesucht, die diese lithologischen Kontraste in kurzen Distanzen aufweist: Es ist ein etwa dreieckiges Gebiet, welches von den Eckpunkten Karlbad (an der Nockalmstrasse) – Friesenhals – Königstuhl-Karlnock – Stangboden gebildet wird. Als Grundlage für die lithologischen Gegebenheiten wurde die geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 183 Radenthein, verwendet (PISTOTNIK, 1996) – siehe Abb. 2.

Etwa von Westen nach Osten treten folgende Gesteine im Untersuchungsgebiet auf:

Im Westen bilden die schroffen Steilwände die Grenze; diese werden von Hauptdolomit (Nor) und von mergeligen Kalken der Kössen-Formation (Rhät) gebildet (Oberostalpin der Gurktaler Decke). Hier herrschen hauptsächlich schwarze Rendzina-Böden vor, die meist A/C-Profile zeigen. Etwa nach $\frac{2}{3}$ des Weges nach Norden, dort wo mehrere Bäche zusammen fließen, führt der Weg in die Konglomerat- und Sandsteinserien des „Königstuhl-Turrach-Karbons“ (Oberkarbon); charakteristischerweise treten hier auch etwas versumpfte Bereiche auf. Diese Lithologie setzt sich fort bis zum Sattel S Friesenhals (2.246 m). Auffällig ist der Wechsel in die Quarz-Konglomerate des Königstuhl-Gebietes bis zu dessen Gipfel (2.336 m). Hier liegen äußerst karge Böden vor, die zu einem hohen Anteil Quarzsand enthalten. An manchen vom Wind abgeblasenen Stellen ist nur vergrustes Gestein sichtbar (nur bereichsweise mit Moosen und Flechten bewachsen). An der Westflanke des Karlnocks befinden sich Halden von Karbonschiefern; diese enthalten Pflanzenfossilien des Oberkarbons (in der Karte sind entsprechend „Schieferlagen“ eingezeichnet). In einem weiten Bogen (über Blockschutt) nach Osten gelangt man in den Stangboden (südlich des Stangnocks wurde Karbonkohle abgebaut).

Legende zum Ausschnitt aus der geologischen Karte Bl. 183 Radenthein:

Nockberge, Bereich Karlbach – Königstuhl – Stangnock

Quartär

- | | |
|--------------------|------------------------------------|
| 1 – 10 (weiß) | Lehm, Sand, Kies, Blockschutt etc. |
| 13 (gelb, schwarz) | Moränenwall, z.B. W Rosaninscharte |
| 14, 15 (hellgelb) | Verwitterte Grundmoräne |

OBEROSTALPIN, Gurktaler Decke,

Pfannock-Einheit

- | | |
|--------------------------|---|
| 16 (rosa) | Kalk. Mergel(schiefer) (Kössen-Formation, Rhät) z.B. Eisentalhöhe |
| 17 (hellviolett) | Plattenkalk (Nor) z.B. SE Karlbach |
| 18 (hellgrau) | Hauptdolomit (Nor) z. B. Karlbach |
| 19 (himbeerrot, Ringerl) | Kieseldolomit (Oberkarn) |
| 20 (braun) | Sandiger Tonschiefer (Raibl-Formation, Karn) |
| 21 (hellviolett) | Wettersteindolomit (Anis – Ladin) z.B. Lahnerock |
| 22 (dunkelviolet) | Dünnschichtiger Dolomit, kalkig, basal mit Quarz (Unteranis) |
| 23 (hellorange) | Rötlicher Sandstein (Werfen Formation, Skyth) z.B. Pfannock |
| 24 (orange) | Rote Klastika, Blockbreccie (Perm) z.B. Pfannock |
| 25, 26 (hellgrau) | Sandstein, Konglomerat (Oberkarbon) z.B. Brunnachhöhe |
| 27 (himbeerrot) | Pfannock-Orthogneis (Granitgneis) |

Stolzalpen-Decke

- | | |
|-------------------|--|
| 28, 29 (orange) | Breccien, rötliche Klastika (Werchzirm-Formation, Perm) |
| 30 (grau, Wellen) | Schieferlagen (mit Pflanzenfossilien, Oberkarbon) z.B. W Karlnock und S Stangnock (ehem. Kohlebergbau) |
| 31 (grau) | Konglomerat, Sandstein (Königstuhl – Turrach – Karbon, Oberkarbon) |
| 35 (blau) | Hornsteinkalk(marmor) z.B. Kollernock |
| 38, 39 (grün) | Tuffitischer Phyllit, Metatuff, Metadiabas |
| 40 (dunkelblau) | Magnesitisierter Dolomit, z.B. W Stangscharte |
| 41 (blaugrau) | Eisendolomit – Bänderkalk, mit Phyllit, z.B. Stangscharte |
| 42, 44 (olivgrün) | Quarzitischer Phyllit |

Murauer Decke (nicht im Kartenausschnitt)

Phyllonitzone

- | | |
|-----------------------|---|
| 50 (blau-weiß schräg) | Tektonisierter Hornsteinkalk(Marmor) |
| 51 (grün-weiß) | Phyllonitischer karbonatischer Schiefer |

„MITTELOSTALPIN“ Stangalm-Mesozoikum

- | | |
|------------------------------------|---|
| 52 (orangebraun) | Phyllitischer Schiefer (Karn) |
| 55 (tief violett) | Feinkristalliner, heller Dolomit (Wettersteindolomit, Anis-Ladin) |
| 56 (dunkelviolet m. roten Punkten) | Dünnschichtiger Dolomit z.T. kalkig (Unteranis) |
| 57 (kräftig gelb) | Quarzit (Permoskyth) |
| 58 (blau-weiß schräg + rot) | Basale Schuppenzone, karbonatisch (Altpaläozoikum) |

Kristallin (West- und Nordbereich des Kartenausschnitts)

- | | |
|-----------|------------------------------------|
| 63 (rosa) | Bundschuh-Orthogneis (Granitgneis) |
|-----------|------------------------------------|

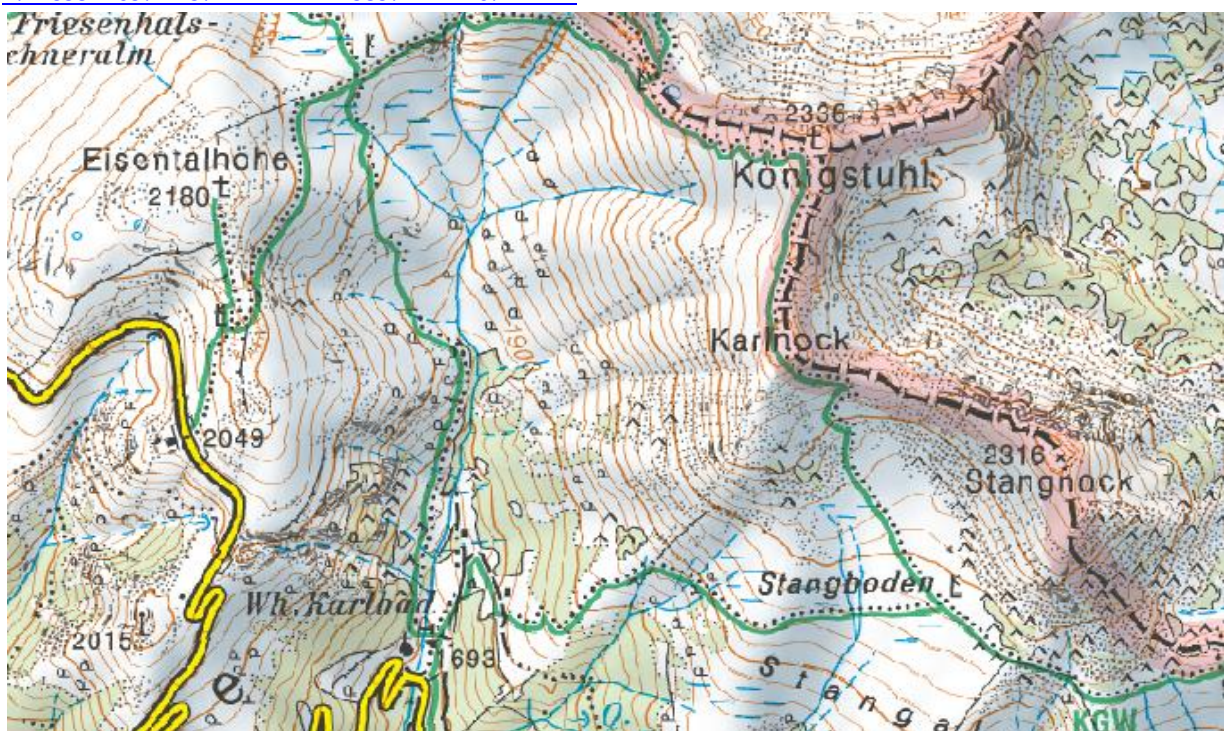
Dem Weg wieder nach Westen (in Richtung Karlsbad) folgend, wird eine etwas heterogene Gesteinszone mit Phylliten und Chloritschiefern mit eingelagerten Bänderkalken und Eisendolomiten gequert. Hier treten hauptsächlich Braunerdeböden auf. Über etwas steileres Gelände gelangt man zurück in den norischen Hauptdolomit im Bereich Karlsbad.

Genaue Beschreibung des Wanderweges

In Abb. 3 kann der im Rahmen dieser Diplomarbeit beprobte Wanderweg entlang der grün unterlegten, schwarz gepunkteten Signatur verfolgt werden.

Abb. 3. Vergrößerter Ausschnitt aus der Österreichischen Karte 1 : 50.000 (ÖK 50) aus

<http://www.austrianmap.at/amap/index.php?setTo=1%7E431264%7E338700%7E437514%7E336442%7E%40433741%7C337469%7E9%7ELAM ETRS89%7E1146%7E414>



Der Ausgangspunkt des Forschungsgebietes befindet sich beim Karlsbad an der Nockalmstraße auf 1.680 m Seehöhe und führt nach Norden bis zum Friesenhals „Sattel“, weiter zur Königstuhl Scharte und dann bis auf den Gr. Königstuhl in eine Seehöhe von 2.336 m. Der Rundwanderweg befindet sich vor allem in der subalpinen Zone im Übergangsbereich zur hochalpinen Zone. Die Waldgrenze wurde durch die Weidenutzung hinunter gedrückt

und wird heute durch fortgeführten Weidebetrieb konstant gehalten. Es gibt aber auch vereinzelte Bereiche, in denen der Kampfwald sichtbar wird. Auch Areale mit großen Felswänden machen es nicht möglich eine konstante Waldgrenze zu ziehen. Ab dieser Seehöhe bilden hauptsächlich Zirben (*Pinus cembra*) und Lärchen (*Larix decidua*) den Gehölzbestand; vereinzelt treten auch Fichten (*Picea abies*) auf. Großflächige Felswände der tiefsubalpinen Stufe sind waldfrei. An geeigneten Stellen der hochsubalpinen Stufe treten sehr ausgedehnte Zwergstrauchheiden aus Latschen und Alpenrosen auf. Am Ausgangspunkt des Rundwanderweges beim Karlbach wachsen sowohl Säure- als auch Basenzeiger, wobei die Säurezeiger dominieren. Die Basenzeiger sind auf den Einfluss des Karbonatgesteins im westlichen Einhang des Untersuchungsgebietes zurückzuführen, das auch im Geröll des Bachbettes aufscheint. Im Talboden dominiert grauer, schwach metamorpher Schiefer, über dem vor allem Säurezeiger gedeihen. Wo der Weg oberhalb des Karlbachs über den Bach führt, treten vermehrt Kalkzeiger (Basenzeiger) auf: zum Beispiel Polstersegge (*Carex firma*), Behaarte Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*), Blaugrüner Steinbrech (*Saxifraga caesia*), Zwerg-Glockenblume (*Campanula cochleariifolia*), Schneeheide (*Erica carnea*), Kalk-Blaugras (*Sesleria caerulea*), Grüner Streifenfarn (*Asplenium viride*), Gewöhnlicher Hornklee (*Lotus corniculatus*) u.v.m. Diese Kalkzeiger kommen nur dort vor, wo Karbonatgestein (auch durch Überrollung) vorliegt und der Boden somit basische oder zumindest neutrale pH-Werte aufweist. Kalzium aus Karbonatgesteinen ist für nicht angepasste Spezialisten ein Zellgift, weil es das Ionengleichgewicht stört (REISIGL & KELLER, 1994). Es treten aber auch Säurezeiger, besonders unter Latschen (*Pinus mugo subsp. mugo*) und Lärchen (*Larix decidua*) auf, da dort die humifizierende Nadelstreu lokal ein saures Bodenmilieu erzeugt. Somit weist der Boden, obwohl über Karbonatgestein ausgebildet, oberflächlich einen sauren pH-Wert auf und bietet somit charakteristischen Säurezeigern, wie zum Beispiel Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Bürstling (*Nardus stricta*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) u.v.m. einen Lebensraum. Dem Weg weiter Richtung Königstuhl Scharte folgend, zeigen sich immer wieder Anzeichen für Überrollung mit Quarzgestein und Schiefer, vom nordwestlich gelegenen Hang. Kristallinüberrollung auf Kalk wirkt sich wesentlich weniger aus, weil die Löslichkeit der Silikatgesteine deutlich geringer ist. Deshalb lässt sich hier eine sehr ausgeprägte Kalkvegetation feststellen; dies hängt damit zusammen, dass die Felswand im Westen aus Karbonatgestein besteht (Kalk und Dolomit). Je steiler die Felswände sind, desto trockener und dünner wird das darüber befindliche Bodensubstrat. Daraus resultiert, dass

vermehrt die Besiedelung durch Spezialisten erfolgt. Schreitet man nun weiter fort, sieht man neben und auf dem Weg schöne Bänderkalke aus der Trias, die nicht mit Flechten bewachsen sind. Weiter am Wanderweg kommt man zu Stellen mit Überrollung durch Kristallingestein (Quarkonglomerat). Diese Gesteinsbrocken sind oft großflächig von Flechten bewachsen, wobei eine orange gefärbte



Abb.4. Gestein mit Flechtenbewuchs von *Xanthoria elegans*

Art, vermutlich *Xanthoria elegans* dominiert (siehe Abb. 4.). Beim weiteren bergauf Wandern, steht abermals eine Bachüberquerung an; dieser Bach stellt eine geologische Grenze und somit Schwächezone zwischen dem Karbonat- und Silikatgestein dar. Schieferplatten repräsentieren hier die sogenannte Phyllonitzzone. Damit ist eine deutliche Bodenveränderung verbunden. Auf dem Friesenhals „Sattel“ (Seehöhe 2.010 m) angekommen, befindet man sich deutlich auf schiefrigem Silikatgestein. Dies zeigt sich auch in der vorherrschenden Vegetation, denn hier gibt es ausgedehnte Krummseggenrasen (*Carex curvula*). Diese sind durchsetzt mit



Abb. 5. Blick vom Wanderweg in Richtung Gr. Königstuhl (die Spitze ist der Gipfel) und Karlnock rechts davon



Abb. 6. Quarkonglomerat

Zweizeiliges Blaugras (*Oreochloa disticha*), Klebrige Primel (*Primula glutinosa*), Alpen-Kuhschelle (*Pulsatilla alpina subsp. austriaca*), Halbkugel-Teufelskrallen (*Phyteuma hemisphaericum*) u.v.m. als Begleitarten. Beim Anstieg zum Gipfel des Gr. Königstuhls (siehe Abb. 5.) wechselt der Weg auf das charakteristische Quarkonglomerat (Karbon),

teilweise sogar riesige Blöcke (siehe Abb. 6.) bildend, die einen guten Einblick in den Gesteinsaufbau gewähren. Auf Grund der sandigen, nährstoffarmen Bodenbeschaffenheit setzen sich die Rasen der alpinen Höhenstufe aus nur wenigen Arten niedrigwüchsiger Pflanzen zusammen, wie zum Beispiel aus Bürstling (*Nardus stricta*), Zwerg-Seifenkraut (*Saponaria pumila*) und Halbkugel-Teufelskralle (*Phyteuma hemisphaericum*). Vom Gr. Königstuhl (2.336 m) führt der Weg in Richtung Karlnock (2.340 m). Auf dem Weg dorthin fällt das sandige, eisenhaltige Verwitterungsprodukt des Quarzkonglomerates auf, welches sich zwischen den beiden Gipfeln befindet. In der hier vorherrschenden kargen Vegetation kommt auch der Echte Speik (*Valeriana celtica*) neben anderen Säurezeigern vor (z.B.: *Phyteuma hemisphaericum*, *Primula minima*, *Saponaria pumila*).

Südwestlich des Karlnocks sind die Halden des ehemaligen Steinkohlebergbaues sichtbar. In den grauen Phylliten (Oberkarbon) sind teilweise gut erhaltene Pflanzenfossilien auffindbar. Das Alter des Kohleschiefers beträgt ca. 330 Millionen Jahre. Weil diese Schiefer bergabwärts gleiten, kann sich kaum Vegetation darauf bilden. Schließlich wird der Bereich Karlnock am Wanderweg verlassen, und man erreicht so den Stangboden (Seehöhe 2.150 m). Von dort führt der Weg westwärts wieder ins Tal. Auf dieser Talseite beginnt die Kampfwaldzone ungefähr auf einer Seehöhe von 2.100 m. Dies hängt damit zusammen, dass der Berghang weniger steil und felsig ist, als der Gegenhang aus Kalk und Dolomit, sondern hügelig. Vorherrschende Gesteine sind hier graue Phyllite und grünliche Chloritschiefer. Hier finden sich ausschließlich Pflanzen, die an Silikatgesteine angepasst sind. Besonders häufig wächst die Rostrote Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*), die in diesen Hängen richtige Teppiche bildet. Weiters konnten neben zahlreichen weiteren Arten Gold-Pippau (*Crepis aurea*), Echte Arnika (*Anica montana*) und Silberdistel (*Carlina acaulis*) beobachtet werden. Beim weiteren Abstieg sticht ein besonderer Bereich hervor, wo Grünschiefer dominiert, aber auch Bänderkalke mit Phyllit und Eisendolomit vorkommen. Schlussendlich wird der Ausgangspunkt wieder erreicht - das Karlbach.

Klima

Leider gibt es nach Auskunft der Biosphärenparkverwaltung und der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) für das Untersuchungsgebiet in der näheren Umgebung keine meteorologischen Daten. Einer Quelle zu Folge handelt es sich um ein stark

kontinental beeinflusstes Gebiet mit einer Jahresniederschlagsmenge von 1.400 mm, wobei dieser Niederschlag häufig in Form von Gewitterregen niedergeht. Der Winterniederschlag in Form von Schnee ist relativ gering und wird größtenteils durch Wind verweht (FRANZ et al. 2012, S. 102).

Höhenstufen und Vegetation

Die für diesen Abschnitt verwendeten Begriffe und Definitionen stammen aus der Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol (FISCHER et al. 2008, S. 135). Im Untersuchungsgebiet treten folgende Höhenstufen auf:

Subalpin (= „Almenstufe“): befindet sich zwischen der Baum- und Waldgrenze („Kampfwald“ und Krummholz)

tiefsubalpin: aufgelockerte Lärchen-Fichten-Wälder; beim Karlbach im Übergang zur hochsubalpinen Teilstufe

hochsubalpin: Lärchen-Zirben-Wälder mit Legföhren-Gebüsch, ab dem Karlbach in 1.760 m Seehöhe; vereinzelt treten noch Fichten auf

Alpin: großgehölzfreie, im Winter schneebedeckte Vegetation

unteralpin: Zwergstrauchheiden die im Untersuchungsgebiet je nach Substrat überwiegend aus *Rhododendron hirsutum* und *Rhododendron ferrugineum* bestehen; etwa bis in eine Seehöhe von 1.900 m; über Silikat oft zusammen mit *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea*

oberalpin: mehr oder weniger geschlossene Rasengesellschaften. Im Untersuchungsgebiet über den ausgedehnten Silikatgesteinen je nach Höhenlage und Bodenfeuchte großflächige Borstgrasrasen oder Krummseggenrasen, über Karbonatgestein geringflächige Blaugrasrasen. Ab etwa 2.000 m Seehöhe bis zum Gipfel des Gr. Königstuhls auf 2.336 m. Aufgrund der starken Gelände- und Windexposition sind die flachgründigen Rasen direkt unter dem Gipfel sehr lückig und zeigen bereits Anklänge an die moos- und flechtenreiche, offenere Vegetation der subnivalen Stufe.

Methoden zur Bodenanalyse

An charakteristischen Stellen entlang des Rundwanderweges wurden Bodenproben bis in eine ungefähre Tiefe von 20 cm genommen (je nachdem wie es mit der Hartplastikschaufel möglich war; bzw. wie weit das Grundgestein es zuließ). Die genommenen Bodenproben wurden dann vom AGES-Labor (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH) mit folgenden analytischen Verfahren auf die Verfügbarkeit von bestimmten Ionen für die Pflanzen untersucht.

Bestimmen des pH-Werts in Böden nach der ÖNORM EN 15933, ÖNORM L 1083

Die ÖNORM EN 15933 ist für Schlamm, behandelte Bioabfälle und frische oder lufttrockene Bodenproben zuständig. Diese europäische Norm beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung des pH-Wertes unter Verwendung einer Glaselektrode, mit deren Hilfe in einer Suspension 1:5, das heißt 1 Teil aus Boden, Schlamm oder Bioabfall und 5 Teile Wasser oder eine 0,01 mol/l Calciumchloridlösung (pH-CaCl₂) gemessen wird. (<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=D692D196DF05E2BB172509BDE6B78C4F?preview=&dokkey=380294&selectedLocale=de> am 30.03.2014)

Die ÖNORM L 1083 steht für chemische Bodenuntersuchung – Bestimmung der Acidität (pH-Wert). (<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=93BC0BD9DFCE005D46B54D7496054897?preview=&dokkey=213654&selectedLocale=de> am 30.03.2014)

Die Bestimmung des pH-Wertes ist wichtig, da dieser Aufschluss gibt in wie weit Nährstoffe löslich sind und den Pflanzen für ein gesundes Wachstum zur Verfügung stehen, das heißt es gibt für die einzelnen Nährsalze bestimmte pH-Wert-Bereiche, wo diese besonders leicht verfügbar sind.

Bestimmung von P und K in Böden nach der CAL-Methode mittels SFAS Autoanalyser, ÖNORM L 1087

Die CAL-Methode (Calcium-Acetat-Lactat-Methode) dient dazu mit Hilfe von Extraktion herauszufinden wie viel pflanzenverfügbarer Phosphor im Boden ist und wie viel pflanzenverfügbares Kalium. Durch das Extrakt kann dann eine Konzentration dieser Pflanzennährstoffe angegeben werden. Das Extraktionsmittel, welches dafür genutzt wird, ist eine Lösung, welche auf einen pH-Wert von 3,7 bis 4,1 gepuffert ist und aus

Calciumlactat, Calciumacetat, Essigsäure und Wasser besteht. Der Boden muss zur Vorbereitung getrocknet und gesiebt sein. Erst danach wird der Boden mit dem Extraktionsmittel versetzt und für 90 Minuten maschinell geschüttelt. Im Anschluss daran wird die gewonnene Lösung abfiltriert und auf ihren Phosphor- und Kaliumgehalt gemessen. Um den Phosphorgehalt zu bestimmen ist die Photometrie ein geeignetes Messverfahren. Für Kalium ist die ideale Messmethode die Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) oder die Atomemissionsspektroskopie (AES). Die erhaltenen Werte werden beim Phosphor dann mit einer Tabelle verglichen, die in fünf Stufen unterteilt ist und die P-Gehaltsklassen ergeben. Dabei steht A für den niedrigsten Phosphorgehalt und E für den höchsten. Je nachdem, in welche P-Klasse der Boden fällt, können (in der Landwirtschaft) dann spezielle Düngeprogramme gestartet werden, damit der Ertrag optimiert wird. (<http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/0-4-phosphor.pdf> am 30.03.2014) Der CAL- lösliche Phosphorgehalt gibt an, in welchem Maß Phosphor-Reserven im Boden mobilisiert werden können. Für die Phosphor-Speicherkapazität eines Bodens sind die amorphen Aluminium- und Eisenoxide maßgeblich mitverantwortlich.

(http://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CEoQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.raumberg-gumpenstein.at%2F%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26Itemid%3D100139%26task%3Ddoc_download%26gid%3D7195%26lang%3Dde&ei=pNg7U_9E8PctAbQj4G4Bw&usg=AFQjCNEWPXt5wVS0bf-Qdq1jCHBAL93tcw&bvm=bv.63934634,d.Yms am 30.03.2014)

ÖNORM L 1087 dient dazu, pflanzenverfügbaren Phosphor und Kalium im Boden zu bestimmen, wobei Böden unter forstlicher Nutzung ausgenommen sind. Es kann für die Bestimmung sowohl die DL-Methode (Doppel-Lactat-Methode) verwendet werden (unter einem pH von 6,0) oder die CAL-Methode (über einem pH von 6,0). Bei der Bestimmung mittels Plasmaemissions-Spektroskopie werden sämtliche im Extrakt enthaltenen Phosphorgehalte ermittelt. Diese ÖNORM ist unter Beachtung der allgemeinen Bestimmungen von der ÖNORM L 1053 anzuwenden, welche die Rahmenbedingungen für die chemische, physikalische und biologische Bodenuntersuchung festlegt. Ihr Sinn ist es, für die verschiedenen Bereiche der Bodenuntersuchung eine einheitliche terminologische Grundlage zu schaffen. Es sind hier Verfahren zur Probenaufbereitung aufgelistet, die speziell für den Boden in seiner Funktion als Pflanzenstandort relevant sind und somit anzuwenden sind. Die Vorbehandlung der Proben für Schlamm, behandelten Bioabfall und Boden zur Bestimmung von organischen, anorganischen und physikalisch-chemischen Parametern wird in der ÖNORM EN 16179 beschrieben. (<https://shop.austrian->

standards.at/Preview.action;jsessionid=F8981DF111156B9CF806D7FE05E4A2E7?preview=&dokkey=455434&selectedLocale=de am 30.03.2014

<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=C3A94EA4BEB670F911D94FE5468EA883?preview=&dokkey=424196> am 30.03.2014)

Bestimmung des CaCl_2 -extrahierbaren Magnesiums in Böden mittel AAS-Flamme, ÖNORM L 1093

Die Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) beruht auf der Messung der Absorption von Strahlung durch isolierte Atome in einer Gasphase. Aus diesem Grund spielen die Verfahren zur Verdampfung und Atomisierung der zu untersuchenden Proben eine wichtige Rolle. Die verflüssigte Probe wird mit Hilfe des Oxidationsmittels, welches sich in einem Gasstrom befindet angesaugt und zerstäubt. Das Brenngas wird separat in die Mischkammer eingeleitet, wo es auf das Aerosol aus Probe und Oxidationsmittel trifft. Durch eine bestimmte Abfolge von Prallkörpern aus Keramik wird sichergestellt, dass nur die allerfeinsten Aerosoltröpfchen in die Flamme gelangen (Durchmesser $5\mu\text{m}$), somit landen ca. 90% im Abfluss. Es gibt verschiedene Kombinationen von Brenngas und Oxidationsmittel und für jedes zu messende Element eine geeignete Strahlungsquelle. (http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/16/anac/aasvirtmess.vlu/Page/vsc/de/ch/16/anac/aas5_at.vscml.html am 30.3.2014)

ÖNORM L 1093 dient der Extraktion von Magnesium mittels Calciumchloridlösung aus Böden, die landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzt werden und bestimmt den Anteil an Magnesium, der den Pflanzen in leicht aufnehmbarer Form zur Verfügung steht. Sie ist unter Einhaltung der ÖNORM L 1053 mit deren Bestimmungen anzuwenden. (<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=7841E71DD9D57EA188C898B581D3978F?preview=&dokkey=283730&selectedLocale=de> am 30.3.2014)

Bestimmung von Gesamtstickstoff in Böden durch trockene Verbrennung mittels Elementaranalyse, ÖNORM L 1095

Es handelt sich um eine qualitative Analyse von organisch gebundenen Elementen wie Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Phosphor, Schwefel und Halogenen mit der Ausnahme von Fluor. Um eine Analyse durchführen zu können, müssen die organischen Verbindungen aufgeschlossen werden, dann von organisch gebundenen Elementen in Ionen umgewandelt

werden, und dann erfolgt zum Schluss der qualitative und quantitative Nachweis. Um festzustellen, ob die gewünschte Substanz überhaupt organische Bestandteile enthält, wird eine Verkohlungsprobe durchgeführt. Dafür wird zuerst ein „Magnesiastäbchen“ bzw. Platindraht in die ursprüngliche Probe getaucht und diese dann in die Flamme eines Brenners gehalten. Anhand der Reaktion, was mit der Flamme dann passiert, kann festgestellt werden wie die Probe zusammengesetzt ist – schwach leuchtende Farbe (aromatische Kohlenwasserstoffe), Rußabscheidung (aliphatische Kohlenwasserstoffe), Leuchterscheinung nimmt ab (sauerstoffreiche Verbindungen).

Speziell für Stickstoff: Nun wird ein Teil der Aufschlusslösung, die durch den Lassaigne-Aufschluss hergestellt wird mit ca. 0,5 ml frisch zubereiteter 1%iger Eisen(II)-sulfatlösung versetzt. Anschließend wird das so gewonnene Gemisch aufgeköcht und nach dem Abkühlen mit einigen Tropfen verdünnter Salzsäure angesäuert. Sollte es zur Bildung eines blau-schwarzen Niederschlages kommen oder einer Grünfärbung, so enthält die untersuchte Substanz organisch gebundenen Stickstoff. Ist die Färbung nur schlecht erkennbar, wird diese filtriert oder man bringt einige Tropfen auf ein Filterpapier auf, dort sollte dann eine Färbung erkennbar sein oder es bilden sich kleine blau-schwarze Kristalle. (http://info.fh-wels.at/skripten/MKroepl/LVA_2_Semester/03_ELEMENTARANALYSE.pdf am 30.03.2014)

Die zu bestimmende Probensubstanz wird in eine Zinnkapsel eingewogen, es werden dabei ungefähr 2 bis 3mg einer organischen Substanz benötigt. Wenn dies gemacht ist, wird die Zinnkapsel im Autosampler platziert. Daraufhin fällt die Zinnkapsel in einen Ofen, in dem ein Überschuss an Sauerstoff herrscht. Bei ca. 990°C wird dann das Material mineralisiert, es kann sich dabei mit großer Wahrscheinlichkeit trotz des Sauerstoffüberschusses Kohlenmonoxid bilden. Die vollständige Oxidation wird durch einen anschließenden Wolframtrioxid-Katalysator gewährleistet. Als Produkte werden CO₂, H₂O und NO_x erhalten, aber auch der überschüssige Sauerstoff passiert den Katalysator. Das so entstandene Produktgas strömt dann über eine Kolonne mit Kupfergranulat, wo ca. 550°C herrschen. Dabei wird der Restsauerstoff gebunden und das Stickoxid zu Stickstoff reduziert. So erhält die Gasmischung nun nur noch die Analysegas CO₂, H₂O und N₂. Nun dient hoch reines Helium als Trägergas für den Substanzstrom. Nachdem der entsprechende Druck- bzw. Volumenzustand erreicht ist, wird der Gasstrom auf eine Chromatographiesäule geführt. Dort erfolgt die Auftrennung in Form einer Zonenchromatographie und dabei entstehen

Stufenkurven. Diese Stufen sind jeweils proportional der Substratmenge im Gemisch. Der Nachweis und die Qualifizierung der Produktgase erfolgt mit Hilfe eines Wärmeleitfähigkeitsdetektors. (<http://www.univie.ac.at/Mikrolabor/chn.htm> am 30.03.2014)

ÖNORM L 1095 ist für die Bestimmung des Gesamtstickstoffgehaltes im Boden durch trockene Verbrennung. (http://www.bodeninfo.net/index.php?article_id=75 am 30.03.2014)

Bestimmung von EDTA-extrahierbarem Fe, Mn, Cu und Zn in Böden mittels ICP-OES; ÖNORM L 1098

EDTA (Ethylendiamintetraessigsäure)

Die ICP-OES (inductively coupled plasma optical emission spectrometry zu Deutsch „optische Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppeltem Plasma“) ist ein Probenanalyseverfahren, welches auf der optischen Untersuchung der im Plasma auftretenden und ermittelten Strahlung, sowohl im sichtbaren, wie auch im ultravioletten Bereich basiert. Als Grundlage dafür dient, dass die im Plasma angeregten Atome, beziehungsweise Ionen jeweils eine charakteristische elektromagnetische Strahlung emittieren und diese ist für jedes Element anders. Wobei manche Elemente viele verschiedene Linien besitzen können wie zum Beispiel Eisen ca. 4400. Daher ist eine genaue Einstellung des Gerätes sehr wichtig. Es kann aber trotzdem jedes Element entsprechend identifiziert werden – durch das Spektrum des emittierten Lichtes, welches charakteristische Linien besitzt. Da mit der Konzentration des Elementes in der Probe die Intensität der Linien korreliert, lässt sich über geeignete Kalibrationsstandards die Konzentration der Elemente bestimmen und quantifizieren. Dieses Verhältnis ist aber nicht immer linear, sondern nur bis zu einer maximalen Konzentration und daher muss man bei der Auswahl der Spektrallinien dies berücksichtigen. (<http://www.geologie.uni-frankfurt.de/Staff/Homepages/Bahr/Kurzskript%20ICPOES.pdf> am 30.03.2014) Die Methode dient vorwiegend zur Bestimmung der gelösten Elemente Barium, Calcium, Cadmium, Eisen, Kalium, Magnesium, Mangan, Phosphor, Schwefel und Zink (in tierischem und pflanzlichem Probenmaterial). Es können mit dieser Methode auch noch andere Elemente erfasst werden.

(http://www.ime.fraunhofer.de/content/dam/ime/de/documents/AOe/UPB_SOP_ICP-OES_de.pdf am 30.03.2014)

ÖNORM L 1098 beschreibt ein Verfahren bei dem Böden mit einer Calciumchlorid-DTPA-Lösung (Calciumchlorid-Diethyentriaminpentaessigsäure-Lösung) extrahiert werden, um wasserlösliche, austauschbare und komplexgebundene Elemente zu erfassen und dies erfolgt unter Einhaltung der ÖNORM L 1053. (<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=8228DE1FBF1EAC2A75CCAFD338D13B6A?preview=&dokkey=524940&selectedLocale=de> am 15.4.2015)

Bestimmung der austauschbaren Kationen und der effektiven Austauschkapazität mittels ICP-OES und AAS, ÖNORM L 1086-1

ÖNORM L 1086-1 beschreibt eine Methode zur Bestimmung der basisch oder sauer reagierenden austauschbaren Kationen und der effektiven Kationen-Austauschkapazität von Böden, mittels einer Extraktion mit einer Bariumchlorid-Lösung, welche ungepuffert ist. So erfolgt die Extraktion für die effektive Austauschkapazität bei einem durch den Boden bestimmten pH-Wert. (<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=844C1EC2694144D85654BD0576DBA8C8?preview=&dokkey=518044&selectedLocale=de> am 30.03.2014)

Die hierfür verwendete Einheit ist cmolc/kg (centimols of charge per kg soil) und wird in vielen Testlabors verwendet um die Austauschbarkeit von Ionen darzustellen. (<http://www.public.iastate.edu/~teloynac/354meg.pdf> am 15.4.2015)

Die beiden hier verwendeten instrumentellen Analyseverfahren wurden bereits beschrieben.

Flora und Vegetation

Allgemeines

Abhängig vom pH-Wert und der Ionenzusammensetzung des Substrates treten im Untersuchungsgebiet sowohl Säurezeiger als auch Basenzeiger auf. Als Maß für den Säuregrad steht der pH-Wert des Bodens, mit vielen seiner weiteren Eigenschaften in Beziehung, wobei diese mehr oder weniger eng sein kann. Der pH-Wert ist leicht messbar und daher eine der wichtigsten und am häufigsten verfügbaren Kenngrößen verschiedener Substrate. Der pH-Wert wird auch zur Einteilung der Böden verwendet (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1992). Lange Zeit hat man die Bodenazidität für einen primären Faktor für den Pflanzenwuchs gehalten. Tatsächlich ist die Wirkung aber eine indirekte. Die Ernährung der Pflanze wird über die vom pH-Wert abhängige Löslichkeit und die damit einhergehende

Aufnahmefähigkeit der Ionen beeinflusst (REISIGL & KELLER, 1994). Der pH-Wert ist mitentscheidend dafür, welche Pflanzen an einem bestimmten Standort vorkommen.

Die Problematik der *calcicolen* (kalkholden) und *calcifugen* (kalkmeidenden) Pflanzen ist, mehr als andere ökophysiologische Phänomene, dadurch gekennzeichnet, dass eine besonders große Vielfalt der beteiligten Faktoren und Reaktionen vorliegt (KINZEL, 1982). „Die Konzentration an Wasserstoffionen und die allgemeine Nährstoffversorgung, die vielfältige Wirkung des CaCO_3 und des MgCO_3 , die Versorgung mit K, N, P und den Mikronährstoffen, die Wirkung der toxischen Ionen Al^{3+} , Mn^{2+} und zuweilen auch Fe^{2+} sind alle an den beobachteten Erscheinungen beteiligt, ... (KINZEL, 1982, S. 222).“ Die jeweilige Bodenreaktion wirkt sich vor allem über ihren Einfluss auf die Nährstoffverfügbarkeit (Verwitterung, Humifizierung, Nährstoffmobilisierung, Ionenaustausch) auf die Pflanzen aus (LARCHER, 2001).

Kalkführende Böden werden durch folgende Merkmale von kalkarmen Böden unterschieden: sie sind meist wasserdurchlässiger und daher trockener und wärmer als Silikatböden, vor allem aber ist auf Kalkböden der Gehalt an Ca^{2+} und HCO_3^- stark erhöht. Dadurch sind Kalkböden auf einen höheren pH-Wert eingepuffert; ihre Reaktion ist neutral bis schwach alkalisch. Auf Kalkböden wird Stickstoff schneller mineralisiert, P, Fe, Mn und die meisten Schwermetalle sind schlechter verfügbar als auf sauren Böden, da sie in schwerlöslichen Verbindungen gebunden sind. Ein Kalkboden ist immer auch ein Karbonatboden (LARCHER, 2001).

Silikatböden und andere basenarme Böden weisen hingegen saure Bodenreaktionen auf, wobei vermehrt Al-, Fe-, und Mn-Ionen freigesetzt werden. Die Böden verarmen an Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , und PO_4^{3-} bzw. es liegen diese Ionen in schlecht aufnehmbarer Form vor. Silikatböden sind bei hohem Tongehalt dicht, feucht und aus diesem Grund kühler als Lockerböden. Die Verfügbarkeit von Eisen und Mangan ist (wenn vorhanden) reichlich gegeben und Aluminiumverbindungen gehen leicht in Lösung (LARCHER, 2001). „Alle diese Bodeneinflüsse wirken sich auf den Mineralstoffwechsel und das Wachstum der Pflanzen aus, die je nach Art unterschiedliche und bezeichnende Ansprüche an ihr Substrat stellen und deren Stoffproduktion, Konkurrenzfähigkeit und Widerstandskraft schwächer wird, wenn ihre spezifischen Bedürfnisse nur ungenügend oder nicht erfüllt sind (LARCHER, 2001, S. 191).“

Aus diesem Grund müssen *calcicole* Pflanzen befähigt sein, aus dem Kalkboden Phosphor und schlecht erschließbare Spurenelemente aufzunehmen. Hingegen sind *calcifuge* Arten auf Kalkboden von Phosphormangelerscheinungen und Eisenmangelchlorosen betroffen. Dadurch hervorgerufene Schadbilder werden unter dem Begriff „Kalkchlorose“ zusammengefasst. Diese stellt eine höchst komplexe Stoffwechselstörung dar, von der unter anderem Nitrat-, Phosphat- und Säurestoffwechsel betroffen sind. Hingegen wären Kalkpflanzen auf sauren, kalkarmen Böden mit dem Überschuss an Eisen-, Mangan- und Aluminiumionen überfordert. Ein besonderes Problem stellen für die *calcicolen* Arten über sauer reagierenden Substraten Al^{3+} -Ionen dar, die sie schädigen. Es gibt nämlich unter den *calcitrophen* Familien und Gattungen Arten, die sich sowohl *calcicol* wie auch *calcifug* verhalten. Diese Beobachtungen lassen den Schluss zu, dass ökologische Gegebenheiten selten auf einzelne physiologische Reaktionen zurückzuführen sind. In diesem Fall müssen alle Aspekte beachtet werden (LARCHER, 2001). „So ist die Verbreitung von Pflanzenarten und Ökotypen auf kalkreichen, basischen Standorten nicht nur durch den zellulären Calciumstoffwechsel bedingt, sondern auch durch genetisch fixierte Unterschiede in der Aufnahmefähigkeit für essenzielle Bioelemente (z.B. Eisen) bestimmt. Auch Mykorrhizapilze können *calcifuge* Zwergsträucher genügend mit Phosphor und Eisen versorgen, sodass diese imstande sind, auf Kalkböden zu wachsen (*symbiocalcicole* Pflanzen) (LARCHER, 2001, S. 193).“

Das kühl-humide Klima in Mittel- und Westeuropa kann eine oberflächliche Versauerung von Kalkböden fördern, zum Beispiel durch die Bildung oberflächlicher, schlecht zersetzter Humusschichten unter Nadelbäumen (*Koniferen*) und unter *Ericaceen*. Auch die Auswaschung von Kationen bewirkt die Versauerung basenarmer Böden, Pflanzen können fallweise auch Stoffe, die im ursprünglichen Boden nur in geringen Mengen vorhanden sind, anreichern. Daher kann auch die Vegetation die Neigung eines Bodens zur Versauerung beeinflussen (KINZEL, 1982).

Es gibt Zeigerarten für Karbonatsubstrat („Kalkzeiger“), im Untersuchungsgebiet zum Beispiel Bewimperte Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*), Schnee-Heide (*Erica carnea*), Kalk-Blaugras (*Sesleria caerulea*), Zwerg-Glockenblume (*Campanula cochleariifolia*), Polster-Segge (*Carex firma*), Rundkopf-Teufelskralle (*Phyteuma orbiculare*) u.v.m.

Als charakteristische Zeigerarten für Silikatgestein („Säurezeiger“) treten im Untersuchungsgebiet, zum Beispiel Rostrote Alpenrose (*Rhododendron ferreugineum*),

Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Bürstling (*Nardus stricta*), Bart-Glockenblume (*Campanula barbata*), Katzenpfötchen (*Antennaria dioica*), Arnika (*Arnica montana*), Zwerg-Primel (*Primula minima*) u.v.m. auf.

Die folgende Aussage von REISIGL & KELLER aus dem Jahre 1994 zum Karbonat-/Silikatproblem hat noch immer Gültigkeit: „*Das alte Problem der im Kalk- und Silikatgebirge so verschiedenen Flora und ihrer Ursachen ist also sehr komplex und im Detail noch nicht ganz geklärt. Klar scheint, dass jede Pflanze ihre ganz besonderen Bodenansprüche und Stoffwechselreaktionen besitzt. Je weniger diese erfüllt werden, umso schwerer wird sie sich im Konkurrenzkampf gegen andere Pflanzen durchsetzen können.*“

Umwelteinflüsse durch den Menschen

Neben der Karbonat- und Silikatfrage spielen auch noch andere Faktoren eine wichtige Rolle; beispielsweise die vom Menschen verursachten Umwelteinflüsse wie etwa Weidewirtschaft, Mahd, Tourismus, Industrie, Verkehrswege.

Die **Beweidung** hat einen wesentlichen Einfluss auf die Ausprägung von Almen. Ohne sie würde sich die von Gräsern und Grasartigen dominierte Vegetation vielfach nicht einstellen. Das regelmäßige Abgrasen verhindert die Verbuschung und die Flächen können nicht wieder bewalden. Mit dieser Bewirtschaftungsform geht auch das Vorkommen von Pflanzen einher, die durch diese extensive Nutzung gefördert werden („Weidezeiger“), im Untersuchungsgebiet zum Beispiel Echter Kümmel (*Carum carvi*), Breit-Wegerich (*Plantago major*) oder Weißer Germer (*Veratrum album*).

Die Beweidung führt auch zu einer nicht explizit beabsichtigten Düngung durch Kuhdung, die oftmals konzentriert an bestimmten Stellen erfolgt. So befinden sich im Umkreis von Almhütten, wo sich wegen des erhöhten Nährstoffgehaltes hochwüchsige Lagerfluren entwickeln können, zum Beispiel Stickstoff anzeigende Brennessel (*Urtica dioica*) („Nährstoffzeiger“). Beweidung verursacht aber auch Veränderungen im Bodengefüge, da die Weidetiere durch Betritt die Grasnarbe verletzen und so vegetationsfreie Stellen schaffen, in denen konkurrenzschwache, aber trittresistente Arten Lebensraum finden können („Störungszeiger“). Zu starker Betritt kann sich als Nachteil erweisen, wenn die Vegetation großflächig zerstört wird. Auch durch Mahd kann Verbuschung hintangehalten

werden. Einige Pflanzen finden aber gerade in Mähdern der subalpinen Stufe besonders günstige Lebensbedingungen vor, um sich entfalten zu können.

Ausgewählte Farn- und Blütenpflanzen

Im Folgenden werden einige der Pflanzen behandelt, die entlang des Rundwanderweges im Untersuchungsgebiet vorkommen. Diese werden in die schon erwähnten Kategorien Basenzeiger und Säurezeiger gegliedert. Auch auf wichtige Weidezeigerpflanzen wird hingewiesen. Im Anschluss daran werden noch einige Pflanzenarten erwähnt, die für dieses Gebiet wichtig sind.

Die Nomenklatur der Pflanzennamen richtet sich nach der „Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol“ (FISCHER et al. 2008). Zur Erleichterung der Pflanzenbestimmung wurden im Gelände noch zwei weitere Bücher herangezogen, nämlich „Alpenpflanzen“ von WENDELBERGER (2009) und „Alpenpflanzen“ von HOFMANN (2013). Ebenso stammen die Beschreibungen der Arten aus diesen Büchern, aber auch aus www.wikipedia.at.

Basenzeiger (Kalkzeiger)

Kalkpflanzen sind Stoffwechselspezialisten, die mit dem Überschuss an Ca^{2+} -Ionen zu leben vermögen. Sie können das Ca^{2+} unschädlich machen, unter anderem durch Neutralisierung des Calciums mit Oxalsäure oder durch Verbindung mit Apfelsäure, wodurch die Saugkraft der Gewebe erhöht wird. Nährstoffe sind in diesen alkalischen Kalkböden fester gebunden, als in anderen Böden und dadurch nicht so leicht auswaschbar, dafür aber schwerer zugänglich für die Pflanzen. Da Phosphor, Eisen und Mangan vorwiegend im sauren Bereich löslich sind, können über basischen Böden bezüglich dieser Elemente eher Mangelkrankheiten auftreten. (REISIGL & KELLER, 1994)

***Campanula cochleariifolia* – Zwerg-Glockenblume** (Campanulaceae/Glockenblumengewächse)

Krautige, ausdauernde, lockerrasige Pflanze mit mehreren sterilen Blattrosetten; Wuchshöhe: 5 – 15 cm. Der Stängel ist im basalen Bereich dicht von gestielten Grundblättern umgeben, die Blattspreite ist eiförmig bis rundlich; der Blattrand kerbzählig im oberen Stängelbereich spärlicher beblättert, Spreite länglicher als bei Grundblättern. Blütezeit: Juli bis August. Meist kommen die Blüten einzeln oder in wenigblütigen, traubigen

Blütenständen vor. Die Blütenknospen meist nickend. Kronfarbe: variiert zwischen hellblau und blaulila.

Campanula cochleariifolia wächst meist auf Schutt, in Felsspalten und in offenen, steinigen Rasen. Sie kommt im Untersuchungsgebiet in der subalpinen bis alpinen Höhenstufe vor.

***Carex firma* – Polster-Segge (Cyperaceae/Sauergräser)**

Krautige, ausdauernde, polsterwüchsige, grasartige Pflanze; Wuchshöhe: 5 – 20 cm.

Carex firma ist eine der bestandesbildenden, kalksteten Pflanzenarten über karbonatischen Substraten, die auch windexponiert sein können. Die Triebe treten zu kompakten Polstern zusammen, die flach- bis mittelgründige Kalk-Magerrasen aufbauen. Im Untersuchungsgebiet kommt die Art von der subalpinen bis alpinen Höhenstufe vor.

***Carlina acaulis* subsp. *acaulis* – Gewöhnliche Große-Eberwurz, Gewöhnliche Silberdistel (Asteraceae/Korbblütler)**

Carlina acaulis subsp. *acaulis* ist eine ausdauernde, krautige Pflanze, die einen mehr oder weniger reduzierten Stängel aufweist. Wuchshöhe: 3 – 5 cm. Mit einer Pfahlwurzel von bis zu einem Meter Länge zählt die Art zu den Tiefwurzlern. Die Laubblätter sind fiederteilig und auf der Unterseite kahl bis etwas spinnwebig behaart und bilden eine Rosette aus, die einen Durchmesser von 8 – 16 cm haben kann. Die Silberdistel bildet nur einen Korb aus, der einen Durchmesser von 5 – 11 cm haben kann. Die äußeren Hüllblätter sind gleich gestaltet wie die Laubblätter, die inneren Hüllblätter sind silbrig-weiß manchmal auch etwas rötlich gefärbt. Der innere Blütenkorb setzt sich aus mehreren hundert Röhrenblüten zusammen, die von ihrer Färbung her weißlich bis rötlich sein können. Zungenblüten fehlen, die mehreren hundert Röhrenblüten sind weißlich bis rötlich gefärbt. Die Röhrenblüten können nur von langrüsseligen Insekten bestäubt werden. Die Achänen tragen einen Pappus und sind windmeistens aber tierausgebreitet.

Carlina acaulis wächst bevorzugt über kalkhaltigen Substraten, nur selten auch an basenärmeren Standorten und wird als Weidezeiger durch Beweidung gefördert. Im Untersuchungsgebiet wächst die Art in der subalpinen Stufe.

***Clematis alpina* – Alpen-Waldrebe (Ranunculaceae/Hahnenfußgewächse)**

Clematis alpina die einzige Liane der subalpinen Stufe. Ihre Äste ranken mittels der Blattstiele und Blattspindel. Wuchshöhe: ca. 30 – 300 cm. Blüte: blau-violett, hängend, glockig zusammenneigend. Die äußeren Staubblätter sind zu Nektarblättern umgebildet und stellen eine wichtige Nektarquelle für Insekten dar. Giftig.

Clematis alpina bevorzugt kalkhaltige Böden und bevorzugt Schluchten, Waldränder und Felsen wie auch Alpenrosen- und Legföhren- Gebüsche. Im Untersuchungsgebiet kommt die Art in der subalpinen Höhenstufe vor.

***Erica carnea* (= *Erica herbacea*) – Schnee-Heide (*Ericaceae*/Heidekrautgewächse)**

Erica carnea bildet verzweigte Zwergsträucher; Wuchshöhe: 15 – 40 cm. Alter: bis zu 30 Jahre. Die Laubblätter sind immergrün und nadelförmig. Der Blütenstand ist einseitwendig frondos und bildet Scheintrauben. Blütenknospen im Vorjahr angelegt. Die acht dunklen Antheren ragen aus der Krone heraus, welche röhrig bis krugförmig ist und die Farbe der Kelchblätter hat. Kelchblätter: ungefähr 3 – 5 mm, rötlich gefärbt und trockenhäutig. Bestäubung: Insekten. Samen: windausgebreitet. Lebt in spezieller Symbiose mit einem Wurzelpilz: endotrophe Mykorrhiza

Als Standorte bevorzugt *Erica carnea* nährsalzarme, karbonathaltige Böden. Im Untersuchungsgebiet wächst die Art in der subalpinen Stufe.

***Heliosperma alpestre* (= *Silene alpestris*) – Großer Strahlensame (*Caryophyllaceae*/Nelken-gewächse)**

Heliosperma alpestre ist eine ausdauernde, locker Rasen bildende Pflanze. Ihre schmalen, lineal-lanzettigen Blätter sind gehäuft im unteren Stängelbereich. Wuchshöhe: 5 – 20 cm. Blütezeit: Anfang Juni bis August. Die Blütenblätter sind weiß gefärbt.

Heliosperma alpestre besiedelt bevorzugt gut durchfeuchtete, gefestigte Feinschutt-Felsstandorte über Karbonatgesteinen. Im Untersuchungsgebiet kommt die Art mit Schwerpunkt in der subalpinen Höhenstufe vor.

***Phyteuma orbiculare* – Rundkopf-Teufelskralle, Kugel-Teufelskralle (*Campanulaceae*/Glockenblumengewächse)**

Phyteuma orbiculare ist eine ausdauernde krautige Pflanze. Wuchshöhe: 10 – 50 cm. Sie hat gestielte Grundblätter mit eiförmigen bis lanzettlichen Spreiten, die meist eine Rosette bilden. Die Stängelblätter haben dieselbe Form wie die Grundblätter. In ihrem köpfchenförmigen Blütenstand befinden sich zwischen 15 und 30 Einzelblüten. Die äußeren Hüllblätter sind eilanzettlich am Grund meist deutlich verbreitert, sie können von ihrer Länge her fast zwei- bis viermal so lang wie breit sein. Vor dem Aufblühen sind die Blütenknospen stark nach innen gebogen (krallenförmig).

Phyteuma orbiculare kommt vor allem in Kalkmagerrasen und Blaugraswiesen vor. Im Untersuchungsgebiet wächst die Art in der subalpinen Höhenstufe.

***Rhododendron hirsutum* – Bewimperte Alpenrose**, Almrausch (Ericaceae/Heidekrautgewächse)

Rhododendron hirsutum ist ein immergrüner Strauch von buschigem Wuchs; Wuchshöhe: 20 – 100 cm. Die Blätter sind wechselständig angeordnet und kurz gestielt. Ihre Form ist meist schmal-elliptisch bis zu schmal verkehrt-eiförmig. Der Blattrand ist fein gekerbt bis ganzrandig und wird von 1 – 3 Millimeter langen Wimperhaaren gesäumt, die meist waagrecht abstehen. Beide Blattseiten sind grün, wobei die Unterseite drüsig punktiert ist. Die Drüsen sind nach dem Austreiben der Blätter gelblich, im Alter werden sie bräunlich.

Die zwittrigen, vormännlichen Blüten sind in dichten Blütenständen angeordnet. Die bis zu 1,5 cm langen Kronen sind intensiv hellrot gefärbt. Bestäubt werden sie durchwegs von Hummeln. Die ovalen Früchte verholzen und geben eine Vielzahl von Samen frei, wenn sie sich von der Spitze her öffnen. Die Bewimperte Alpenrose ist giftig und wird daher von Tieren nicht gefressen.

Rhododendron hirsutum ist ein Endemit der Ostalpen mit substratbedingtem Schwerpunkt in den Nördlichen- und Südlichen Kalkalpen. Die Art wächst aber auch an einigen Stellen der Zentralalpen, wo Karbonatböden als geeignetes Substrat zur Verfügung stehen. Im Untersuchungsgebiet siedelt *Rhododendron hirsutum* in der unteralpinen Teilstufe, aber nur an Stellen, wo im Winter eine geschlossene Schneedecke die frostempfindliche Art schützt.

Häufiger als *Rhododendron hirsutum* kommt im Untersuchungsgebiet *Rhododendron ferrugineum* (Rostrote Alpenrose) vor. Die Rostrote Alpenrose sieht der Bewimperten Alpenrose ähnlich, zeigt aber keine Bewimperung der Blattränder. Ihre Blattunterseiten sind rostrot gefärbt, wobei die Intensität der Färbung im Laufe der Vegetationsperiode mit zunehmendem Alter der Blätter zunimmt. Die Rostrote Alpenrose wächst im Gegensatz zu ihrer Schwersternart bevorzugt über Silikat. Doch bilden die beiden Arten Primärhybriden, die als *Rhododendron × intermedium* bezeichnet werden. Die Hybriden weisen sowohl eine leichte Bewimperung der Blattränder auf, als auch eine Braunfärbung der Blattunterseiten, die aber nicht so ausgeprägt ist wie bei der Rostroten Alpenrose. Im Untersuchungsgebiet kommt *Rhododendron × intermedium* relativ häufig vor. Ihre Substratbindung ist Gegenstand einer weiteren Diplomarbeit.

***Saxifraga caesia* – Blaugrün-Steinbrech (Saxifragaceae/Steinbrechgewächse)**

Saxifraga caesia ist eine ausdauernde, krautige Pflanze, die dichte, kompakte Polster ausbildet. Wuchshöhe: 5 – 15 cm. Die nach außen gebogenen, spateligen Blätter sind dicklich und besitzen zur Kalkabscheidung fünf bis sieben Grübchen. Dadurch sind die Blätter mit einer Kalkschicht überzogen und wirken blaugrün. Die wenigblütigen Blütenstände befinden sich auf kaum beblätterten Stängeln. Die Kronblätter sind weiß.

Saxifraga caesia ist ein europäischer Endemit. Als Standort bevorzugt die kalkstete Pflanze Felsen, Felsrasen, Schutt und lückige Polsterseggenrasen. Sie gehört zu den Erstbesiedlern von Kalkschutt. Im Untersuchungsgebiet wächst die Art vor allem in der subalpinen Stufe.

***Sedum atratum* – Dunkler-Mauerpfeffer (Crassulaceae/Dickblattgewächse)**

Sedum atratum ist eine einjährige sukkulente Art. Wuchshöhe: 2 – 7 cm. Die Laubblätter dieser Art sind dickfleischig, fast stielrund und erreichen eine Länge zwischen 4 – 7 mm. Die Blüten stehen in einer Doldentraube, die abgeflacht ist und aus 3 – 6 Blüten besteht. Die Kronblätter sind länger als die Kelchblätter und können weißlich bis grünlich sein, aber auch oft rötlich überlaufen. Er blüht von Juli bis August. Die Samen keimen bereits im Herbst und die Pflanze überwintert als Keimling.

Als Standort bevorzugt *Sedum atratum* kalkhaltige Felsen und Felsschuttfluren oder offene, steinige und lockere Rasen. Im Untersuchungsgebiet ist die Pflanze vor allem in der subalpinen Stufe anzutreffen.

***Sesleria caerulea* – Kalk-Blaugras (Poaceae/Süßgräser)**

Sesleria caerulea ist ein ausdauerndes, horstbildendes Gras, das ein wichtiges Element in alpinen Rasen über karbonatreichen Böden sein kann.

Sesleria caerulea ist ein Bewohner von Magerrasen, steinigen Trockenrasen oder Felsrasen und kommt im Untersuchungsgebiet mit Schwerpunkt in der alpinen Stufe vor.

Säurezeiger (Silikatzieger)

***Antennaria dioica* – Katzenpfötchen (Asteraceae/Korbblütler)**

Antennaria dioica ist eine krautige, ausdauernde Rosettenpflanze. Wuchshöhe: 5 – 20 cm. Im ersten Jahr bildet die Pflanze Blattrosetten aus, ab dem zweiten Jahr kann sie dann blühfähig sein. Die Ausläufer sind beblättert und können große Matten bilden. Das Rhizom wächst meist waagrecht und bildet oft zahlreiche Grundrosetten. Der Gesamtblütenstand ist trugdoldig, in ihm befinden sich zwischen zwei und zwölf Teilblütenstände, die einen

Durchmesser von wenigen Millimetern aufweisen. Die Hüllblätter sind weißlich bis purpurrot. Die Blüten sind unvollständig zweihäusig und werden durch verschiedene Falter bestäubt. Die Früchte besitzen einen Pappus und werden windausgebreitet.

Antennaria dioica wächst in Silikatmagerrasen und tritt im Untersuchungsgebiet in der subalpinen und alpinen Höhenstufe auf.

***Arnica montana* – Arnika (Asteraceae/Korbblütler)**

Arnica montana ist eine ausdauernd, krautige Pflanze mit sehr aromatischem Geruch. Wuchshöhe: 20 – 60 cm. Der einfache oder wenig verzweigte, drüsenhaarige Stängel besitzt höchstens ein bis zwei, manchmal auch drei, gegenständige Laubblätter. Die verkehrt-eiförmig/eiförmigen bis elliptischen Grundblätter bilden eine Blattrosette. Die Rosettenblätter sind ganzrandig und oberseits behaart. Pro Blühtrieb können ein bis drei Infloreszenzen (= Körbe) ausgebildet sein, wobei ein Korb einen Durchmesser von 5 – 8 cm haben kann und außen zwei Hüllblattreihen aufweist. Die Zungenblüten und Röhrenblüten sind gleichermaßen dottergelb gefärbt. Die Blüten werden durch Insekten bestäubt; es tritt aber auch Selbstbestäubung auf. Die Früchte sind behaarte Achänen mit einem Haarpappus, sie werden durch den Wind, aber auch durch Tiere ausgebreitet.

Arnica montana wächst in kalkarmen Silikat-Magerrasen und zeigt im Untersuchungsgebiet einen Schwerpunkt in der subalpinen Höhenstufe.

***Campanula barbata* – Bart-Glockenblume (Campanulaceae/Glockenblumengewächse)**

Campanula barbata ist eine mehrjährige krautige Pflanze. Wuchshöhe: 10 – 40 cm. Die Grundblätter bilden eine Rosette. Am behaarten Stängel befinden sich einige wenige kleine Laubblätter. Die weißlichen bis violetten Blüten stehen in einseitswendigen, zwei- bis zwölfblütigen Trauben. Die Kronzipfel der Blüten sind innen lang behaart. Bestäubung erfolgt durch Hummeln, Fliegen und Käfer.

Campanula barbata wächst meist in bodensauren, feuchten bis frischen Magerwiesen, Weiderasen und Zwergstrauchheiden. Die Art kommt im Untersuchungsgebiet in der subalpinen und alpinen Stufe vor.

***Campanula scheuchzeri* – Scheuchzer-Glockenblume (Campanulaceae/Glockenblumengewächse)**

Campanula scheuchzeri ist eine ausdauernde, krautige Pflanze mit kriechendem Wurzelstock. Wuchshöhe: 5 – 40 cm. Die lang gestielten Grundblätter sind nieren- oder herzförmig und vertrocknen meist schon vor der Blütezeit. Die Stängelblätter werden zur Spitze der Pflanze hin immer schmaler und spitzer. *Campanula scheuchzeri* bildet

einseitswendige Trauben aus, die aus 2 – 5 Blüten, seltener aus einer Blüte, bestehen. Die Knospen nicken; die blauvioletten, glockigen Blüten sind aufrecht oder leicht nickend. Die Krone ist in eiförmige, zugespitzte Zipfel gespalten.

Campanula scheuchzeri besiedelt Magerrasen, Weiderasen und Felsfluren und kommt im Untersuchungsgebiet vor allem in der subalpinen Höhenstufe vor.

***Euphrasia minima* s. str. – Zwerg-Augentrost (Orobanchaceae/Sommerwurzgewächse)**

Euphrasia minima ist eine einjährige semiparasitische (Halbschmarotzer) Art. Wuchshöhen: 2 – 15 cm. *Euphrasia minima* wächst meist aufrecht, größere Individuen sind oft verzweigt. Die Blätter besitzen grannenlose Zähne und können bis zu 15 mm lang sein. In den oberen Blattachsen sitzen die Blüten, welche gelbe oder weiße Kronen haben und eine Größe von ca. einem halben Zentimeter erreichen können.

Als Standort bevorzugt *Euphrasia minima* bodensaure Magerrasen und ist somit unter anderem eine charakteristische Art der Krummseggenrasen. Im Untersuchungsgebiet kommt die Art vor allem in der alpinen Stufe vor.

***Gentiana acaulis* – Silikat-Glocken-Enzian (Gentianaceae/Enziangewächse)**

Gentiana acaulis kann leicht mit der naheverwandten kalkbewohnenden Sippe *Gentiana clusii* (Kalk-Glocken-Enzian) verwechselt werden. *Gentiana acaulis* ist eine ausdauernde, krautige Pflanze, die den Winter im grünen Zustand überdauert. Wuchshöhe: 8 – 15 cm. Die Laubblätter bilden eine grundständige Rosette, die weicher ist als bei *Gentiana clusii*. Die Form der Laubblätter ist verkehrt-eiförmig bis elliptisch und endet oft mit einer kleinen Spitze oder stumpf. Der Blattrand ist glatt ohne jegliche Kerben. Der Blütenstiel, auf dem die einzelne Blüte sitzt ist kurz, die Blüte ist ca. 5 cm groß. Die Blüte ist zwittrig und hat eine doppelte fünfzählige Blütenhülle. Die Kelchblätter sind zu einer Kelchröhre verwachsen. Die fünf Kronblätter, welche azur-blau sind, sind glockig verwachsen. Die Kronröhre ist innen grünlich mit olivgrünen Flecken. Die Kelchzipfel sind am Grund eingeschnürt und kürzer als die halbe Kronröhre und stehen von der Krone etwas ab. Die Bestäubung erfolgt durch Hummeln und Schmetterlinge, aber auch Selbstbestäubung ist möglich. Kapselfrüchte, deren Samen Dunkel- und Kältekeimer sind. *Gentiana acaulis* steht wie die meisten Enzianarten unter Naturschutz.

Gentiana acaulis besiedelt im Untersuchungsgebiet bodensaure Magerrasen der subalpinen und alpinen Stufe.

Loiseleuria procumbens (= *Kalmia procumbens*) – **Gämsheide** (Ericaceae/Heidekrautgewächse)

Loiseleuria procumbens ist ein ausdauernder, immergrüner, stark verzweigter, teppichartig wachsender, niedrigwüchsiger Spalierstrauch. Die Zweige tragen eine dichte wechselständige Beblätterung. Die Blätter bilden einen deutlichen Mittelnerv, der Blattrand ist stark nach unten umgerollt. An den Zweigenden befinden sich die Blüten, welche einzeln oder in wenigblütigen, schirmtraubigen Blütenständen stehen. Die Kelchblätter sind an der Basis, wie die rosafarbenen bis dunkelroten Kronblätter verwachsen. Einkreisiges Androeum mit fünf fertilen Staubblättern. Der Fruchtknoten ist oberständig. Die Blütenknospen werden schon im Vorjahr angelegt, damit die Art zeitig im Frühjahr blühen kann. Die Früchte reifen erst im Folgejahr aus. *Loiseleuria procumbens* besitzt wie die *Ericaceen* allgemein eine hochspezialisierte endotrophe Mykorrhiza. Die Art ist besonders widerstandsfähig gegen Winddürre und Frost. Sie speichert Fett in den Blättern und dient so den Tieren als energiereiche Winternahrung. Für den Menschen ist die Pflanze giftig.

Loiseleuria procumbens besiedelt exponierte Standorte wie schneearme Grate und Windecken. Im Untersuchungsgebiet kommt die Art vor allem in der alpinen Stufe vor.

Nardus stricta – **Bürstling** (Poaceae/Süßgräser)

Nardus stricta ist eine ausdauernde, horstige Pflanze, deren graugrüne Blattspreiten borstlich steif sind. Die vegetative Vermehrung erfolgt durch ein kriechendes Rhizom, welches eine Länge von 5 cm erreichen kann. Wuchshöhe: 10 – 30 cm. Die 7 – 15 mm langen Ährchen sind meist purpurn oder bläulich gefärbt. Hüllspelzen fehlen, die Deckspelzen sind meist sehr dunkel gefärbt. Die Blüten sind vorweiblich und windblütig. Wenn die Ährchen reif sind, stehen diese kammförmig von der Ährchenachse ab. Der Bürstling lebt in Symbiose mit einem Pilz (*Glomus intraradices*), welcher ein Rohhumuszehrer ist. Die Überwinterung erfolgt im immergrünen Zustand, die vergilbten, strohfarbenen Blätter des Vorjahres bleiben im Folgejahr meist noch erhalten.

Nardus stricta wächst in feuchten Rasen und Magerrasen und ist ein Weidezeiger. Im Untersuchungsgebiet kommt die Art in der subalpinen und alpinen Höhenstufe vor.

Phyteuma hemisphaericum – **Grasblatt-Teufelskralle**, Halbkugel-Teufelskralle (Campanulaceae/Glockenblumengewächse)

Phyteuma hemisphaericum ist eine krautige ausdauernde, immergrüne Halbrosettenpflanze. Wuchshöhe: 5 – 25 cm. Die linealischen bzw. linealisch-spatelförmigen Grundblätter und die linealischen Stängelblätter sind meist ganzrandig. Die 10 – 12 stiellosen Blüten sind in kugeligen Köpfchen angeordnet. Die Hüllblätter des Blütenstandes haben einen eiförmigen Grund und sind nach oben hin zugespitzt. Durch die Krümmung der Blütenknospen hat der Blütenstand vor dem Aufblühen die Form einer Kralle.

Phyteuma hemisphaericum wächst vor allem in Krummseggenrasen und Silikatfelsfluren. Im Untersuchungsgebiet zeigt die Art einen Schwerpunkt in der alpinen Stufe.

***Primula minima* – Zwerg-Primel (Primulaceae/Primelgewächse)**

Primula minima ist eine ausdauernde, krautige Pflanze von rasigem Wuchs. Wuchshöhe: 1 – 4 cm, die kleinste heimische Primelart. Scheinbar kahl, jedoch überall mit sehr kleinen Drüsen bedeckt. Die glänzenden Laubblätter sind in gedrängten Rosetten angeordnet und erreichen eine Länge von 15 mm. Die Laubblätter sind verkehrt-dreieckig, ihre Seitenränder sind ganzrandig, die vorderen Blattabschnitte tragen 3 – 9 in eine Knorpelspitze verschmälerte Sägezähne. Die Blüten stehen auf einem Schaft und sind meist einzeln. Die Krone ist purpurrot und relativ groß im Verhältnis zur Rosette. Der Schlund der Krone ist weiß und keilförmig, die Kronzipfel sind tief eingeschnitten.

Primula minima bevorzugt frische Silikat-Magerrasen, Krummseggenrasen und Schneeböden. Im Untersuchungsgebiet wächst die Art vor allem in der alpinen Stufe.

***Pulsatilla alpina* – Alpen-Kuhschelle (Ranunculaceae/Hahnenfußgewächse)**

Pulsatilla alpina ist eine mehrjährige krautige Pflanze. Wuchshöhe: 20 – 50 cm. Am Beginn der Blütezeit sind die Grundblätter noch wenig entwickelt, diese entwickeln sich erst postfloral zu gestielten, doppelt dreizählig geteilten Laubblättern. An der oberen Stängelhälfte sitzen drei Hochblätter, die untereinander nicht verwachsen sind. Die Blütenhülle ist weiß gefärbt. Bei der Fruchtreife verlängert sich der Griffel und gibt dem Fruchtstand das haarschopfartige Erscheinungsbild. Giftig.

Pulsatilla alpina besiedelt bevorzugt saure Böden (magere Weiden und steinige Rasen); nah verwandte Arten wachsen vikariierend über karbonatischem Substrat. Im Untersuchungsgebiet zeigt die Art einen Schwerpunkt in der subalpinen Stufe.

***Rhizocarpon geographicum* – Landkartenflechte (Rhizocarpaceae)**

Rhizocarpon geographicum ist eine Krustenflechte, die direkt auf dem Gestein wächst und große Flächen von diesem einnehmen kann. Ihrer Färbung kann leuchtend gelb bis olivgrün sein. Die Landkartenflechte wächst sehr langsam und kann mitunter bis zu 1000 Jahre alt werden.

Als Untergrund bevorzugt *Rhizocarpon geographicum* Silikat, auf Kalk tritt sie fast nicht auf. Im Untersuchungsgebiet tritt sie in der subalpinen bis alpinen Höhenstufe auf.

***Rhododendron ferrugineum* – Rostrote Alpenrose** (siehe bei *Rhododendron hirsutum*)

***Saponaria pumila* – Zwerg-Seifenkraut** (Caryophyllaceae/Nelkengewächse)

Saponaria pumila ist eine ausdauernde, polsterwüchsige, krautige Pflanze. Wuchshöhe: 3 – 5 cm. Die Art hat sehr starke Wurzeln. Die Laubblätter sind linealisch und etwas fleischig.

Saponaria pumila bevorzugt bodensaure Felsschutthalden, trockene, steinige Magerrasen, lückige Krummseggenrasen und offene Gamsheidenteppiche. Die Art zeigt im Untersuchungsgebiet einen Schwerpunkt in der alpinen Höhenstufe.

***Vaccinium gaultherioides* – Alpen-Nebelbeere, Alpen-Rauschbeere** (Ericaceae/Heidekrautgewächse)

Vaccinium gaultherioides ist ein kleiner Strauch mit weißen bis rosafarbenen Blüten. Die Beeren sind jenen der Heidelbeere ähnlich, sind aber etwas größer und nicht rund sondern leicht eiförmig. Die Färbung des Fruchtfleisches ist ein gutes Unterscheidungsmerkmal: es ist bei der Heidelbeere violett, bei der Rauschbeere weiß.

Vaccinium gaultherioides wächst vor allem in bodensaure Zwergstrauchheiden und Magerrasen. Die Art ist weniger schneeschutzbedürftig als die Heidel- und Preiselbeere und kommt im Untersuchungsgebiet in der subalpinen bis unteralpinen Stufe vor.

***Vaccinium myrtillus* – Heidelbeere, Schwarzbeere** (Ericaceae/Heidekrautgewächse)

Vaccinium myrtillus ist ein Zwergstrauch. Die Pflanze ist im Winter kahl und nicht wie die Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) immergrün. Wuchshöhe: 15 – 50 cm. Die jungen Äste sind scharfkantig und können mehrere Jahre lang grün bleiben. Die Blüten befinden sich einzeln in den Achsen der Laubblätter. Die Laubblätter sind eiförmig bis elliptisch, meist spitz zusammenlaufend. Die Blattränder sind meist fein gesägt bis gezähnt. Beide Blattseiten sind frischgrün im Herbst färben sie sich leuchtend rot. Die grünlich bis rötlich gefärbten, kugelförmigen Blüten nicken. Die sehr wohlschmeckenden Früchte haben einen Durchmesser von mehreren Millimetern. Das Fruchtfleisch ist wie der Saft violett gefärbt. Heidelbeersträucher können bis zu 30 Jahre alt werden. Durch vegetative Vermehrung vermögen die Pflanzen noch älter zu werden und dabei ausgedehnte Flächen zu besiedeln.

Vaccinium myrtillus bevorzugt Halbschatten und wächst oft auf bodensauren, nährstoff- und basenarmen Böden mit artenarmer Vegetation. Gegen industrielle Immissionen ist die Art nicht besonders tolerant. Die Heidelbeere ist ein Tiefwurzler und Rohhumuszehrer. Spätfroste schädigen die Heidelbeere, weshalb sie im Winter den Schneeschutz benötigt.

Sofern Schneeschutz gegeben ist, kommt die Art im Untersuchungsgebiet in der subalpinen und alpinen Stufe vor.

***Vaccinium vitis-idaea* – Preiselbeere, Grante(n)** (Ericaceae/Heidekrautgewächse)

Vaccinium vitis-idaea ist ein immergrüner, aufrechtwachsender bis kriechender, flaumig behaarter Zwergstrauch. Wuchshöhe: 10 – 40 cm. Die Laubblätter sind wechselständig angeordnet und können klar in den flaumig behaarten Blattstiel und die einfache, ledrige Blattspreite unterteilt werden. Die elliptisch bis verkehrt-eiförmige Blattspreite besitzt einen keilförmigen Spreitengrund. Die Blattoberseite ist glänzend dunkelgrün; die Blattunterseite drüsig behaart. Der flaumig behaarte, traubige Blütenstand ist endständig und besteht aus 2 – 8 zwittrigen radiärsymmetrischen Blüten. Die Früchte sind im Jugendstadium weiß, zur Reifezeit leuchtend rot.

Vaccinium vitis-idaea ist empfindlich gegen Frost und wächst daher in bodensauren Magerwiesen und Zwergstrauchheiden der höheren Lagen bei ausreichendem Schneeschutz. Im Untersuchungsgebiet hat die Art ihren Schwerpunkt in der subalpinen und unteralpinen Höhenstufe, wo sie über versauernden Streuauflagen auch über kalkhaltigen Substraten gedeiht.

***Veronica officinalis* – Arznei-Ehrenpreis** (Plantaginaceae/Wegerichgewächse)

Veronica officinalis ist eine ausdauernde krautige Pflanze. Wuchshöhe: 10 – 20 cm. Die vegetativen Triebe der graugrünen, weich behaarten und in den oberen Teilen drüsigen Pflanze wachsen niederliegend, der Blühtrieb zeigt aufsteigenden Wuchs. Im vegetativen Stadium bildet die Pflanze meist kleinflächige Teppiche aus. Am Stängel setzen gestielte Laubblätter an, die breit elliptisch oder eiförmig sein können und wie der Stängel fein behaart sind. Der Rand der Laubblätter ist fein gesägt. Die dichten Blütenstände tragen gestielte Blüten. Die Blüten sind purpurviolett bis helllila/weißlich gefärbt und haben einen Durchmesser von 6 – 7 mm.

Veronica officinalis wächst bevorzugt in nährstoffarmen, trockenen, bodensauren Wäldern und Weiderasen. Im Untersuchungsgebiet wächst die Art in der subalpinen Höhenstufe. In der Volksmedizin wird die Art als vielseitige Heilpflanze geschätzt.

Weiter Arten im Untersuchungsgebiet

***Carum carvi* – Echter-Kümmel** (Apiaceae/Doldenblütler)

Carum carvi ist eine zweijährige, krautige Pflanze, die schon seit Jahrtausenden als Gewürz verwendet wird. Wuchshöhe: 30 – 80 cm und höher. Die Wurzel ist spindelförmig, der daran

anschließende Stängel ist kahl und sperrig verzweigt. Die Blüten sind weiß, rosa oder rötlich gefärbt. Die Ausbreitung der Spaltfrüchte erfolgt durch Schütteln (Windstreuer) oder durch Tiere, unter anderem durch Weidetiere, weshalb die Art als Weidezeiger gelten kann.

Als Standort bevorzugt *Carum carvi* nährstoffreiche Fettwiesen oder Fettweiden. Im Untersuchungsgebiet besiedelt die Art Weideflächen der subalpinen Stufe. Als Störungszeiger wachsen in diesen Weideflächen unter anderem *Bellis perennis*, *Capsella bursa-pastoris* und *Plantago major*.

***Crepis aurea* – Gold-Pippau (Asteraceae/Korbblütler)**

Crepis aurea ist eine krautige ausdauernde Art. Wuchshöhe: von 5 – 30 cm. Der Stängel ist fast immer einfach und wird von einer grundständigen Rosette mit kahlen Blättern umgeben. Am Stängel sitzt endständig ein Körbchen mit einem Durchmesser von 2 – 3,5 cm. Seine Hüllblätter sind lanzettlich und zugespitzt, wobei die äußeren halb so lang sind wie die inneren. Sie sind dicht zottelig behaart, wie der obere Teil des Stängels. Die Zungenblüten sind orangefarben bis bräunlich-feuerrot. Die Achänen tragen einen Pappus und sind windausgebreitet.

Crepis aurea besiedelt nährstoffreiche kalkarme Wiesen und Weiderasen und kommt im Untersuchungsgebiet vor allem in der subalpinen Stufe vor.

***Larix decidua* – Europa-Lärche (Pinaceae/Kieferngewächse)**

Die einhäusige Lärche ist der einzige sommergrüne Nadelbaum Österreichs. Wuchshöhe: bis zu 40 Metern. Die kleinen männlichen Zapfen sind eiförmig bis zylindrisch und gelblich gefärbt. Die weiblichen Zapfen sind eiförmig bis kugelig, die Färbung grün, rot oder purpurn. Auch nachdem die weiblichen Zapfen ihren Samen freigegeben haben, verbleiben sie oft noch Jahre am Baum. Die weiblichen Samen sind sehr klein, ungeflügelt.

Larix decidua tritt zusammen mit Fichten in subkontinentalen Klimaten waldbildend auf, an der Waldgrenze oft zusammen mit der Zirbe. Die Lärche ist ein Rohboden-Pionier und pH-indifferent. Im Untersuchungsgebiet kommt die Art im Kampfwald der subalpinen Stufe vor.

***Pinus mugo* – Latsche, Leg-Föhre, Krüppelkiefer (Pinaceae/Kieferngewächse)**

Charakteristisch für die Latsche ist ihr krummer Wuchs mit niederliegenden oder bogig aufsteigenden Ästen. Wuchshöhe: 1 – 3 m.

Pinus mugo ist in der Lage selbst ungünstige Standorte zu besiedeln, wenn nur ausreichend Schneeschutz gegeben ist. Im Untersuchungsgebiet ist die Art an die subalpine Höhenstufe gebunden.

***Valeriana celtica* (subsp. *norica*) – Echt-Speik** (Valerianaceae/Baldriangewächse)

Valeriana celtica ist eine mehrjährige, krautige Pflanze, wo vor allem das Rhizom und die Wurzel einen intensiven Geruch verströmen. Wuchshöhe: 5 – 15 cm. Der aufrechte Stängel ist kahl und trägt linealisch-keilige Stängelblätter. Am Ende des Stängels sitzt eine wenigblütige Trugdolde. Die Krone ist cremeweiß bis blassgelb und hat eine Länge von 3 – 4 mm.

Valeriana celtica wächst bevorzugt in Krummseggenrasen und konnte im Untersuchungsgebiet nur in der alpinen Höhenstufe nachgewiesen werden.

Ergebnisse

Je nach Möglichkeit (Geländebeschaffenheit) wurde pro Probenahmepunkt etwa 1 kg Boden (ohne größere Steine) mit Hilfe einer Hartplastikschaukel bis in eine Tiefe von durchschnittlich 20 cm entnommen und in stabile Plastiksäckchen verpackt. Es wurde immer rund um den Probenahmepunkt ein Quadrat mit Hilfe von Wanderstöcken abgesteckt (Längeneinstellung 1 m). Dieses Quadrat diente dazu, die Vegetation rund um den Probenpunkt zu erfassen. Die genommene Bodenprobe wurde vom AGES-Labor unter Einhaltung der vorgeschriebenen Standards mit den zuvor erklärten Methoden untersucht.

1. Bodenprobe

Der erste Standort, an dem eine Probe entnommen wurde, befindet sich in der Nähe vom Karlbäd. Etwa 10 Meter nachdem die beim Karlbäd befindliche Brücke überquert wurde, kommt der Punkt, an dem die Probennahme erfolgte. Diese wurde direkt neben einer Bewimperten Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*) genommen. Der ausgewählte Standort befindet sich auf Karbonatgestein, wie die umliegenden Gesteinsmassen deutlich machen und die Bestätigung erfolgt mit Hilfe der geologischen Karte (Abb.2), welche uns als Unterstützung dient. Es handelt sich hier eindeutig um Karbonatgestein des Stangalm-

Mesozoikums (anstehender Hauptdolomitmäßen mit geringer Kalküberrollung). Daraus resultierend kann die Vermutung aufgestellt werden, dass der Boden am Standort der Probennahme basisch (alkalisch) sein müsste. Auch von der Vegetation her lässt sich das feststellen; es wachsen nur Basenzeiger.

Die genommene Bodenprobe ist sehr grobkörnig und sandig. Es sind viele größere Gesteinsstückchen dabei (über 5 mm), aber es gibt auch einen gewissen Prozentsatz der sehr fein ist und in Richtung Schluff geht. Die Erde ist von ihrer Färbung her sehr dunkel und es sind wenige organische Bestandteile, wie Wurzeln, enthalten.

Nun werden die im Labor ermittelten Ergebnisse zusammengefasst dargestellt. Die Bodenprobe, die am ersten Standort entnommen wurde, ist alkalisch und weist einen pH-Wert von 7,4 nach der CaCl_2 -Messung auf. Der Phosphor- und Kaliumgehalt ist sehr niedrig, nämlich für Phosphor <20 mg/kg und für Kalium 25 mg/kg. Der verfügbare Magnesiumanteil ist sehr hoch mit 344 mg/kg. Der Gesamtstickstoffgehalt im Boden ist erstaunlich hoch, nämlich bei 1,560 % (der Normalbereich liegt bei 0,10 - 0,25 %). Weiters sind die Eisen-, Mangan-, Kupfer- und Zinkwerte sehr unterschiedlich – Eisen zeigt einen hohen Wert mit 411 mg/kg, für Mangan liegt dieser bei 135 mg/kg und für Zink bei 2,7 mg/kg, für Kupfer ergab sich ein Wert von nur 1,6 mg/kg. Es wurden auch die austauschbaren Kationen für folgende Komponenten ermittelt: Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Aluminium, Eisen und Mangan. Die auftretende Austauschkapazität liegt bei 18,60 cmolc/kg und liegt somit im Normalbereich, der sich zwischen 10 und 40 cmolc/kg befindet.

Wie aus den Ergebnissen ersichtlich, ist die aufgestellte Vermutung bestätigt worden. Die Tabelle 1 listet die an diesem Standort (Abb. Bodenprobe 1) vorkommenden Pflanzen auf.



Abb. Bodenprobe 1

Tabelle 1: Vegetationsaufnahme der 1. Bodenprobe

Pflanzen	Basenzeiger ja/nein	Häufigkeit
<i>Erica carnea</i>	ja	ca. $\frac{3}{4}$ der Fläche
<i>Rhododendron hirsutum</i>	ja	ca. $\frac{1}{5}$ der Fläche
<i>Heliosperma alpestre</i>	ja	4 Individuen
<i>Lotus corniculatus</i>	ja	3 Individuen
<i>Hepatica nobilis</i>	ja	1 Individuum

2. Bodenprobe

Auf dem Weg zum zweiten Bodenprobenpunkt wachsen sehr viele Weidezeiger wie zum Beispiel Wilder Kümmel (*Carum carvi*), Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*), Breit-Wegerich (*Plantago major*), Gänseblümchen (*Bellis perennis*) oder Bürstling (*Nardus stricta*). Es gibt vereinzelt Murmeltierbauten, die einen recht guten Blick ins Erdinnere ermöglichen, da die Gänge sich doch über einige Meter quer durch das Erdreich ziehen können. Einige Male konnte auch ein kurzer Blick auf ein Murmeltier erhascht werden. Im Gelände sich immer weiter nach oben bewegend, wird der nächste Bodenprobenentnahmepunkt erreicht. Er liegt westlich des Wanderweges, unterhalb der sich auftuenden Felswand aus

Karbonatgestein (vgl. Abb.2 Hauptdolomit). Dass der darauf befindliche Boden basisch sein sollte, lässt auch die darauf befindliche Pflanzendecke vermuten. Es handelt sich nämlich bei der Vegetation ausschließlich um Basenzeiger.

Der Boden ist sehr sandig mit ein wenig Schluff und ganz wenig Ton. Man spürt dies auch sehr gut bei der Fingerprobe. Dies kommt vermutlich auch dadurch, dass die Bodenprobe enorm viele feine Karbonatpartikel enthält, die nicht direkt relevant für die Analyse sind, da die zu großen Komponenten herausgefiltert werden. Auch das übrige Material ist relativ grob. Die Farbe ist wie bei der ersten Bodenprobe sehr dunkelbraun, fast schwarz. Es gibt wenig organisches Material in der Probe, wie zum Beispiel Wurzeln (reichen nicht tief in den Boden, höchstens einige wenige Zentimeter – obwohl eine durchgehende Pflanzendecke vorhanden ist).

Der pH-Wert des untersuchten Bodens liegt bei 7,3 nach der CaCl_2 -Messung und ist daher als schwach alkalisch (basisch) zu bezeichnen. Der Phosphor- und Kaliumgehalt ist hier sehr niedrig, nämlich für Phosphor 25 mg/kg und für Kalium 49 mg/kg. Hingegen ist der Magnesiumgehalt der zur Verfügung steht sehr hoch mit 657 mg/kg. Der Gesamtstickstoffgehalt liegt bei 2,600 %. Auch die Konzentrationen von Eisen, Mangan und Zink sind hoch, nur Kupfer hat einen mittleren Wert mit 4,3 mg/kg. Bei Eisen liegt der Wert bei 1282 mg/kg, bei Mangan 324 mg/kg und bei Zink 24,1 mg/kg. Es wurden auch die austauschbaren Kationen bestimmt für Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Aluminium, Eisen und Mangan. Die Austauschkapazität beträgt 44,15 cmolc/kg und liegt geringfügig über dem Normalbereich (zwischen 10 – 40 cmolc/kg).

Da der Nährstoffgehalt bzw. die Austauschkapazität über dem Normalbereich liegt, stehen den Pflanzen somit viele Nährstoffe zur Verfügung. Auch hier wurde wieder ein Quadratmeter mit Hilfe der Wanderstöcke abgesteckt und die darauf wachsenden Pflanzen bestimmt und deren Häufigkeit untersucht (siehe Abb. Bodenprobe 2 und Tabelle 2).



Abb. Bodenprobe 2

Tabelle 2: Vegetationsaufnahme der Bodenprobe 2

Pflanzen	Basenzeiger ja/nein	Häufigkeit
<i>Lotus corniculatus</i>	ja	11 Individuen
<i>Carex firma</i>	ja	ca. ¼ der Fläche
<i>Phyteuma orbiculare</i>	ja	1 Individuum

3. Bodenprobe

Dem Wanderweg nun weiter folgend, steigt dieser langsam, aber kontinuierlich immer höher und das Gelände wird immer steiler. Die Waldgrenze liegt schon darunter und es ist ein kleiner Bach zu überqueren, der in einer Störungszone fließt. Nun befinden sich links und rechts des Weges nur mehr einige wenige Sträucher (meist *Rhododendron ferrugineum* und *Rhododendron x intermedium*), diese kommen mit dem nur schwach sauren Boden zurecht. Es werden auch die zuvor noch recht üppig wachsenden Blütenpflanzen weniger häufig, wie zum Beispiel Gold Pippau (*Crepis aurea*) oder Hornklee (*Lotus corniculatus*). Es herrschen noch meist die kalkzeigenden Gräser wie Polster-Segge (*Carex firma*) und Kalk-Blaugras (*Sesleria caerulea*) vor, wobei diese langsam aber stetig von säurezeigenden Arten wie Krumm-Segge (*Carex curvula*) und Bürstling (*Nardus stricta*) abgelöst werden. Es liegen hier immer wieder Kalk- und Dolomit-Felsen herum, die durch Überrollung hierher gelangt sind;

genauso finden sich Stücke von Quarzkonglomerat. Es handelt sich hier um ein Überrollungsgebiet, eine „Senke“. Ein wenig oberhalb dieser Senke, wo schon der Hang hinauf zur Königstuhl Scharte beginnt, liegt der dritte Punkt der Bodenprobennahme, auf einer Seehöhe von 1.860 m. Dadurch, dass beide genannten Gesteine in diesem Gebiet zu finden sind, ist eine Vorhersage schwer zu treffen; aber vermutlich wird der Boden aufgrund der Pflanzengesellschaften eher schwach sauer sein.

Bei der Korngrößenbestimmung für diese Probe hat sich ergeben, dass 58,5 % Sand, 29,6 % Schluff und 11,9 % Ton enthalten sind. Dies kann auch bei der Fingerprobe festgestellt werden, da die sandigen Komponenten einfach spürbar sind. In der Bodenprobe können mit freiem Auge – bei genauer Betrachtung auch kleinste Kalkstückchen ausgemacht werden, ebenso aber feine Schiefer- und Quarzstückchen. Die Farbe des Bodens ist dunkelbraun, aber ein wenig heller als die Probe Nummer 2. Es sind hier nicht viele organische Bestandteile im Oberboden zu finden.

Es handelt sich tatsächlich um einen schwach sauren Boden, der einen pH-Wert von 6,2 aufweist. Auch bei dieser Bodenprobe ist der Phosphor- und Kaliumgehalt sehr niedrig, nämlich <20 mg/kg für Phosphor und 48 mg/kg für Kalium. Hingegen ist der Magnesiumgehalt ausreichend mit einem Wert von 63 mg/kg. Der Gesamtstickstoffgehalt befindet sich mit 0,333 % über dem Normalbereich. Beim Eisen- und Mangangehalt sind die Werte wieder hoch, nämlich für Eisen 742 mg/kg und für Mangan 613 mg/kg. Für Kupfer und Zink wurden Werte von 3,6 und 2,4 mg/kg gemessen. Die austauschbaren Kationen Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Eisen, Mangan und Aluminium wurden gemessen, die Austauschkapazität liegt bei 15,81 cmolc/kg.

Es handelt sich hier um einen schwach sauren Boden, der eine im Normalbereich liegende Austauschkapazität aufweist. An diesem Standort gibt es nur wenige verschiedene Pflanzen (siehe Abb. Bodenprobe 3 und Tabelle 3).



Abb. Bodenprobe 3

Tabelle 3: Vegetation der Bodenprobe 3

Pflanze	Basenzeiger	Häufigkeit
<i>Carex curvula</i>	nein	ca. $\frac{3}{4}$ der Fläche
<i>Lotus corniculatus</i>	ja	4 Individuen

4. Bodenprobe

Der Weg führt zum nächsten kleineren Bachbett, welches wiederum eine geologische Schwächezone darstellt. Bei dieser ist eine eindeutige Trennung in das nun vorherrschende Silikatgestein ersichtlich. Daher lässt sich auch vermuten, dass der Boden in der Umgebung sauer ist. Direkt neben dem Weg und dem Bach wachsen einige der letzten Sträucher der Rostroten Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*) und der Hybrid-Alpenrose (*Rhododendron x intermedium*) auf dem Weg nach oben, denn im Bachbett und in der rundherum auftretenden Senke herrscht im Winter ausreichend Frostschutz. Die meisten der dort vorkommenden Individuen standen Ende Juli/Anfang August noch in voller Blüte. Es handelte sich dabei um *Rhododendron x intermedium*, die offenbar später blüht als die beiden Elternarten (von *R. ferrugineum* und *R. hirsutum* waren schon alle Exemplare verblüht).

Die Korngrößenbestimmung des Bodens zeigt, dass der Boden zu 35,4 % aus Sand, zu 48 % aus Schluff und zu 16,6 % aus Ton besteht. Die Probe ist auch mit der Fingerprobe untersucht sehr fein und es sind kaum feste, sandige Bestandteile spürbar. Auch ist hier kaum gröberes Gesteinsmaterial enthalten, nur vereinzelt einige Kiesel. Von der Färbung her ist die Probe im Vergleich zu den anderen bisher genommenen Proben hellbraun bis sandfarben. Die Bewurzelung ist nicht sonderlich tiefgründig, sondern an der Oberfläche verlaufend bis auf die Ausnahme der *Rhododendron* Sträucher. Der A-Horizont ist enorm dünn, nur wenige Zentimeter, der B-Horizont fehlt. Es liegt somit ein AC – Boden vor.

Es handelt sich hier um einen sauren Boden, der einen pH-Wert von 5,2 hat (CaCl₂-Messung). Der Phosphor- und Kalium-Gehalt ist sehr niedrig, nämlich der K-Gehalt ist 29 mg/kg und der P-Gehalt ist <20 mg/kg. Die Magnesium-Verfügbarkeit ist auch niedrig mit 48 mg/kg. Der Gesamtstickstoff im Boden beträgt 0,352 % und liegt über dem Normalbereich. Hingegen ist der Eisen- und Mangangehalt, hoch, nämlich für Eisen liegt der Wert bei 1975 mg/kg und für Mangan liegt er bei 493 mg/kg. Die bestimmten Werte liegen für Kupfer bei 2,1 mg/kg und für Zink bei 2,0 mg/kg. Die gesamte Austauschkapazität beträgt 5,94 cmolc/kg, normal sind 10 – 40 cmolc/kg.

Es wächst auf dem abgesteckten Quadrat ein riesiger *Rhododendron intermedium* Strauch und aus diesem Grund wird keine Tabelle angeführt und auch keine Abbildung der Bodenprobe 4.

5. Bodenprobe

Der bisherige Aufstieg erfolgte über einen steileren Hang zum Friesenhals Sattel. Ab hier verläuft der Weg nun für einige Meter etwas flacher, bevor er wieder stetig zu steigen beginnt – schließlich ist der höchste Punkt der Gr. Königstuhl mit 2.336 m. Auf den bereits gegangenen Weg zurückblickend, wird ersichtlich, dass eine sehr rege Almwirtschaft mit vielen Kühen, aber auch mit Pferden in diesem Gebiet betrieben wird. Murmeltiere sind zu hören und teilweise auch zu sehen, erkennbar sind relativ gut auch die Auswurfhügel vor ihren Bauten. Hier wächst fast kein *Rhododendron* mehr neben dem Weg, da sich ab dieser Seehöhe und wegen dem auftretenden Wind keine durchgehende, schützende

Schneesicht bilden kann. Es gibt hier eine große Fülle an verschiedenen Pflanzenarten, wie in der Quadratanalyse ersichtlich ist.

Die hier auf der Scharte entnommene Bodenprobe wurde in zwei Teile geteilt, da der Boden an dieser Stelle besonders mächtig ist, nämlich in eine Probe FRHH 1 für den darunter befindlichen Boden und eine Probe FRHH 2 für den Humus. Bei der FRHH 1 Probe ist gut zu sehen, dass es sich bei dem darunter befindlichem Gestein um Schiefer handelt. Daher ist damit zu rechnen, dass die dort genommenen Proben einen sauren Boden darstellen.

Die Korngrößenanalyse zeigt, dass die Bodenprobe FRHH 1 aus 80,8 % Sand, 14,6 % Schluff und 4,6 % Ton besteht und dass die Bodenprobe FRHH 2 aus 81,7 % Sand, 12,3 % Schluff und 6,1 % Ton besteht. Es handelt sich hier um einen ABC-Boden, da sich oben eine wenige Zentimeter dicke Humusschicht befindet, die mit einem dichten Wurzelwerk durchzogen ist und eine sehr dunkelbraune Färbung aufweist. Hingegen ist der darunter befindliche B-Horizont heller – in Richtung beige gehend – und enthält einen großen Anteil an Kiesel, die vom Quarzkonglomerat stammen. Auch der Oberboden enthält viele kleine Kiesel, die eindeutig Quarz sind. Der hohe Sandanteil verwundert nicht, wenn das Grundgestein Quarzkonglomerat und Sandstein ist. Im B-Horizont kommen keine Wurzeln mehr vor.

Der vorliegende Boden der Probe FRHH 1 ist sauer und weist einen pH-Wert von 4,7 auf (CaCl₂- Messung). Phosphor- und Kaliumgehalt sind beide sehr niedrig, nämlich der P-Gehalt mit <20 mg/kg und der K-Gehalt mit 18 mg/kg. Auch das verfügbare Magnesium ist niedrig mit 15 mg/kg. Der Gesamtstickstoffgehalt befindet sich unter dem Normalbereich, da er <0,070 % beträgt. Der Eisen- und Manganwert beträgt für Eisen 153 mg/kg und für Mangan 23 mg/kg. Niedrig sind die Kupfer- und Zinkgehalte, nämlich beide <1,0 mg/kg. Die Gesamtaustauschkapazität liegt bei 3,59 cmolc/kg und ist somit unter dem Normalbereich.

Bodenprobe FRHH 2 hat einen pH-Wert von 5,8 hat und ist daher schwach sauer. Der Phosphorgehalt ist niedrig und liegt bei 27 mg/kg, der Kaliumgehalt ist ausreichend und liegt bei 98 mg/kg. Der verfügbare Magnesiumgehalt ist sehr hoch mit einem Wert von 204 mg/kg. Der Gesamtstickstoffgehalt befindet sich mit 0,306 % recht deutlich über dem Normalbereich. Der Eisengehalt im Boden ist sehr hoch mit 1828 mg/kg, der Mangangehalt beträgt 37 mg/kg und der Zinkgehalt 12,5 mg/kg. Der Kupfergehalt ist niedrig und liegt bei 2 mg/kg. Die Austauschkapazität beträgt 8,57 cmolc/kg und liegt unter dem Normalbereich.

Es handelt sich eindeutig um einen sauren Boden, wobei der Humusteil etwas weniger sauer ist und auch eine bessere Austauschkapazität aufweist. Die darauf befindliche Vegetation gelangt etwas leichter an wichtige Nährstoffe. Die einzigen Werte, die größere Unterschiede zwischen FRHH1 und FRHH2 aufweisen sind Phosphor, Kalium, verfügbares Magnesium, der Gesamtstickstoff und Eisen. Dies liegt vermutlich daran, dass in der Humusschicht, die doch 15 cm stark ist, viele Nährstoffe von den Pflanzen besser gebunden werden oder dort mehrfach produziert werden, als in den darunter liegenden Bereichen. Die Tabelle 5 zeigt, welche Pflanzen in diesem Quadrat bestimmt wurden und mit welcher Häufigkeit sie auftreten (siehe Abb. Bodenprobe 5).



Abb. Bodenprobe 5

Tabelle 5: Vegetation der Bodenprobe 5

Pflanzen	Säurezeiger ja/nein	Häufigkeit
<i>Saponaria pumila</i>	ja	ca. ¼ der Fläche
<i>Leuseleuria procumbens</i>	ja	ca. ¼ der Fläche
<i>Primula minima</i>	ja	8 Individuen
<i>Carex curvula</i>	ja	7 Individuen
<i>Campanula scheuchzeri</i>	ja	5 Individuen
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	ja	4 Individuen
<i>Valeriana celtica</i>	ja	4 Individuen
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	ja	1 Individuum

6. Bodenprobe

Dem Wanderweg weiter Richtung Gipfel folgend, kommt man an einigen Störungslinien vorbei, wo kleine Bäche sich ihren Weg durchs Gestein bahnen. Links und rechts des Wegs wachsen neben vielen anderen Säurezeigern wie Katzenpfötchen (*Antennaria dioica*), Kuhschellen (*Pulsatilla alba*), Halbkugel-Teufelskrallen (*Phytneuma hemisphaericum*) und Glockenblumen (*Campanula barbata*) auch die dominanten Gräser (*Nardus stricta*) und Grasartigen (*Carex curvula*). Deutlich feststellbar ist, dass es sich beim anstehenden Gestein um Schiefer handelt, welche zum Kristallin zählen und saure Böden entstehen lassen. Es sind auch schon Anzeichen von Überrollung mit Quarzkonglomerat sichtbar, die vom Gipfel her ausgeht. Die Bodenprobe wurde gleich neben dem Wanderweg knapp vor der Königstuhl Scharte genommen und zwar auf der linken Seite.

Die Korngrößenbestimmung zeigt, dass die untersuchte Bodenprobe aus 64,5 % Sand, 25,4 % Schluff und 10,1 % Ton besteht. Es handelt sich hier wieder um eine dunkelbraune Bodenprobe, die sehr viele Bestandteile des umliegenden Gesteins enthält – nämlich Schieferblättchen – aber auch kleine Quarzkiesel, diese aber nur sehr vereinzelt. Der organische Anteil ist nicht sehr hoch, nur in der obersten Bodenschicht befinden sich die Wurzeln, danach ist fast nur noch Bodenmaterial vorhanden

Es handelt sich um einen stark sauren Boden mit einem pH-Wert von 4,2 (CaCl₂-Messung). Der Phosphorgehalt liegt bei <20 mg/kg, jener für Kalium bei 36 mg/kg. Der verfügbare Magnesiumanteil weist einen Wert von 34 mg/kg auf. Der Gesamtstickstoff im Boden liegt mit 0,189 %, im Normalbereich. Der Eisenanteil im Boden ist hoch mit 722 mg/kg; für Mangan bei 128 mg/kg, für Kupfer bei 2,8 mg/kg und für Zink bei 2,6 mg/kg. Die gesamte Austauschkapazität liegt bei 8,46 cmolc/kg.

Die Bodenprobenanalyse zeigt eindeutig, dass es sich um einen sauren Boden handelt. Es kommen an diesem Standort trotz der geringen Austauschkapazität des Bodens noch sehr viele verschiedene Arten vor; dies lässt die Annahme zu, dass diese nicht allzu anspruchsvoll bezüglich der Nährstoffverfügbarkeit sind. Die Vegetation dieser Höhenlage ist bestens an die vorherrschenden Bedingungen angepasst, sowohl an den Wind, die Temperatur, den Wasserhaushalt, als auch an die Schneelage. Ohne diese Anpassungen wäre ein Leben im Hochgebirge nicht möglich! Nun zu den Ergebnissen des abgesteckten Vegetationsquadrates (siehe Abb. Bodenprobe 6 und Tabelle 6)



Abb. Bodenprobe 6

Tabelle 6: Vegetationsaufnahme der Bodenprobe 6

Pflanze	Säurezeiger ja/nein	Häufigkeit
<i>Carex curvula</i>	ja	ca. 1/3 der Fläche
<i>Nardus stricta</i>	ja	ca. 1/3 der Fläche
<i>Primula minima</i>	ja	ca. 1/3 der Fläche
<i>Valeriana celtica</i>	ja	8 Individuen
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	ja	1 Individuum

7. Bodenprobe

Folgt man dem Weg, kommt man immer weiter in das Quarzkonglomerat hinein und sieht wunderschöne Konglomeratblöcke, die in der Landschaft liegen und von vergangenen Zeiten stammen. Im dichten Bürstlingsrasen (*Nardus stricta*) wachsen Katzenpfötchen (*Antennaria dioica*) und das Zwerg-Seifenkraut (*Saponaria pumila*) ebenso die Halbkugel-Teufelskralle (*Phyteuma hemisphaericum*) und noch viele weitere Arten. Schließlich wird der Probenstandort unter dem Gr. Königstuhl Gipfel inmitten des Quarzkonglomerates erreicht, wodurch nahe liegt, dass der dort befindliche Boden - aufgrund seines Grundgesteins - nur sauer sein kann. Dies unterstreicht auch die Flora, die im Umkreis ausschließlich aus Säurezeigern besteht.

Die Korngrößenanalyse der Bodenprobe zeigt 86,7 % Sand, 10,6 % Schluff und 2,6 % Ton. Hierbei handelt es sich um einen enorm groben Boden – dies fällt schon auf, wenn man den Boden zwischen den Fingern reibt und die groben Komponenten heraus spürt. Es befinden sich viele kleine Quarzstückchen in der Probe, die eindeutig vom Grundgestein stammen – dem Quarzkonglomerat. Die Farbe ist sandig- hellbraun. Es gibt nur eine wenige Millimeter dünne Humusschicht. Die Wurzeln reichen nicht sonderlich tief in den Boden, sondern dehnen sich flächenmäßig aus.

Es handelt sich hierbei um einen stark sauren Boden, der einen pH-Wert von 4,4 aufweist (CaCl₂-Messung). Hier ist der Phosphor- und Kaliumgehalt sehr niedrig, das heißt der P-Gehalt liegt bei <20 mg/kg und der K-Gehalt liegt bei 27 mg/kg. Die Verfügbarkeit von Magnesium weist einen Wert von 26 mg/kg. Beim Gesamtstickstoff im Boden sind <0,070 % vorhanden. Es wurden auch die EDTA Werte für Eisen, Mangan, Kupfer und Zink bestimmt; für Eisen 202 mg/kg, für Mangan <10 mg/kg für Zink 2,5 mg/kg, und für Kupfer 1,0 mg/kg. Die Gesamtaustauschkapazität liegt bei 1,95 cmolc/kg.

Nachdem die Ergebnisse der Bodenanalyse vorliegen, bestätigt sich, dass der vorliegende Boden sauer ist. Die Nährstoffverfügbarkeit und die Austauschkapazität liegen hier weit unter dem Normalbereich. Dies ist auch in der vorherrschenden Vegetationsdecke (Tabelle 7) ersichtlich, denn diese ist nicht mehr so artenreich wie zuvor (siehe Abb. Bodenprobe 7). Auch die Standortbedingungen sind dafür ausschlaggebend, denn es gibt keinerlei Schutz vor Wind und Sonneneinstrahlung. Ebenso fehlt an diesem Steilhang der Schneeschutz im Winter, da er durch Wind verfrachtet wird.



Abb. Bodenprobe 7

Tabelle 7: Vegetation der Bodenprobe 7

Pflanzen	Säurezeiger Ja/nein	Häufigkeit
<i>Nardus stricta</i>	ja	ca. 2/3 der Fläche
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	ja	8 Individuen
<i>Saponaria pumila</i>	ja	8 Individuen

8. Bodenprobe

Nachdem der Gipfel des Gr. Königsstuhls erklommen ist und das dort vorherrschende Quarzkonglomerat noch einmal genauer betrachtet wird, führt der Wanderweg weiter Richtung Karlnock. Auf dem Weg dorthin ändert sich recht plötzlich das Gestein in Kohleschiefer, der dort am Westhang auch lange abgebaut wurde. Es finden sich dort heute noch Fossilien von Pflanzen aus längst vergangener Zeit, wenn in der Halde etwas länger gestöbert wird. Auch sind dort viele Schneefinken zu beobachten und auch ein Schneehuhn kreuzte den Weg, neben Raben und auch hier und da ein Steinschmätzer. Die Vegetationsdecke ist hier nicht so geschlossen wie an den anderen Standorten, die zuvor schon beschrieben wurden. Da die Bodenauflage sehr gering ist und der Fels größtenteils durch den Boden ragt, ist der Kohleschiefer gut erkennbar. Daraus lässt sich schließen, dass der Boden sauer ist. Außer den im Gebiet weit verbreiteten säurezeigenden Pflanzenarten ist hier auch der Echte Speik (*Valeriana celtica*) recht häufig anzutreffen.

Die durchgeführte Korngrößenbestimmung zeigt, dass der Boden aus 67,6 % Sand, 25,3 % Schluff und 7,1 % Ton besteht. Der Boden ist dunkelbraun fast schwarz, schließlich handelt es sich beim Grundgestein um Kohleschiefer und davon stammt auch die Bodenfärbung. Die Bodenauflage ist hier gering, teilweise scheint sogar das reine Grundgestein durch oder die Schaufel stößt beim Hineinstecken sofort darauf. Der Boden fühlt sich auch bei der Fingerprobe sehr grob an und enthält kleine Fragmente vom Grundgestein. Die Wurzeldecke ist, wo es möglich ist, recht dicht, aber die Wurzeln reichen nicht tief in den Boden, sondern verlaufen oberflächlich.

Laut Bodenprobenanalyse ist der vorliegende Boden mit einem pH-Wert von 5,7 (CaCl₂-Messung) schwach sauer. Für Phosphor werden <20 mg/kg und für Kalium 43 mg/kg

gemessen. Die Magnesiumverfügbarkeit liegt bei 159 mg/kg. Der Gesamtstickstoff befindet sich mit 0,138 % im Normalbereich. Der Eisengehalt beträgt 306 mg/kg, der Mangangehalt liegt bei 85 mg/kg und der Zinkgehalt bei 2,2 mg/kg, der Kupfergehalt bei 1,5 mg/kg. Die gesamte Austauschkapazität liegt bei 7,17 cmolc/kg, also unter dem Normalbereich.

Es handelt sich um einen schwach sauren Boden, der eine geringe Austauschkapazität hat, wodurch für die Pflanzen ein nicht so großes Nährstoffangebot herrscht. Es ist an diesem Standort entscheidend, dass hier ein extremer Einfluss von Wind und Wetter vorliegt und es im Winter keine dicke durchgehende Schneeschicht als Schutz für die Vegetation gibt. Ebenso liegt eine hohe Trockenheit vor, die durch den fast ständig wehenden Wind erzeugt wird. Die Vegetation ist aus diesem Grund auch sehr niedrig, damit keine große Angriffsfläche besteht (siehe Abb. Bodenprobe 8). Schließlich befindet man sich in einer Seehöhe von 2.300 m. Die Tabelle 8 zeigt wieder die vorkommende Vegetation.



Abb. Bodenprobe 8

Tabelle 8: Vegetation der Bodenprobe 8

Pflanzen	Säurezeiger ja/nein	Häufigkeit
<i>Carex curvula</i>	ja	ca. ¼ der Fläche
<i>Saponaria pumila</i>	ja	ca. ¼ der Fläche
<i>Primula minima</i>	ja	8 Individuen
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	ja	9 Individuen
<i>Valeriana celtica</i>	ja	7 Individuen

<i>Pseudorchis albida</i>	ja	5 Individuen
---------------------------	----	--------------

9. Bodenprobe

Nachdem auch der Karlnock erfolgreich bestiegen ist, fällt der Wanderweg wieder in Richtung Tal ab. Der Weg verläuft Richtung Stangnockboden und führt dann zwischen den beiden Bergen in eine kleine Senke hinunter; hier dominiert Graslandschaft ohne viele dikotyle Begleitpflanzen. Nur vereinzelt wachsen hier und da Rostrote Alpenrosen (*Rhododendron ferrugineum*), Heidelbeeren (*Vaccinium myrtillus*), oder es blüht ein Zwerg-Seifenkraut (*Saponaria pumila*). Stetig führt der Weg, langsam abfallend, immer weiter ins Tal hinunter. Ab dem Punkt, wo die Kampfwaldzone beginnt, fällt das Gelände doch relativ steil ab. Die Kampfwaldzone mit vorwiegend Latschen, Zirben und Lärchen reicht hier viel weiter hinauf, als bei unserem Aufstieg über den Friesenhalssattel, nämlich bis auf 2.100 m Seehöhe. In der Kampfwaldzone wachsen zahlreiche Zwergsträucher, wobei *Rhododendron ferrugineum* dominiert und teilweise ausgedehnte Flächen bedeckt. Immer weiter geht der Weg ins Tal hinunter. Schließlich sticht ein Platz ins Auge, an dem schließlich die letzte Bodenprobe genommen wird, in einer Seehöhe von 1.800 m, denn es gibt in diesem Gebiet Grünschiefer, der durch den Boden schaut und auch in der Karte verzeichnet ist. Dies lässt vermuten, dass der Boden an dieser Stelle einen sauren pH-Wert aufweist. Es treten aber auch Pflanzen auf wie die basenzeigende *Erica carnea*, die hier einen relativ großen Bestand bildet und die an der Vermutung zweifeln lässt. Anschließend findet sich die exakte Analyse dieser Bodenprobe.

Die Korngrößenverteilung zeigt 41,6 % Sand, 41,3 % Schluff und 17,1 % Ton. Diese Bodenprobe ist wieder hellbraun bis sandfarben. Beim Angreifen kann keine klare Komponentendominanz festgestellt werden, wie bei den anderen Böden, dies sieht man auch gut bei der Korngrößenanalyse. Es gibt auch hier keine eindeutige Humusschicht, sondern nur wenige Millimeter Auflage. Der Boden ist hier doch deutlich tiefer durchwurzelt, als bei den anderen Proben und enthält mehr organisches Material.

Das Ergebnis der pH-Wertmessung nach der CaCl₂-Messung liegt bei 5,1, womit der vorliegende Boden sauer ist. Der Phosphorgehalt liegt bei <20 mg/kg und der Kaliumgehalt beträgt 52 mg/kg. Der verfügbare Magnesiumgehalt befindet sich bei 93 mg/kg. Der

Gesamtstickstoff liegt mit 0,386 % über dem Normalbereich. Der Eisengehalt liegt bei 4456 mg/kg, jener für Mangan bei 119 mg/kg, für Kupfer bei 5,7 mg/kg und für Zink bei 2,5 mg/kg. Die gesamte Austauschkapazität liegt bei 5,34 cmolc/kg.

Der Boden ist sauer, das bestätigen die Ergebnisse der Analyse. Die Austauschkapazität ist gering. Es ist unter diesen Bedingungen eine fast geschlossene Vegetationsdecke ausgebildet, die nur von einigen wenigen Felsstücken durchbrochen ist. Da die Bewaldung schon relativ dicht ist und dadurch der Wind und die Sonne weniger stark einwirken können, herrschen in diesem Bereich nicht mehr so harte Bedingungen wie in höheren, stärker exponierten Lagen vor. Die Tabelle 9 zeigt, welche Pflanzen in diesem Quadrat vorkommen (siehe Abb. Bodenprobe 9) und mit welcher Häufigkeit sie auftreten.



Abb. Bodenprobe 9

Tabelle 9: Vegetation der Bodenprobe 9

Pflanzen	Säurezeiger ja/nein	Häufigkeit
<i>Erica carnea</i>	nein	ca. ½ der Fläche
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	ja	2 Individuen
<i>Vaccinium gaulterioides</i>	ja	2 Individuen
<i>Campanula scheuchzeri</i>	ja	1 Individuum

Dem Wanderweg weiter ins Tal folgend, wird wieder der Ausgangspunkt erreicht – Karlsbad. Auf den letzten Metern fällt wieder vermehrt auf, dass hier Beweidung stattfindet und es gibt auch einige kleine Hütten, die sich neben dem Weg befinden und auf die Bewirtschaftung hinweisen. In den Weiderasen wachsen wie zu Beginn des Aufstieges zum Beispiel Wilder Kümmel (*Carum carvi*) und Gänseblümchen (*Bellis perennis*) als Beweidungszeiger bzw. Trittpflanzen.

Datenanalyse und Diskussion

Als zusammenfassenden Überblick über die neun beschriebenen Standorte und um diese besser vergleichen zu können, werden alle erhaltenen Ergebnisse aus den Analysen noch einmal in einer Tabelle 10 gegenüber gestellt.

Tabelle 10: Gesamtüberblick über alle Untersuchungsergebnisse der Proben P1 bis P9.

Parameter	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6.1	P 6.2	P 7	P 8	P 9
pH-Wert: CaCl ₂	7,4	7,3	6,2	5,2	4,7	5,8	4,2	4,4	5,7	5,1
P (mg/kg)	<20	25	<20	<20	<20	27	<20	<20	<20	<20
K (mg/kg)	25	49	48	29	18	98	36	27	43	52
Mg (verfügbar) (mg/kg)	344	657	63	48	15	204	34	26	159	93
N (%)	1,560	2,600	0,333	0,352	<0,07	0,306	0,189	<0,07	0,138	0,386
Fe (mg/kg)	411	1282	742	1975	153	1828	722	202	306	4426
Mn (mg/kg)	135	324	613	493	23	37	128	<10	85	119
Cu (mg/kg)	1,6	4,3	3,6	4,1	<1,0	2,0	2,8	<1,0	1,5	5,7
Zn (mg/kg)	2,7	24,1	2,4	2,0	<1,0	12,5	2,6	2,5	2,2	2,5
Ca (austauschbar) (cmolc/kg)	14,20	34,30	14,70	3,63	<2,60	4,83	<2,60	<2,60	3,65	<2,60
Mg (austauschbar) (cmolc/kg)	4,28	9,61	0,78	0,50	0,46	3,14	0,41	0,25	2,92	1,13
K (austauschbar) (cmolc/kg)	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Na (austauschbar) (cmolc/kg)	0,04	<0,04	<0,04	0,11	<0,04	0,06	0,04	<0,04	0,05	0,08

Al (austauschbar) (cmolc/kg)	<0,06	<0,06	<0,06	0,27	1,55	0,13	5,81	0,46	0,13	1,80
Fe (austauschbar) (cmolc/kg)	<0,00	0,00	<0,00	0,03	0,02	0,09	0,01	0,03	<0,00	0,19
Mn (austauschbar) (cmolc/kg)	0,01	0,03	0,09	1,29	0,08	0,12	0,29	0,03	0,28	0,08
Austauschkapazität (cmolc/kg)	18,60	44,15	15,81	5,94	3,59	8,27	8,46	1,95	7,17	5,34

Der Phosphorgehalt ist bei 8 von 10 Proben unterhalb der messbaren Grenze von 20 mg/kg, bei den anderen beiden Proben knapp darüber mit 25 mg/kg bei P2 und 27 mg/kg bei P6.1. Bei der Probe P2 fällt weiters auf, dass diese die höchste Austauschkapazität von allen untersuchten Böden hat, wobei sich dies nicht in einer artenreichen Vegetation widerspiegelt (siehe Tabelle 2), wie man vermuten würde. Es fällt bei der Probe P2 auch auf, dass besonders viel Magnesium verfügbar ist und auch austauschbar; dies lässt vermuten, dass das darunter befindliche und durch die geologische Karte (Abb.2) eindeutig bestimmte Gestein reiner Dolomit (Hauptdolomit) ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ist. Auch der Kalziumgehalt ist in dieser Probe (P2) am höchsten von den drei Proben, die einen pH-Wert größer als 6 aufweisen. Es konnte in P2 auch der höchste Gesamtstickstoffgehalt von allen Proben gemessen werden. Ebenso liegen die Werte für Eisen, Mangan, Kupfer, Zink und Kalium über dem Durchschnitt. Auffallend ist allgemein, dass die Austauschkapazität bei 7 von 10 Proben unter dem Normalbereich liegt aber nicht in den Vegetationsquadraten widerspiegelt wird. Es liegt oft eine artenreiche Vegetationsdecke trotz geringer Austauschkapazität vor, mit Ausnahme von P7 (hier ist von allen Proben die geringste Austauschkapazität und ebenso eine geringe Artenvielfalt gegeben). Es müssen aber auch bei einer sehr hohen Austauschkapazität – wie bei P2 – nicht viele verschiedene Pflanzen wachsen. Betrachtet man die Messergebnisse vom Eisen- und Mangangehalt so treten hier die größten Schwankungen auf, nämlich bei Eisen von 4426 mg/kg in Probe P9 bis 153 mg/kg in Probe P5 und für Mangan von 613 mg/kg in Probe P3 bis <10 mg/kg in Probe P7. Fast dieselben extremen Schwankungen lassen sich auch bei Magnesium und Gesamtstickstoff beobachten, nämlich bei Magnesium von 657 mg/kg in Probe P2 bis 15 mg/kg in Probe P5 und beim Gesamtstickstoff von 2,600 % in Probe P2 bis <0,07 % in den Proben P5 und P7. Interessant ist, dass diese extremen Werte nicht miteinander korrelieren, aber auch nicht verkehrt proportional zu einander stehen. Allgemein kann man zu den Ergebnissen der pH-Wert-Messung sagen, dass diese genauso ausgefallen sind, wie zuvor aufgrund der geologischen Karte vermutet. Es gab auch bei der

Vegetation keine wirklichen Überraschungen bei ihrem Vorkommen – Basenzeiger wachsen auf alkalischen Böden und Säurezeiger auf sauren Böden. In extremer Weise zeigt dies *Rhododendron hirsutum*, der nur auf reinem Karbonatgestein wächst. Sobald Überrollung durch Silikatgestein oder oberflächliche Versauerung auftritt wird *Rhododendron hirsutum* von *Rhododendron ferrugineum* oder *Rhododendron x intermedium* verdrängt – doch dies ist Thema einer anderen Diplomarbeit.

Durch die nun vorliegenden Ergebnisse kann man die einzelnen Böden von den Bodenproben in die entsprechenden Bodentypen unterteilen. Bei den Bodenproben 1 und 2 handelt es sich um Kalkböden (Rendzina). Die anderen verbleibenden Böden sind Braunerdeböden bis Bleich-Braunerdeböden.

Literaturverzeichnis

Allgemein

FRANZ W. R., HARTL H. & LEUTE G. H. (2012): Botanik In: Die Nockberge – Ein Naturführer; Klagenfurt: Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten; 3. Auflage; S. 102

INFORMATIONSBROSCHÜRE: UNESCO Biosphärenpark, Salzburg Lungau & Kärntner Nockberge; Regionalverband Lungau, Biosphärenparkverwaltung Nockberge

Botanik

FISCHER M. A., OSWALD K. & ADLER W. (2008): Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol; Linz: Land Oberösterreich, Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen; 3. Auflage

HOFMANN, H. (2013): Alpenblumen, Die wichtigsten Arten entdecken und bestimmen; München: GRÄF UND UNZER VERLAG GmbH; 1. Auflage

KINZEL, H. (1982): Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel; Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer; S. 216 – 223

LARCHER, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanze; Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer; 6. Auflage; S. 189 – 193

REISIGL H. & KELLER R. (1994): Alpenpflanzen im Lebensraum, Alpine Rasen Schutt- und Felsvegetation; Stuttgart, Jena, New York: Gustav Fischer Verlag; 2. Auflage

SCHEFFER F. & SCHACHTSCHABEL P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde; Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag; 13. Auflage

WENDELBERGER, E. (2009): Alpenblumen, Unsere häufigsten Arten erkennen und bestimmen; München: BLV Buchverlag GmbH & Co. KG; 9. Auflage

Geologie

PISTOTNIK, J. (1974): Zur Geologie des NW-Randes der Gurktaler Masse (Stangalm-Mesozoikum, Österreich), Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien 66.-67. Band, 1973/74, 127 – 141;

PISTOTNIK, J. (1980): Die westlichen Gurktaler Alpen (Nockgebiet). - In: OBERHAUSER, R. (Red.): Der geologische Aufbau Österreichs, 358-363, Wien (Springer).

PISTOTNIK, J. (1996): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 183

Radenthein; Geologische Bundesanstalt Wien 1996

SCHUSTER, R. (2005a): Arbeitstagung 2005 der Geologischen Bundesanstalt Blatt 182 Spittal an der Drau. - 254 S, Geol. B.-A., Wien.

SCHUSTER, R. (2005b): Die Ostalpinen Einheiten auf Kartenblatt Spittal a. d. Drau. - In: SCHUSTER, R. (Hrsg.): Tagungsband zur Arbeitstagung 2005, 182 Spittal an der Drau und umliegende Blätter, 12.-16. 09. 2005 Gmünd, Kärnten, 39-61, Wien (Geol. B.-A.).

SCHUSTER, R., PESTAL, G. & REITNER, J. (2006): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 182 Spittal a. d. Drau, S. 115

Methoden

<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=D692D196DF05E2BB172509BDE6B78C4F?preview=&dokkey=380294&selectedLocale=de> am 30.03.2014

<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=93BC0BD9DFCE005D46B54D7496054897?preview=&dokkey=213654&selectedLocale=de> am 30.03.2014)

<http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/0-4-phosphor.pdf> am 30.3.2014

http://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CEoQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.raumberg-gumpenstein.at%2F%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26Itemid%3D100139%26task%3Ddoc_download%26gid%3D7195%26lang%3Dde&ei=pNg7U_9E8PctAbQj4G4Bw&usg=AFQjCNEWPXt5wVS0bf-Qdq1jCHBAL93tcw&bvm=bv.63934634,d.Yms am 30.03.2014

<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=F8981DF11156B9CF806D7FE05E4A2E7?preview=&dokkey=455434&selectedLocale=de> am 30.03.2014

<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=C3A94EA4BEB670F911D94FE5468EA883?preview=&dokkey=424196> am 30.3.2014

http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/16/anac/aasvirtmess.vlu/Page/vsc/de/ch/16/anac/aas5_at.vscml.html am 30.3.2014

http://info.fh-wels.at/skripten/MKroeppl/LVA_2_Semester/03_ELEMENTARANALYSE.pdf am 30.3.2014

<http://www.univie.ac.at/Mikrolabor/chn.htm> am 30.3.2014

http://www.bodeninfo.net/index.php?article_id=75 am 30.3.2014

<http://www.geologie.uni-frankfurt.de/Staff/Homepages/Bahr/Kurzskript%20ICPOES.pdf> am 30.3.2014

http://www.ime.fraunhofer.de/content/dam/ime/de/documents/AOe/UPB_SOP_ICP-OES_de.pdf am 30.3.2014

<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=844C1EC2694144D85654BD0576DBA8C8?preview=&dokkey=518044&selectedLocale=de> am 30.3.2014

<http://www.public.iastate.edu/~teloynac/354meq.pdf> am 15.4.2015

<https://shop.austrian-standards.at/Preview.action;jsessionid=8228DE1FBF1EAC2A75CCAFD338D13B6A?preview=&dokkey=524940&selectedLocale=de> am 15.4.2015

Abbildungsverzeichnis

Abb.1. INFORMATIONSBROSCHÜRE: UNESCO Biosphärenpark, Salzburg Lungau & Kärntner Nockberge; Regionalverband Lungau, Biosphärenparkverwaltung Nockberge

Abb. 2. Ausschnitt aus der Geologischen Karte und Legende der Republik Österreich 1 : 50.000, Bl. 183 Radenthein bearbeitet von J. PISTOTNIK, 1996 Geologische Bundesanstalt Wien, Entnommen aus: Geologische Karten online Texte; Geol. B.- A. Wien, siehe:

<http://geomap.geolba.ac.at/GEO/ShowInhalt.cfm?zitim=52>

Abb. 3. Vergrößerter Ausschnitt aus der Österreichischen Karte 1 : 50.000 (ÖK 50) aus http://www.austrianmap.at/amap/index.php?setTo=1%7E431264%7E338700%7E437514%7E336442%7E%40433741%7C337469%7E9%7ELAM_ETRS89%7E1146%7E414

Abb. 4. - 6. selbst gemachte Fotos beim Durchstreifen des Untersuchungsgebietes

Abb. Bodenprobe 1 – Bodenprobe 9: selbst gemachte Fotos bei den selbst abgesteckten Quadraten

Zusammenfassung/Abstract

Die Diplomarbeit beschäftigt sich mit den Zusammenhängen von Gestein, Boden und der darauf vorkommenden Pflanzendecke in einem eingeschränkten Gebiet in den Kärntner Nockbergen. Das Untersuchungsgebiet befindet sich genauer gesagt im Biosphärenpark „Salzburg Lungau und Kärntner Nockberge“. Dieser Bereich ist besonders heterogen und daher für diese Untersuchung besonders geeignet. Es wurde ein Rundwanderweg ausgesucht, der alle erforderlichen Heterogenitäten vereint und entlang dieses Weges wurden Bodenproben genommen und Bestimmungsquadrate für die Vegetation abgesteckt. Es lässt sich aus den erhaltenen Ergebnissen herauslesen, dass die Vegetationsdecke der Säurezeiger sehr anpassungsfähig ist und schon mit minimalen sauren pH-Werten zurechtkommen. Während hingegen die Basenzeiger nur dort vorkommen, wo optimale Bedingungen für sie herrschen und manchmal auch dort durch Säurezeiger verdrängt werden können, die mit den Gegebenheiten noch zurechtkommen. Es wird auch klar, dass die Bodenbildung durch mehrere Faktoren beeinflusst wird als nur vom Grundgestein und man daher nicht zu 100 % auf den pH-Wert schließen kann; auch wenn man das Ausgangsmaterial kennt. Abschließend sei gesagt, dass sich die Vegetation im Großen und Ganzen gut mit der Gesteinsunterlage in Verbindung bringen lässt, aber man die oberflächliche Versauerung durch Humifizierung keinesfalls außer Acht lassen darf.

The main goal of this thesis is to describe the connections between the rocks, the soil and the carpet of vegetation in the biosphere reserve “Salzburg Lungau and Kaerntner Nockberge”. This area is very heterogeneous and therefore a proper place to study the connections between these variables. Following a hiking trail, that covered a wide array of these heterogeneous conditions, different soil samples were taken and vegetation was classified. The results show that the acid vegetation is very flexible and can deal with minimal amounts of acid soil. Base (alkaline) vegetation cannot adapt to difficult conditions as well, it needs good circumstances to grow. In some cases it can even be suppressed by more flexible acid vegetation. The results show that the soil formation cannot be explained purely by the bed-rock, which makes it harder to determine the pH-Value. Generally speaking vegetation and bed-rock fits together quite well, although acidification by human hand must be taken into account.

Danksagung

Ich möchte mich aufrichtig bei meinen Professoren bedanken, die mich beim Verfassen dieser Diplomarbeit sehr maßgeblich unterstützt haben und auch oft mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind. Auch bei meinen Eltern, dass sie mir diesen Ausbildungsweg ermöglicht haben, mir immer helfend und beratend beigestanden sind und für ihre Geduld, die oft auch erforderlich war, vor allem gegen Ende der Arbeit und des Studiums. Ich möchte auch Elisabeth Garz meinen Dank aussprechen, die gemeinsam mit mir für fast ein Monat im Gelände war, wobei wir bei unseren Erhebungen für unsere beiden Diplomarbeiten auch viel Spaß und Freude hatten.



Danke!!

Lebenslauf

■ Persönliche Daten

Name:	Pia Allesch
Geburtsdaten:	29.08.1989
Mutter:	Mag. Brigitte Allesch, geb. 23.10.1949
Vater:	SR. Dipl. Päd. Rupert Allesch, geb. 18.06.1958
Geschwister:	keine
Religionsbekenntnis:	römisch/katholisch
Familienstand:	ledig

■ Schulbildung

2009 - jetzt	Hauptuniversität Wien (Lehramt für Biologie und Umweltkunde und Geschichte, Sozialkunde und Politische Bildung)
2008 - 2009	Veterinärmedizinische Universität Wien
2000 - 2008	Bundesrealgymnasium Feldkirchen
1996 - 2000	Volksschule 3 in Feldkirchen