



Exkursionsführer der AFSV-Jahrestagung 2018 in Slowenien und Steiermark

AFSV-Tagung 2018

**Vom Buchen-Urwald zum Kastanienhain –
Waldlandschaften im illyrischen Entfaltungszentrum
der mitteleuropäischen Buchenwälder**

**Virgin Forests with Beech and Chestnut Groves –
Forested landscapes in the illyric developmental centre
of Middle European beech forests**

Vom Buchen-Urwald zum Kastanienhain – Waldlandschaften im illyrischen
Entfaltungszentrum der mitteleuropäischen Buchenwälder

Virgin forests with beech and chestnut groves – forested landscapes in the
illyric developmental centre of Middle European beech forests

Umschlagbild: Doline im Buchen-Urwald Rajhenavski Rog
Rückseite: Pseudovergleyte Braunerde, schwach podsolig; Ljutomer (Osthang)
Rückseite: Unterirdische Ausläufer der Europa-Knollenmiere / Knollensternmiere (*Pseudostellaria europaea*)



Herausgeber:
Arbeitsgemeinschaft Forstliche Standorts- und Vegetationskunde (AFSV),
Büsgenweg 1A, D-37077 Göttingen
Internet: www.afsv.de

Autoren:
ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Karrer, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Botanik
Andraž Čarni, Institute of Biology; Scientific Research Center of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Ljubljana
Dr. Anton Drescher, Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Graz, Graz
Dr. Michael Englisch, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Institut für Waldökologie und Boden, Bereich Standort und Vegetation, Wien
Dr. Jan Evers, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abt. Umweltkontrolle, Göttingen
Dr. Karl H. Mellert, Technische Universität München, Fachgebiet für Waldernährung und Wasserhaushalt, Freising
Dr. Primož Simončič, Slovenian Forestry Institute, Ljubljana

© 2018
Verlag Dr. Kessel
Eifelweg 37, 53424 Remagen-Oberwinter
Homepage: www.forstbuch.de, www.forestrybooks.com

Vom Buchen-Urwald zum Kastanienhain – Waldlandschaften im illyrischen Entfaltungszentrum der mitteleuropäischen Buchenwälder

Virgin forests with beech and chestnut groves – forested landscapes in the illyric developmental centre of Middle European beech forests

Exkursionsführer der AFSV-Jahrestagung 2018 in Slowenien und Steiermark

Excursion guide for the AFSV 2018 Annual Meeting in Slovenia and Styria

Tagung vom 11. bis 15. September 2018 in Slowenien und der Steiermark

Meeting on 11 September to 15 September 2108 in Slovenia and Styria

ausgerichtet durch

ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Karrer, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Botanik

In Zusammenarbeit mit

Andraž Čarni, Institute of Biology; Scientific Research Center of the Slovenian Academy of Sciences and Arts
in Ljubljana und

Dr. Anton Drescher, Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Graz, Graz

Dr. Michael Englisch, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft,
Institut für Waldökologie und Boden, Bereich Standort und Vegetation

Dr. Jan Evers, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abt. Umweltkontrolle

Dr. Karl H. Mellert, Technische Universität München, Fachgebiet für Waldernährung und Wasserhaushalt
Dr. Primož Simončič, Slovenian Forestry Institute, Ljubljana

Prof. Dr. Helge Walentowski, HAWK Hochschule Hildesheim/Holzminden/Göttingen Fakultät
Ressourcenmanagement

Ljubljana, Wien, Göttingen, München

August 2018

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Inhaltsverzeichnis	6
Programm AFSV-Tagung 2018 in Slowenien und Österreich (Steiermark)	7
Forest soils in Slovenia.	9
Primož Simončič, Slovenian Forestry Institute	
Überblick über das Exkursionsgebiet mit Fokus auf das (Bio-)Klima	19
Karl Mellert	
Forests in Slovenia.	22
Andraž Carni	
Forest types we will see during the excursion	35
Andraž Čarni	
Kolline und montane Waldgesellschaften in der illyrisch geprägten Südwest-Steiermark	38
Anton Drescher	
Die Ausbreitung illyrischer Wald-Arten im Postglazial	44
Gerhard Karrer	
Klimaänderungen in der Südsteiermark – Waldbauliche Konsequenzen.	47
Michael Englisch	
Profilansprache, Beprobung, chemische Analysen und Bewertung	52
Jan Evers, Michael Englisch	
Die Exkursionshaltepunkte	55
G. Karrer, A. Čarni, J. Evers, K. Mellert, M. Englisch, H. Walentowksi	
Haltepunkt 1: „Urwald“ Rajhenavski Rog	55
Haltepunkt 2: Buchen-Eichen-Hainbuchen-Wald mit Profil 1, Lendava	61
Haltepunkte 3/4: Klimadaten Ljutomer	67
Haltepunkt 3: Buchen-Eichen-Hainbuchenwald (Westhang) mit Profil 1, Ljutomer	69
Haltepunkt 4: Buchenwald (Osthang) mit Profil 3, Ljutomer	73
Haltepunkt 5: Kastanien-Hain südl. Arnfels	78
Haltepunkt 6: Buchen-Tannen-Edelkastanien-Fichten Mischbestand Arnfels mit Profil 4, Arnfels	81
Haltepunkt 7: Buchen-Fichten-Bestand mit Profil 5, St. Vinzenz	86
Haltepunkt 8: Ölmühle Aibl bei Eibiswald	92
Haltepunkt 9: Schluchtwald „Laßnitz-Klause“, Deutschlandsberg	93
Anhang	96

Vorwort

Nach der Eiszeit verbreitete sich die Buche von ihrem Rückzugsgebiet südlich der Alpen innerhalb von rund 4 000 Jahren bis ins südliche Skandinavien. Auf ihrem Weg nach Norden hat sie sich als sehr konkurrenzstarke Baumart erwiesen. Sie wächst auf sehr unterschiedlichen Böden, in einem weiten Klimabereich und bildet nahezu reine Bestände.

Wahrscheinlich hatte die Buche mehrere Refugialstandorte, so in Nordspanien, im Süden Frankreichs, in Südalien, in kleineren Gebieten auf dem Balkan bis Griechenland, sicherlich auch am südlichen Rand der Alpen im heutigen Slowenien.

Für uns, die wir im Buchenoptimum forstlich und vegetationskundlich arbeiten, ist daher ein Blick auf einen der Orte, wo alles begann, also in die „Wiege der Buche“, von besonderem Interesse. Die sich dort entwickelten Waldgesellschaften mit den dort kennzeichnenden Arten können für uns im sich abzeichnenden Klimawandel ein Hinweis auf die mögliche Entwicklung unserer Buchenwälder sein.

Wir danken daher Herrn Gerhard Karrer und Herrn Andraž Čarni für ihre Bereitschaft, uns aus ihrer langjährigen Erfahrung vor Ort und ihrer wissenschaftlichen Arbeit einen Einblick in den illyrischen Florenkreis zu geben.

Wir haben in einer Vorexkursion im August 2017 die Tagung geplant und sind zur Auffassung gekommen, dass trotz der langen Fahrstrecken eine Exkursion sehr lohnend ist.

Im Frühjahr 2018 haben Jan Evers, Michael Englisch und Gerhard Karrer Bodenproben aus den Profilen entnommen, so dass auch unsere bodenkundliche Argumentation auf gesicherter Grundlage geführt werden kann. Die Bodenproben sind von den Laboren der HAWK Göttingen und Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft in Wien vorbereitet und analysiert worden.

Wir danken allen Beteiligten für Ihre freundliche Unterstützung.

Dr. Eberhard Aldinger
 Dr. Jan Evers
 Prof. Dr. Helge Walentowski

Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Forstliche Standorts- und Vegetationskunde (AFSV),
 Büsgenweg 1A, D-37077 Göttingen
 Internet: www.afsv.de

Autoren:

ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Karrer, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Botanik, Wien

Dr. Andraz Carni, Institute of Biology; Scientific Research Center of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Ljubljana

Dr. Anton Drescher, Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Graz, Graz

Dr. Michael Englisch, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Institut für Waldökologie und Boden, Bereich Standort und Vegetation, Wien

Dr. Jan Evers, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abt. Umweltkontrolle, Göttingen

Dr. Karl H. Mellert, Technische Universität München, Fachgebiet für Waldernährung und Wasserhaushalt, Freising

Dr. Primož Simončič, Slovenian Forestry Institute, Ljubljana

Inhaltsverzeichnis

Programm AFSV-Tagung 2018 in Slowenien und Österreich (Steiermark)

Beiträge

Primož Simončič	Forest soils in Slovenia
Karl Mellert	Übersichtskarte, Klimakarten (Temperatur, Niederschlag)
Andraž Čarni	Forests in Slovenia
Anton Drescher	Kolline und montane Waldgesellschaften in der illyrisch geprägten Südwest-Steiermark
Jan Evers, Michael Englisch	Profilansprache, Beprobung, chemische Analysen und Bewertung, Fotos
Michael Englisch	Klimaänderungen in der Südsteiermark - Waldbauliche Konsequenzen
Gerhard Karrer	Die Ausbreitung illyrischer Wald-Arten im Postglazial

Exkursionshaltepunkte

Bearbeitung: G. Karrer, A. Čarni, J. Evers, K. Mellert, M. Englisch, A. Drescher, H. Walentowksi, Andraž Čarni

Haltepunkt 1	Urwald Rajhenavski Rog
Haltepunkt 2	Profil 1 Buchen-Eichen-Hainbuchen-Wald mit Profil 1, Lendava
Haltepunkt 3	Profil 2: Buchen-Eichen-Hainbuchenwald (Westhang) mit Profil 2, Ljutomer
Haltepunkt 4	Profil 3: Buchenwald (Osthang) mit Profil 3, Ljutomer
Haltepunkt 5	Kastanien-Hain südl. Arnfels
Haltepunkt 6	Profil 4 Buchen-Tannen-Edelkastanien-Fichten Mischbestand Arnfels, Arnfels
Haltepunkt 7	Profil 5 Buchen-Fichten-Bestand mit Profil 5, St. Vinzenz
Haltepunkt 8	Ölmühle Aibl bei Eibiswald
Haltepunkt 9	Schluchtwald „Laßnitz-Klause“, Deutschlandsberg

Anhang

1. Flyer Urwald Rajhenavski Rog
2. Die ehemalige deutsche Sprachinsel Gottschee in Krain (1400 - 1945)
3. Ergebnisse der Intensivbeobachtungsfläche (Level II) Leutschach
4. Klimakennwerte an den Haltepunkten
5. Analyse der Bodenproben: pH, N, C
6. Analyse der Bodenproben: Austauschbare Kationen, Nährelemente und Schwermetalle

Programm AFSV-Tagung 2018 in Slowenien und Österreich (Steiermark)

Dienstag, den 11. Sept. 2018 bis Samstag, den 15. Sept. 2018

Start und Ankunft in Salzburg

Fachliche Leitung:

ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Karrer, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Botanik

Dr. Andraz Carni, Institute of Biology; Scientific Research Center of the Slovenian Academy of Sciences and Arts in Ljubljana

Örtliche Begleitung

Urwald Rajhennavski Rog in Kočevje:

Tomaž Hartman (tomaz.hartman@zgs.si), Slowenische Forstverwaltung, Bereich Kocevje

Muravske Toplice-Region:

Herr Stefan Kovac, (stefan.kovac@zgs.gov.si)

slowenische Forstverwaltung, Bereich Murska Sobota

Steiermark:

Ing. Peter Mauthner, Steiermärkisches Landesweingut, Leibnitz
Forstdirektor Dipl.-Ing. Gerhard Kamsker, Prinz von Croy'sche Verwaltung, St.Oswald, Steiermark

Dr. Michael Englisch

Dr. Anton Drescher

Tagungs-Thema

Vom Buchen-Urwald zum Kastanienhain – Waldlandschaften im illyrischen Entfaltungszentrum der mitteleuropäischen Buchenwälder

Dienstag, 11.09.2018

Beginn der Reise in Salzburg, Hauptbahnhof bzw. P&R Freilassing, Salzburger Str./Leitenweg

14 Uhr: Abreise Salzburg, Anreise Ljubljana (Fahrtzeit ca. 4 Stunden)

20:30 Uhr Ankunft Hotel Park, Anschrift: Tabor 9, 1000 Ljubljana, Slovenia
Telefon: +386 1 300 2 500

Mittwoch, den 12.09. 2018 Urwald Rajhennavski Rog: Wiege der Buche

8:00 Uhr Einführungen im Konferenzraum der Slovenian Academy of Sciences and Arts

- Begrüßungen (15')
- Dr. Primož Simončič: Waldböden in den slowenischen Exkursionsgebieten (20')
- Dr. Andraž Čarni: Forest vegetation and climate in Slovenia (30')
- Direktor Damian Oražem (Slowenische Forstverwaltung): Bewirtschaftung der Slowenischen Wälder (20')

09:30 Uhr Bus-Abfahrt am Hotel Park (80 km, Fahrtzeit mit Bus ca. 2 Std. bis ehem. Sägewerk)

12:00 Uhr Mittagessen Kočevje Rog Sägewerk (Catering durch Gostišče Jezero Tušek)

13:00 Uhr Exkursionshaltepunkt 1: Besichtigung Buchen-„Urwald“ Raihenavski Rog

- Strukturen im Urwald
- Bodenkunde, Dolinen
- Eiszeitliches Buchenrückzugsgebiet und Ausbreitung der Buche

16:30 Uhr Fahrt nach Sveti Martin na Muri (Fahrtzeit: 4 Stunden)

20:30 Uhr Ankunft im Hotel LifeClass Terme Sveti Martin, Izvorska 3, Toplice Sveti Martin, 40313 Sveti Martin na Muri,

- Abendessen

Donnerstag, den 13.09. 2018 Östliche illyrische Buchenwälder

08:00 Uhr	Start am Hotel LifeClass Terme Sveti Martin
08:30 Uhr	Exkursionshaltepunkt 2 mit Profil 1: Buchen-Bestand an der Grenze zu Ungarn
10:45 Uhr	Exkursionshaltepunkte 3 und 4: Buchenwald am Hang <ul style="list-style-type: none">• West-Exposition mit Profil 2• Ost-Exposition mit Profil 3
14:00 Uhr	Mittagessen Gostilna toncek in Beltinci, Panonska ulica 27
16:00 Uhr	Fahrt nach Leibnitz
17:00 Uhr	Ankunft Bildungshaus Schloss Seggau
18:30 Uhr	Abendessen
20:00 Uhr	Mitgliederversammlung

Freitag, den 14.09. 2018 Buchen-Esskastanienwälder

08:00 Uhr	Örtliche Einführung: Steiermark im Seminarraum Hotel Seggau <ul style="list-style-type: none">• Begrüßungen (10')• Dr. Anton Drescher: Waldgesellschaften in der illyrisch geprägten Südwest-Steiermark (40')• Dr. Michael Englisch: Waldnutzung und Waldstandorte in der STMK im Kontext des Klimawandels (30')• Dr. G. Karrer: Ausbreitungsmöglichkeiten illyrischer Arten im Postglazial (30')
10:20 Uhr	Anfahrt
10:50 Uhr	Exkursionshaltepunkt 5: Kastanien-Hain Arnfels (30 Min) Buchen-Kastanien-Mischbestand
13:15	Mittagessen
15:00	Anfahrt
15:45 Uhr	Exkursionshaltepunkt 6: Buchen-Bestand auf ca. 1200 m ü.NN (St. Vinzenz)
17:00 Uhr	Exkursionshaltepunkt 7: Besichtigung einer Kürbiskern-Ölmühle Aibl bei Eibiswald
19:00 Uhr	Rückkehr ans Hotel Bildungshaus Schloss Seggau
19:30 Uhr	Abendessen Schloss Seggau

Samstag, den 15.09. 2018 Schlucht- und Hangmischwald mit Buche;**örtliche Führung: Dr. Anton Drescher**

08:00 Uhr	Anreise nach Deutschlandsberg
09:00 Uhr	Exkursionshaltepunkt 8: Besichtigung des Schluchtwaldes „Laßnitz-Klause“ bei Deutschlandsberg
11:00 Uhr	Rückreise mir den Bussen nach Salzburg, bei Bedarf evtl. auch mit Absteher nach Graz Bahnhof/Flughafen
16 Uhr	Ankunft Salzburg Hbf bzw. Freilassing P&R

Forest soils in Slovenia

Primož Simončič, Slovenian Forestry Institute

General overview

Although the area of Slovenia extends over 20,273 km², it is geologically and geomorphologically quite diverse. Because Slovenia lies on the contact of two tectonic plates (Adriatic in SW and Eurasian in NE), it remains geologically active. Earthquakes, slides, floods, erosion and deposition and other geological processes are quite common phenomena. Also, soil forming factors such as lithological parent material, relief, climate, hydrological conditions, vegetation types and human and animal activities vary, consequently Slovenian soil cover is variable as well. Of the aforementioned natural factors, parent material and relief exert the strongest influence on soil forming processes in Slovenia.

The territory of Slovenia consists of igneous (magmatic), sedimentary and metamorphic rocks. Sedimentary rocks or sediments prevail and cover as much as 93% of the parent material. Metamorphic or transformed rocks cover 4%, and igneous rocks present 3% of the parent material of Slovenia.

The most widespread parent materials in Slovenia are limestone (33% of Slovenian territory) and dolomite (11%), and the soils associated with them are consequently diverse and heterogeneous. The changes in properties of soils can easily change over short distances. Soil types that were formed on these rocks are mostly classified as lithosol and rendzinas, brown and red brown soils and leached soils (Vidic et al. 2015). Lithosols and rendzinas form on steep slopes and in high mountainous regions and colluvial-deluvial soils in footslope positions and depressions. At lower latitudes and on less steep slopes, rendzinas alternate with brown and leached soils. At Kras Plateau and in the littoral zone (SW Slovenia), these parent materials are commonly covered with varieties of red-brown soils called Terra Rossa.

Clastic sedimentary rocks are well represented, as well. Tertiary marls compose the hilly regions of E Slovenia. Their deposition took place in the bays of the retreating Pannonian sea. The so-called flysch formations consisting of interbedded sandstone, siltstone and shale layers in the N and S of Sub-Mediterranean region (Fig. 2) in Slovenia.



Figure 1:
Terra Rossa in Karst and Sub Mediterranean region
(Photo M. Rupel).

Formations of clastic sediments such as quartz conglomerates, sandstones and shales, are quite widespread, mostly in hilly areas in Central Slovenia (around Ljubljana, in Posavje folds, Škofja Loka mountains). Dystric rankers, dystric brown soils and leached soils are soils that form on these formations. Soils that form on predominantly carbonate fluvial sandy gravels of river basin in the central Slovenia are rendzinas and eutric brown soils. Older conglomerate river terraces are covered by dystric or hyper-dystric leached soils (Vidic et al. 2015).

Igneous rocks are present only in about 3% of Slovenia. The largest areas of igneous rocks are composed of granodiorite and dacite which can be found in N Slovenia (Pohorje mountain chain). Other volcanic rocks and tuffs such as sienitic porphyry and diabase can be found in small areas of N and NE Slovenia (Gorenjska and Štajerska region). Most of these rocks are covered by dystric rankers, dystric brown soils and leached soils (Vidic et al. 2015).

Metamorphic rocks in N Slovenia (Pohorje mountain chain and Koroška area) represent the oldest formations in Slovenia. Their extension is limited, however, we can find there most types of metamorphic rock types such as slate, phyllite, schist, gneiss, amphibolite, eclogite, quartzite, marble, and serpentinite. Soils forming on most metamorphic rocks are dystric rankers as well as dystric brown soils and leached soils. Eutric rankers, brown soils and leached soils can be found on basic metamorphic rocks such as amphibolites.

Relief influences soil formation through the distribution of solar radiation and the percentage of precipita-

tion runoff. The crests and the upper parts of slopes are significantly influenced by erosion and usually covered with soils in earlier developmental stages of soils, whereas the lower slopes and foot hills are characterised by deposition and formation of colluvial-deluvial soils. A high groundwater table is sometimes present at foot slopes which causes the formation of gleys. Gleys mainly prevail in NE Slovenia (Pre-Pannonian region).

Slovenia belongs to the most forested countries in Europe. Forests cover more than a half of its territory (forestation amounts cca 58,9 %). Most Slovenian forests are located within the area of beech, fir-beech and beech-oak sites (70 %), which have a relatively high production capacity.

Slovenia has a relatively rich soil database at the scale 1:25 000, which is detailed enough to allow for soil quality examination of soils as a natural resource. The informatization of soil data included remapping and digitalization of soil data. The Soil Information System (SIS) which has been developed and maintained by the Centre for Soil and Environmental Science of the Biotechnical Faculty in Ljubljana, represents the most extensive soil database in Slovenia (Vrščaj et al., 2005).

Overview of soil types according to eco-regions in Slovenia

Slovenia is traditionally divided into 7 eco-regions predominantly based on the vegetation / phytocenological characteristics of areas. These eco-regional vegetation types reflect a complex interplay of various climatic, geomorphological, pedological, etc. factors that formed the current regions. The division was first

SOIL TYPES IN FORESTS OF SLOVENIA: Soil types in Slovenian forests and their share (%)

Soil Type	area (ha)	percentage (%)
Rendsina	466.915,7	39,11
Dystric brown soils (Dystric and Humic Cambisols)	270.247,4	22,64
Eutric and Chromic Cambisols	178.153,4	14,92
Eutric brown soils (Eutric and Calcaric Cambisols)	136.852,8	11,46
Ranker	36.195,1	3,03
Pseudogley	27.876,1	2,34
Leached soils (Luvisol)	25.756,8	2,16
Fluvisols	13.290,9	1,11
Other	38.436,5	3,23
Total	1.193.724,7	100

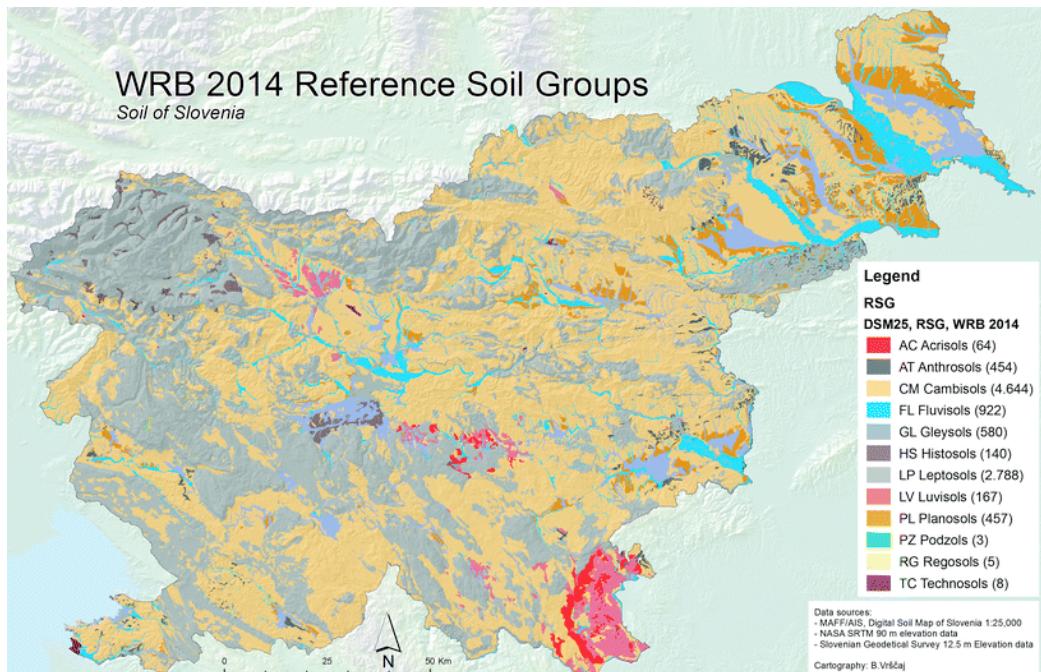


Figure 2: Generalized soil map of Slovenia (Vrščaj et al. 2017)

set by M. Wraber in early 1960ies and is still commonly used division of the country used for ecological and other nature-related purposes.

Alpine Eco-Region (1)

The Alpine eco-region (1) consists of the Julian Alps, the Kamniško-Savinjske Alps, and the Karavanke mountain chain. In the western part of this region, at altitudes of 900 m.a.s.l. up to the upper timberline at approximately 1500 m.a.s.l., beech of different associations grow (*Anemone trifoliae-Fagetum*, *Homogyno sylvestris-Fagetum*, *Ranunculo platanifoliae-Fagetum*). Many beech and fir-beech forests have been converted to essentially pure monoculture spruce. At lower altitudes, acidophilic beech forests of *Castaneo sativae-Fagetum* grow. In the Alps and Karavanke, the upper tree line reaches 1700 m.a.s.l.

In the Alpine Eco-Region dominant soil units are Rendzic Leptosols formed on limestone, dolomites, calcareous moraines, and alluvial deposits and Dystric Cambisols on silicate clastic sedimentary rocks. Other significant soil units are Lithic Leptosols and Eutric Cambisols on calcareous, Dystric and Umbric Leptosols on noncalcareous parent material. Special soil units are Folic Histosols on limestone, dolomites;

Fibric Histosols on raised bog, and Podzols on moraines and chert (Vrščaj et al., 2017).

Dinaric Eco-Region (2)

The Dinaric ridge separates the littoral and continental regions of Slovenia. Dinaric Ridge is characterized by a mixed beech-sliver fir forests with most frequent vegetation association *Omphalodo-Fagetum*. It covers parts of the high Karst plateau of southern Slovenia and extends further toward SE to Croatia. Beech-sliver fir forest grows mostly at altitudes from 700 to 1200 m a.s.l. The parent material is limestone with sporadic dolomite patches. In the lower part of the mountain belt, between 600 and 900 m a.s.l., beech forests forms association *Lamio orvalae-Fagetum*. From lowlands up to altitudes of around 600 m a.s.l., sub-montane beech forests of *Hacquetio epipactis-Fagetum* can be found.

Dominant soil units are Rendzic Leptosols on limestone and dolomite. Associated or other significant soil units are Eutric and Chromic Cambisols, Haplic and Chromic Luvisols on limestone and dolomite (Vrščaj et al., 2017).

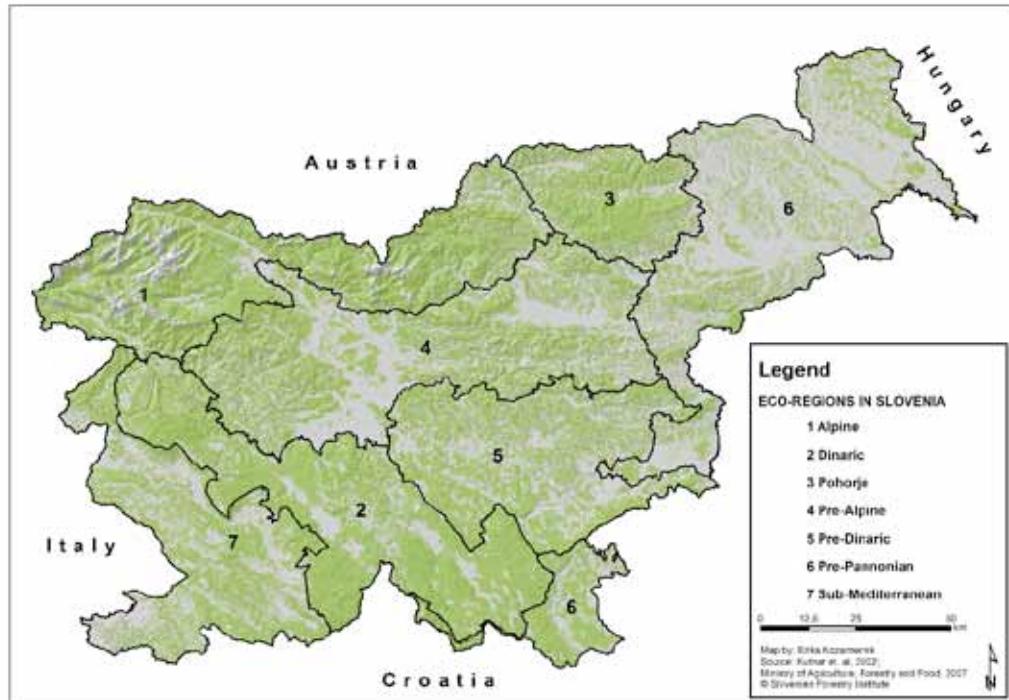


Figure 3: Eco-regions in Slovenia and Forest area eco-regions (Source: Kutnar et al. 2002, SFI, 2018)

Pohorje Eco-Region (3)

The Pohorje eco-region includes the crystalline Pohorje massif and Kozjak mountains. In the lowland and hilly areas, mixed forests of beech, sweet chestnut, and sessile oak (*Castaneo sativae-Fagetum*) grow. In the northern part of this region, on shady and very steep slopes at altitudes from 400 to 1000 m.a.s.l., *Galio rotundifoli Abietetum* forests predominate. The parent materials consist of noncarbonate tonalite, gneiss, mica schist, amphibolite, and others. Predominantly at altitudes between 900 and 1300 m.a.s.l., the so-called acidophilic altimountain beech of the *Luzulo albidae-Fagetum* association occurs. The geological material consists of moderately acidic noncalcareous stones.

Dominant soil unit are Dystric Cambisols on acid crystalline and volcanic rocks. Other significant soil units are Dystric and Umbric Leptosols, Humic Cambisols; on glaciofluvial deposits Dystric and Eutric Cambisols, Fluvisols. Several special soil units were also developed, such as Fibric Histosols on raised bogs, Eutric Cambisols on marl (Vrščaj et al., 2017).

Pre-Alpine Eco-Region (4)

The pre-Alpine eco-region is located between the Alpine region (1) in the north, and the Dinaric (6) and pre-Dinaric regions (5) in the south (Fig 2). On these plain and gently sloped areas, azonal forest associations of *Vaccinio-Pinetum sylvestris* were developed. This association is regarded as pioneer since it mainly occurs on poor sites. Much more common in this area are acidophilic beech forests of *Blechno-Fagetum* associations and *Castaneo sativae-Fagetum*, which are growing on Dystric Cambisol on various noncalcareous geological formations.

In many cases, forests of *Castaneo sativae-Fagetum* have been changed either to spruce (*Picea abies*) monoculture forests or to coppiced forests with a mix of sweet chestnut (*Castanea sativa*), Scots pine (*Pinus sylvestris*), and sessile oak (*Quercus petraea*). In this region, thermophilous beech forests (*Ostryo carpinifoliae-Fagetum*) cover large areas of the southern exposed sites from lowlands to an altitude of around 1000 m.a.s.l. with a relatively high amount of precipitation. In the mountain belt, on dolomite and limestone of various geological formations, beech

forests of *Hacquetio epipactis-Fagetum* and *Lamio orvalae-Fagetum* are also very common.

Dominant soil units are Eutric Cambisols on limestone, dolomite, calcareous moraines and alluvial deposits; Dystric Cambisols on silicate clastic sedimentary rocks. Other significant soil units are Rendzic, Dystric and Umbric Leptosols; Eutric and Dystric Fluvisols; Humic Gleysols and Terric Histosol (Vrščaj et al., 2017).

Pre-Dinaric Eco-Region (5)

The pre-Dinaric eco-region extends from the central to the eastern part of the country. Here, beech forest of *Hacquetio epipactis-Fagetum* and *Lamio orvalae-Fagetum* associations are very common, along with a variety of other forest associations. On gently configured hills and flatlands, at altitudes from 150 to 350 m.a.s.l. We can still find remnants of hornbeam forests (*Abio albae-Carpinetum betuli*). On non-calcareous parent material, *Castaneo sativae-Fagetum* forests grow. Most of the these moderately acidophilic beech forests have been changed either to monoculture spruce forests or to coppiced forest. On Dystric Cambisol, acidophilic hornbeam forests of *Vaccinio myrtilli-Carpinetum betuli* occur.

On non-calcareous parent material, *Castaneo sativae-Fagetum* forests grow. Most of these moderately acidophilus beech forest has been changed either to spruce monoculture or to coppiced forest. On a Dystric Cambisol, acidophilus hornbeam forests of *Vaccinio myrtilli-Carpinetum betuli* occur. Like most of the forests in this hilly region, they have been intensively utilized due to their proximity to settlements and easy access, as well as favourable land configuration.

Dominant soil units are Dystric Cambisols, for example in central part of Slovenia (Figure), Luvisols in Suha Krajina area in SE Slovenia (Vrščaj et al., 2017), presented on photos bellow.

Pre-Pannonic Eco-Region (6)

The pre-Pannonic eco-region extends from the South-east to the North-east of Slovenia. Forests cover only a small part of this region. Forests of hornbeam (*Carpinus betulus*) and oaks (*Quercus* sp.), which are characteristic of lowlands and the hilly parts of Slovenia, were mainly cleared and the land has primarily been used for agriculture. On small areas along watercourses, associations of white willow (*Salicetum albae*), forests of black alder (*Alnetum glutinosae*), and pedunculate oak-ash forests (*Querco roboris-Ulmetum laevis*) occur. In the plains, which are influenced by high underground water and temporary flooding, oak-hornbeam forests (*Querco roboris-Carpinetum*) can also be found.

Nowadays these riparian forests are highly threatened since many marshes and wetlands were intensively drained in past decades. In many places, they have been converted to wet meadows. In the northern part of this region, on the lower altitudes of hills, *Pruno padi-Carpinetum betuli* occur, while at higher altitudes, zonal beech forests (*Vicio orboidi-Fagetum*) grow. On slopes from 300 to 700 m a.s.l. moderately acidophilic beech forests with admixed sweet chestnut and sessile oak (*Castaneo sativae-Fagetum*) grow. They thrive on different non-calcareous parent material. On Luvisols and degraded soils, forests of *Galio rotundifoli-Pinetum sylvestris* prevail.

Prevailing soil units are Dystric Cambisols, Dystric Planosols on consolidated and unconsolidated silicate clastic sedimentary parent material, Eutric Gleysols, Eutric Fluvi-sols on alluvial sediments. Other significant soil units are Dystric Leptosols; Eutric Cambisols, Planosols, Gleysols, Fluvisols; Stagnic, Gleyic, Haplic Luvisols. Special soil units are hydromeliorated Planosols, Gleysols, Fluvisols (Vrščaj et al., 2017).

Sub-Mediterranean Region (7)

In the Sub-Mediterranean eco-region, limestone and flysch are the characteristic parent rock material. The most common type of forest vegetation developed on limestone is *Ostryo carpinifoliae-Quercetum pubescens*. In the past, many sites of these forests were converted to extensive pastures. In the second half of the nineteenth and at the beginning of the twentieth centuries, many of them were planted with Austrian pine trees (*Pinus nigra*). After the second World War many pastures were abandoned and have now been gradually overgrown by forests of *Ostryo carpinifoliae-Quercetum pubescens* associations. The mountainous parts of the sub-Mediterranean region are covered by beech forests of *Seslerio autumnalis-Fagetum*. This forest type occurs up to 1100 m a.s.l. in the littoral mountain region and grows on the coldest sites of the sub-Mediterranean region. On medium deep to deep Dystric Cambisol on acidic Flysch formations in the Brkini sub-region, the association *Castaneo sativae-Fagetum* is very common.

Dominant soil units are Chromic Cambisols on limestone, dolomites; Eutric Cambisols on flysch, marl. Other significant soil units are Rendzic Leptosols, Eutric Cambisols, Chromic Luvisols on limestone, dolomites; Dystric Cambisols on flysch. Special soil units are Calcaric Regosols, Calcaric Cambisols on flysch and marl (Vrščaj et al., 2017).

A Rendzic Phaeozm, soil profile (Fig. 4); organic layer (Fig. 5) at the Gozd Martuljek research site.



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

Fig. 4 + 5: Rendzic Phaeozom
Fig. 6: Stand on Rendzic Phaeozom
Fig. 7: Halpic Cambisol
Fig. 8: Organic layer on Cambisol



Fig. 7



Fig. 8

A Folic Leptosol, as a shallower soil, and Enoleptic Phaeozem, a deeper soil (WRB 2006) at the Gozd Martuljek research site, situated at an altitude of 1133 m.a.s.l. in north-western Slovenia (Julian Alps). A whole soil profile is shown in Figure 4 while Figure 5 depicts the organic layers that are characteristic of »well-preserved« soils under forests. Sustainable forestry and close-to-nature management principles are the basis for better forest soil protection (permanent tree cover) and consequently a better-preserved forest floor. Forest stand at site (**Fig. 6**) (Photos: M. Kobal) (Vrščaj et al., 2017).

A cambisol profile at Lubnik mountain (**Fig. 7**), soil organic layer (**Fig. 8**). A Halpic Cambisol (Calcaric, Sofic, Hyperhumic, Hypereutric, Laxic, Skeletic, Episiltic; WRB 2006) profile at Lubnik mountain situated in Gorenjska region, close to the city of Škofja Loka, at an altitude of 530 m.a.s.l. The bedrock is dolomite, colluvial processes take place. In the photos, dense roots of different thicknesses, both in the organic and mineral part of the soil, are clearly visible. Forest stand at site (**Fig. 9**) (Photos: M. Kobal) (Vrščaj et al., 2017).

A luvisol profile at Hinje site (**Fig. 10**), soil organic layer (**Fig. 11**). An Epileptic Luvisol (Humic, Eutric, Clayic; WRB 2006) profile at the Hinje site (395 m.a.s.l.), in the Suha Krajina area in south-eastern Slovenia. The bedrock is limestone. The process of ion leaching from upper to lower layers is significant, the V value increases with depth also in deeper layers where soils are not in contact with bedrock. Forest stand at Hinje site (**Fig. 12**). (Photos: M. Kobal) (Vrščaj et al., 2017).

A Cambisol profile at village Križ (**Fig. 13**) and soil organic layer (**Fig. 14**). An Epileptic Cambisol (Humus, Eutric, Clayic, Rhodic; Terra Rossa) profile (WRB 2006) at Križ, on limestone bedrock in the Karst area in south-western Slovenia close to Italy. Terra Rossa, »llovka«, typical of the Karst in the Sežana Karst area; the soil has a high proportion of skeleton in the Brz horizon; the pH value (CaCl_2) increases rapidly with depth, from 4,6 to almost 7 within only 10-15 cm (Photos: M. Kobal) (Vrščaj et al., 2017).

A Cambisol (Dystric) soil at the Jelša site (**Fig. 15**), soil organic layer (**Fig. 16**). An Endoleptic Folic Cambisol (Dystric) (WRB 2006), profile at the Jelša site, east of the Ljubljana, 355 m.a.s.l., on upper part of the slope. Less developed forms of raw humus can be found in the organic horizon. Forest stand at site (**Fig. 17**) (Photos: M. Kobal) (Vrščaj et al., 2017).

Prepared by doc. dr. P. Simončič, doc. dr. L. Kutnar, E. Kozamernik, dr. T. Grebenc, dr. A. Marinšek, Slovenian Forestry Institute, Ljubljana, Slovenia.

REFERENCES:

- KRALJ, T. 2008. Comparison of soil classification systems on selected Slovenian soils: doctoral dissertation. University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy.
- KUTNAR, L., ZUPANČIČ, M., ROBIČ, D., ZUPANČIČ, N., ŽITNIK, S., KRALJ, T., TAVČAR, I., DOLINAR, M., ZRNEC, C., KRAIGHER, H. 2002. The delimitation of the regions of provenance of forest tree species in Slovenia based on ecological regions. *Zbornik gozdarstva in lesarstva: forest and wood science & technology*, ISSN 0351-3114. 2002, No. 67. <http://eprints.gozdis.si/id/eprint/312>.
- VIDIC, N. J., PRUS, T., GRČMAN, H., ZUPAN, M., LISEC, A., KRALJ, T., VRŠČAJ, B., RUPREHT, J., ŠPORAR, M., SUHADOLC, M., MIHELIČ, R., LOBNIK, F., JONES, A., MONTANARELLA, L., 2015. Soils of Slovenia with soil map 1:250000, ([EUR Scientific and Technical Research Series], no. 25212 EN). EC JRC: Publications Office of the European Union.
- VRŠČAJ, B., PRUS, T., LOBNIK, F. 2005. Soil information and soil data use in Slovenia. In: Jones, R. J. A. (ed.), Houšková, B. (ed.), Bullock, P. (ed.), Montanarella, L. (ed.). *Soil resources of Europe, (European Soil Bureau Research Report, No. 9, EUR 20559 EN)*. 2nd ed., Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities: 331-344.
- VRŠČAJ, B., REPE, B., SIMONČIČ, P., 2017. *The soils of Slovenia*, (World soils book series, ISSN 2211-1255). Dordrecht: Springer. cop. 2017, ISBN 978-94-017-8585-3.
- URBANČIČ, M., SIMONČIČ, P., PRUS, T., KUTNAR, L. 2005. *Atlas gozdnih tal Slovenije*. Ljubljana: Zveza gozdarskih društev Slovenije: Gozdarski vestnik: Gozdarski inštitut Slovenije, p. 100, <http://eprints.gozdis.si/id/eprint/490>.
- URBANČIČ, M., KUTNAR, L., KRALJ, T., KOBAL, M., SIMONČIČ, P., 2009. Site characteristics of permanent plots on the Slovenian 16 km x 16 km net. GV., 2009, vol. 55, no. 2.



Fig. 9

Fig. 9: Forest stand on Halpic Cambisol

Fig. 10: Epileptic Luvisol

Fig. 11: Organic layer on Epileptic Luvisol



Fig. 10



Fig. 11



Fig. 12: Stand on Epileptic Luvisol at Hinje



Fig. 13: Epileptic Cambisol at Križ



Fig. 14: Organic layer on Epileptic Cambisol



Fig. 15: Endoleptic Folic Cambisol (Dystric) at the Jelša site



Fig. 16: Soil organic layer at the Jelša site



Fig. 17: Forest stand at the Jelša site

Überblick über das Exkursionsgebiet mit Fokus auf das (Bio-)Klima

Karl Mellert

Die Karte in Abb. 1 gibt eine Übersicht über das Exkursionsgebiet, das sich über die Steiermark und das östliche Slowenien erstreckt. In Abb. 2 und 3 sind die makroklimatischen Verhältnisse im Exkursionsgebiet anhand der Daten von WorldClim (Hijmans et al. 2005) dargestellt. Da es sich hierbei um global interolierte Klimakarten handelt, ist die Präzision dieser Daten geringer als bei nationalen und lokalen Klimadaten, insbesondere bei den Niederschlägen. In ihrer Relation dürften die Daten die klimatischen Verhältnisse aber einigermaßen zutreffend wiedergegeben.

Aus den Karten des Jahresniederschlags (Abb. 2) und der Jahrestemperatur (Abb. 3) wird deutlich, dass im Exkursionsgebiet prägnante klimatische

Unterschiede herrschen, mit hohen Niederschlägen und geringen Temperaturen in den Gebirgsregionen (Rajhenavski Rog bei Kocevje, St. Vinzenz) und warm-trockenen Verhältnissen im Hügel- und Tiefland, insbesondere am Rand des pannonicischen Beckens.

Abb. 4: stellt das während der Exkursion durchfahrene „Klimaprofil“ in Reihenfolge der Exkursionshaltepunkte dar. Als Klimaindizes sind die klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Monate 5 - 9) (KWB = blaue Fläche) und der Ellenberg Quotienten (EQ = unterbrochene Linie) aufgetragen. Die KWB korreliert sehr stark mit dem Höhenprofil des Geländes (nicht dargestellt). Als Ariditätsindex verläuft der EQ invers zur KWB. Anhand des EQ kann

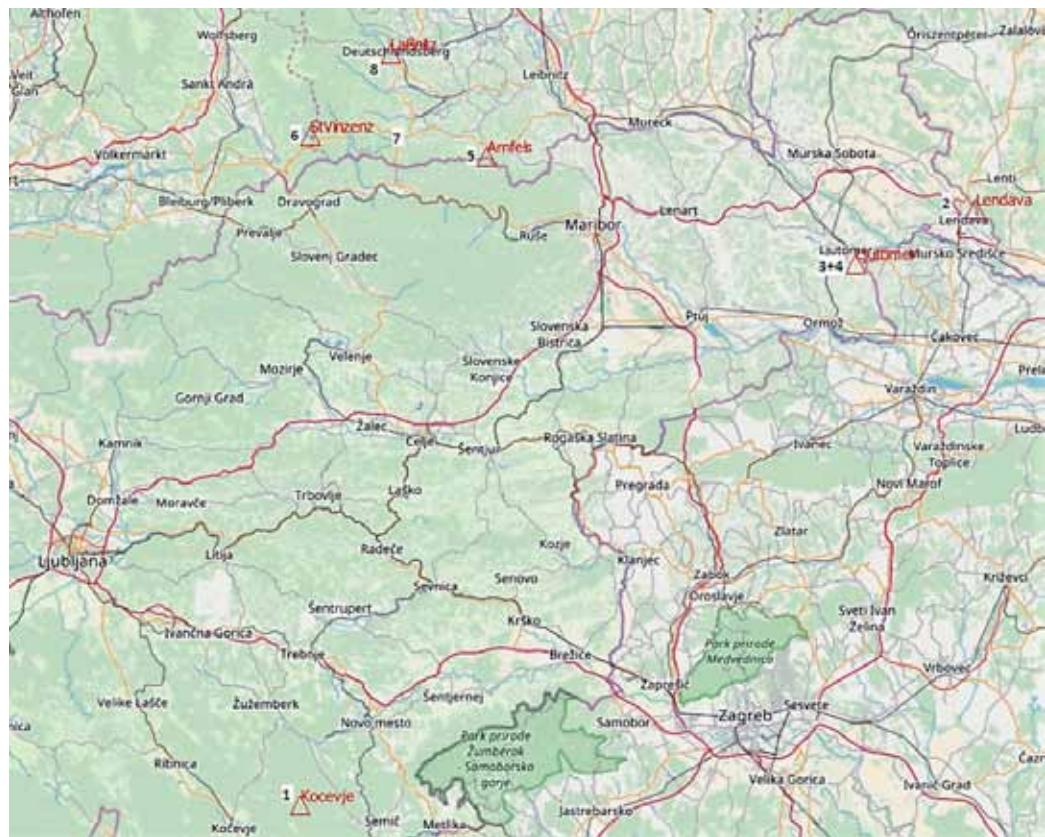


Abb. 1: Lage der Exkursions-Haltepunkte

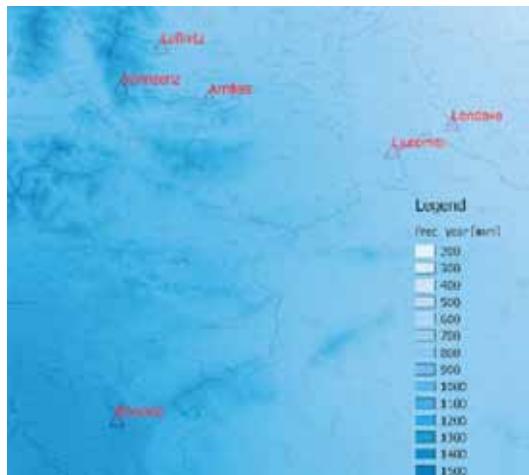


Abb. 2: Jährlicher Niederschlag

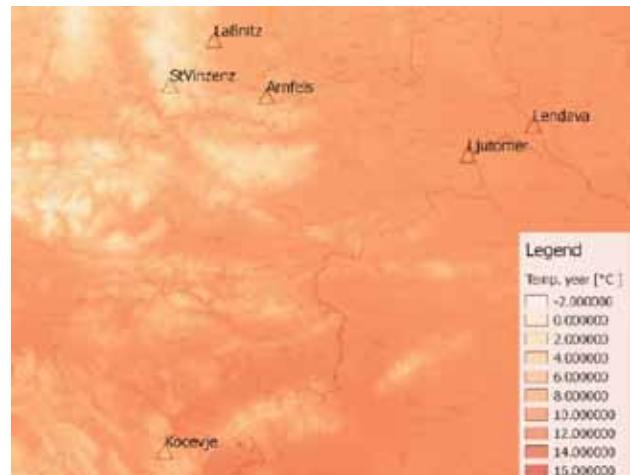


Abb. 3: Jährliche Temperatur

der Rolle der Buche grob abgeschätzt werden. Reine Buchenwälder liegen in einem Bereich von 10-20. Bei einem EQ oberhalb von 20 (punktierte horizontale Linie) mischen sich regelmäßig Eichen zur Buche. In die feucht-kalte Richtung des Klimagradienten sind bei Werten um 10 Buchen-Tannenwälder zu erwarten. Das Exkursionsgebiet umfasst einen Werterahmen des EQ von 12 bis 24 und umspannt

damit den Bereich von montanen Buchenwäldern bis hin zu den Buchen-Eichenwäldern.

Wir starten unter kühl-humiden Bedingungen im Urwald Rajhenavski Rog bei Kocevje mit deutlich positiver KWB und EQ-Werten bei ca. 12 (Abb. 4). Beim Haltepunkt 2 erreichen wir das wärmste und trockenste Klima bei Lendava. Hier, nah an der

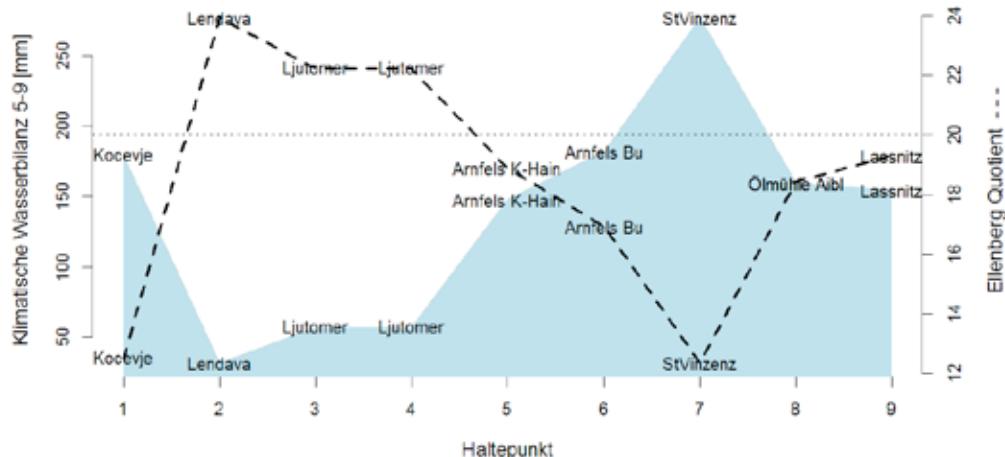


Abb. 4: Klimatisches Profil der Exkursion entlang der Haltepunkte 1 bis 9 gekennzeichnet durch die klimatische Wasserbilanz in der forstlichen Vegetationsperiode (Monate 5-9) und den Ellenberg Quotienten (Ellenberg & Leuschner 2010).

Grenze zu Ungarn sind bei einem EQ = 24 und einer nur knapp positiven KWB (< 50 mm) aus makroklimatischen Gründen Buchen-Eichenwälder zu erwarten. Bei den beiden nächsten Haltepunkten 3+4 bei Ljutomer im Prae-Ilyrischen Hügelland nähern wir uns den reinen Buchenwäldern schon wieder etwas an (EQ = 22, KWB > 50). Von hier aus bewegen wir uns nach Arnfels wieder deutlich aufwärts im Feuchtegradienten in den Bereich der reinen Buchenwälder. In St. Vinzenz, wo das feucht-kalte Maximum auf unserer Exkursion erreicht wird, wird eine Beimischung der Tanne makroklimatisch wahrscheinlicher. Der letzte Exkursionspunkt der Schluchtwald „Laßnitz-Klause“ liegt makroklimatisch eher am warmen Rand typischer Buchenwälder.

Als Ergänzung zum Ellenberg-Quotienten, der v.a. die Rolle der Buche beschreibt, kann die ökologische Stellung einer Baumart auch durch Marginalität dargestellt werden. Die Marginalität ist die quantitativ bestimmte Entfernung zum Nischenrand einer Baumart (Mellert et al. 2015). Sie wird anhand von Nischenmodellen aus dem Hauptvorkommensbereich der Baumarten geschätzt. Der Nullpunkt der Marginalität markiert die Nischengrenze. Standorte innerhalb der Nische sind durch negative Werte gekennzeichnet (Abb. 5, links der unterbrochenen vertikalen Linie). Standorte mit positiver Marginalität sind allenfalls Marginal- oder Sonderstandorte der

Baumart. Da wir an keinem Exkursionspunkt die Nische der Buche verlassen, ist die Marginalität an allen Exkursionspunkten negativ (Tab. A1 im Anhang). Nach der Marginalität liegen die Exkursionspunkte Ljutomer und Ljutomer außerhalb der Nische der Fichte (Abb. 5). St. Vinzenz befindet sich hingegen außerhalb der Nische der Traubeneiche (Abb. 5), an allen anderen Exkursionspunkten könnte sie aus makroklimatischer Sicht vorkommen.

Tabelle A1 im Anhang informiert im Detail neben den bioklimatologischen Indizes über das Makroklima (Worldclim 1.4) für die Gegenwart und die Zukunft nach RCP-Szenario 4.5 des MPI.

Literatur

- Ellenberg H, Leuschner C (2010) Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Stuttgart: Ulmer, UTB, 6 ed. 1357 p.
 Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int J Climatol 25: 1965–1978.
 Mellert, K H, Deffner, V, Küchenhoff, H, & Kölling, C (2015) Modeling sensitivity to climate change and estimating the uncertainty of its impact: a probabilistic concept for risk assessment in forestry. Ecol Mod, 316, 211-216.

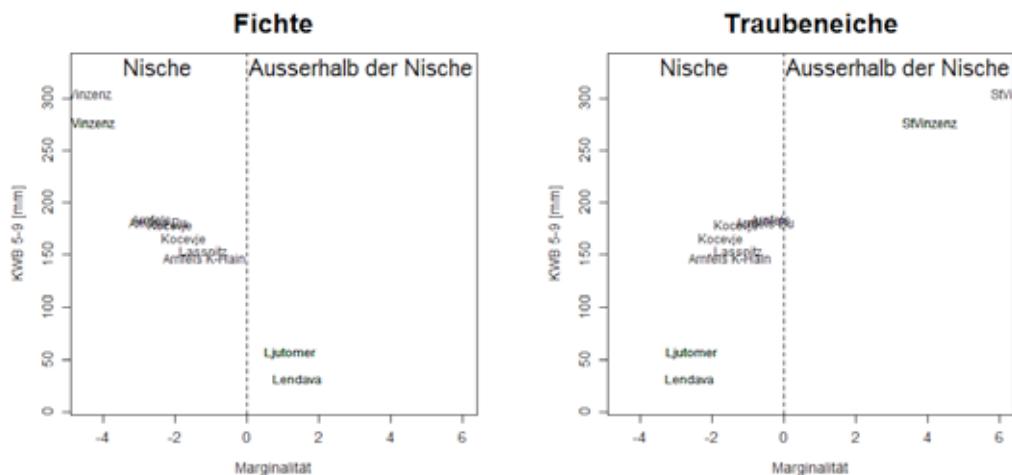


Abb. 5: Marginalität der Fichte und der Traubeneiche an den Exkursionspunkten.

Forests in Slovenia

Andraz Carni

Slovenia is a country situated in the southern part of central Europe. Slovenia is small in surface but topographically quite diverse, as there meet four large European geographical regions: European Alps, the karstic Dinaric Alps, the Pannonian plain and the Mediterranean area. Thus the country is at the junction of three important geotectonic units: Alps to the north, the Dinaric Alps to the south and the Pannonian Basin to the east. Most of Slovenia have a carbonate ground, where an extensive subterranean system has developed. Slovenia is bordered by Austria in the north and Hungary in the northeast. In the east and south it has border with Croatia and in the west with Italy. Till the Worldwar I Slovenia was part of Austro-Hungarian empire. Then its major part was part to Yugoslavia till 1991. With dissolution of Yugoslavia Slovenia became an independent state and in 2004 it became part of EU.

The climate is influenced by its geographical position, precipitation often coming from Bay of Genoa and then distributes across the country according to relief. There are over 3500 mm of precipitation in the mountains of the western part of the county dropping down to 800 mm in the eastern part (Fig. 1).

Climatically it could be divided into three main parts:

Moderate Mediterranean climate is limited in the area from the coast till slopes of the European and Dinaric Alps. This is part of the country with the mildest climate, as the sea mitigate the winter cold and summer hot. The vegetation season is approximately two months longer than the central part of Slovenia. In comparison with true Mediterranean climate, the climate of the area is distinguished by more precipitations and lower temperatures.

Moderate continental climate is characteristic for the major part of the country. The average temperature of the coldest month is below 0°C. In the eastern part of the country, we can detect the appearance of the summer maximum of precipitation that is characteristic for the climate of the continental parts of Europe. In this part winters are colder.

Mountain climate is characteristic for Alpine and Dinaric region. The temperatures are lower all over the year, during winter the snow cover is deep and remain longer than in lowlands.

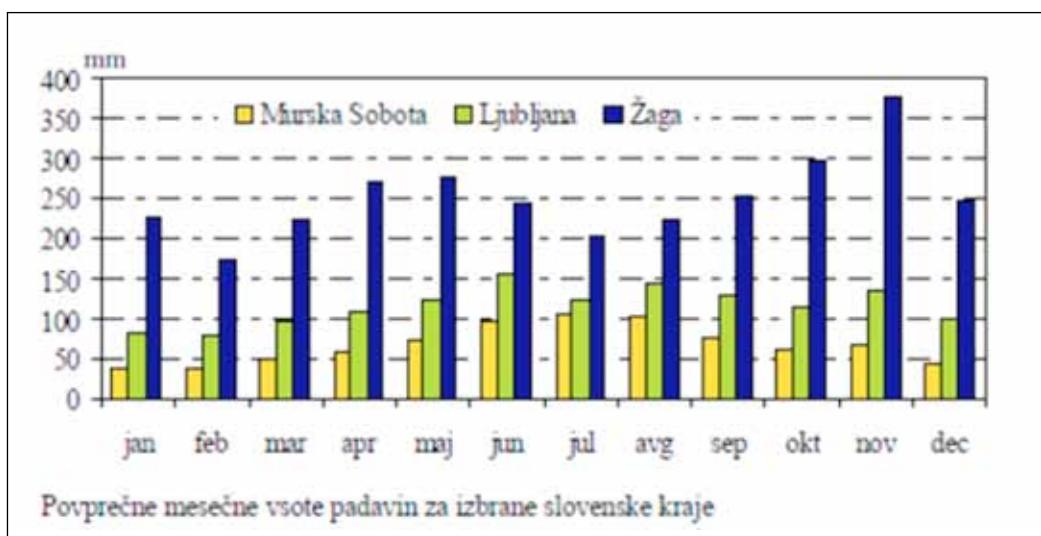


Figure 1: Three stations in direction east-west showing amount and distribution of precipitation during the year (source ARSO).

If we have a look of some extremes - the highest temperature in Slovenia was measured in Cerknica ob Krki in the eastern Slovenia on 8 August 2013 and was 40.8 °C; the lowers on 9 January 2009 on Komna above Bohinj in the Julian Alps -49 °C (source ARSO).

During our excursion we will meet climatic condition of high Dinaric plateau, in the primeval forest of Rajhenav. There is around 1500 mm precipitation yearly, whereas in the second locality in the eastern part of Slovenia precipitation drop down to 800 mm.

Biogeography

The most widely used division of Slovenia was proposed by Maks Wraber in 1969 (Wraber 1968) (Fig. 2). He divided the territory of Slovenia into six regions. There are four main regions, reflecting major European geographical regions, and two transitional regions: praedinaric and praearpine.

Sub-Mediterranean region is close to the Adriatic Sea and extends till high Alpine and Dinaric plateaus and mountains. It is characterized by thermophilous species with (sub)Mediterranean distribution pattern. There appear zonal forests dominated by *Quercus*

pubescens and *Ostrya carpinifolia* (*Aristolochio-Quercetum pubescentis*).

The area of Dinaric region extends on higher altitudes in the southern part of the country and is characterized by Illyric floristic element. There appear Illyric fir-beech forests (*Omphalodo-Fagetum*), altimontane and subalpine beech forests (*Polysticho lonchitis-Fagetum* and *Ranunculo platanifolii-Fagetum*). The spruce forests do not build zonal vegetation in this region.

The Alpine region comprises southern outcrops of the southern Alps: Julian, Kamnik-Savinja Alps and Karavanke. It comprises also Pohorje, that is an outcrop of the Central Alps. The main floristic characteristic is the presence of central European and Nordic-alpine floristic elements. There appear beech forests (*Anemono-Fagetum*), fir-beech forests (*Homogyno-Fagetum*), spruce forests (*Adenostylo glabae-Piceetum*). Unlike to the Dinaric region, we can find there also larch dominated forests (*Rhododendro-Laricetum*).

The sub-Pannonic region is situated in the eastern part of the country and comprises the south western

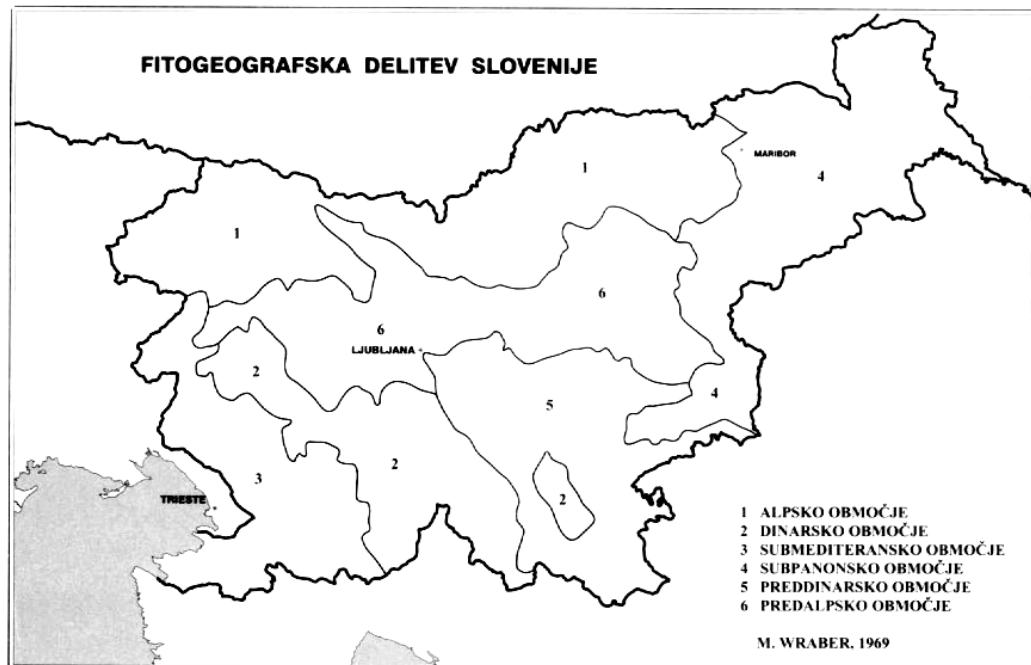


Figure 2: Phytogeographical division of Slovenia (after Wraber 1968).

outcrops of the Pannonian plain. It is the driest part of the country and is characterized by species that are common in the Pannonian plain, mainly those of humid habitats. The main characteristic are oak-hornbeam forests (*Pruno padi-Carpinetum*, *Abio albae-Carpinetum*), also lowland beech forest (*Vicio orboidi-Fagetum*), we can find also moderately acidophilous beech forests of the *Castaneo-Fagetum*. Characteristic for the region are forests appearing along large rivers and in moors, dominated by *Quercus robur*, *Fraxinus angustifolia*, *Ulmus laevis*, *Alnus glutinosa* and *Salix alba*.

Praedinaric and prealpine regions are of transitional character between Alpine, Dinaric and Subpannonian regions. These regions are of lower altitude and dominated mainly by basiphilous (*Hacquetio-Fagetum*; *Lamio orlvae-Fagetum*) and acidophilous (*Castaneo-Fagetum*, *Blechno-Fagetum*) beech forests.

History of forests

One of the main factors determining the present vegetation is the development of vegetation during and after the ice ages (Fig. 3). This area was covered with no or relatively little ice during the last glaciation and the assumed July temperature was only 5° cooler than present, which probably provided a suitable environment for the survival of temperate tree taxa. Since most water was bound in ice, the sea level

was lower and half of the Adriatic Sea was part of the mainland. From the point of view of phytogeography, the land connection to the Apennines is also important and caused the two peninsulas to share some common or closely related taxa and vegetation types. The area of common (syn)taxa could also be called the Apennine-Dinaric window in phytogeography.

The major refugia of beech forests were in the northwestern part of the Balkans and beech spread out from these refugia practically all over Europe (Fig. 4). These refugia were at an altitude between 600 and 800 m, since in the lowlands it was too dry, and at higher altitudes it was too cold. So called Illyricoid flora (e.g. *Lamium orvala*, *Omphalodes verna* etc.) (sensu Trinajstić) also survived here, i. e. mesophilous endemic species that survived in these mesophilous forests. A distinction has thus been made between Illyric species – endemics surviving on extreme habitats and Illyrioid species - mesophilous endemics (Willis 1994).

These illiric (or illiricoid) species are species endemic of mesophilous forests and could be treated as tertiary relicts. They are distributed around boundary of the Alps and the Dinaric Alps, where they survived the ice age (Fig. 5). They did not spread together with beech, but remained in the refugial area. So they are characteristic species of illyric beech forest of the alliance

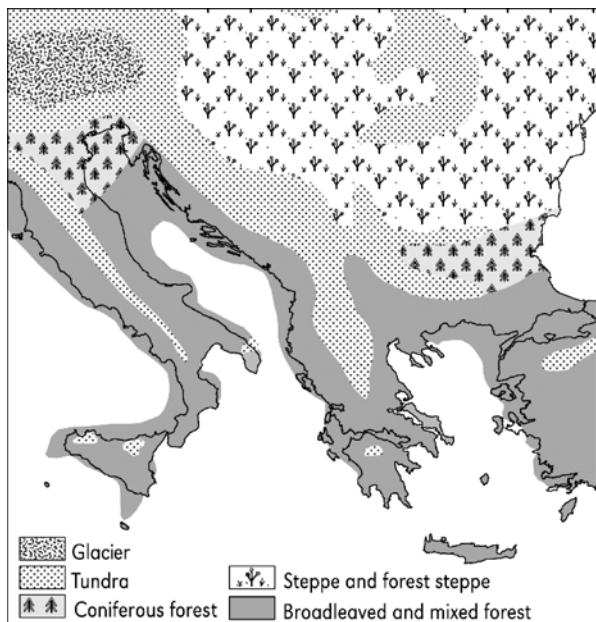


Figure 3:
Vegetation cover of the Balkan during ice age (Würm) (after Anon. 2008)

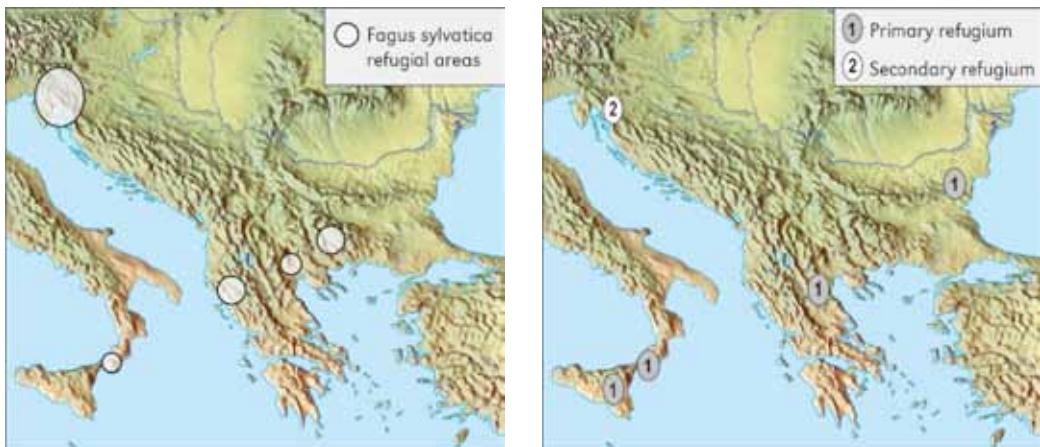


Figure 4: Refugial areas of beech and oak (after Magri et al. 2006) and for oak forests (after Petit et al. 2002).

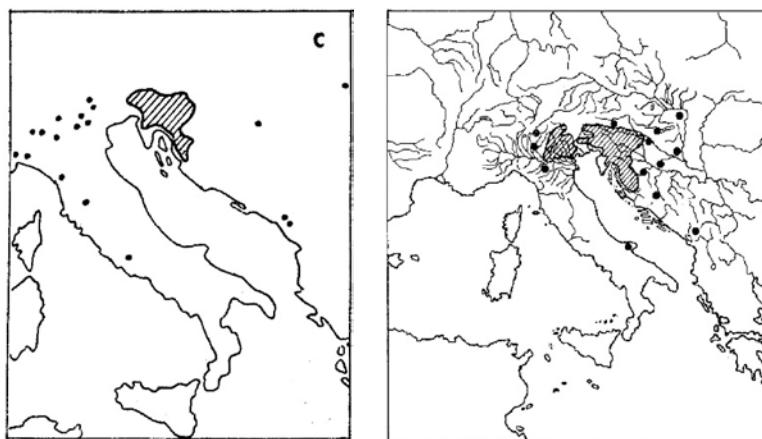


Figure 5:
Distribution of Illyric species *Lamium orvala* (left) and *Omphalodes verna* (right) (after Trnajstić 1992).

Aremonio-Fagion. There could be more reasons, why they did not spread with beech all over Europe, one is that their spreading ability is low or they are linked to climate in the Dinaric Alps that is highly influenced by proximity of the Adriatic Sea (Trnajstić 1992).

Biodiversity hotspot

Slovenia is a biodiversity hotspot due to its location in contact of four biogeographical regions. It possesses a high degree of endemism. According to Mršić (1997) 3,45 % of registered species are endemic, among them the highest number can be found in Dinaric region. That high biodiversity was recognized also by EU and over 37 % of surface of Slovenia is currently classified as Natura 2000 site that is the highest share among all EU countries. The aim of

these areas is to ensure survival of threatened species and habitats. Also 13 % of the national surface is protected as parks; there exist one national park and three regional parks, 44 landscape parks and 57 nature reserves and over 100 natural monuments.

Slovenia is also proud to have two natural UNESCO sites, one is Škocjan cave that have been pronounced in 1987 and primeval beech forests of Krokar and Snežnik-Ždrocle pronounced recently. There exist also three Ramsar wetland sites, as Sečovlje Salina from 1992, Škocjanske Cave from 1999 and Cerknica Lake from 2006.

The main threat for biodiversity are intensification of agriculture, urbanization and infrastructure (traffic

network), industry with increased pollution, abandonment of some regions (afforestation) and invasion of non-native species.

Forests in Slovenia

According to data of Slovenian Forest Service, forests cover above 58 % of the national territory. In this way is Slovenia the third country in EU according to percentage of territory covered by forest (after Finland and Sweden).

We are aware of multipurpose role of forests. Besides production potential (wood production, hunting, collecting forest fruits, honey), forests have great ecological value (protection of steep slopes, retention ability for water, climatic influence – stop winds, diminish late frosts, offer biotope for other organisms), as well as social value (recreation, didactic purposes, hygienic-healthy, research and esthetic).

The dominant tree species is beech with 32.3 %, then there is spruce with 30.8 %, other hardwood trees (*Acer*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Castanea* etc.) with 8.4 %, fir 7.5 %, varius species of oak 7 %, noble-tree species 5.2 %, larch 1.8 %, softwood trees 1.7 % and other 0.3 % (Fig. 6).

We can have a look at community level (Čarni & Jarnjak 2002), we can that the most extensive is the moderate acidophilous lowland beech forest (*Castaneo-Fagetum*), then fir-beech forest (*Omphalodo-Fagetum*), thermophilous beech forest (*Ostryo-Fagetum*), acidophilous lowland beech forest (*Blechno-Fagetum*), montane beech forest (*Lamio orvalae-Fagetum*), alpine altimontane beech forest (*Anemono-Fagetum*), secondary fir forest (*Avenello-Piceetum*), submontane beech forest (*Hacquetio-Fagetum*), slightly acidophilous fir beech forest

(*Galio-Abietetum*), pubeecent oak forest (*Ostryo-Quercetum pubescentis*), praedinaric hornbeam forest (*Abio albae-Carpinetum*), dinaric altimontane beech forest (*Ranunculo platanifoliae-Fagetum*), secondary hornbeam forest (*Asperulo-Carpinetum*) and acidophilous hornbeam forest (*Vaccinio myrtilli-Carpinetum*) (Fig. 7).

Short overlook over main forest types is based on Slovenian, regional and European literature sources (Horvat et al. 1974; Mucina et al. 1993; Bohn et al. 2000; Marinček & Čarni 2002; Ellenberg & Leuschner 2010; Šilc & Čarni 2012).

Beech forests (*Fagus sylvatica*)

Large proportion of Slovenian forests are dominated by beech, because climate is very suitable and therefore it can be found in large altitudinal and ecological span. It does not appear in lowlands, where temperatures are higher and it is outcompeted by oak-hornbeam forests. At higher altitudes lower temperature during summer and high precipitation (over 1000 m) prevent the sites from summer drought. Besides precipitations, also humid air masses with clouds increase humidity of the climate. Important is also snow cover that protect soil from frost (Dakskobler 2012).

At higher altitudes in the upper montane and subalpine vegetation belt, the competition ability of beech decreases, as temperatures decrease and vegetation season is shorter. Here gradually appear coniferous species, such as fir, spruce and larch.

But this is not entirely true in the Dinaric Alps. There timberline is built by subalpine beech forests. There appear beech forests in montane belt, then fir-beech forests at upper montane and pure beech forests again in the subalpine belt. There are several expla-

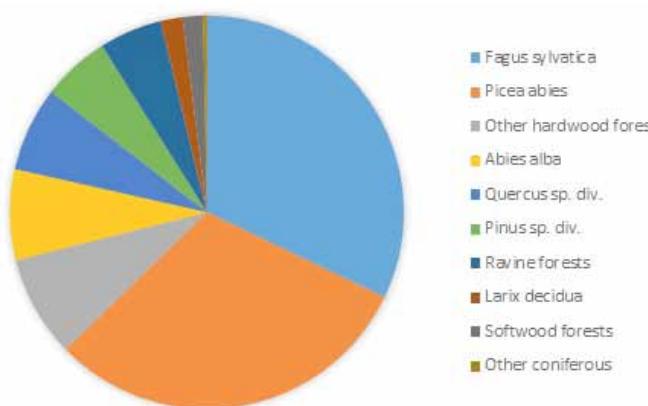


Figure 6:
Share of tree species in wood stock, 2015 (source: Slovenian Forest Service).

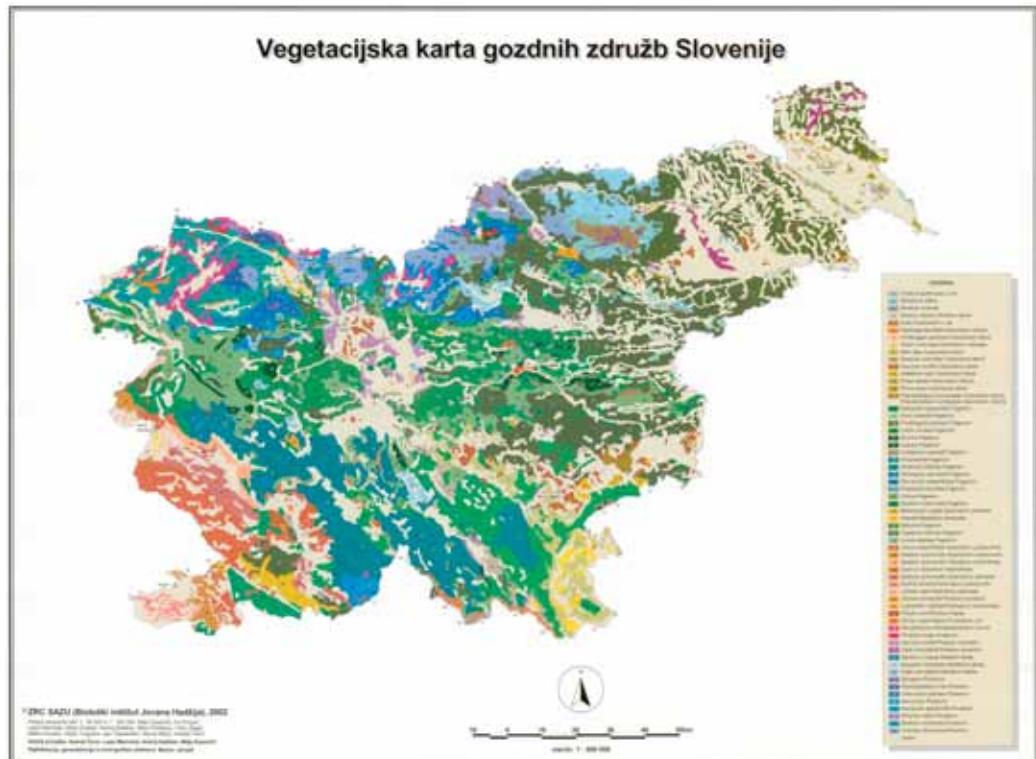


Figure 7: The vegetation map of Slovenia (after Čarni et al. 2002)

nations for this phenomenon, there are higher temperature and there is more rain (instead of snow and ice in the Alps) in Dinaric Alps, on the other side beech can easily supports avalanches, as their root systems is more flexible than that of coniferous species.

In lowlands beech forests are in contact with oak-hornbeam forests. The reason are higher temperatures and there appear summer droughts that are limiting for growth of beech forests. Besides, in lowland the spring frosts are more common and oak-hornbeam forests carry them easily, by replacement buds or late development of leafs.

Beech forests can be divided into following groups:

Acidophilous beech forests appear on non-carbonate or decalcified substrate. They appear in lowlands, classified into two associations, one transitional with basiphilous beech forests called *Castaneo-Fagetum* and the other called *Blechno-Fagetum* found on extremely poor and acidic substrate. In the mountains

we can find the *Luzulo-Fagetum*, the same community as in central Europe, lacking of Illyric species.

Over base-rich substrates develop soils with mull humus. In these beech forests appear rich flora with many Illyric species.

Beech forest of hilly and submontane vegetation belt are in contact with oak-hornbeam forests. Therefore, there appear many species that are common to oak-hornbeam forests, many species in herb layer (e. g. *Primula vulgaris*) and also shrub species (*Ligustrum vulgare*, *Prunus spinosa*) that makes regeneration of submontane forests difficult. In the eastern part of the country, where the climate is the driest, is the transition between beech forest and oak-hornbeam forests often blurred. Oak and hornbeam are more resistant to spring frost on one hand and with deeper roots oak can easily survive relative droughts during summer on the other. We will see these forest in the second day of our excursion.

Montane beech forests are in major part monodominant beech forests. These are optimal beech stands that appear at altitude 600 to 1200 meters. On the upper limit of this belt appear fir-beech forests (e.g. *Omphalodo-Fagetum*). There appear many beech forest species, such as *Lamium orvala*, *Cardamine waldsteinii*, *Cardamine kitaibelii* or *Caradamine pentaphylla*.

Altimontane and subalpine beech forests appear at higher elevation and build the belt between montane beech forest and creeping pine (*Pinus mugo*). These forests have often a saber shape growth due to winter snow. They are differentiated by subalpine species, such as *Salix waldsteiniana*, *Salix appendiculata*.

There exist also thermophilous beech forests on southern steep slopes that are floristically close to submontane beech forests, but are differentiated by some species adapted to steep slopes with poorly developed soil (*Ostrya carpinifolia*).

We have to mention that Slovenia is the refugial area of beech. Beech survived the ice age in the southeastern Slovenia and neighboring regions of Croatia. After ice age that finished somewhere 10.000 years ago, it spread from their refugia in the southern Europe. According to research of DNA and proteins, it has been proven that the population from this area was the most vital and in 10.000 years arrived till England and southern Sweden. Based on this fact the primeval forests from Slovenia were included in the serial proposal of Ancient and Primeval Beech Forests of the Carpathians and Other Regions of Europe (Albania, Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Italy, Germany, Romania, Slovenia, Slovakia, Spain and Ukraine) and accepted on the list of UNESCO last year. Primeval forests in Slovenia presents the glacial refugia of beech and source from where beech forests populated the European continent. This is valid for primeval forests that we will see on our excursion. There exists another UNESCO site in beech forests of Slovenia, Snežnik-Ždrocle that represent beech forests as a zonal forest on timberline.

Oak-Hornbeam forests (*Querco-Carpinetum*. lat.)
Oak-hornbeam forests are dominated by *Carpinus betulus*, *Quercus petraea*, and *Quercus robur*. In those stands we can find also some other tree species, such as *Tilia cordata*, *Prunus avium*, *Acer campestre*, *Fraxinus excelsior* and also *Fagus sylvatica* (Košir, Casavecchia, et al. 2013).

The presence of heliophilous species show that the site conditions are not suitable for beech. There are more reasons that cause the disappearance of beech

in these conditions. One is already mentioned lack of humidity during summer. The other possibility would be increased humidity that would cause the appearance of flooded (*Alnion incanae*, *Alno-Quercion*) forests. On more acid sites appear oak forests or even coniferous forests (e.g. *Pinus sylvestris*).

In the area, especially in the eastern part of Slovenia, it is difficult to distinguish between oak-hornbeam and beech forests, in many cases the differential species of oak-hornbeam forests originate from other forests, like flooded, moor or even thermophilous forests. As a consequence, we can think of primary vegetation on these sites. We could discuss if beech is limited to submontane vegetation belt, or it has appeared also in lowlands and later those stands have been converted to oak-hornbeam forests. We can distinguish an association *Asperulo-Carpinetum* that appear on sites that were originally populated by beech forests. We can even find many beech specimens in those forests. We should take into consideration also the past land use, that accelerated spread of oak-hornbeam forests. Hornbeam rejuvenate better in coppice forests than beech, it better resists forest pasturing and too often logging.

In the transitional zone, we can often find transitions on small scale, beech forests appear on northern, more humid aspect, but oak-hornbeam forest on the southern. As they are in close contact, they often share a great proportion of herb species.

The other problem is small proportion of oak-hornbeam forest in the landscape. In times before intensive land use (before 4000 years) a lot of areas in lowland were covered with oak-hornbeam forests (see also previous paragraph). Forests covered large and compact surfaces. They appeared on plains and lower part of hills that were outside of permanent influence of groundwater and floods. A great part of those surfaces was deforested and converted to agricultural surfaces. Some remaining forests are used primarily for firewood and were managed like coppice forests.

Nowadays those forests are of low quality. Besides often logging, those forest have been used for litter collecting (even topsoil was taken away) in the recent past. This caused big changes in the structure of forest. The two-layer structure with *Quercus petraea* and *Quercus robur* in the upper layer and *Carpinus betulus*, *Prunus avium* and *Acer campestre* in the lower layer are quite rare. Due to small surfaces, intensive exploitation and appearance of alien species, above all *Robinia pseudoacacia*, those forests are rather changed conditions.

In Slovenia, oak-hornbeam forests could be divided into three groups. The first group are humid oak-hornbeam forests characterized by *Quercus robur*, *Carex brizoides* and *Pseudostellaria europaea*. It appears on rich soils, moderately acid and humid site condition. The second group comprises basiphilous zonal forests characterized by numerous Illyric species, such as *Anemone trifolia*, *Cyclamen purpurascens* and *Lamium orvala*. These forests thrive on shallow soils over carbonate bedrock, rich in nutrients. The third group is composed of acidophilous forests, which thrive on deeper soils, poor in carbonate; on sandstones, clay, loam, or non-carbonate flysch, and also on deeper soils over carbonate bedrock. These forest are characterized by *Castanea sativa*, *Gentiana asclepiadea*, *Serratula tinctoria* etc.

Ellenberg proposed as measure for climatic border of beech and oak-hornbeam forests the quotient between temperatures in July (multiplied by 1000) divided with annual precipitation. If it is low (below 20) the sites are propitious for beech forest, in case of higher the area is suitable for oak hornbeam forests. But we have to take into consideration also local site conditions (bedrock, soil, water sources).

Thermophilous forest

Thermophilous forests are distributed between Mediterranean and continental regions of southeastern Europe, where they build zonal forests. They appear in various temperature conditions, in Mediterranean in the areas that possess mean annual temperatures around 15°C, in continental parts in areas with average temperature between 10 and 15°C, but there is a great yearly fluctuation of temperatures. The areas of the central Europe such vegetation appear in the range of 8.5 to 9.0°C.

In Slovenia thermophilous deciduous forests are zonal forests in sub-Mediterranean (coastal) region. The climate is humid with more than 1000 mm of precipitations and average temperatures on the coast over 13°C. These forests, thriving mainly on carbonate bedrock are dominated by *Quercus pubescens* and *Ostrya carpinifolia*, that are accompanied by *Quercus cerris*, *Fraxinus ornus*, *Sorbus aria* and *Sorbus torminalis*. Shallow soils and lack of precipitation during summer is reflected in growth of trees, they are low and poor in diameters. These forest are in contact with Mediterranean-Montane forests of the *Seslerio autumnalis-Fagetum* at higher altitudes on outcrop of monutains.

As canopy is not closed, we can find in those stands many scrub and herb species, that belong to (sub) Mediterranean geoelement. Such as *Acer mon-*

spessulanum, *Tamus communis*, *Clematis recta*, *Chrysanthemum corymbosum* and many others. All these species grow on sunny and warm sites and their common characteristic is that they support limited amount of humidity. These forests survived the ice age in the southern Europe and are the riches in species, toward the north, they become species poorer. The majority of these forests are coppiced. There exist some predictions that these sites used to be covered by beech in the past. But nevertheless the change of dominant tree would last very long time.

Such forest can appear extrazonally also in the interior of the country. At high altitude, where *Quercus pubescens* cannot thrive any more, such sites are dominated only by *Ostrya caprinolia* accompanied by *Fraxinus ornus* and *Cornus mas*.

Themophilous forest over deeper soils carbonate bedrock or over flysch that are often decalcified are dominated by *Quercus petraea*. They appear in the sub-Mediterranean as well as in the interior of the country.

Thermophilous forests on non-carbonate bedrock are rare, as such bedrock is rare. There are only a few indications about appearance of acidophilous-thermophilous forests from Slovenia (Cimperšek 2008).

Holm oak forests (*Quercus ilex*)

These forests are elements of the Mediterranean vegetation. They appear in Slovenia extrazonally, on extremely warm and sunny sites oriented towards the Adriatic Sea. Such sites are rare in Slovenia (Dakskobler 1997).

Acidophilous oak forests

Acidophilous oak forest appear on acid to very acid soils and are dominated by *Quercus petraea*. In the central Europe in such conditions, especially in more humid sites, *Quercus robur* often appear. Such *Quercus robur*-dominated communities cannot be found in Slovenia (Stupar et al. 2016).

Besides *Quercus petraea*, we can find in such communities also beech, but its proportion is low due to edaphic conditions, as its competition ability is low in such conditions.

Quercus petraea is accompanied by *Betula pendula* and *Populus tremula* that often build a successional stadia on such sites. The last two species can easily arrive to the sites, as their seed are light and can be easily dispersed. In such stands we can find also *Sorbus aucuparia* and *Frangula alnus* that can be found also in mature stands. We can find *Picea abies*

on cooler, *Castanea sativa* and *Tilia cordata* on warmer sites and *Alnus glutinosa* on more humid sites.

In herb layer there are many species that are common to acidophilous beech forests. This was the reason, why acidophilous beech and oak forest were classified with one group in the past (class in Braun-Blanquet system). But oak forests have broken canopy and there is a lot of light on ground layer, so many heliophilous species (*Rhamnus*, *Sorbus*, *Corylus*) appear even in the mature stands. These species cannot be found in beech forest due to closed canopy and consequently lack of light. At the same time oak forest produce less litter, so there appear more mosses as in beech forests. This was the reason for separation these forests into two groups (classes) (Mucina et al. 2016).

Those forests are (at least in Slovenia) in the major part degraded beech forests. We can expect that they would convert to beech forests, if we stop exploitation. The further degradation would lead to forests dominated by *Betula*, *Populus* and *Pinus sylvestris*.

Acidophilous chestnut forests

Also chestnut forests are not potential natural vegetation of Slovenia, but are result of over exploitation and degradation of other forest types. These forests gradually disappear from the landscape, due to infection with fungi (**Cryphonectria parasitica**) or regeneration of stands to other forest types (oak or beech forests). These forest can be found on warm and sunny sites at lower altitude (Wraber 1954; Wraber 1958).

Ravine forests

Forest dominated by *Acer*, *Ulmus*, *Fraxinus* or *Tilia* are called ravine forests. They appear on humid sites rich in nutrients. Beech cannot appear in those sites, because it does not support moving parent material and late frost (later development of leafs). Such forests can appear also as a stage of reforestation on beech forests (Dakskobler 2007; Košir et al. 2008).

These forest appear as intrazonal climatic forests or as successional stadia on non-stable sites. Humid sites with low C/N proportion enable development of nitrophilous high stalk species (*Lunaria rediviva*, *Scopolia carniolica*, *Doronicum austriacum*) with many spring geophytes. In those stands we can find also well-developed scrub and moss layers.

Thermophilous ravine forests

On southern slopes, on warm unstable sites, we can find such forests that are dominated by *Tilia platyphyllos*, *Tilia cordata*, *Ostrya carpinifolia*, and accompanied by *Acer platanoides*, *Sorbus aria*

and *Acer campestre*. Herb layer is well developed, among other also *Galium laevigatum*, *Anemone trifolia*, *Ranunculus ficaria*, *Carex digitata* can be found there.

Sites of lime forests are often on exposed sites with a lot of rock on the ground, but below these rocks there is the water bringing nutrients that enable development of topsoil. Such sites are characteristic for ravines forest.

Mesophilous ravine forest

Those forests appear on mesic sites, mainly in the montane belt. *Tilia* and *Fraxinus* gradually disappear in mountains and these forests are also well differentiated by high mountain species. We can find ravine forest sporadically also on acid bedrock, but they do not thrive well in such conditions and are often replaced by *Quercus petraea*, *Betula pendula* or *Picea abies*. Ravine forest can be found also in the transitional zone between beech forests and riverine forest. They appear in the area that is too humid for beech and too dry for riverine forests. These forest appear on small surfaces and can sometimes be hardly differentiated from oak-hornbeam forests. Differential species are *Doronicum austriacum*, *Polystichum aculeatum*, *Phyllitis scolopendrium* and some others.

Spruce and fir-spruce forest

Spruce (*Picea abies*) has become one of the most common species in Slovenian forests. Forestry has promoted spread of this non-demanding, resistant and economically successful tree outside its natural area. So we can divide spruce forest to natural and those that appeared under influence of man.

Before anthropogenic spread of the species in 19th century, spruce had had similar area of distribution as fir. Spruce appeared only on timberline in the northern Slovenia and in depressions in the Dinaric Alps.

We can divide spruce and fir-spruce forests into six groups, four appearing on carbonate bedrock and the other two over non-carbonate one (Zupančič 1999; Juvan et al. 2013).

Spruce forests on high altitude over carbonate bedrock: Such forest can be found only in the northern Slovenia, since in the southern part of Slovenia, spruce is replaced by beech. These forests appear on steep slopes on steep slopes. In those forests thrives larch (*Larix decidua*). Diagnostic are species *Sesleria caerulea*, *Laserpitium peucedanoides*, *Betonica alopecurus*.

Secondary spruce on carbonate bedrock: These are not plantations, but communities that developed over centuries. Such forests appear at lower altitude as previous and less steep slopes. In these forests we can find many various plant species, mixture of species from spruce and from beech forests, among them many geophytes, build recognizable spring aspect. Diagnostic species are: *Helleborus niger*, *Euphorbia amygdaloides*, *Ajuga reptans*. These are the best spruce forests in Slovenia.

Spruce forest can be found also in karstic depressions. They appear mainly in the southern Slovenia. In the depression site conditions are different than in neighboring beech forest. During clear nights, heavy cold air falls in the depressions. As there is no wind, it remains there. During the day, the air from neighboring surfaces warm up and becomes lighter and therefore does not mix with the heavy and cold air in the depressions. Such situation can last for a longer time. In such conditions beech cannot thrive and we can find spruce forests there. In these forests we can find numerous species that show acid (decalcified) and humid environment (e.g. *Calamagrostis arundinacea*). In these stands we can find many scrubs and mosses that show sparse canopy and humid circumstances. Diagnostic species are: *Dicranum polysetum*, *Rhytidadelphus loreus*, *Calamagrostis arundinacea*, *Doronicum austriacum*.

The fourth group comprises spruce-fir forest on rocky boulders, screes and terraces. Sites are exposed to winds, insolation and high day-night temperature fluctuation. These communities appear primarily on southern aspect. Forests are species poor, but there appear many species that originate from mountains of the southern Europe and indicate severe site conditions. Diagnostic species are: *Cladonia furcata*, *Peltigera praetextata*, *Ctenidium molluscum*.

On non-carbonate bedrock appear two groups of spruce and fir-spruce forest that can be divided according to altitude. Fir and spruce are good competitor species to beech in conditions of cold and extreme poor/humid sites. In such condition appear spruce at higher altitude and fir at lower altitude. Fir is more susceptible to low temperature, so it appears primarily in lowlands.

Acidophilous spruce forests can be found also on high altitude, in depressions on impermeable silicate substrate. We can classify into this group also spruce forest that build timberline on non-carbonate bedrock and secondary spruce forest on sites of beech forests. In these forest we cannot find many species, they originate in the north, belonging to boreal, arctic

and alpine geoelement. Diagnostic species are: *Avenella flexuosa* and *Blechnum spicant*.

Lowland fir-spruce forest (above all dominated by fir) appear in the area of beech forests. The thrive on humid or extreme acid sites, especially in the eastern, drier, part of the country. These forest are differentiated by species of beech forest: *Hieracium transylvanicum*, *Dryopteris dilatata*, *Thuidium tamariscinum*, *Castanea sativa*, and *Carpinus betulus*.

Scots pine forests (*Pinus sylvestris*)

Scots pine is non demanding tree species that is dominant in very different site conditions. As its competition ability is low, all these sites in some way extreme (Tomažič 1940; Zupančič & Čarni 1988; Zupančič & Žagar 1998).

Acidophilous scots pine forests thrive on extremely poor, dry and acid sites. On such sites beech is not competitive enough, so it is replaced in warm places by scots pine and in humid and cool by fir and spruce. Many of those forests are results of human activities. With this group we can classify also forest that appear in swamps. The dominant herb species are *Vaccinium myrtillus*, *Calluna vulgaris* and *Pteridium aquilinum*.

Thermophilous scots pine forest appear on steep, sunny slopes on carbonate (above all dolomite) bedrock. There are severe site conditions, shallow soil horizons, summer drought and great inclination. In less extreme conditions appear forests dominated by *Ostrya carpinifolia* from the group of thermophilous forests. One of the characteristic species is *Erica arborea* that flowers in the early spring. In this forests we can find also *Polygala chamaebuxus*, *Sesleria caerulea* and *Calamagrostis varia*.

Riverine scots pine forests appear on the alluvial deposits along rivers. This stands are above the average water level and appear as a succession stage towards beech/hornbeam forest. But these are paraclimatic communities and occasional floods bring development again to the starting stadia, dominated by *Salix incana*.

Black pine forests (*Pinus nigra*)

Black pine forests can be found on steep slopes and rough walls. These are climatically and edaphically demanding sites with great day-night fluctuation of temperature. Geological bedrock is above all dolomite. In comparison with scots pine forests, black pine forests thrive in cooler, montane climate with a lot of precipitations. We can find black pine forests in karstic area, but they were planted and the herb layer show cha-

racteristics of potential natural vegetation – thermophilous forests (Zupančič 2007; Accetto 2015).

Birch and aspen forests (*Betula pendula*, *Populus tremula*)

Birch and aspen forests appears sporadically in Slovenia, they are stadia in succession line on oak-hornbeam and submontane beech forests, or such forests are maintained by human activities (litter collection, mowing of ferns). Here we can often find *Calluna vulgaris*, *Frangula alnus* and *Pteridum aquilinum* (Šilc et al. 2008).

Larch forests (*Larix decidua*)

Larch forests appear in the altimontane and subalpine belt in the northern Slovenia. They appear in steep slopes and rough walls in shaded sites. Larch is resistant to drought and can survive in these conditions. This very long-lived species and can rich the age of 500 years. It builds monodominant stands with larch in all layer with undergrowth of many subalpine species. It often forms pioneer stages on subalpine grasslands on sites of spruce and beech forests (Dakskobler 2006).

Dwarf mountain pine (*Pinus mugo*) forests/scrubs

In the subalpine belt on timberline we can find communities dominated by dwarf pine. Timberline is built by spruce or beech. Dwarf pine appears on carbonate or non-carbonate bedrock and is competitively weak species that can thrive only in such conditions. Its stands are normally not higher than 3 meters in a form of creeping scrub. This shape enable it to survive severe site conditions. During winter this stands are covered by snow, so it is protected from low temperatures and wind. During summer it is exposed to intensive solar insolation and high day-night fluctuation of temperature. This species appears also on abandoned grasslands and extraazonally also in narrow valleys even in the submontane belt (Zupančič 2013; Dakskobler 2014).

Riverine forests

This group of forest can be divided into forests in the upper stream and in lower stream (Dakskobler & Rozman 2013; Košir, Čarni, et al. 2013; Dakskobler 2016).

At the same time, we have also zonation between forest that appear directly at the water and forests that appear upper on the river bank, where the amount of deposit and level of ground water are lower.

In the upper stream, in the part that is under the mean water level, appear only mosses and herbs, partly is this area due to fast water flow even without vegetati-

on. Along montane river is gradually deposited some thin sand and organic material. There appear species that are adapted to these site conditions (*Epilobium fleischeri*, *myricaria germanica*), later on appear also *Salix purpurea* and *Salix eleagnos* that fix to the gravel by long roots. At higher position on the river bank, where is more organic material accumulated appear forests of grey alder (*Salix incana*). These forests are important for fixation of river banks and are in contact with already mentioned ravine forest, pine forests or with oak-hornbeam forests.

When the stream loses its transport power, deposition of sand and organic material begins. Here the *Salix elegans* is substituted by *Salix triandra*, and *Alnus incana* by *Salix alba*. There are several reasons for this change, one is that *Alnus incana* need water over the whole year, but *Salix alba* supports better summer drought. In the mountain, where the snow is melting, there is enough water during the whole year, while in lowlands the water level often fall during summer and sites of *Salix alba* are dry. There are also other reasons: time of fructification, temperature demand of species etc.

In the forest of *Salix alba* there appear periodical floods that bring and take way sediments, break branches of trees, but during summer these sites are often dry during summer. In this stands often appear also *Populus alba*, *P. nigra* and planted hybrid *Populus x canadensis*.

In the upper part of the river bank appear forests dominated by *Fraxinus angustifolia* and *Ulmus laevis*. These sites are flood shorter time than *Salix alba* forests directly at the water and deposition and take away of the material is less intensive. The upper zone, still under influence of floods is covered by forests dominated by *Quercus robur*. They are in the contact with the zonal vegetation, oak-hornbeam forests.

Along brooks and small stream appear riverine forest dominated by *Alnus glutinosa* and *Fraxinus excelsior*. These two species can support longer water logging. We can distinguish between more calciphilous and eutrophic sites dominated by *Alnus glutinosa* and moderately acid and modernly rich sites co-dominated also by *Fraxinus excelsior*.

Black alder swamp forests (*Alnus glutinosa*)

These are monodominant stands appear in swampy sites, where other species cannot survive. The ground water rarely fall below the ground and nutrient rich water can hardly flood this stands. The sites are gleic soils. In drier conditions (upper position) ap-

pear mixed *Alnus-Fraxinus* forests that are substituted by *Quercus robur* dominated forest that are in contact with zonal oak-hornbeam forests (Accetto 1994).

Bog forests dominated by pubescent birch, pine and spruce (*Betula pubescens*, *Pinus sylvestris* and *Picea abies*)

Black alder swamp forests appear in sides with some mineral and basis in the ground. In case there is no basis in the soil, appear forests of *Betula pubescens*, *Pinus sylvestris* or *Picea abies*. Peat appearing in *Alnus glutinosa* stands is less acid that that in *Betula pubescens* dominated stands. In such stands dominates *Betula pubescens* lowlands, *Picea abies* in mountains, sporadically also *Pinus sylvestris* that is more common in continental regions. Such forests are rare in Slovenia (Zupančič 1982; Martinčič 1984; Kutnar & Martinčič 2002).

Bibliography

- Accetto, M. 2015. Gozdno in drugo rastje na levem bregu Iškega vintgarja = Forest and other plant communities on the Iški vintgar left bank. *Acta Silvae et Ligni* 106: 1–121.
- Accetto, M. 1994. *Močvirski in poplavni gozdovi, Zasnova rajonizacije ekosistemov Slovenije*. Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta, Ljubljana.
- Anon. 2008. *Diercke Weltatlas*. Westermann, Braunschweig.
- Bohn, U., Gollub, G., Hettwer, C., Neuhäuslová, Z., Raus, T., Schütter, H., & Weber, H. 2000. Karte der natürlichen Vegetation Europas, Maßstab 1: 2 500 000. /Map of the Natural vegetation of Europe. Scale 1: 2 500 000. *Bundesamt für Naturschutz, Bonn*
- Čarni, A., & Jarnjak, M. 2002. Analize gozdnih združb s pomočjo operacij GIS. *Hacquetia* 1: 129–139.
- Čarni, A., Marinček, L., Seliškar, A., & Zupančič, M. 2002. Vegetacijska karta gozdnih združb Slovenije 1 : 400.000.
- Cimperšek, M. 2008. Kserotermni gozdovi gradna in cera po subpanonskem hribovju Obsotelja in Kozjanskega (vzhodna Slovenija) ter njihove posebnosti. *Gozdarski vestnik* 66: 187–205.
- Dakskobler, I. 2006. Asociacija Rhodothamno-Lariceum (Zukrigl 1973) Willner & Zukrigl 1999 v Julijskih Alpah = The association Rhodothamno-Lariceum (Zukrigl 1973) Willner & Zukrigl 1999 in the Julian Alps. *Razprave IV. razreda SAZU* 47: 117–192.
- Dakskobler, I. 2014. Association Amelanchiero ovalis-Pinetum mugo in northwestern Slovenia. *Acta Biologica Slovenica* 57: 15–43.
- Dakskobler, I. 1997. Fitocenološka oznaka sestojev črnega hrasta *Quercus ilex* L. na Sabotinu in nadvizirom Lijaka (zahodna Slovenija). *Acta Biologica Slovenica* 41: 19–42.
- Dakskobler, I. 2007. Gozdovi plemenitih listavcev v Posočju. *Scopolia* 60: 1–287.
- Dakskobler, I. 2016. Phytosociological analysis of riverine forests in the Vivaba and Reka valleys (Southwestern Slovenia). *Folia Biologica et Geologica* 57: 1–61.
- Dakskobler, I. 2012. Pregled bukovih rastičev Sloveniji. In Bončina, A. (ed.), *Bukovi gozdovi v Sloveniji: ekologija in gospodarjenje*, pp. 58–74. oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta, Ljubljana.
- Dakskobler, I., & Rozman, A. 2013. Phytosociological analysis of riverine forests along Sava Bohinjka, Radovna, Učja and Slatenik rivers in northwestern Slovenia. *Folia Biologica et Geologica* 54: 37–105.
- Ellenberg, H., & Leuschner, C. 2010. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Ulmer, Stuttgart, DE.
- Horvat, I., Glavač, V., & Ellenberg, H. 1974. *Vegetation Südosteuropas*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, DE.
- Juvan, N., Košir, P., Marinšek, A., Paušič, A., & Čarni, A. 2013. Differentiation of the Piceetalia and Athyrio-Piceetalia forests in Slovenia. *Tuxenia* 33: 25–48.
- Košir, P., Čarni, A., Marinšek, A., & Šilc, U. 2013. Floodplain forest communities along the Mura River (NE Slovenia). *Acta Botanica Croatica* 72: 71–95.
- Košir, P., Čarni, A., & Di Pietro, R. 2008. Classification and phytogeographical differentiation of broad-leaved ravine forests in southeastern Europe. *Journal of Vegetation Science* 19: 331–342.
- Košir, P., Casavecchia, S., Čarni, A., Škvorc, Ž., Živković, L., & Biondi, E. 2013. Ecological and phytogeographical differentiation of oak-hornbeam forests in southeastern Europe. *Plant Biosystems* 147: 84–98.
- Kutnar, L., & Martinčič, A. 2002. Inicialna oblika bajskega smrekovja Piceo-Sphagnetum flexuosissimae nova in Sloveniji = Initial form of spruce-mire forest Piceo-Sphagnetum flexuosissimae nova in Slovenia. *Razprave IV. razreda SAZU* 43: 247–266.
- Magri, D., Vendramin, G.G., Comps, B., Dupanloup, I., Geburek, T., Gömöry, D., Latałowa, M., Litt, T., Paule, L., Roure, J.M., Tantau, I., Knaap, V., Der, O., W., Petit, R.J., De Beaulieu, J., & Van Der Knaap, W.O. 2006. A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences, A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic

- consequences. *New Phytologist, New Phytologist* 171, 171: 199, 199–221, 221.
- Marinček, L., & Čarni, A. 2002. *Commentary to the vegetation map of forest communities of Slovenia in a scale of 1:400,000o Title* (Z. Publishing, Ed.). Ljubljana, SI.
- Martinčič, A. 1984. Fragmenti visokega barja na Ljubljanskem barju. *Scopolia* 14: 1–53.
- Mucina, L., Bültmann, H., Dierssen, K., Theurillat, J.-P., Raus, T., Čarni, A., Šumberová, K., Willner, W., Dengler, J., Gavilán García, R., Chytrý, M., Hájek, M., Di Pietro, R., Pallas, J., Daniëls, F.J.A., Bergmeier, E., Santos Guerra, A., Ermakov, N., Valachovič, M., Schaminée, J.H.J., Lysenko, T., Dudukh, Y.P., Pignatti, S., Rodwell, J.S., Capelo, J., Weber, H.E., Solomeshch, A., Dimopoulos, P., Aguiar, C., Hennekens, S.M., & Tichý, L. 2016. Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science* 19: 3–264.
- Mucina, L., Grabherr, G., & Wallnöfer, S. 1993. *Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III. Wälder und Gebüsche*. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Petit, R.J., Brewer, S., Bordács, S., Kornel, B., Cheddadi, R., Coart, E., Cottrell, J.,, & Kremer, A. 2002. Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. *Forest Ecology and Management* 156: 49–74.
- Šilc, U., & Čarni, A. 2012. Conspectus of vegetation syntaxa in Slovenia. *Hacquetia* 11: 113–164.
- Šilc, U., Čarni, A., Košir, P., Marinšek, A., & Zelnik, I. 2008. Litter-raking forests in SE Slovenia and in Croatia. *Hacquetia* 7: 71–88.
- Stupar, V., Bruijić, J., Škvorc, Ž., & Čarni, A. 2016. Vegetation types of thermophilous deciduous forests (*Quercetea pubescens*) in the Western Balkans. *Phytocoenologia* 46: 49–68.
- Tomažič, G. 1940. Asocijacijske borovih gozdov v Sloveniji. I. Bazifilni borovi gozdovi. *Razprav mat. prir. raz. Akademije znanosti in umetnosti* 1: 77–120.
- Trinajstić, I. 1992. A contribution to the phytogeographical classification of the illyrian floral element. *Acta Botanica Croatica* 51: 135–142.
- Willis, K.J. 1994. The vegetational history of the Balkans. *Quaternary Science Reviews* 13: 769–788.
- Wraber, M. 1958. Biljnosociološki prikaz kestenovih šuma Bosne i Hercegovine. *Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu* 9: 139–182.
- Wraber, M. 1954. Glavne vegetacijske združbe slovenskega Krasa s posebnim ozirom na gozdno-gospodarske razmere in melioracijske možnosti. *Gozdarski vestnik* 12: 282–295.
- Wraber, M. 1968. Pfanzengeographische Stellung und Gliederung Sloweniens. *Vegetatio* 17: 176–199.
- Zupančič, M. 2013. New consideration on southeast-Alpine and Dinaric-central Balkan dwarf pine. *17: 156–172*.
- Zupančič, M. 1999. *Smrekovi gozdovi Slovenije = Spruce forests in Slovenia* (A. Šercelj, Ed.). SAZU, Ljubljana, SI.
- Zupančič, M. 1982. Sphagno-Piceetum v Sloveniji. *Biološki vestnik* 30: 137–150.
- Zupančič, M. 2007. Syntaxonomic problems of the class Vaccinio-Piceetea and Erico-Pinetea in Slovenia. *Fitosociologia* 44: 3–13.
- Zupančič, M., & Čarni, A. 1988. Nova združba rdečega bora v slovenskem predpanonskem obrobu. *Biološki vestnik* 36: 107–126.
- Zupančič, M., & Žagar, V. 1998. Obrečna borovja zgornjega toka Save (Slovenija) = Pine forests in the valey of the river Sava. *Razprave IV. razreda* SAZU 39: 279–325.

Forest types we will see during the excursion

Andraž Čarni

The description is adjusted from the text that was prepared by Marinček and Čarni (Marinček & Čarni 2002).

Omphalodo–Fagetum (Tregubov 1957) Marinček et al. 1993

The *Omphalodo–Fagetum* – Dinaric beech and European silver fir and beech forests – was once called the *Abieti–Fagetum dinaricum*. It covers parts of Slovenia's high karst plateaus from Trnovski gozd to Kočevski Rog and Mount Snežnik. It grows at an altitude of 700 to 1,200 meters. This region has a diverse land configuration. The karst plateaus are full of sinkholes and precipices. Predominantly stony slopes fall gently to dry karst poljes. The bedrock consists mainly of limestone and occasionally of dolomite limestone and dolomite. There are various soil conditions. Within a small area, a mosaic of rendzic Leptosols of different development stages, chromic Cambisol, and chromic Luvisol occurs. Climate conditions are very favourable for the growth of forests as there is plenty of rainfall and high air humidity (Puncer 1980; Surina & Dakskobler 2013).

Diagnostic combination of plant species

Tree layer: *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Acer pseudoplatanus*, *Picea abies*, *Acer platanoides*, *Ulmus glabra*, *Tilia platyphyllos*.

Shrub layer: *Clematis vitalba*, *Corylus avellana*, *Daphne laureola*, *D. mezereum*, *Euonymus verrucosa*, *Lonicera alpigena*, *L. xylosteum*, *Rhamnus fallax*, *Rubus idaeus*.

Herb layer: *Actaea spicata*, *Anemone nemorosa*, *Aremonia agrimonoides*, *Asplenium trichomanes*, *Athyrium filix-femina*, *Brachypodium sylvaticum*, *Calamintha grandiflora*, *Cardamine trifolia*, *Carex sylvatica*, *Cyclamen purpurascens*, *Dentaria bulbifera*, *D. enneaphyllos*, *Dryopteris expansa*, *D. filix-mas*, *Euphorbia amygdaloides*, *Festuca sylvatica*, *Galeobdolon flavidum*, *Galium odoratum*, *Gentiana asclepiadea*, *Mercurialis perennis*, *Mycelis muralis*, *Ompahloides verna*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Polypodium vulgare*, *Polystichum aculeatum*, *Prenanthes purpurea*, *Salvia glutinosa*, *Sanicula europaea*, *Scopolia carniolica*, *Senecio ovatus*, *Solidago virgaurea*.

Moss layer: *Ctenidium molluscum*, *Plagiochila asplenioides*, *Euryhynchium striatum* subsp. *zetterstedtii*, *Isothecium myurum*, *Thuidium tamariscinum*.

The succession process toward this natural forest on abandoned meadows develops through communities dominated by hazel (*Corylus avellana*). The biogeocenotic structure of this Dinaric beech forest is stable when proper management is taken into account. At the edge of the areal of the association, the European silver fir tree (*Abies alba*) degrades in places.

The Dinaric fir and beech forests are economically the most significant forests in Slovenia.

Forests in its natural composition serve economic interest and partially play also protective role. The main task for management is to transform them into sustainable stands. They are even-aged and of even height in places; locally, monocultural stands of Norway spruce (*Picea abies*) also appear.

Vicio oroboidi–Fagetum (I. Hrovat 1938) Pocs et Borhidi in Borhidi 1960

The association *Vicio oroboidi–Fagetum* is a zonal forest association of the subpannonian hills. This subpannonian beech forest grows in all directions at altitudes ranging from 200 to 500 meters. The landscape consists of long flat ridges from which many side ridges and small mountain crests split off in various directions. The geological material consists primarily of marls, clay, loam, and individual limestone outcrops. The soils are moderately acidic dystric to eutric Cambisol. The humid continental climate of the subpannonian region predominates with relative low precipitation (800 mm), large temperature differences, hot summers, and cold winters (Zupančič et al. 2000; Marinček & Čarni 2013).

Tree layer: *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*, *Quercus petraea*, *Acer pseudoplatanus*, *Castanea sativa*.

Shrub layer: *Clematis vitalba*, *Daphne mezereum*, *Hedera helix*, *Sambucus nigra*.

Herb layer: *Athyrium filix-femina*, *Anemone nemorosa*, *Aremonia agrimonoides*, *Campanula trachelium*, *Carex sylvatica*, *C. pilosa*, *Cyclamen purpurascens*, *Dentaria bulbifera*, *Euphorbia amygdaloides*, *Festuca drymeia*, *Galeobdolon montanum*, *Galium odoratum*, *Hieracium sylvaticum*, *Lamium orvala*, *Lathyrus vernus*, *Luzula luzuloides*, *L. pilosa*, *Melampyrum pratense* subsp. *vulgatum*, *Mercurialis perennis*, *Mycelis muralis*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria officinalis*,

Ruscus hypoglossum, *Salvia glutinosa*, *Sanicula europaea*, *Sympyton tuberosum*, *Vicia oroboides*, *Vinca minor*, *Viola reichenbachiana*.

The subpannonian beech forests have a relatively unstable biocenotic structure. After constant and intensive stripping of leaves for litter and clear cutting, they have degraded into acidophilous beech forests, in extreme cases into forests of the *Galio rotundifolii–Pinetum sylvestris* Zupančič et Čarni ex Čarni et al. 1992.

The forests of this association are generally considered as a supplementary agricultural asset and most are of low quality.

***Castaneo sativae–Fagetum sylvaticae* (M. Wraber 1955) Marinček & Zupančič 1995**

The association *Castaneo–Fagetum sylvaticae*, also known as “acidophilous beech forest,” is an azonal forest association growing on noncalcareous bedrock. They grow on the sunny side of medium steep to steep slopes dissected by deep gullies in some places. They appear mostly in the submontane zone at an altitude of 300 to 700 (900) meters. They thrive on very different noncalcareous stones where sandstone, marl, and shale of various geological formations predominate. The soil is mainly medium deep to deep skeletal dystric Cambisol (Zupančič & Žagar 2011).

Diagnostic combination of plant species

Tree layer: *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, *Castanea sativa*.

Shrub layer: *Frangula alnus*, *Fraxinus ornus*, *Prunus avium*, *Rubus hirtius*.

Herb layer: *Aposeris foetida*, *Athyrium filix-femina*, *Calamagrostis arundinacea*, *Calluna vulgaris*, *Chamaecytisus supinus*, *Gentiana asclepiadea*, *Hieracium lachenalii*, *H. racemosum*, *H. sylvaticum*, *Luzula luzuloides*, *L. pilosa*, *Melampyrum pratense* subsp. *vulgatum*, *Polypodium vulgare*, *Prenanthes purpurea*, *Primula vulgaris*, *Pteridium aquilinum*, *Solidago virgaurea*, *Vaccinium myrtillus*.

Moss layer: *Atrichum undulatum*, *Cladonia pyxidata*, *Dicranella heteromalla*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum cupressiforme*, *Polytrichum formosum*, *Thuidium delicatulum*.

There are only a few well-preserved pure beech forests. The majority have been changed either to monocultural spruce (*Picea abies*) or to coppiced forest with a mixture of sweet chestnut (*Castanea sa-*

tiva), Scotch pine (*Pinus sylvestris*), and sessile oak (*Quercus petraea*).

The biocenotic structure of the association is relatively unstable. In exploited forests and on abandoned meadows, different stadia can be found, the most frequent being the *Melampyro–Quercetum petraeae*.

***Pruno padi–Carpinetum betuli* (Marinček et Zupančič 1984) Marinček 1994**

The *Pruno padi–Carpinetum betuli* is a zonal forest association of the plains and partially hilly area of the subpannonian region located at an altitude of around 200 meters. The moderately rounded land configuration occasionally changes to sharply cut erosion gullies. The geological formations consists of Pliocene and Miocene sediments containing quartzsand with a larger or smaller inclusions of gravel and sandy clay. Above them is predominantly weakly acidic dystric Cambisol which changes to Planosol in places. The climate in the association area is conspicuously continental with a mean annual precipitation of 800 mm or even less and a mean annual temperature of around 10° C. Winters are cold and summers are hot (Marinček & Zupančič 1984).

Diagnostic combination of plant species

Tree layer: *Carpinus betulus*, *Prunus padus*, *Prunus avium*, *Tilia platyphyllos*, *Quercus petraea*, *Q. robur*.

Shrub layer: *Corylus avellana*, *Crataegus laevigata*, *Euonymus europaea*, *Ligustrum vulgare*, *Viburnum opulus*.

Herb layer: *Adoxa moschatellina*, *Ajuga reptans*, *Asarum europaeum*, *Athyrium filix-femina*, *Carex bryzoides*, *C. sylvatica*, *Corydalis cava*, *Cruciata glabra*, *Deschampsia cespitosa*, *Ficaria verna*, *Galeobdolon luteum* agg., *Galeopsis pubescens*, *Geum rivale*, *Hieracium sylvaticum*, *Knautia drymeia* subsp. *drymeia*, *Luzula luzuloides*, *L. pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Melica nutans*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria officinalis*, *Serratula tinctoria*, *Solidago virgaurea*, *Stellaria holosteia*, *Sympyton tuberosum*, *Vicia oroboides*, *Viola reichenbachiana*.

Many forests of this association were cleared in favour of agricultural and urban areas. The remaining forests are of low quality, mostly coppice.

We can find the already discussed feature also during the excursion.

First day we will visit typical Illyric fir-beech forest (*Omphalodo-Fagetum*) in the area of Rajhenav. This forest lies in the core of Dinaric forests, in the area of refuge area of beech. In those forest we can meet many Illyric species. During the second half of 19th century, when intensive cutting began in the region, some parts of forests have been excluded from management. The first departments were excluded in 1892 and this is the year when active protection began. The patch of Rajhenav is about 50 ha. The trail is built along the virgin (primeval) forest, so we will see difference between managed and primeval forest. In the primeval forest we will see the natural cycle of fazes, from initial, optimal, terminal and faze of decay.

The second day will take us to the eastern part of the country, where forests are not so well preserved. The surfaces are relatively small in comparison to the agricultural land and they offer to the inhabitant above all the firewood, in the recent past the litter collection was widely practiced.

The second stop in Slovenia is dedicated to planar and basiphilous beech forests of the *Vicio oroboidi-Fagetum*. In comparison with moderately acidophilous beech forests that we met on previous site, basiphilous beech forests are species rich and we can find many species that are characteristic for mesic beech forests. In comparison with Dinaric beech forests (*Omphalodo-Fagetum*), the proportion of Illyric species is lower. The reason is that we are on the border of Illyric region. Here the vitality of beech is lower and many other tree species can be seen in these stands, like *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, and even *Robinia pseudacacia* that thrives successfully in this region (unlike mountainous regions, where it cannot thrive). At the same time, we can recognize many species that come to those stands from the neighbouring oak-hornbeam forests.

In the last stop we will study the transition between moderately acidophilous beech forest (*Castaneo-Fagetum*, Haltepunkt 6) on the cooler, eastern slope and oak-hornbeam (*Pruno padi-Carpinetum*) on warmer, western slope. These area is transitional between beech and oak-hornbeam forests. We can find a mosaic of those forests, there is beech on ridges and cooler sites and oak-hornbeam in valleys and warmer slopes. This mosaic results from several reason, oak-hornbeam forests support better warmer sites and late frost, whereas beech can be found on ridges and cooler slopes, it supports better poor and leached and prefer humid sites.

Bibliography

- Marinček, L., & Čarni, A. 2002. *Commentary to the vegetation map of forest communities of Slovenia in a scale of 1:400,000*. ZRC Publishing. Ljubljana, SI.
- Marinček, L., & Čarni, A. 2013. Submontanski bukovi gozdovi podzveze *Epimedio-Fagenion* (*Aremonio-Fagion*) = Submontane beech forests of the sub-alliance *Epimedio-Fagenion* (*Aremonio-Fagion*). *Scopia* 78: 1–75.
- Marinček, L., & Zupančič, M. 1984. *Carpinetum subpannonicum* ass. nova. *Razprave IV. razreda SAZU* 25: 135–195.
- Puncer, I. 1980. Dinarski jelovo-bukovi gozdovi na Kočevskem. *Razprave IV. razreda SAZU* 22: 407–561.
- Surina, B., & Dakskobler, I. 2013. Phytosociology and ecology of the Dinaric fir-beech forests (*Omphalodo-Fagetum*) at the north-western part of the Illyrian floral province (NW Dinaric Alps). *Hacquetia* 12: 11–85.
- Zupančič, M., & Žagar, V. 2011. Problems of the association *Castaneo-Fagetum sylvaticae* Marinček & Zupančič (1979) 1995. *Folia Biologica et Geologica* 52: 141–172.
- Zupančič, M., Žagar, V., & Surina, B. 2000. Predpanonski bukovi asociaciji v severovzhodni Sloveniji = Two Pre-pannonian beech associations in northeastern Slovenia. *Razprave IV. razreda SAZU* 41: 179–248.

Kolline und montane Waldgesellschaften in der illyrisch geprägten Südwest-Steiermark

Anton Drescher

Für diese Kurzdarstellung der Waldvegetation der Steiermark mit dem Schwerpunkt auf dem Südwesten und Süden des Landes werden die Beschreibung der forstlichen Wuchsgebiete Österreichs (Kilian et al. 1994), die detaillierte Beschreibung der montanen und subalpinen Waldgesellschaften am Alpenostrand (Zukrigl 1973), die Beschreibung der natürlichen Pflanzendecke Österreichs (Wagner 1989), das Übersichtswerk über die Wälder und Gebüsche Österreichs (Willner & Grabherr 2007) und ein Überblick über die Vegetation der Steiermark (Drescher 2018) genutzt. Weitere Arbeiten betreffen detailliertere Darstellungen kleinerer Teilgebiete (Otto 1967, Sturm 1977, ined., Drescher 1982). Die Syntaxa-Namen folgen Willner & Grabherr (2007), die botanische Nomenklatur Fischer et al. (2008).

1. Geologische Verhältnisse

Die Gesteinsausstattung wird nur für die Landesteile kurz gestreift, die für die Exkursion relevant sind. Die Übersichten von Gasser et al. (2009) sowie Stüwe (2018) und die Geologische Karte der Steiermark mit Erläuterungen (Flügel & Neubauer 1984) bilden die Grundlage für dieses Kapitel. Schon vom Landschaftscharakter sind zwei recht unterschiedliche Naturräume unterscheidbar: Der südöstliche Alpenrand, der als Bogen das Südöstliche Alpenvorland im Norden und Westen umrahmt, auch unter der Bezeichnung Steirisches Randgebirge bekannt und das Vorland (West- und Oststeirisches Hügelland), das über die Landesgrenzen nach Osten und Süden hinausgreift. Dieses war im Miozän Teil des Pannonischen Flachwasserbeckens und wurde im Laufe von mehreren Millionen Jahren mit bis zu vier Kilometer mächtigen marinen Sedimenten verfüllt. Die Sedimentmächtigkeit nimmt aufgrund der Kippung gegen Osten und der darauf folgenden Erosion gegen die Koralpe zu ab (Stüwe 2018). Die N-S verlaufende Mittelsteirische Schwelle teilt das Tertiärbecken in zwei ungleich tiefe Teile. Im Plabutsch im Westen von Graz und im Sausal erreicht das Grundgebirge die Oberfläche (Flügel & Neubauer 1984). Die Lockersedimente der Beckenfüllung sind Mergel, Tone, Lehme und kleinräumig Leithakalk (vor allem im Bereich der Mittelsteirischen Schwelle). Diese marinen Ablagerungen werden im Zuge von verschiedenen alter Vulkanischer Tätigkeit durchbrochen. Die älteren, etwa 15–16 Mio Jahre alten Vulkanite um Gleichenberg und Weitendorf sind sauer (Trachyt, Rhyolit, Andesit). Die nur etwa 2 Mio Jahre alten

Basalte des Stradner Kogel, um die Riegersburg, bei Klöch und Feldbach, sind Quarz untersättigt (Stüwe 2018). Große Beckenteile sind von jungen (bis max. 7 Mio Jahre alten) fluviatilen Schottern und Lehmen bedeckt, die das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung darstellen.

Die Gebirgszüge der Beckenumrahmung (von NE nach SW Fischbacher Alpen, Gleinalpe und Koralpe) werden auch von Gesteinen des kristallinen Grundgebirges gebildet. Das Grazer Bergland, eine der Kor- und Gleinalpe aufgelagerte Scholle, ist grossteils aus paläozoischen Kalken aufgebaut. Die Gesteine des kristallinen Grundgebirges stellen auch das Baumaterial der Niederer Tauern und der Seetaler Alpen. Ein Band vorwiegend mesozoischer Kalke und Dolomite (Nordöstliche Kalkalpen), das sich im Norden bis ins angrenzende Ober- und Niederösterreich erstreckt, bildet den nördlichen Teil des Landes an die im Süden die sogenannte Grauwackenzone anschließt. Die zu verschiedener Zeit entstandenen metamorphen Gesteine der steirischen Kristallingebirge sind hauptsächlich aus fluviatilen Sedimenten (z. B. Paragneise der Koralpe – Exkursionspunkt 7: Soboth-Stausee; Seetaler Alpen und Schladminger Tauern) oder sauren Intrusivgesteinen entstanden (Orthogneise). Weniger häufig sind mafische Gesteine aus basischen Intrusivgesteinen und Vulkaniten (Amphibolite, Eklogite, Grünschiefer – Exkursionspunkt 6: Arnfels). Marmor als metamorphes Kalkgestein tritt im gesamten Randgebirge in unterschiedlicher Häufigkeit auf (Gasser et al., Stüwe 2018). Hangauf gelegene Marmolinsen und -bänder haben große Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung darunter liegender Waldbestände.

2. Die Wuchsräume und Höhenstufen

Die im Folgenden betrachteten Gebiete decken sich gut mit den in Kilian et al. (1994) ausgeschiedenen Wuchsräumen (WR) 5.4 Weststeirisches Bergland und 8.2 Subillyrisches Hügel- und Terrassenland. Die dort vorgeschlagenen Grenzen für die Höhenstufen sind für die beiden WR etwas vereinfacht:

Hochsubalpin	1750 bis 2050
Tiefsubalpin	(1450)1500 bis 1750(1850)
Hochmontan	(1150)1300 bis 1500(1600)
Mittelmontan	(900 bis 1300
Tiefmontan	700 bis 900
Submontan	(250)300 bis 700

Kollin(-planar) 200 bis 300

Für angrenzende Teile der südöstlichen Alpen können die Höhengrenzen je nach vorherrschenden Klimaeinflüssen um bis zu 200 Höhenmeter nach unten oder oben verschoben sein.

3. Das Südöstliche Alpenvorland

Das südöstliche Alpenvorland oder Subillyrische Hügel- und Terrassenland reicht von der kollinen Stufe (Murauen bei Radkersburg ca. 200 m s.m.) bis an die Obergrenze der submontanen Stufe (Sausal 670 m s.m.). Die höchsten Niveaus, die sowohl am Fuß der Koralpe als auch im oststeirischen Hügelland zu verfolgen sind, stellen das morphologische Ausgangsniveau für die pleistozäne Landformung dar, was kryoturbate Verformungen zeigen. Die charakteristische Gliederung in Täler und Terrassen wird als Riedelland bezeichnet. Vor allem die N-S entwässernden Flüsse des Gebietes östlich der Mur führen dabei zu ausgeprägt asymmetrischen Tälern.

3.1 Klimatische Verhältnisse

Das subillyrisch beeinflusste Hügellandklima weist bei Jahresmitteltemperaturen um die 9 °C durchschnittliche Jahresniederschläge von 700 bis über 1000 mm (Deutschlandsberg) auf und weist ein Gefälle von SW nach NE auf. Für die Verteilung ist in den westlichen und südlichen Stationen ein zweites, schwächer ausgeprägtes Herbstmaximum charakteristisch, was den illyrischen Einfluss markiert. Gegen Osten verschwindet dieses Herbstmaximum recht rasch, im Nordosten sind Übergänge zum subpannonisch-kontinentalen Klima erkennbar mit Juli-Maximum (vgl. die Werte der Stationen Gleisdorf und Fürstenfeld). Das Phänomen der Temperaturumkehr hat Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Kulturen. Spätfrostgefährdete Arten wie Wein gedeihen nur in mittleren und oberen Hanglagen, während in den Tallagen neben Spezialkulturen wie Ölkürbis und Käferbohne Grünlandnutzung, Mais und Getreide vorherrschen.

3.2 Böden

Die Böden sind mit Ausnahme der Leithakalkstandorte, wo Renzinen und Braunerde vorherrschen, karbonatfrei und sauer. In den tiefergelegenen Teilen wie etwa den älteren Quartärterrassen (z. B. Helfbrunner T.) entlang der Mur dominieren Pseudogleye (z. T. in extremer Ausbildung) auf zum Teil mächtigen Staublehmdecken, in den Muldentälern überwiegen schwere Gleye. Auf den Rücken sind schwere Braunerden, über Schottern oder Sanden leichtere Braunerden verbreitet. Auf alten Verwitterungsdecken am Gebirgsrand sind tiefgründige Braunerde, selten Rotlehme erhalten. Andere Bodenbildungen wie

Moor- und Anmoorböden oder Felsbraunerden über sauren vulkanischen Gesteinen nehmen nur einen kleinen Prozentsatz der Gesamtfläche ein. Zu erwähnen sind noch die Auböden entlang der Mur und ihrer Nebenflüsse.

3.3 Die Waldgesellschaften des südöstlichen Alpenvorlandes und der angrenzenden submontanen Stufe der Gebirgsrahmung

Das Hügelland weist mit unter 40 % Waldbedeckung den niedrigsten Wert aller steirischen Naturlandschaften auf. Der Landesdurchschnitt beträgt im Vergleich dazu 61,4 % (BFW, Waldinventur 2007/2009). Die Waldflächen des Hügellandes sind stark fragmentiert und großteils durch das Einbringen von Nadelhölzern (Fichte, Rot-Föhre, Lärche) und eine wenig pflegliche bäuerliche Nutzung degradiert.

Die über Jahrhunderte anthropogen stark überprägten Eichen-Hainbuchenwälder des südöstlichen Alpenvorlandes und der submontanen Höhenstufe des Grazer Berglandes können auf Grund des Ausgangsmaterials für die Bodenbildung und der Wasserhaushaltsverhältnisse zwei unterschiedlichen Assoziationen zugeordnet werden (Willner 2007). Die Bestände auf skelettreichen Böden über paläozoischen Kalken (Rendzinen und meist damit vergessenen reliktischen Kalklehmern, Nestroy et al 2011) und mittlerer Wasserversorgung werden als eigene Subassoziation Brachipodietosum sylvatici Mayer 1974 dem in ganz Mitteleuropa weit verbreiteten Galio sylvatici-Carpinetum [Natura 2000: 9170] zugeschlagen. In Egger (1951) sind 11 Bestände dieses Typs unter dem Namen Querceto-Carpinetum mediostyriacum calcareum zusammengefasst. Sie stammen durchwegs von Kalk- und Dolomitstandorten des Schöckelgebietes, der Umgebung von Stattegg und Gratkorn an den Südhängen des Annagrabens, vom Vorderplabutsch und der Umgebung von Wildon aus Seehöhen zwischen 320 m bis 660 m. Sie stellen mit die artenreichsten Waldgesellschaften der Steiermark dar. Die Artengarnitur weist eine Reihe wärmeliebender Arten wie *Viburnum lantana*, *Campanula trachelium*, *Tucrium chamaedrys*, *Melittis melissophyllum*, *Tanacetum corymbosum*, *Cytisus nigricans*, *Genista tinctoria* auf.

(Wechsel)feuchte Standorte aus größtenteils karbonatfreien, tertiären Sedimenten an Unterhängen, aber auch am Hangfuß von Terrassen (z. B. Helfbrunner Terrasse), sind in der kollinen und submontanen Stufe dem Pseudostellario-Carpinetum Accetto 1974 [Natura 2000: 91L0] vorbehalten. Bemerkenswert ist der reiche Frühjahrsaspekt in diesen illyrischen, bodenfeuchten Stieleichen-Hainbuchenwäldern mit *Leucojum vernum*, *Anemone nemorosa* und den il-

lyrischen Arten *Erythronium dens canis*, *Crocus exiguus* und *Pseudostellaria europaea* (Jeitler 2000). Sie finden im oststeirischen Hügelland ihre nördliche Verbreitungsgrenze. Sturm 1977 und ined. beschreibt aus dem weststeirischen Hügelland zwischen Laßnitz und Sulm mehrere Subassoziationen, abhängig von der Hangneigung, Lage am Hang, Bodentyp (und damit im Zusammenhang Wasserhaushalt, Nährstoffzustand, Humusauflage) und der Exposition. Das Aceri-Carpinetum lunarietosum redivivae (Sturm 1977) (= Pseudostellario-Carpinetum lunarietosum redivivae Sturm ined.) besiedelt steile, nordexponierte Unterhänge an der Obergrenze der kollinen Stufe. Aus der Laßnitzklause wurden vergleichbare Bestände von Otto (1967) beschrieben. Von Unterhangstandorten in steilen Gräben beschreibt Sturm (1977) einen farnreichen Typ des Hainbuchen-Mischwaldes, das Aceri-Carpinetum dryopteridetosum (= Pseudostellario-Carpinetum dryopteridetosum Sturm ined.). Beide Hainbuchen-Mischwälder zeichnen sich neben der Stiel-Eiche durch das Auftreten von Berg-Ahorn, seltener auch der Edel-Esche in der Baumschicht aus, was mit den Kontakt-Gesellschaften der Bachauen (hier als Gebietsausbildung des Pruno-Fraxinetum Oberd. 1953 bzw. als eigene Assoziation Stellario bulbosae-Fraxinetum Kutschera ex Oberd. 1953 zusammenhängt. Sie wurden in der Deutschlandsberger Klause schon von Otto (1967) mit Vegetationsaufnahmen als „Bachbegleitwald“ dokumentiert (Exkursionspunkt 8: Deutschlandberger Klause).

Über stark sauren, trockenen Böden der submontanen Stufe sind auf den Kuppen und Riedeln des oststeirischen Hügellandes Rotföhren-Eichen-(Misch-)wälder des Luzulo-Quercetum petraeae Hiltizer 1932 (= Deschampsio flexuosa-Quercetum, Cytiso nigricantis-Quercetum auct.) verbreitet. Zeiger für magere und basenarme Standorte (*Avenella fle-*

xuosa, *Luzula luzuloides* *Vaccinium myrtillus*) und Moosreichtum charakterisieren die Bestände.

Auf wechseltrockenen bis wechselfeuchten Böden der Terrassen wird das Luzulo-Quercetum durch das Genisto germanicae-Quercetum Aich. 1933 [= Pino-Quercetum Eggler 1951, Deschampsio-Quercetum auct.] ersetzt. *Betonica officinalis* und *Peucedanum oreoselinum* weisen auf die stark wechselnden Wasserhaushaltsverhältnisse.

Die beiden letzten, sehr artenarmen Gesellschaften aus dem östlichen Teil des südöstlichen Hügellandes zeigen weder klimatisch noch in ihrer floristischen Ausstattung illyrische Einflüsse.

In der submontanen Stufe nehmen rotföhrenreiche und sekundär fichtendominierte Waldtypen in bäuerlichem Kleinbesitz große Flächen ein. Die – zumindest in Hofnähe – jahrhundertelange Streunutzung führte zu Humusarmut und einer artenarmen Krautschicht. Nach der Einstellung der Streunutzung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kommt es zu einem langsamem Aufbau einer Humusauflage und der Regeneration der Krautschicht dieser Wälder. Weit verbreitet stocken in der submontanen Stufe auf nährstoffarmen, sauren Böden Bestände des Melampyro-Fagetum Oberd. 1957 [Natura 2000: 9110]. In der Südsteiermark ist Trauben-Eiche, in der Südweststeiermark - überwiegend über Braunerden - auch Edel-Kastanie am Aufbau der Baumschicht beteiligt (Exkursionspunkt 5: Arnfels; Castaneo-Fagetum Marinček & Zupančič 1995 [Natura 2000: 9110]). Auf Pseudogley zeigt die Tanne gute Wuchsigkeit, in der Oststeiermark bis unter 300 Meter (Carli 1999).

Offene nordexponierte Standorte der submontanen Stufe sind in der südlichen Steiermark über Leithakalk durch das Corydalido-Aceretum Moor 1938 [Natura 2000: 9180 (prior.)] (Aceri-Fraxinetum corydaleto-



Abb. 1: Blick von Einöd im Sausal gegen Südosten. Im Hintergrund die von einem Kaltluftsee bedeckte Murebene. Weinbau beginnt ca. 100 m über dem Talboden (Foto: A. Drescher, November 2017).

sum cavae) mit einer artenreichen Baumschicht aus Berg-Ahorn, Berg-Ulme, Rot-Buche, Edel-Esche, in tieferen Lagen auch Hain-Buche und Sommer-Linde repräsentiert (Wildoner und Ehrenhausener Schlossberg, Sturm 1977). Die skelettreichen Böden sind durch Nachlieferung von Bodenmaterial von den Oberhängen gut versorgt, was die Frische- und Nährstoffzeiger *Asarum europaeum*, *Pulmonaria officinalis*, *Aegopodium podagraria*, *Asplenium (Phyllitidis) scolopendrium* u.a. belegen.

Auf kühlen, nach Norden bis Osten offenen Schlucht- und Grabenstandorten wird das *Corydalido-Aceretum* vom *Aruncoo-Aceretum* Moor 1952 [Natura 2000: 9180 (prior.)] ersetzt. Die meist basenreichen, aber kalkfreien Böden trocknen nie aus. Farne wie *Polystichum setiferum*, der in Österreich auf Kärnten und die Steiermark beschränkt ist, und *P. braunii* weisen auf das gleichmäßig feuchte Lokalklima. Die Gesellschaft ist aus der Laßnitzklause (Otto 1967) und dem Sausal (Sturm 1977) belegt.

Entlang der größeren Flüsse sind Reste von Weich- und Hartholzauwäldefern erhalten. Die *Salix rubens*-Ges. (prov.) mit beigemischter Schwarz-Erle, meist nur mehr als Saum entlang der Bäche vorhanden. Die Baumweiden *Salix fragilis* und *S. euxina* sind nicht immer einfach zu unterscheiden. Beide Sippen sind sehr leicht durch Stecklinge zu vermehren und wurden weit über das ursprüngliche Areal verbreitet.

Hartholz-Auenwälder (*Fraxino-Ulmetum* Tx. ex Oberd. 1953 [Natura 2000: 91F0]) kommen in der Süd-Steiermark nur in den Murauen vor und zwar aufgrund der Eintiefung als Folge der Regulierung Ende des 19. Jahrhunderts nur in der trockenen Subass. *caricetosum albae*. Neben *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* und *Prunus padus* charakterisieren in der Baumschicht *Tilia cordata* und *Carpinus betulus* diese höchstgelegenen Auestandorte. Im Frühjahrsaspekt sind neben den weit verbreiteten Geophyten *Anemone nemorosa* und *Galanthus nivalis* die illyrischen bzw. südosteuropäischen Arten *Crocus exiguum*, *Cerastium sylvaticum* kennzeichnend.

An kleineren Bächen und an quelligen Unterhängen sind das *Carici remotae-Fraxinetum* Koch ex Faber 1936 [Natura 2000: 91E0 (prior.)], an den Ostabhängen der südlichen Koralpe und an den Grabenlandbächen der Südsteiermark das *Stellario bulbosae-Fraxinetum* Kutschera ex Oberd. 1953 anzutreffen [Natura 2000: 91E0 (prior.)] (Exkursionspunkt 7: Deutschlandsberger Klause). Das *Pruno-Fraxinetum* Oberd. 1953 [Natura 2000: 91E0 (prior.)], in einer illyrischen Ausbildung mit *Crocus exiguum*

entlang von kleinen Bächen ist oft eng verknüpft mit Schwarzerlenwäldern (*Carici elongatae-Alnetum glutinosae* Koch ex Tx. 1931 s.l.), die die nässtesten Stellen besiedeln und durch *Carex elata*, *C. elongata*, *C. acutiformis*, *Iris pseudacorus*, *Caltha palustris*, *Thelypteris palustris* u.a. charakterisiert werden.

4. Der Südteil des Randgebirges

4.1 Klimatische Verhältnisse

Das Klima der Beckenumrahmung im SW-NE verlaufenden Gebirgszügen der Gleinalpe und der kristallinen Altlandschaften des Wechsels zeigt gegen Norden und vor allem Osten abnehmende Niederschlagssummen. Nach Süden offene Gebirgstäler sind im Osten thermisch begünstigt (pannonischer Einfluß der Ungarischen Tiefebene).

Die Niederschlagssummen (Mittelwerte 1971–2000; ZAMG) erreichen auf der südlichen Koralpe in der mittelmontanen Stufe 1297 mm im Jahr (Wiel/900 m über Meer) und sinken gegen Norden ab (Preitenegg/1055 m: 888 mm).

4.2 Geologische Verhältnisse

Die ausserhalb des geschlossenen ostalpinen Eisschildes gelegene Koralpe war während der Würm-Eiszeit nur von kleinen Lokalgletschern mit sehr kurzen Zungen bedeckt, die für die Karbildungen um den Großen Speikkogel (2140 m) verantwortlich sind (Großes Kar, Erlenloch, Kleines Kar, Sprungkar, Seekar). Die großflächig anstehenden Gesteine sind Gneise und Paragneise. Eklogit- und Amphiboliteinsprengsel sowie häufiger auftretenden Marmorbänder und -linsen sind für die Bodenbildungen und der pH-Werte interessant. Die Lage ausserhalb des geschlossenen Eisschildes und die isolierte Lage sind die Ursache für den Endemitenreichtum der Koralpe (*Doronicum cataractarum*, *Erigeron glabratius* subsp. *candidus*, *Saxifraga paradoxa* und *Moehringia diversifolia*).

4.3 Die Waldgesellschaften der westlichen Beckenumrahmung (Koralpe)

Schwerpunktmaßig werden hier nur die Waldgesellschaften der südlichen Koralpe besprochen.

In den tiefmontanen Stufe sind am Südostfuß der Koralpe, am Remschnigg und in den Windischen Büheln auf bodensauren Standorten mit Braunerden über Gneisen großflächig Buchenmischwälder der Assoziation *Castaneo-Fagetum* Marinček & Zupančič 1995 [Natura 2000: 9110], anzutreffen. In der Baumschicht ist neben Rot-Buche und Edel-Kastanie vor allem Rot-Föhre seltener auch die Trauben-Eiche vertreten. Die artenarme Krautschicht der mäßig frischen Standorte mit den steten Arten *Luzula lu-*

zuloides, *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa*, *Hieracium murorum* ähnelt der des Melampyro- und des Luzulo-Fagetum. Kennzeichnend sind die Moose *Hypnum cupressiforme*, *Polytrichum formosum*, *Dicranum scoparium*, *Dicranella heteromalla* u.a. – zumindest z. T. Säurezeiger und die Armut an Farnarten. Schon ab der mittleren Koralpe wird das Castaneo-Fagetum in der submontanen und unteren tiefmontanen Stufe vom Melampyro Fagetum Oberd. 1957 [Natura 2000: 9110], darüber vom Luzulo-Fagetum Meusel 1937 s.str. [Natura 2000: 9110] abgelöst.

Die von Zukrigl (1973) beschriebenen Farnbuchenwälder (Asperulo-Fagetum *dentarietosum trifoliae* Zukrigl 1973, Cardamino savensis-Fagetum Košir ex Marinček et al. 1993) der mittelmontanen Stufe vom Südostabfall der Koralpe sind neben dem Farnreichtum durch eine Reihe von montanen Frischezeigern gekennzeichnet (u. a. *Sambucus racemosa*, *Gentiana asclepiadea*) aber auch durch wärme liebende Arten wie *Asarum europaeum*, *Polygonatum multiflorum*, *Carex pilosa*, *Stellaria holostea* (Zukrigl 1973). Sie werden von Willner (2007b) zum Isopyro-Fagetum Košir ex Borhidi 1963 [Natura 2000: 91K0] gestellt. Die Abgrenzung vom Omphalodo-Fagetum Tregubov 1957 aus dem slowenischen Karst wird kontrovers diskutiert.

Vor allem nordexponierte, kühle Hanglagen der mittel- bis hochmontanen Stufe nimmt das Calamagrostio *villosae*-Fagetum Mikyška 1972 [Natura 2000: 9110] ein. Von den oben aufgeführten sauren Buchenwäldern der sub- bis mittelmontanen Stufe ist es durch die Höhenzeiger *Calamagrostis villosa*, *Polygonatum verticillatum*, *Luzula sylvatica* und *Homogyne alpina* sowie durch eine Reihe von Farnen (z. B. *Dryopteris dilatata*, *Athyrium filix-femina*), die mit geringerer Stetigkeit auch im Luzulo-Fagetum vorkommen, getrennt.

Hochmontane bis subalpine frische Standorte aller Expositionen werden vom weit gefassten Homogyno *alpiniae*-Piceetum Zukrigl 1973 [Natura 2000: 9410] eingenommen. Die Ausbildung der südöstlichen Randalpen ist deutlich durch *Gentiana asclepiadea* und *Soldanella major* subsp. *hungarica* von den Gebietsausbildungen der West- und Innenalpen sowie der Böhmischem Masse differenziert (Exner 2007). Die Gliederung in Subassoziationen spiegelt die Wasserhaushaltsverhältnisse und den Nährstoffhaushalt. Die typische Subassoziation umfasst die mäßig frischen, eher nährstoffarmen Bestände ohne Differentialarten. Die auf frischeren Standorten vorkommende Subass. *gymnocarpietosum dryopteris* ist durch eine Reihe von Farnen

differenziert. Die feuchtesten Geländestellen werden von der Subass. *violetosum biflorae* Zukrigl 1973 eingenommen. Sie ist durch die Feuchte- bzw. Nässezeiger *Viola biflora*, *Crepis paludosa*, *Senecio cordatus*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Caltha palustris* differenziert (Willner & Zukrigl 1999).

In der hochmontanen Stufe handelt es sich vielfach um degradierte Bu-Fi-Ta-Mischwälder. In der südlichen Koralpe wurden seit der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts für die Produktion des sogenannten Waldglases sowohl zur Pottascheherstellung als auch zur Holzkohleerzeugung große Mengen Buchenholz benötigt (Roth 1976, 1995). Die Glashütte in St. Vinzenz in der Nähe des Exkursionspunktes 6: Soboth-Stausee wurde 1878 geschlossen (Roth 1995).

Elemente illyrischer Laubwälder wie *Fraxinus ornus*, *Lamium orvala* und *Cardamine waldsteinii* (= *C. savensis*, *Dentaria trifolia*) kommen an wenigen Lokalitäten nahe der slowenischen Grenze vor (Leutschach, Krebskogel, nördlich des Radlpasses, Grenzkamm zu Slowenien südlich Laaken beim Urbanikircherl). Der illyrische Einfluss nimmt in der Steiermark von der südlichen Landesgrenze gegen Norden und Osten an offenen Hängen der mittel- und hochmontanen Stufe rasch ab, während der Einfluss in Gräben und Schluchtstandorten und auch in Feuchtwäldern entlang der Koralpe mit Beständen des *Stellario bulbosae*-Fraxinetum Kutschera ex Oberdorfer 1953 u.a. mit *Cardamine waldsteinii* und *Crocus exiguis* weiter nach Norden (Laßnitzklause, Otto 1967 als Bachbegleitwald) und in der Südsteiermark weiter nach Osten bis in die Grabenlandbäche reicht (Jeitler 2000 als Hacquetio-Fraxinetum). *Cirsium greimleri* reichen in Schluchten und Gräben bis in die Rottenmanner und Wölzer Tauern). Letztere Art ist diploid und wurde bis vor kurzem nicht von der tetraploiden *Cirsium waldsteinii* unterschieden (Bureš et al. 2018).

5. Literatur

- Beck-Mannagetta, P. (1953): Die eiszeitliche Vergletscherung der Koralpe (Alpenostrand). – Zeitschr. f. Gletscherk. u. Glazialgeol. 2(2): 263–277.
- Bundesamt für Wald (2018): Waldinventur 2007/2009. – <http://baw.ac.at/rz/wi.home> [Zugriff 2018-06-20].
- Bureš, P., Šmerda, J., Michálková, E., Šmrda, P., Knoll, A. & Vavrinec, M. (2018): *Cirsium greimleri*: a new species of thistle endemic to the Eastern Alps and Dinarides. – Preslia 90: 105–134.
- Carli, A. (1999): Vegetationsökologische Untersuchungen in Wäldern im Raum Fürstenfeld (Ost-

- steiermark). – Diplomarbeit, Inst. f. Botanik, Univ. Graz.
- Drescher, A. (1982): Kapitel 4.4 Vegetation. In: Kilian, W. et al.: Ökologische Beurteilung des Kraftwerksprojektes Koralpe. Ausgangssituation im Projektgebiet - Mögliche Auswirkungen der Energienutzung: 105–135, mit 2 Vegetations-tabellen.
- Drescher, A. (2018): Die Vegetation der Steiermark – Ein Überblick. – *Tuexenia* Beiheft 11: 39–53.
- Eggler, J. (1951): Walduntersuchungen in Mittel-steiermark (Eichen- und Föhren-Mischwälder). – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 79/80: 8–101.
- Exner, A. (2002): Die Waldgesellschaften des Hebam-Gebiets, nördliche Koralpe (Steiermark). – *Joannea Botanik* 3: 27–75.
- Exner, A. (2007): *Piceetalia Pawł.* 1928. – In: Willner, W. & Grabherr, G. (eds.): Die Wälder und Gebüsche Österreichs. – München, Elsevier Bd. 1: 184–208, Bd. 2: 205247.
- Exner, A. (2017): Zur phytogeographischen Differenzierung der Fichten- und Tannenwälder des Abieti-Piceion der Ostalpen. Eine Studie mit besonderer Betrachtung Kärntens. – *Carinthia II* 207/127: 431–448.
- Flügel, H.W. & Neubauer, F. (1984): Steiermark. Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. – Geologische Bundesanstalt, Wien, 127 pp., mit einer geologischen Karte im Maßstab 1:200.000.
- Gasser, D., Gusterhuber, J., Krische, O., Puhr, B., Scheucher, L., Wagner, T. & Stüwe, K. (2009): Geology of Styria: An overview. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 139: 5–36.
- van Husen, D. (1987): Die Ostalpen in den Eiszeiten. Wien: Geologische Bundesanstalt. 24 pp., mit einer Karte der Vergletscherung während der letzten Eiszeit im Maßstab 1:500.000.
- Jelem, H. & Kilian, W. (1975): Wälder und Standorte am Alpenostrand. *Wuchsraum* 18. – Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt 111, 167 pp. und Beilagen (Band 111B).
- Jeitler, H.W. (2000): Zur Vergesellschaftung der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) im oststeirischen Grabenland. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 130: 203–226.
- Kilian, W., Müller, F. & Starlinger, F. (1994): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. – *FBVA-Berichte* 82, 60 pp.
- Nestroy, O., Aust, G., Blum, W.E.H., Englisch, M., Hager, H., Herzberger, E., Kilian, W., Nelhiebel, P., Ortner, G., Pecina, E., Pehamberger, A., Schneider, W. & Wagner, J. (2011): Systematische Gliederung der Böden Österreichs. Österreichische Bodensystematik 2000 in der revisierten Fassung von 2011. – *Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft* 79: 1–95.
- Otto, H. (1967): Ökologische Untersuchungen an Pflanzengesellschaften in der Umgebung von Deutschlandsberg (Weststeiermark). – Diss. Univ. Wien, 107 pp.
- Roth, P.W. (1976): Die Glaserzeugung in der Steiermark von den Anfängen bis 1913. Modell der Geschichte eines Industriezweiges. – *Forschungen zur geschichtlichen Landeskunde der Steiermark* 29: 43–63.
- Roth, P.W. (1995): Kärntner Glashütten. – Grubenhunt und Ofensau. Vom Reichtum der Erde. Katalog zur Landesausstellung in Hüttenberg/Kärnten 1995: 371–374.
- Stüwe, K. (2018): Geologie der Steiermark – relevante Aspekte für die Botanik. – *Tuexenia* Beiheft 11: 11–31.
- Wagner, H. (1989): Die natürliche Pflanzendecke Österreichs. – Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 63 pp.
- Winkler-Hermaden, A. (1955): Ergebnisse und Probleme der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Alpensau am äußerhalb der Vereisungsgebiete. – *Denkschr. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl.*, 110, Wien.
- Willner, W. (2007a): *Carpinion betuli* Issler 1931. In: Willner, W. & Grabherr, G. (eds.): Die Wälder und Gebüsche Österreichs. Spektrum Akademischer Verlag Bd. 1: 137–144; Bd. 2: 132–142.
- Willner, W. (2007b): *Fagion sylvaticae* Luquet 1926. – In: Willner, W. & Grabherr, G. (eds.): Die Wälder und Gebüsche Österreichs. – München, Elsevier Bd. 1: 144–166, Bd. 2: 143176.
- Willner, W. & Grabherr, G. (eds.) (2007): Die Wälder und Gebüsche Österreichs. – München, Elsevier, 2 Bde., 302 + 290 pp.
- Willner, W. & Zukrigl, K. (1999): Nomenklatorische Typisierung und Validierung einiger aus Österreich beschriebener Waldgesellschaften. – *Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich* 136: 149–180.
- ZAMG (2018): Klimadaten von Österreich 1970–2000. – https://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm [Zugriff: 2018-06-25]

Die Ausbreitung illyrischer Wald-Arten im Postglazial

Gerhard Karrer

Der Begriff illyrisch spielt in der Besiedlungsgeschichte Mitteleuropas eine bedeutende Rolle, war doch der illyrische Raum in den Eiszeiten ein Rückzugsgebiet für viele Tiere und Pflanzen der Wälder. Die geographische Bezeichnung stammt aus der Römerzeit, wo die lokale Bevölkerung der nordwestlichen Balkanhalbinsel bis zu den südöstlichen Alpen als Illyrer bezeichnet wurde. So wie bei den Pflanzen gab es illyrische Bevölkerung auch bis zu den östlichen Nordalpen (Hallstatt-Pfahlbauten). In der Pflanzengeographie werden Pflanzen mit Hauptverbreitung in eben diesem Raum gerne als illyrisch benannt. Ganz streng und ausschließlich in diesem Gebiet vorkommende Arten gibt es eher in azonalen Vegetationstypen (insbes. in Felsfluren und in der subalpinen und alpinen Stufe). In der zonalen Vegetation treten meist weiter verbreitete Arten auf. Horvat bezeichnet viele Arten auch als illyrisch, wenn sie weit in die Südalpen und Ostalpen vordringen. Vor allem die zonalen Waldgesellschaften des illyrischen Raumes (insbes. solche mit Buchenbeteiligung) haben – je nach Nährstoffversorgung – unterschiedlich viele Arten, die auch in Mitteleuropa weit verbreitet sind. Umgekehrt sind offensichtlich im Postglazial einige Arten aus diesem Raum wieder in Richtung Mitteleuropa zurückgekehrt, wobei die Mehrzahl davon die Alpen am Ostrand umgangen haben, sofern es Arten tieferer Lagen sind. Allerdings gehen viele nördlich der Alpen eher in der submontanen und untermontanen Stufe vorkommende Arten im Süden durchaus auch bis in die subalpine Stufe hinauf (*Hepatica nobilis*).

Die Bezeichnung illyrisch wird enger oder weiter gefasst. Dementsprechend unterscheiden die meisten Autoren zwischen illyrischen Arten im engeren Sinn und Arten die entweder im Süden oder Osten der Alpen und/oder in den Karpaten und Balkanischen Gebirgen ein weiter ausgreifendes Areal besitzen. Meusel et al. unterscheiden ein nordwest-, südost- und nordost-illyrisches Florenelement. Es gibt kaum Waldarten, die ganz eng an diese Räume gebunden sind.

Die Überdauerung der Eiszeiten war für Waldarten natürlich auf der nordwestlichen Balkanhalbinsel leicht möglich. Buche, Tanne und Fichte hatten nachweislich überdauernde Populationen im südlichen Slowenien. Am Alpenostrand gibt es auch einige Hinweise auf Waldrefugien in tiefen Lagen, wobei dort sogar für die Schwarzföhre ein Refugium angenommen wird (Niklfeld 1972); welche Arten der

Krautschicht dort überdauert haben, ist aber nicht nachweisbar. Immerhin gehen dort illyrische Arten i.W.S. auch recht hoch hinauf.

Wenn man die aktuellen Standortsansprüche der illyrischen Arten bedenkt, dann kann man annehmen, dass deren Ausbreitung im Postglazial tlw. noch nicht abgeschlossen ist. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist sicher sehr stark abhängig vom Ausbreitungsmodus der Diasporen und damit dem Aktionsradius der entsprechenden Vektoren.

Zukrigl (1988) weist 27 Arten der österreichischen Buchenwälder als illyrisch aus. In Tab. 1 sind enger und weiter verbreitete illyrische Florenelemente, deren primäre und Ausbreitungsvektoren sowie die mittlere Ausbreitungsdistanz (nach im Literaturverzeichnis zitierten Quellen) gelistet. Da manche Arten mehrere Vektoren für die Ausbreitung ihrer Diasporen benutzen, wurde hier ein primärer und soweit offensichtlich ein sekundärer Ausbreitungsmodus angegeben.

Die durchschnittliche Ausbreitungsdistanz geht davon aus wie weit der Schleudermechanismus der Arten in allgemeinen wirksam ist, wie groß der Aktionsradius der beteiligten Ameisenarten oder Säuger ist und wie weit der Wind die jeweiligen Diasporen tragen kann. Auch diese Angaben entstammen den Datenbanken oder eigenen Beobachtungen.

Jene Pflanzen, die ihre Diasporen lediglich fallen lassen (Barochorie) sind mit sieben Arten vertreten; jene mit einem selbst aufgebauten Schleudermechanismus (Autochorie: meist Ballochorie) mit 4 Arten, solche mit Ausbreitung durch Ameisen (Myrmecochorie) sind die häufigsten mit 11 Arten; Anheftung an Tieroberflächen (Epizoochorie) tritt nur einmal auf; und Ausbreitung durch den Wind (Anemochorie) spielt bei vier Arten die primäre Diasporenausbreitungsrolle. Somit dominieren bei den „illyrischen“ Arten eindeutig Mechanismen mit geringer Effizienz bei der Fernausbreitung. Barochore Pflanzen bleiben praktisch an dem Ort, an dem die Mutterpflanze gewachsen ist. Lediglich seitliche Verdriftung durch Überschwemmungen oder andere zufällige Verlagerungen des Substrats mit den Samen kann zu einer ungewissen weiteren Ausbreitung von mehr als einem Meter führen.

Autochore Pflanzen verfügen über Schleudermechanismen, die beim Reifen der Früchte in Funktion treten. Insbes. viele Brassicaceae haben die Möglich-

Tab. 1: Illyrische Florenelemente der Wälder, deren primärer und sekundärer Ausbreitungsmodus, mittlere Ausbreitungsdistanz (Meter).

Art	primärer Modus	sekundärer Modus	Mittlere Distanz (m/Jahr)
<i>Anemone trifolia</i>	Myrmecochorie		10
<i>Aremonia agrimonoides</i>	Myrmecochorie		10
<i>Astrantia carniolica</i>	Barochorie	Myrmecochorie	5
<i>Cardamine trifolia</i>	Autochorie (Ballochorie)	Barochorie/Anemochorie	50
<i>Cardamine waldsteinii</i> (= <i>C. savensis</i>)	Autochorie (Ballochorie)	Barochorie/Anemochorie	50
<i>Clinopodium grandiflora</i>	Epizoochorie	Barochorie	50
<i>Cyclamen purpurascens</i>	Myrmecochorie		10
<i>Epimedium alpinum</i>	Myrmecochorie	Anthropochorie	10
<i>Erythronium dens-canis</i>	Myrmecochorie		10
<i>Euphorbia carniolica</i>	Myrmecochorie	Barochorie	10
<i>Festuca drymeia</i>	Barochorie	Anemochorie	5
<i>Fraxinus ornus</i>	Anemochorie		100
<i>Haquetia epipactis</i>	Barochorie		1
<i>Helleborus dumetorum</i>	Myrmecochorie	Barochorie	10
<i>Homogyne sylvestris</i>	Anemochorie	Epizoochor	500
<i>Knautia drymeia</i>	Barochorie	Myrmecochorie	5
<i>Lamium orvala</i>	Myrmecochorie	Barochorie	5
<i>Lathyrus venetus</i>	Autochorie	Barochorie	2
<i>Lilium carniolicum</i>	Barochorie	Myrmecochorie	5
<i>Omphalodes verna</i>	Myrmecochorie	Barochorie	5
<i>Primula vulgaris</i>	Myrmecochorie		10
<i>Pseudostellaria europaea</i>	Myrmecochorie		10
<i>Scopolia carniolica</i>	Barochorie		1
<i>Scrophularia scopolii</i>	Ballochorie	Anemochorie	5
<i>Vicia oroboides</i>	Autochorie	Barochorie	2

keit, ihre Samen zwei bis drei Meter zur Seite zu schleudern, wenn sie Ihre Schotenklappen explosionsartig öffnen.

Ameisen haben unterschiedliche Aktivitätsradien, wobei man einen Durchschnitt der Ausbreitung von 10 Metern annehmen kann. Die Diasporen haben dabei entweder fressbare Anhängsel oder zumindest einen verlockenden Duft.

Epizoochorie betrifft vor allem Diasporen mit Haftmechanismen (hakenförmige Anhängsel oder wollige Haare), die sich im Fell von Säugern leicht verfangen können. Deren Aktionsradien liegen bei 50 bis 5000 Metern, wir haben 100 Meter als Mittelwert genommen.

Windverbreitung betrifft einerseits Verdriftungs-Diasporen, die sich im Prinzip wie barochore

Diasporen einfach von der Mutterpflanze ablösen und gerade herunterfallen würden; da sie durch den speziellen Bau der Diasporen aber in eine Drehbewegung (Propeller) geraten, fallen sie verzögert, wodurch sich die Chance ergibt, dass stärkere oder schwächere Luftströmungen diese Diasporen beim Sinkflug seitlich verdriften lassen. Je nach Höhe der Pflanzen kann das wenige bis 100 Meter betragen – wir haben als Durchschnitt 50 Meter angenommen. Bei stärkeren Winden (Aufwinde) können aber sogar weitere Distanzen mit bis über 500 Meter überbrückt werden.

Zum anderen haben leichte Samen oft auch Oberflächenvergrößerungen, die es ihnen ermöglicht, von (eher stärkeren) Winden durchaus weit (mehrere Kilometer) verbreitet zu werden. Für solche Fälle haben wir 500 Meter als mittleren Wert angenommen.

Es zeigt sich jedenfalls, dass die meisten „illyrischen“ Arten nur wenig Kompetenz zur Ausbreitung im Raum besitzen. Da man zusätzlich auch durch standortskundliche Beschränkungen eine Einschränkung der effektiven Neu-Etablierung auf einem erreichten Standort annehmen muss, sinkt damit die Ausbreitungsgeschwindigkeit nochmals. Wenn man ein Überdauern der Eiszeiten im zentralen Illyrischen Raum annimmt (z.B. am Exkursionshaltepunkt 1 bei Kočevje), dann blieb im Postglazial für solche Arten nur 12000 Jahre Zeit, um sich weiter nach Mitteleuropa auszubreiten. Bei den rein autochthonen Arten wären das im optimalen Fall lediglich 12 Kilometer. Auch durch Ameisen verbreitete Arten kommen nur auf nicht mehr als 120 Kilometer. Das passt auch bei manchen dieser Arten, die in Nordost-Slowenien und Kärnten bzw. Südsteiermark ihre aktuelle Arealgrenze aufweisen.

Bei myrmecochoren Arten wie *Cyclamen purpurascens* muss und kann man aber aufgrund der großen Standorts-/Höhenamplitude annehmen, dass sie durchaus zu den Eiszeit-Höchstständen in den tiefen Randlagen Ostalpen überdauert haben und somit das Einwandern nach Westen (Südbayern) ermöglicht wurde.

Arten mit Windausbreitung wie *Homogyne sylvestris* haben es allerdings nicht viel weiter als bis nach Südkärnten geschafft, was eher mit dem raschen Erreichen der klimabedingten Grenzen zusammenhängen dürfte.

Ilyrische Waldarten haben also offensichtlich deutliche Grenzen der Ausbreitung. Unter den Baumarten hat es die Blumenesche auch nur bis Südkärnten geschafft. Die im gesamten submediterranen Raum weit verbreitete Hopfenbuche verhält sich im Exkursionsraum auch wie eine „illyrische“ Art, kommt sie doch im praemediterranen und praeralpinen Bereich Sloweniens (Wraber 1969) und in Südkärnten häufig vor, in der Steiermark nur mehr in einer Exklave nordöstlich von Graz (Weizklamm), dort aber durchaus bestandsbildend. Beide Arten sind aber standörtlich nur selten gemeinsam mit der Buche anzutreffen,

weil sie deutlich trockenere, skelettreichere Standorte besiedeln als die Rotbuche.

Zumindest jene „illyrischen“ Arten, die in Buchenwäldern vorkommen können, haben offensichtlich deutliche Ausbreitungs-Hindernisse, sodass sie der Rotbuche in dem postglazialen Eroberungsfeldzug nach Mittel- und Nordeuropa kaum oder gar nicht folgen konnten.

Literatur:

ZUKRIGL, K. (1990) Illyrische Arten in den Buchenwaldgesellschaften Österreichs. N.N. Illyrische Einstrahlungen im ostalpin-dinarischen Raum. Symposium der Ostalpin-Dinarischen Gesellschaft für Vegetationskunde in Keszthely, 25.-29.6.1990: 105-107.

KLEYER, M., BEKKER, R.M., KNEVEL, I.C., BAKKER, J.P., THOMPSON, K., SONNENSCHEIN, M., POSCHLOD, P., VAN GROENENDAEL, J.M., KLIMES, L., KLIMESOVÁ, J., KLOTZ, S., RUSCH, G.M., HERMY, M., ADRIAENS, D., BOEDELTJE, G., BOSSUYT, B., DANNEMANN, A., ENDELS, P., GÖTZENBERGER, L., HODGSON, J.G., JACKEL, A.-K., KÜHN, I., KUNZMANN, D., OZINGA, W.A., RÖMERMAN, C., STADLER, M., SCHLEGELMILCH, J., STEENDAM, H.J., TACKENBERG, O., WILMANN, B., CORNELISSEN, J.H.C., ERIKSSON, O., GARNIER, E., PECO, B. (2008) The LEDA Traitbase: A database of life-history traits of Northwest European flora. Journal of Ecology 96: 1266-1274.

KLOTZ, S., KÜHN, I. & DURKA, W. [Hrsg.] (2002) BIOLFLOR - Eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. - Schriftenreihe für Vegetationskunde 38. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

NIKLFELD, H. (1972) Der niederösterreichische Alpenostrand - ein Glazialrefugium montaner Pflanzensippen. Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere, 37: 42 - 94.

WRABER, M. (1969) Pflanzengeographische Stellung und Gliederung Sloweniens. Vegetatio 17: 176-199.

Klimaänderungen in der Südsteiermark – Waldbauliche Konsequenzen

Michael Englisch

Der Klimawandel führt in Teilen Österreichs zum einen zu verbesserten Wachstumsbedingungen für den Wald. Zum anderen kann ein Teil der Wälder, die derzeit schon an Trockenheit leiden, wie zum Beispiel im sommerwarmen Osten von Österreich, schnell zu Problemstandorten werden.

Wälder, in welchen derzeit die Temperatur das Wachstum begrenzt, könnten mittelfristig von längeren Vegetationsperioden profitieren, solange das Angebot aus Nährstoffen aus dem Boden und ausreichende Wasserverfügbarkeit vermehrtes Wachstum ermöglicht. Mit positiven Auswirkungen auf das Wachstum ist daher vor allem in höher gelegenen Bergwäldern zu rechnen.

Wie Abbildung 1 zeigt, steigt seit etwa 1990 die mittlere Jahrestemperatur im österreichweiten Durchschnitt stärker an als weltweit (etwas über 1 Grad Celsius gegenüber ca. 0.6 Grad Celsius).

Analysen von Auer et al. (2007) zeigen für den Südosten Österreichs eine geringe, kontinuierliche Abnahme der jährlichen Niederschlagssumme,

während inneralpin, im Norden und im Westen die Niederschlagssumme leicht ansteigt (Abbildung 2).

Untersuchungen von Hohmann et al. (2018) im Einzugsgebiet der Raab zeigen einen ähnlichen Trend, der sich hier bezüglich der Temperatur lokal noch prägnanter, bezüglich des Niederschlags etwas abgeschwächt, darstellt (Abbildung 3).

Jandl et al. (2017) errechneten die klimatische Wasserbilanz auf den Erhebungsflächen der Österreichischen Waldinventur. Bereits unter den heute herrschenden Klimabedingungen (Abbildung 4a) treten im östlichen Waldviertel, im Weinviertel, dem Wiener Wald, dem südlichen Wiener Becken, dem Mittel- und Südburgenland sowie im Ostteil des Grazer Beckens negative Werte auf. Unterstellt man einen Anstieg der mittleren Jahrestemperatur um 3.6°C und gleichbleibende Niederschläge, weitet sich diese Zone auf große Teile des Grazer Beckens, sowie punktuell in die steirisch-kärntnerischen Rand- und Zwischenalpen hinein aus (Abbildung 4b).

Aus den oben genannten Arbeiten zeichnet sich für das subalpinische Hügel- und Terrassenland ein zukünf-

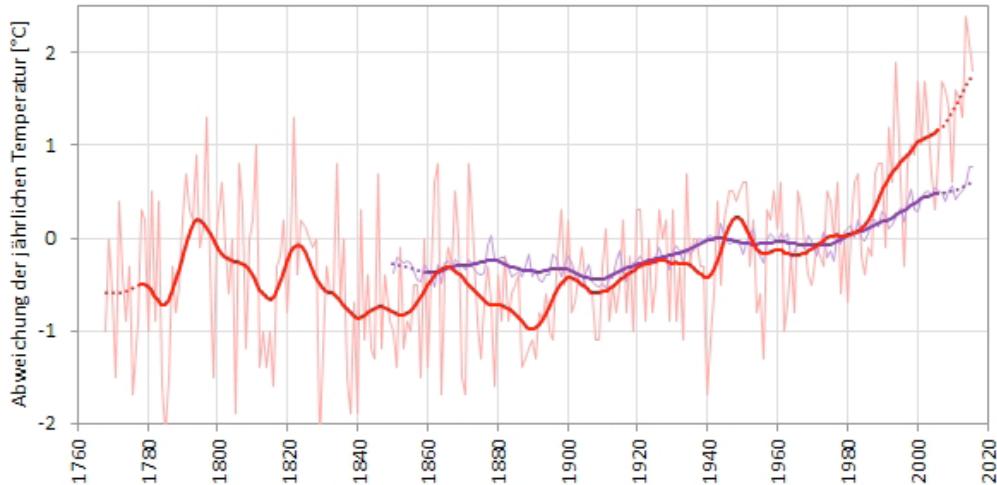


Abb 1: Entwicklung der mittleren Jahrestemperatur weltweit 1850-2016 (violett) und in Österreich 1767-2016 (rot). Dargestellt sind jährliche Abweichungen vom Mittel der Jahre 1961-1990 (dünne Linien) und deren geglättete Trends (dicke Linien, 21-jähriger Gauß'scher Tiefpassfilter) (Morice u.a. 2012, Auer u.a. 2007). Quelle: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimavergangenheit/neoklima/lufttemperatur>

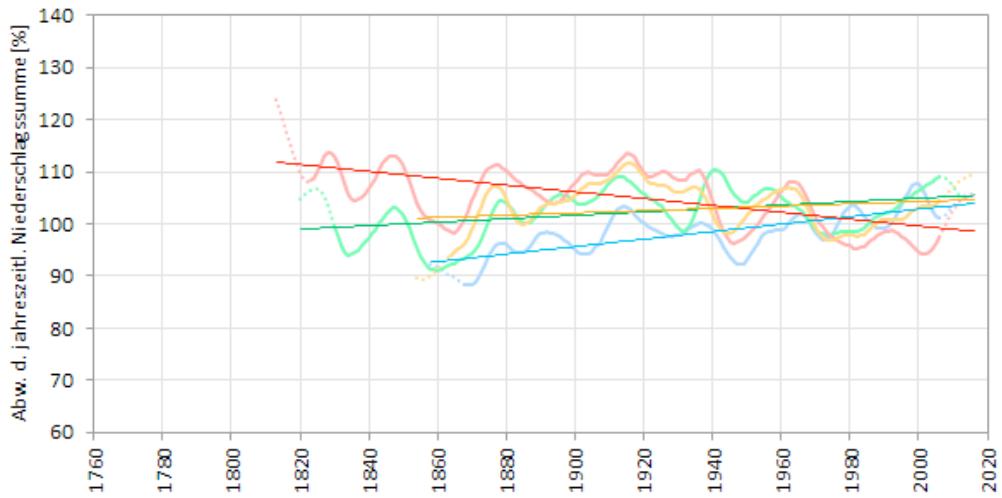


Abb. 2: Entwicklung der jährlichen Niederschlagssumme im Westen (blau), Norden (grün), Südosten (rot) und im inneralpinen Bereich (orange) Österreichs 1813/58–2016. Dargestellt sind geglättete Trends (21-jähriger Gauß'scher Tiefpassfilter) der jährlichen Abweichungen vom Mittel der Jahre 1961–1990 (dicke Linien) sowie die linearen Trends (dünne Linien; Auer u.a. 2007).

tig steigender Wasserbedarf der Vegetation aufgrund erhöhter Transpiration bei eher knapper werdendem Wasserangebot ab. Hohmann et al. (2018) weisen darauf hin, dass zusätzlicher Wasserbedarf der intensiv betriebenen Landwirtschaft (Bewässerung) sowie die zunehmende Bodenversiegelung die Situation noch verschärfen könnten.

Auf der LTER-Fläche Fürstenfeld Commendewald (mittlere Jahrestemperatur: 9.1 °C, mittlerer Jahresniederschlag: 747 mm) des BFW (Abbildung 5, Englisch et al. 2016) traten in den letzten 15 Jahren zwei extreme Trockenjahre auf. Der auf einer Terrasse gelegene Mischwald-Standort (natürliche Waldgesellschaft: Eichen-HBu-Wald; aktuelle Bestockung Mischwald aus Eiche, Birke, Aspe, Fichte und Kiefer) weist als Bodentyp einen tiefgründigen Stagnogley aus Staublehm auf. Trotz der äußerst hohen Wasserspeicherkapazität des Standortes wurde diese im Jahr 2003 für etwa 2 Wochen (fast) vollständig ausgeschöpft, im Jahr 2015 für beinahe 2 Monate. Über mehrere Jahre durchgeführte Saftstrommessungen an Fichte zeigten auf diesem Standort, dass diese auch im Winter transpiriert. Zukünftige milde Winter könnten daher zusätzlich den Wasserbedarf erhöhen. Bereits in der Vergangenheit – die Vorgängerbestände waren Nadelmonokulturen aus Fichte und Kiefer – war das Windwurf- und Borkenkäfersrisiko hoch. Beide Vorgängerbestände mussten durch ein Zusammenwirken von Windwurf

und Borkenkäfer etwa im Alter von 70 Jahren vorzeitig abgetrieben werden.

Abbildung 6 zeigt eine Risikoabschätzung für die Fichte in Österreich aufgrund der Parameter Jahreswärmesumme und Niederschlag. Die Gebiete mit „hohem Risiko“ weisen eine Jahreswärmesumme von > 3050°C und/oder < 600 mm Jahresniederschlag auf. Diese Gebiete sind eng mit dem möglichen Auftreten von 3 oder mehr Borkenkäfergenerationen pro Jahr korreliert. Gebiete mit mittlerem Risiko werden durch eine Jahreswärmesumme von 2600°C und/oder weniger als 800 mm Niederschlag umgrenzt. Hinterlegt sind die Erhebungspunkte der Österreichischen Waldinventur, auf den Fichte dominant (grün) oder beigemischt (gelb) auftritt. Gerade im Sterischen Hügel- und Terrassenland trifft bereits jetzt hohes Risiko auf relativ weite Verbreitung der wenig bis nicht standortsgemäßen Fichte.

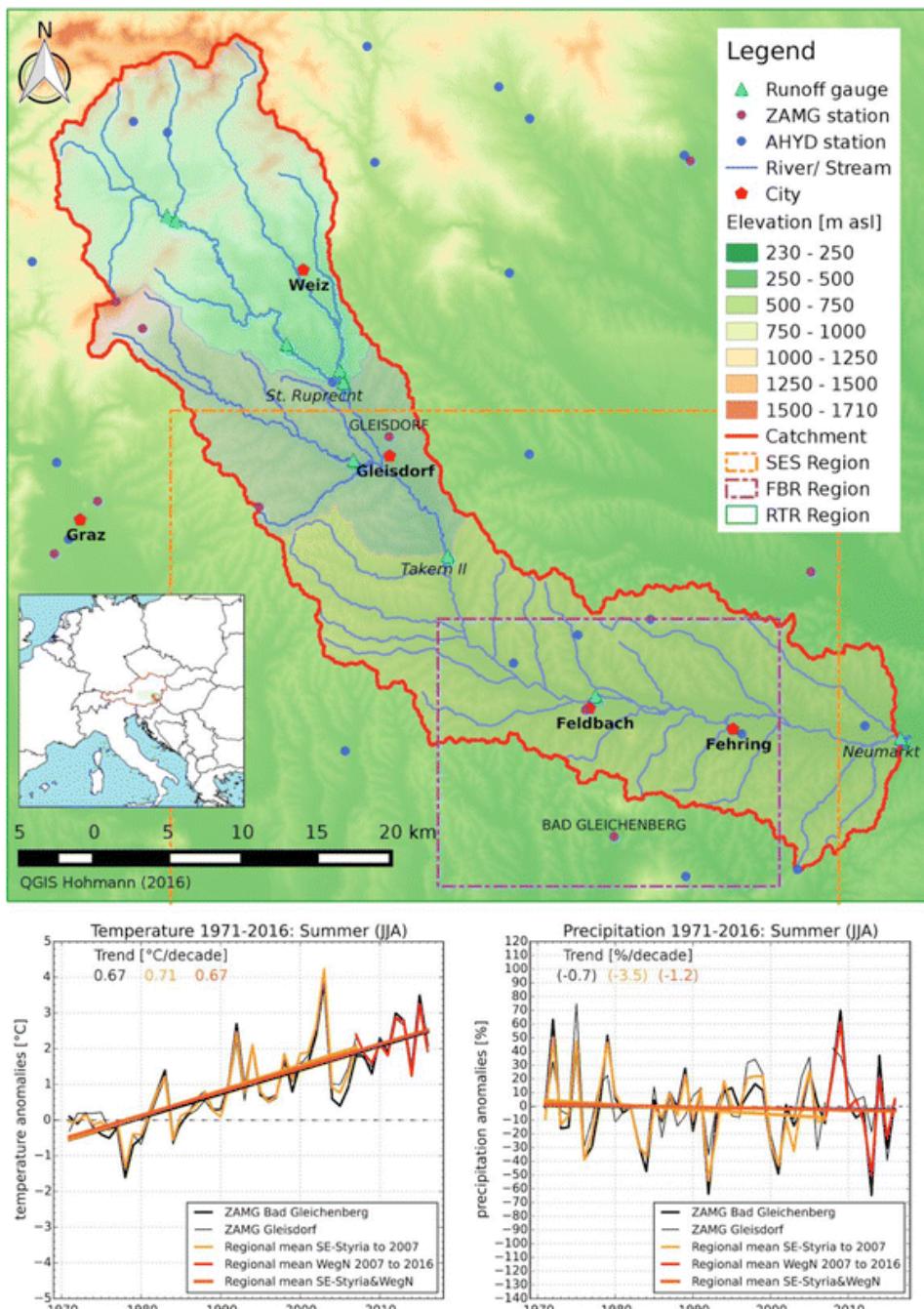


Abb. 3: Oben: Karte des Raabtales , steirischer Anteil, und Klimamessstationen. Unten: Sommertemperatur (JJA) (links) und Niederschlag (rechts) Zeitserie (relativ zum Mittel 1971–1990) und entsprechende Trends von 1971 bis 2016, für unterschiedliche Subregionen und Klimastationen im Einzugsgebiet (Hohmann et al. 2018)

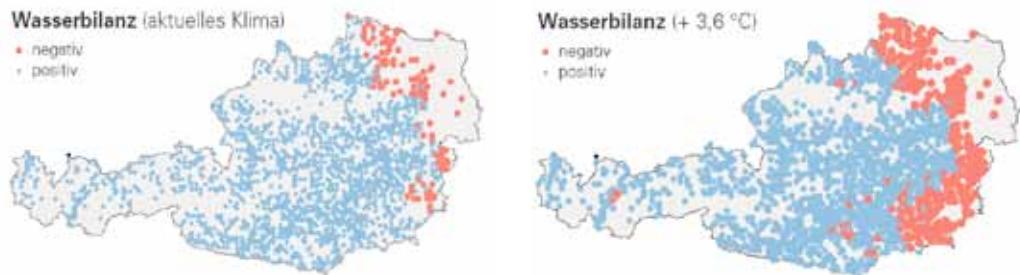


Abb. 4a, b: Klimatische Wasserbilanz der Erhebungsflächen der Österreichischen Waldinventur, links: Aktuelles Klima, rechts: Temperaturzunahme um $3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, gleichbleibender Niederschlag

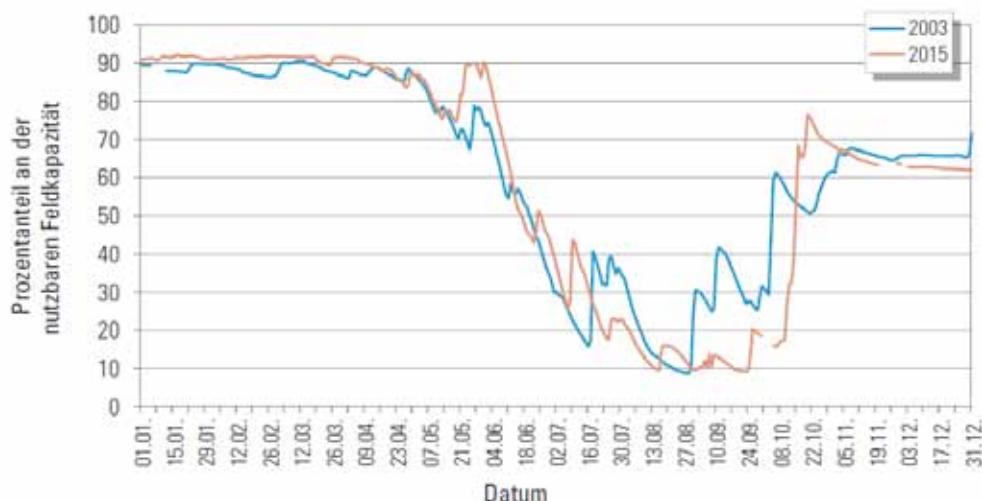


Abb. 5: Nutzung des Wasserspeichers auf einem tiefgründigen Standort in zwei extremen Jahren (Commende-wald bei Fürstenfeld)

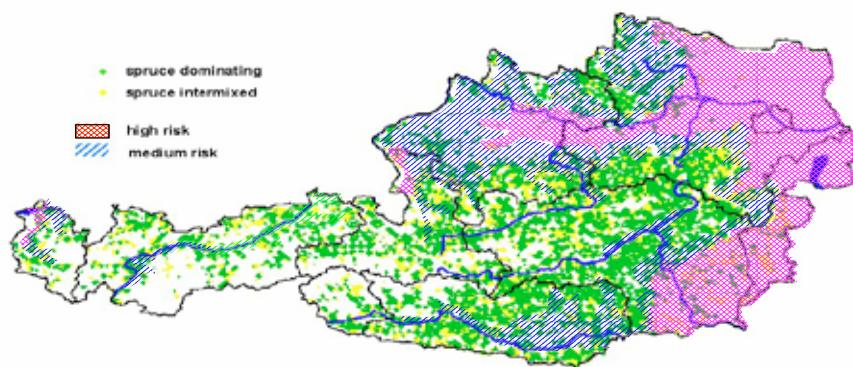


Abb. 6: Risiko für Fichte auf Basis von Klimaparametern (Jahreswärmesumme, Niederschlag) und Verbreitung der Fichte in Österreich nach Österreichischer Waldinventur (dominant >0.8, beigemischt > 0.4)

Derzeitige waldbauliche Empfehlungen werden derzeit in Österreich unter dem Stichwort „klimafitter Wald“ zusammengefasst. So empfiehlt Ruhm (2017):

- Bestandespflege mit dem Ziel höherer Einzelbaumstabilität, und Förderung der Vitalität der einzelnen Bäume durch starke Durchforstungseingriffe, vor allem in der Jugend.
- Verkürzung der Produktions- und Gefährdungszeiträume.
- Kräftige Durchforstungen vor allem auf mäßig wasserversorgten Standorten, ergeben auch eine Entlastung des Wasserhaushaltes für die verbleibenden Bäume.
- Steuerung der Baumartenanteile in der Verjüngung hin zu möglichst risikoarmen Beständen (Wahl geeigneter klimatoleranter Baumarten).
- Anbau standortgerechter fremdländischer Baumarten, ggf. in enger räumlicher Verzahnung mit einheimischen Baumarten, Damit Erhöhung des Spektrums an künftig geeigneten Baumarten
- Mischwälder zur Risikominimierung (Standortsansprüche als auch Konkurrenzverhalten der Baumarten sind zu beachten).

Literatur

Auer, I. , Böhm, R. , Jurkovic, A. , Lipa, W. , Orlik, A., Potzmann, R. , Schöner, W. , Ungersböck, M., Matulla, C. , Briffa, K. , Jones, P. , Efthymiadis, D., Brunetti, M. , Nanni, T. , Maugeri, M. , Mercalli, L., Mestre, O. , Moisselin, J. , Begert, M. , Müller-Westermeier, G. , Kveton, V. , Bochnicek, O. , Stastny, P. , Lapin, M. , Szalai, S. , Szentimrey, T. , Cegnar, T. , Dolinar, M. , Gajic-Capka, M. , Zaninovic, K. , Majstorovic, Z. and Nieplova, E. (2007), HISTALP—historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *Int. J. Climatol.*, 27: 17-46. doi:10.1002/joc.1377

Michael Englisch, Ernst Leitgeb, Karl Gartner, Roland Köck, Eduard Hochbichler (2016): Potenzial und Sicherung der Trinkwasserspeicherung in Österreichs Wäldern. BFW-Praxisinfo 44, 12-15.

Hohmann, C., G. Kirchengast, S. Birk (2018): Alpine foreland running drier? Sensitivity of a drought vulnerable catchment to changes in climate, land use, and water management. *Climatic Change*, 147, 179–193, 10.1007/s10584-017-2121-y

Robert Jandl, Michael Englisch, Karl Gartner, Andreas Schindlbacher (2017): Auf welchen Standorten kommt der Wald unter Druck? BFW-Praxisinfo 44, 7-9.

WERNER RUHM (2017): Waldbauliche Möglichkeiten in Zeiten des Klimawandels. BFW-Praxisinfo 44, 14-18.

Profilansprache, Beprobung, chemische Analysen und Bewertung

Jan Evers, Michael Englisch

Die Ansprachen und Bewertungen des Auflagehumus und Mineralbodens orientierten sich an den Kriterien in der Forstlichen Standortsaufnahme (AK Standortskartierung 2003) und der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5 (Ad-hoc-AG Boden 2005). Der Auflagehumus wurde im Gelände vor allem nach Mächtigkeit, Struktur und Zersetzunggrad begutachtet und die Humusform daraus abgeleitet. Die Probennahme für die chemische Analyse erfolgte je Profil an 3 Stichprobenpunkten mit einem 25x25 cm Stechrahmen, die Einzelproben wurden zu einer Mischprobe vereinigt.

Zur Ansprache des Mineralbodens wurden Bodenprofile angelegt. Angegeben sind jeweils die Koordinaten des Profils, die Höhe ü. NN, Exposition und Hangneigung. Die geologischen Grundinformationen wurden, sofern verfügbar, der Geologischen Karte entnommen. Die Einteilung in Bodenhorizonte erfolgte an der geglätteten Profilwand. Bestimmt wurden die Schichtmächtigkeit des jeweiligen Horizontes, der jeweilige Humusanteil (Einschätzung nach KA 5), die Bodenart, der Skelettabteil (in Vol %) und die Lagerungsdichte (nach KA 5 - Stufen). Die Grob- und Feinwurzeln wurden in Stufen je Horizont eingeschätzt, die Bodenart über die Fingerprobe bestimmt.

Die Bodenprobenentnahme für die bodenchemischen Analysen wurde durchgehend an den Horizonten von unten nach oben durchgeführt, um die Proben nicht durch herabfallendes Bodenmaterial zu verunreinigen. Das bodenchemische Labor der HAWK Göttingen bereitete die Boden- und Humusproben vor (Trocknung bei 40 °C, Siebung auf 2 mm, Mahlung Kugelmühle) und bestimmte die pH-Werte in H_2O und $CaCl_2$, Kohlenstoff und Stickstoff (Elementaranalyse). Die effektive Austauschkapazität (Ake, Extraktion mit $BaCl_2$, EU-Methode) und der Königswasseraufschluss (Hauptelemente und Schwermetalle) wurden vom Labor des Bundesforschungs- und Ausbildungszentrums für Wald, Naturgefahren und Landschaft in Wien durchgeführt. Die Trockenrohdichten wurden in Abhängigkeit der Bodenart, der Lagerungsdichte und dem Humusgehalt anhand von Schätztabellen ermittelt (Wessolek et al. 2009). Die Methoden sind bei Ulrich et al. (1984), König & Fortmann (1996, 1999) sowie König et al. (2009) dokumentiert.

Aus den entweder gemessenen oder geschätzten Elementkonzentrationen, Trockenrohdichten und

Skeletttanteilen wurden die Elementvorräte berechnet und profilweise aufsummiert. Die Bewertungen richteten sich nach den Vorgaben der Forstlichen Standortskartierung (AK Standortskartierung 2003), die in der folgenden Tabelle angegeben sind. Die Bewertungsbereiche sind farblich gekennzeichnet und in den jeweiligen Profilvorräten entsprechend farblich hinterlegt.

Der Standard für die effektiv austauschbaren Kationen und die Austauschkapazität im Mineralboden von Waldböden in Deutschland ist die Perkolation mit 1 N NH_4Cl , um kurz- bis mittelfristig mobilisierbare Nährstoffe des Mineralbodens abzuschätzen. Im Überangebot von Ammonium werden die Kationen am Austauscher gegen Ammonium ausgetauscht, deren Konzentration dann im Perkolat gemessen werden. Für das internationale Kooperationsprogramm zur Erfassung der Wirkung von Luftverschmutzung auf Wälder (ICP-Forest) und für den Vergleich auf europäischer Ebene ist zur Bestimmung der effektiv austauschbaren Kationen nicht die Perkolation mit NH_4Cl , sondern eine Extraktion mit 0,1 M $BaCl_2$ vorgesehen (ICP Forest 1994). Dieses Verfahren wurde auch bei den hier untersuchten Profilen angewendet. Verschiedene Studien zeigten, dass sich bei der Perkolation mit NH_4Cl gegenüber $BaCl_2$ höhere Konzentrationen ergaben. Die verwendeten Umrechnungsfaktoren sind folgender Tabelle zu entnehmen (RK 2 wurde verwendet). Um den Bewertungsrahmen in der oben angegebenen Tabelle verwenden zu können, wurden die Analysen auf die Perkolation für die Kationen umgerechnet. Bei diesen Umrechnungen zeigen sich gute Korrelationen; diese sind jedoch nur als Anhalt anzusehen, da sich teilweise hohe Variationskoeffizienten ergaben (König und Bartens 1995; Evers et al. 2002).

Tab. 1: Bewertungsrahmen der Forstlichen Standortskartierung (AK Standortskartierung 2003).

Bewertungsrahmen nach der Forstlichen Standortskartierung (AK Standortskartierung 2003)							
(eff. Wurzelraum mit Auflagehumus)	sehr gering	gering	gering mittel	mittel	mittel hoch	hoch	sehr hoch
Basensättigung (%)	7	20	30	50	70	85	
Ake (kmolc/ha)	50	100	250	500	1000	2000	
Ca (kg/ha)	200	400	800	2000	4000	8000	
Mg (kg/ha)	50	100	200	500	1000	2000	
K (kg/ha)	200	400	600	800	1200	1600	
C (t/ha)	50		100	200		400	
N (t/ha)	2,5		5,0	10,0		20,0	
C/N	35	25	20	16	12	10	
Pufferbereiche	Fe-Oxid	Al-Oxid	Austauscher	Kohlensäure/Silikat		Carbonat	
pH (H ₂ O)	3,5	4,2	5,0		6,2		
nutzbare Feldkapazität (mm)	äußerst gering	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	äußerst hoch
	30	60	90	120	180	240	

RK=Regressionskoeffizient, b=Interzept

$$\text{Umrechnungsfaktoren } Y_{\text{BaCl}_2} = \text{RK} * X_{\text{NH}_4\text{Cl}} + b$$

	RK (1)	RK (2)	b (1)	b (2)
Na	0.947	0.771	-0.003	0.054
K	0.782	0.725	0.040	0.083
Ca	0.975	0.849	-0.078	0.364
Mg	0.926	0.957	0.042	0.224
Al	0.605	0.635	0.649	-0.255
Fe	0.613	0.716	0.179	-0.059
Mn	0.736	0.661	0.020	0.106
H	0.518	0.457	0.564	1.557

Tab. 2:
Umrechnungsfaktoren zwischen der Perkolation mit NH₄Cl und dem Extrakt mit BaCl₂, Vergleich Studie König und Bartens (1995) RK1 sowie Evers et al. (2002) RK2

Literatur

- AD_HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover 438 pp
- AK STANDORTSKARTIERUNG (2003): Forstliche Standortsaufnahme. Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. 6. Aufl., IHW-Verlag, Eching. 352 pp.
- EVERS, J.; KÖNIG, N.; WOLFF, B.; MEIWES, K.J. (2002): Vorbereitung der Zweiten Bodenzustandserhebung im Wald – Untersuchungen zur Laboranalytik, Stickstoffbestimmung und zeitlichen Variabilität bodenchemischer Parameter. BMVEL, Bonn, 243 S.
- KÖNIG, N. ; BARTENS, H. (1995): Untersuchungen zur Vergleichbarkeit der Ake-Bestimmungen mittels BaCl₂-Extraktion (EG-Methode) und NH₄Cl-Perkolation (deutsche Methode). Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn
- KÖNIG N., FORTMANN H. (1996): Probenvorbereitungs-, Untersuchungs- und Elementbestimmungsmethoden des Umweltanalytiklabors der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt und des Zentrallabor II des Forschungszentrums Waldökosysteme. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Bd. 49. Reihe B. Göttingen. 435 pp.
- KÖNIG, N., FORTMANN, H. (1999): Probenvorbereitungs-, Untersuchungs- und Elementbestimmungsmethoden des Umweltanalytiklabors der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt und des Zentrallabor II des Forschungszentrums Waldökosysteme. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Bd. 58-59. Reihe B. Göttingen.
- KÖNIG, N., FORTMANN, H., LÜTER, K.L. (2009): Probenvorbereitungs-, Untersuchungs- und Elementbestimmungsmethoden des Umweltanalytik-Labors der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. 2. Ergänzung: 1999-2008. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Bd. 75-78. Reihe B. Göttingen. http://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Verwaltung/Publikationen/2009/BerForschZBand75ReiheB.pdf
- ICP-FOREST (1994): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment monitoring and analysis oft he effects of air pollution on forests, 3. Edition, Programm Coordinating Center West and East
- ULRICH, B., MEIWES, K. J., KÖNIG, N., KHANNA, P. (1984): Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen. Der Forst- und Holzwirt **39**: 278-286
- WESSOLEK, G., KAUPENJOHANN, M., RENGER, M. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Bodenökologie und Bodengenese Heft 40, TU Berlin, 80 pp

Die Exkursionshaltepunkte

G. Karrer, A. Čarni, J. Evers, K. Mellert, M. Englisch, H. Walentowski

Mittwoch, 12.09.2018:

Die Route führt uns zunächst von Ljubljana aus ca. 60 km nach SSE nahe an die Grenze zu Kroatien.

Haltepunkt 1: „Urwald“ Rajhenavski Rog

Slowenien, 3 km E Kočevje, Kočevje Rog, ehemaliges Sägewerk;

Koord. N: 45.675192°, E: 15.005182°, 840 m s.m.

Ausgangspunkt der Begehung des Urwaldes Rajhennavski Rog (schwierige Wegeverhältnisse!)

Endpunkt der Begehung: N: 45.654688°, E: 15.004019°, 817 m s.m.

13:30 Uhr Besichtigung des „Urwaldes“ mit den Themen

- Strukturen und Dynamik im Urwald
- Bodenkunde, Dolinen
- Eiszeitliches Buchenrückzugsgebiet und Ausbreitung der Buche

Geologie: Kreidekalke (südl. anschließend Jurakalke), tlw. verschuppt

Klima:

Tab. 1: Kočevje Urwald Anfang: Klimadaten aus WordClim 1.4 (Hijmans et al. 2005).

Mittlere Jahrestemperatur [°C] (Tavg_yr),

maximale Temperatur im wärmsten Monat, minimale Temperatur im kältesten Monat (Tmin_cm), mittlere Temperatur im wärmsten Quartal (Tavg_wq),

Niederschlagsumme [mm] im Jahr (Psum_yr), Niederschlagsumme im wärmsten Quartal (Psum_wq). Klima jeweils für die Periode 1960-1990 und die Zukunft (2061-2081) nach RCP-Szenario 4.5 des Max-Planck-Instituts.

Klimakennwerte	Tavg_yr	Tmax_wm	Tmin_cm	Tavg_wq	Psum_yr	Psum_wq
Periode 1960-1990	7,1	22,1	-5,2	158	1338	347
Periode 2061-2080	9,2	25,5	-3,4	186	1357	289



Abb. 1:
Lage des 1. Haltepunkts bei
Kočevje

Tab. 2: Kocevje Urwald Anfang: Ellenberg Quotient (EQ), klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Monate 5-9) (Kwb59) und Marginalität (Mar) (Mellert et al. 2015) für die Baumarten Tanne, Buche, Fichte, Traubeneiche (Baumartenkürzel: „Aalba“, „Fsylv“, „Pabie“, „Qpetr“).

EQ	Kwb59	MarAalba	MarFsylv	MarPabie	MarQpetr
12	179	-2,797	-3,023	-2,119	-1,296

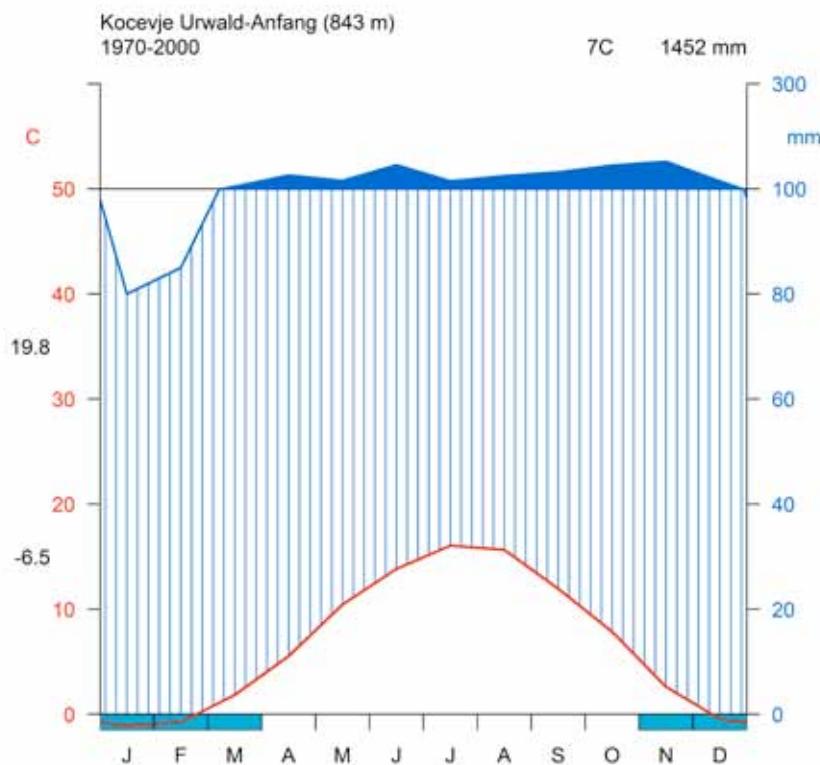


Abb. 2: Klimadiagramm von Rajhenavski Rog (843 m ü.NN.)

Tab. 3: Kocevje Urwald Ende: Klimadaten aus WorldClim 1.4 (Hijmans et al. 2005).

Klimakennwerte	Tavg_yr	Tmax_wm	Tmin_cm	Tavg_wq	Psum_yr	Psum_wq
Periode 1960-1990	7,6	22,6	-4,9	163	1335	341
Periode 2061-2080	96	260	-30	190	1353	282

Tab. 4: Kocevje Urwald Ende: Ellenberg Quotient (EQ), klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Monate 5-9) (Kwb59) und Marginalität (Mar) (Mellert et al. 2015) für die Baumarten Tanne, Buche, Fichte, Traubeneiche

EQ	Kwb59	MarAlba	MarFsvylv	MarPabie	MarQpetr
13	165	-2,623	-3,142	-1,750	-1,731

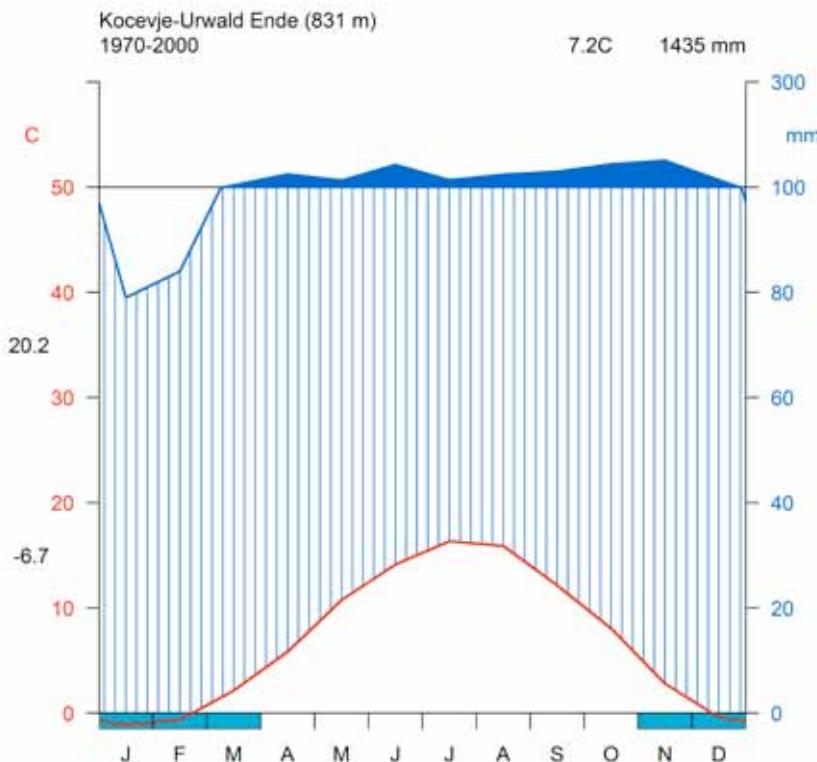


Abb. 3: Klimadiagramm von Rajhenavski Rog (831 m ü.NN.)

Bestandesgeschichte

Mit der Forsteinrichtung zum 1. Januar 1892 hat Herzog Auersberg im Herzogtum Gotschee im Göttenitzer Gebirge durch seinen Förster Dr. Leopold Hufnagel entschieden: „Die Abt. 38 und 39 sollen als Urwald bewahrt bleiben, daher ist hier jedwede Nutzung ausgeschlossen. Seither wurde dieser ursprüngliche Wald auf einer Fläche von 51,14 ha sich selbst überlassen.“

Vegetation:

Buchen-Tannen-Fichtenwald; mit unterschiedlichen Mischungsverhältnissen in Abhängigkeit von Störungsgrößen und Entwicklungsstadien. Einzelne azonale Felsinseln mit Kiefern und anderen Laubbäumen. Syntaxonomische Einordnung: Ophalodo-Fagetum sylvaticae.

Kursorische Vegetationsaufnahme entlang des Weges:

Aremonia agrimonoides, Calamintha grandiflora, Calamagrostis arundinacea, Cardamine bulbifera, Cardamine enneaphyllos, Cardamine waldsteinii, Circaea x intermedia, Cyclamen purpurascens, Daphne laureola, Euphorbia amygdaloides, Hordeolum europaeus, Ilex aquifolium, Galeobdolon flavidum, Lamium orvala, Omphalodes verna, Phyllitis scolopendrium, Polystichum aculeatum, Rhamnus fallax, Salvia glutinosa, Scopolia carniolica.



Abb. 4: Buche im Urwald Rajhenavski Rog, auf triassischem Kalk.



Abb 5: Karsterscheinungen, kleine Dolinen im Urwald Rajhenavski Rog.



Abb. 6: Zerfallsphasen mit Bu-Verjüngung im Urwald Rajhenavski Rog

The virgin Forest Rajhenavski ROG

Tomaž Hartmann (1999)

The virgin forest Rajhenavski Rog is situated in the middle of Kočevski Rog, 1 km south of the former Rog saw mill, on the rolling high-karst plateau, with numerous sinkholes, at an altitude of 870-920 m above sea level; the prevailing exposition is N and S. Cretaceous limestone forms the bedrock, the soil is brown post-Carboniferous - varying from shallow to deep at the bottom of sinkholes. The main vegetation association is Abieti-Fagetum dinaricum - a Dinaric fir and beech forest. As to their heights, the stands are pretty uniform, of much the same height yet not evenaged; from the stand canopy, formed by a mass of beech and fir trees of 30-40 m, individual fir trees protrude, exceeding the beech by 10 m. Only few spruce trees, maples, elms and limes can be found in the stands. It is obvious that there - in the virgin forest climate and growth - only fir and beech are competitive. As to timber quantity, fir prevails. In total there are 251 vital trees per hectare of 10 cm and above in diameter; 118 fir trees - 47 %, and 133 beech trees - 53 %. There are 788 m³ of vital timber mass per hectare there, 449 m³ of fir - 57 %, 339 m³ of beech - 43 % per hectare. There are 88 dry fir trees (212 m³) and 21 dry beech trees (72 m³) per hectare, which can still be measured. The total timber supply of all trees in the virgin forest - vital and dry - amounts to 1072 m³ per hectare. The virgin forest of fir and beech has been growing here over millennia - since the last glacial period. A long life is another characteristic of virgin forest trees, 500-year-old giant trees are no rarity here. Trees are high and thick, reaching up to 50 m and have over 1.5 m in diameter. Undoubtedly, for this association a huge timber quantity is the major weapon in its struggle for survival. A single tree can have up to 50 tons of timber matter. It is possible to establish up to 2000 t of timber per hectare in these virgin forests. This stored energy is alleviating extreme oscillations - e.g. temperature, humidity, biomass, etc. A virgin forest creates its own internal environment. In a virgin forest trees wither individually; young growth of beech immediately fills up stand gaps like plaster. The fir asserts itself individually among young growth of beech; it is possible to endure in shadow. The waiting that can last a century, and seems extremely long to man, represents a constituent part of life for a fir, perhaps a condition for it to grow into a strong tree.

Quelle: COST Action E4: Forest Reserves Research Network • Proceedings of the Invited Lecturers, Reports /p. 111- 120, Ljubljana 1999

Weiteres siehe Anhang: 1. Flyer Urwald Rajhenavski Rog
2. Die ehemalige deutsche Sprachinsel Gottschee in Krain (1400 - 1945)

Donnerstag, 13.09.2018

Die Reise führt uns an die Grenze zu Ungarn sowie nahe an die Grenze zu Kroatien, jeweils im Osten Sloweniens.

Haltepunkt 2: Buchen-Eichen-Hainbuchen-Wald mit Profil 1, Lendava

Ost-Slowenien, Prekmurje (Übermur), Buchen-Eichen-Hainbuchen-Wald 1 km NNE von Lendava, an der Grenze zu Ungarn.

Koordinaten: N: 46.577391°, E: 16.480430°

Seehöhe: 266 m s.m.

Exposition: WSW

Neigung: 3°/5%

Geologie: Spät-Neogene terrestrische und See-Sedimente

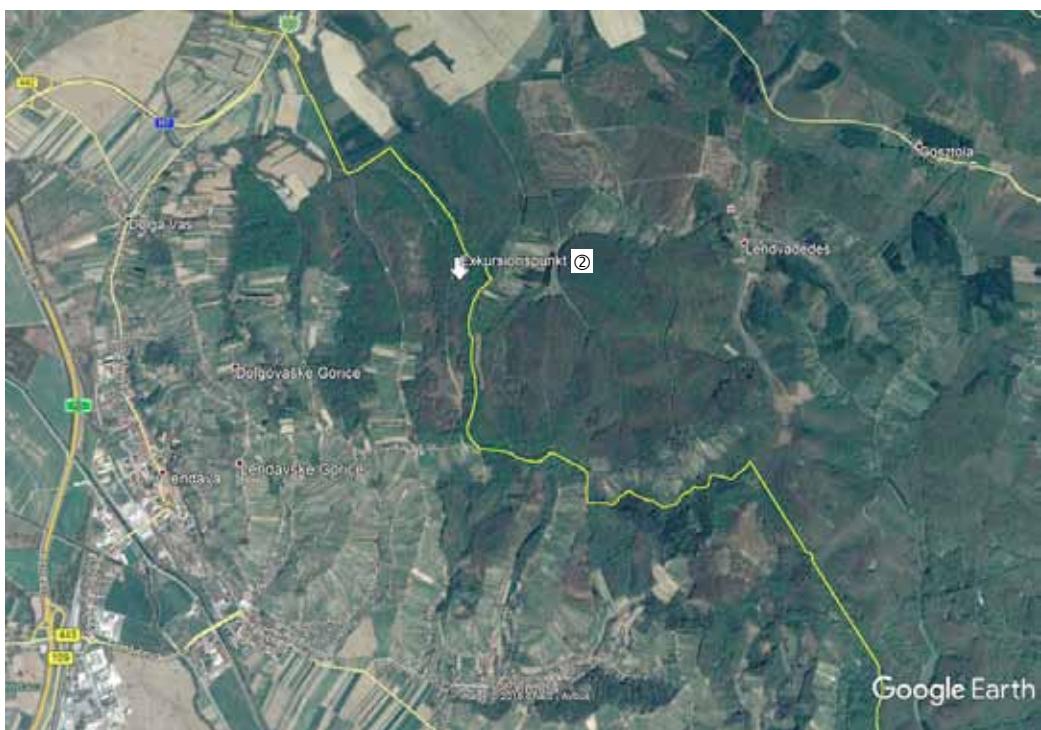


Abb. 7: Lage des Haltepunkts 2 ENE Lendava

Klima

Tab. 5: Lendava-Ei-HB-Bu-Wald: Klimadaten aus WordlClim 1.4 (Hijmans et al. 2005).

Mittlere Jahrestemperatur [°C] (Tavg_yr),

maximale Temperatur im wärmsten Monat, minimale Temperatur im kältesten Monat (Tmin_cm), mittlere Temperatur im wärmsten Quartal (Tavg_wq),

Niederschlagsumme [mm] im Jahr (Psum_yr), Niederschlagsumme im wärmsten Quartal (Psum_wq). Klima jeweils für die Periode 1960-1990 und die Zukunft (2061-2081) nach RCP-Szenario 4.5 des Max-Planck-Instituts.

Klimakennwerte	Tavg_yr	Tmax_wm	Tmin_cm	Tavg_wq	Psum_yr	Psum_wq
Periode 1960-1990	9,6	25,5	-5	187	819	287
Periode 2061-2080	11,5	28,6	-1,9	214	821	232

Tab. 6: Lendava-Ei-HB-Bu-Wald: Ellenberg Quotient (EQ), klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Monate 5-9) (Kwb59) und Marginalität (Mar) (Mellert et al. 2015) für die Baumarten Tanne, Buche, Fichte, Traubeneiche
Baumartenkürzel: „Aalba“, „Fsylv“, „Pabie“, „Qpetr“

EQ	Kwb59	MarAalba	MarFsylv	MarPabie	MarQpetr
24	32	-0,857	-2,503	1,422	-2,609

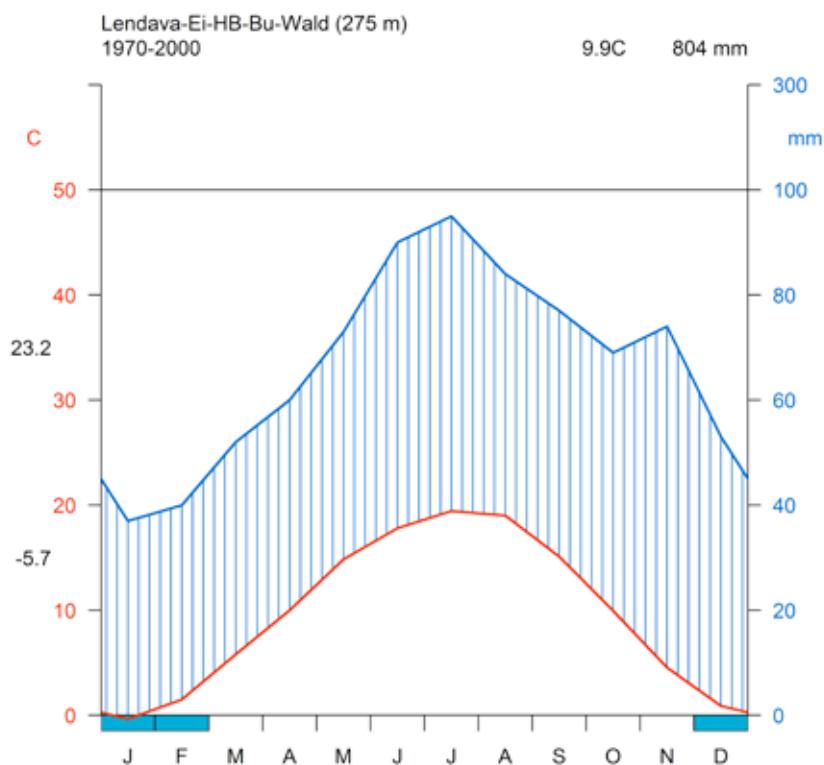


Abb. 8: Klimadiagramm des Haltepunkts 2 ENE Lendava

Boden**Bodentyp: Parabraunerde- Pseudogley**

Abb. 9: Bodenprofil am 2. Haltepunkt bei Lendava

Tab. 7: Auflagehumus Parabraunerde – Pseudogley Lendava

Auflagehumus	Humusform:	Mullartiger Moder		
Schicht	Mächtigkeit	Streuart	Lagerung	Durchwurzelung
	(cm)			
OL	0,7	Laubstreu	locker	---
OF	0,8	Laubstreu	locker	mittel
OH	0,3	Laubstreu	locler	---

Tab. 8: Mineralboden Parabraunerde – Pseudogley Lendava

Mineralboden	Bodentyp:	Parabraunerde-Pseudogley				Ld	Durchwurzelung	Ausgangsmaterial		
		WRB:						Fein	Grob	1. Komp.
Horizont	Tiefe	Bodenart	GB	Humus	Ld	Durchwurzelung				
	(cm)		Vol.-%							
Ah	0-3	Uls	0	h3	1	Wf5	Wg3			
Al	3-20	Uls	0	h2	3	Wf3	Wg2			
Bt-Sw	20-30	Lt2	5	h2	4	Wf2	Wg1			
Sd	30-80	Lt2	5	h1	5	Wf2	Wg0			

Tab. 9: Bodenchemische Daten Pseudogley Lendava

Haltepunkt 2 Lendava

pH, C, N, P

Horizont	Tiefe (cm)	GB Vol.-%	TRD g/cm ³	FB t/ha	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	Corg t/ha	N t/ha	C/N	P t/ha	C/P
Auflage	1,8-0			14,60	5,28	4,83	5,2	0,2	27	0,015	342
Ah	0-3	0	0,87	261	4,44	3,86	18,3	1,2	15	0,160	115
Al	3-20	0	1,47	2498	4,28	3,75	37,7	2,9	13	0,798	47
Bt-Sw	20-30	5	1,64	1553	4,58	3,84	9,6	0,9	10	0,458	21
Sd	30-80	5	1,75	8294	4,86	4,03	28,6	3,3	9	2,181	13
Summe					99,5	8,5			3,6		

austauschbare Kationen

Horizont	Tiefe (cm)	Ake B kmolc/ha	Ake A kmolc/ha	BS B %	BS A %	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Al kg/ha	Fe kg/ha	Mn kg/ha	H kg/ha
Auflage	1,8-0	6	7			111	40	41					
Ah	0-3	24	34	40	32	131	41	35	3	142	1	161	1
Al	3-20	112	171	12	8	112	74	43	12	1211	6	391	8
Bt-Sw	20-30	78	109	37	28	256	197	30	10	634	4	101	5
Sd	30-80	1110	1372	74	66	8299	5623	535	257	3938	18	46	30
Summe		1330	1692		40	8910	5975	685	282	5925	29	699	44

Schwermetalle

Horizont	Tiefe (cm)	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	As mg/kg	Cd mg/kg	V mg/kg
Auflage	1,8-0	13,9	81,7	7,2	19,1	32,5	22,9	5,8	0,6	30,0
Ah	0-3	13,1	71,9	18,2	45,0	30,3	43,2	12,4	0,1	57,0
Al	3-20	12,6	70,3	20,9	37,6	25,4	34,0	10,7 <0,04		56,5
Bt-Sw	20-30	15,6	72,4	24,6	39,2	29,4	25,7	8,9 <0,04		59,4
Sd	30-80	28,7	70,9	10,6	55,7	35,9	23,1	17,4 <0,04		72,7

Grenzwerte lt. Düngemittel VO

80,0 150,0 40 1,5

GB Grobboden Ake B Austauschbare Kationen BaCl₂ EU-MethodeTRD Trockenrohdichte Ake A Austauschbare Kationen NH₄Cl

FB Feinboden

Kationen Auflagehumus und Schwermetalle im Königswasseraufschluss



Vegetationsaufnahme

Tab. 10: Vegetationsaufnahme Lendava (Artmengen in einer bei den Stufen 1 bis 5 jeweils gedrittelten verfeinerten Skala der ursprünglichen Braun-Blanquet-Codes; z.B.: 1a, 1, 1b)

Schicht	Deckung (%)	Höhe (m)	BHD-BHD (cm)
Baum 1	85	34	35 - 45
Baum 2	30	20	20 - 30
Baum 3	20	8	8 - 10
Strauch	50	2,5	
Kraut	42		
Moos	0,5		

B1	3a	Carpinus betulus
B1	5a	Fagus sylvatica
B1	3	Quercus petraea
B2	2a	Carpinus betulus
B2	3a	Fagus sylvatica
B3	2	Carpinus betulus
B3	2a	Fagus sylvatica
S	2	Carpinus betulus
S	3b	Fagus sylvatica
S	1	Rubus sp.
K	1a	Ajuga reptans
K	2b	Anemone nemorosa
K	+	Athyrium filix-femina
K	+	Calamagrostis epigejos
K	2	Cardamine bulbifera
K	r	Carex leporina
K	+	Carex remota
K	1b	Carex sylvatica
K	2a	Carpinus betulus
K	+	Circaeа lutetiana
K	r	Dryopteris carthusiana s.str.
K	+	Dryopteris filix-mas
K	+	Epilobium montanum
K	r	Erigeron annuus
K	+	Euphorbia dulcis
K	2	Fagus sylvatica
K	+	Fallopia convolvulus
K	+	Fraxinus excelsior
K	1a	Galeobdolon montanum

K	+	Galeopsis pubescens
K	2	Galium odoratum
K	r	Hedera helix
K	r	Impatiens glandulifera
K	+	Impatiens parviflora
K	+	Juncus effusus
K	r	Luzula pilosa
K	r	Lysimachia vulgaris
K	+	Moehringia trinervia
K	+	Mycelis muralis
K	+	Persicaria mite
K	+	Poa trivialis
K	1b	Polygonatum multiflorum
K	+	Polygonatum odoratum
K	+	Prunus avium
K	+	Pteridium aquilinum
K	1b	Quercus petraea
K	r	Robinia pseudacacia
K	1b	Rubus sp.
K	+	Sanicula europaea
K	+	Scrophularia nodosa
K	+	Stachys sylvatica
K	1a	Stellaria holostea
K	r	Stellaria media
K	+	Urtica dioica
K	1a	Viola reichenbachiana
K	1b	Viola riviniana
M	+	Atrichum undulatum



Abb. 10: subpannonischer Eichen-Buchen-Hainbuchen-Mischwald



Abb. 11: subpannonischer Eichen-Buchen-Hainbuchen-Mischwald

Haltepunkte 3/4: Klimadaten Ljutomer

Ost-Slowenien, Podravska, SE von Ljutomer, Prae-Illyrisches Hügelland südl. der Mur, Südrand der Gemeinde Podgradje; 1,1 km südl. Rinčetova Graba; 2 einander gegenüberliegende Hänge eines nach Norden entwässernden Grabens.



Abb. 12: Kartenausschnitt des Haltepunktes 3 mit Profil 2 (Westhang) und Haltepunkt 4 mit Profil 3 (Osthang), SE Ljutomer, Slowenien

Geologie

Klima

Tab. 11: Ljutomer Buchenwald: Klimadaten aus WorldClim 1.4 (Hijmans et al. 2005).

Klimakennwerte	Tavg_yr	Tmax_wm	Tmin_cm	Tavg_wq	Psum_yr	Psum_wq
Periode 1960-1990	9,6	25,5	-5	188	881	306
Periode 2061-2080	11,6	28,6	-2	215	881	250

Tab. 12: Ljutomer Buchenwald: Ellenberg Quotient (EQ), klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Monate 5-9) (Kwb59) und Marginalität (Mar) (Mellert et al. 2015) für die Baumarten Tanne, Buche, Fichte, Traubeneiche
Baumartenkürzel: „Aalba“, „Fsylv“, „Pabie“, „Qpetr“

EQ	Kwb59	MarAalba	MarFsylv	MarPabie	MarQpetr
22,2	57	-1,189	-2,839	1,230	-2,554

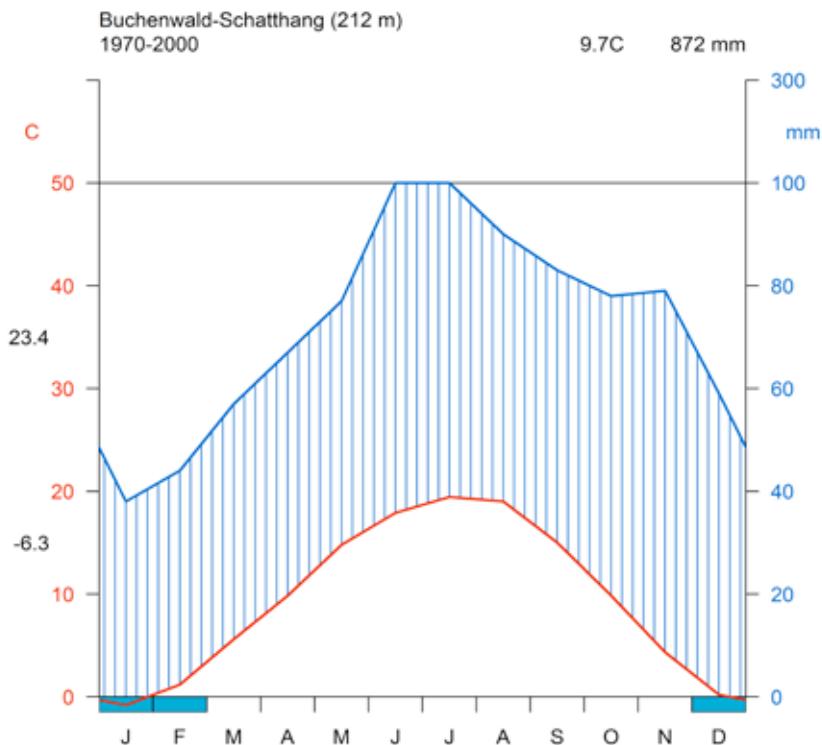


Abb. 13: Klimadiagramm von Haltepunkt 3 und 4, SE Ljutomer

Haltepunkt 3: Buchen-Eichen-Hainbuchenwald (Westhang) mit Profil 2, Ljutomer

Aufnahme 02.06.2018 Evers, Englisch, Karrer

Lage/Relief Mittelhang

Hangneigung 23°/45%

Exposition: W

Koordinaten: N: 46.495869°, E: 16.218073°

Seehöhe: 230 m s.m.

Geologie: Sandstein

Boden

Bodentyp: Parabraunerde



Abb. 14: Bodenprofil Parabraunerde Ljutomer Westhang

Tab. 13: Auflagehumus Ljutomer Westhang

Auflagehumus	Humusform:	F-Mull		
Schicht	Mächtigkeit (cm)	Streuart	Lagerung	Durchwurzelung
OL	1	Laubstreu	locker	---
OF	1,5	Laubstreu	locker	mittel
OH	---	---	---	---

Tab. 14: Mineralboden Ljutomer Westhang

Mineralboden	Boden-typ:	Parabraunerde							
	WRB:								
Horizont	Tiefe	Boden-art	GB	Humus	Ld	Durchwurzelung	Ausgangsmaterial		
	(cm)		Vol.-%				Fein	Grob	1. Komp.
Ah	0-8	Lu	0	h4	1	Wf5	Wg2	Löss	
Al	8-32	Lu	0	h3	2	Wf4	Wg2	Löss	
Bt	32-70	Tu3	0	h2	3,5	Wf2	Wg1	Löss	
Bv	70-110	Tu4	0	h1	5	Wf1	Wg0	Löss	

Tab. 15: Bodenchemische Daten Parabraunerde Ljutomer Westhang

Haltepunkt 3 Westhang

pH, C, N, P

Horizont	Tiefe (cm)	GB Vol.-%	TRD g/cm³	FB t/ha	pH H2O	pH CaCl₂	Corg t/ha	N t/ha	C/N	P t/ha	C/P
Auflage	2,5-0			9,41	6,04	5,39	3,5	0,1	25	0,009	379
Ah	0-8	0	0,90	719	5,57	5,18	23,7	1,8	13	0,215	110
Al	8-32	0	1,21	2893	5,63	5,02	32,3	2,9	11	0,656	49
Bt	32-70	0	1,49	5677	5,14	4,33	22,7	2,8	8	0,920	25
Bv	70-110	0	1,78	7113	5,27	4,45	21,0	3,2	7	1,472	14
Summe						103,2	10,9			3,3	

austauschbare Kationen

Horizont	Tiefe (cm)	Ake B kmolc/ha	Ake A kmolc/ha	BS B %	BS A %	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Al kg/ha	Fe kg/ha	Mn kg/ha	H kg/ha
Auflage	2,5-0	6	7			212	38	23					
Ah	0-8	143	166	99	99	2596	371	116	2	11	2	27	0
Al	8-32	370	425	98	97	6059	1258	264	14	84	7	27	1
Bt	32-70	824	974	89	84	10113	3590	707	49	1225	14	113	13
Bv	70-110	1323	1527	95	93	17837	5991	1116	65	826	16	163	14
Summe		2667	3099		93	36817	11248	2226	130	2147	39	330	28

Schwermetalle

Horizont	Tiefe (cm)	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	As mg/kg	Cd mg/kg	V mg/kg
Auflage	2,5-0	17,4	55,9	4,5	13,7	13,3	10,7	3,1	0,1	23,5
Ah	0-8	31,8	90,9	16,2	45,8	44,2	25,5	9,4	0,2	54,7
Al	8-32	30,1	85,7	14,9	42,4	42,9	20,9	6,5 <0,04		49,6
Bt	32-70	40,4	95,6	20,7	50,0	55,7	20,6	10,1	0,1	55,9
Bv	70-110	46,7	100,5	18,2	47,7	59,2	20,0	11,2	0,1	48,9

Grenzwerte lt. Düngemittel VO 80,0 150,0 40 1,5

GB Grobboden Ake B Austauschbare Kationen BaCl₂ EU-Methode

TRD Trockenrohdichte Ake A Austauschbare Kationen NH₄Cl

FB Feinboden

Kationen Auflagehumus und Schwermetalle im Königswasseraufschluss

sehr gering	gering	gering-mittel	mittel	mittel-hoch	hoch	sehr hoch
-------------	--------	---------------	--------	-------------	------	-----------

Vegetation

Tab. 16: Vegetationsaufnahme Ljutomer Westhang

Schicht		Deckung (%)	Höhe (m)	BHD-BHD (cm)	
Baum 1		95	25 - 30		
Baum 2		5	8 - 15		
Strauch		0			
Kraut		42			
Moos		2			
B1	5a	Carpinus betulus	K	+	Geum urbanum
B1	4a	Fagus sylvatica	K	+	Hieracium sylvaticum
B1	1	Fraxinus excelsior	K	r	Impatiens parviflora
B1	1	Quercus petraea	K	r	Juglans regia
B2	+	Acer campestre	K	+	Lactuca muralis
B2	1a	Carpinus betulus	K	1b	Lathyrus vernus
B2	2a	Fagus sylvatica	K	1a	Ligustrum vulgare
K	1	Acer campestre	K	+	Luzula luzuloides
K	1	Acer pseudoplatanus	K	+	Luzula pilosa
K	1b	Actaea spicata	K	+	Maianthemum bifolium
K	r	Adoxa moschatellina	K	1a	Melittis melissophyllum
K	1a	Ajuga reptans	K	r	Moehringia trinervia
K	+	Alliaria petiolata	K	2b	Oxalis acetosella
K	+	Asarum ibericum	K	+	Polygonatum multiflorum
K	+	Brachypodium sylvaticum	K	+	Polygonatum odoratum
K	r	Campanula trachelium	K	r	Polystichum setiferum
K	+	Cardamine bulbifera	K	+	Prunus avium
K	+	Carex digitata	K	+	Pulmonaria officinalis
K	+	Carex sylvatica	K	r	Robinia pseudacacia
K	+	Cephalanthera damasonium	K	+	Rubus sp.
K	r	Circaeа lutetiana	K	1	Salvia glutinosa
K	+	Cruciata glabra	K	+	Sambucus nigra
K	+	Cyclamen purpurascens	K	2a	Sanicula europaea
K	+	Dryopteris carthusiana s.str.	K	r	Serratula tinctoria
K	+	Dryopteris filix-mas	K	r	Viburnum opulus
K	r	Euonymus europaea	K	1a	Viola alba ssp.alba
K	r	Euphorbia dulcis	K	2	Viola reichenbachiana
K	1a	Fraxinus excelsior	M	+	Brachythecium velutinum
K	1a	Galeobdolon montanum	M	+	Cephalozia bicuspidata
K	2b	Galium odoratum	M	+	Eurhynchium swartzii
K	r	Galium sylvaticum	M	+	Fissidens taxifolius
K	r	Gentiana asclepiadea	M	+	Weisia rutilans
K	1a	Geranium robertianum			

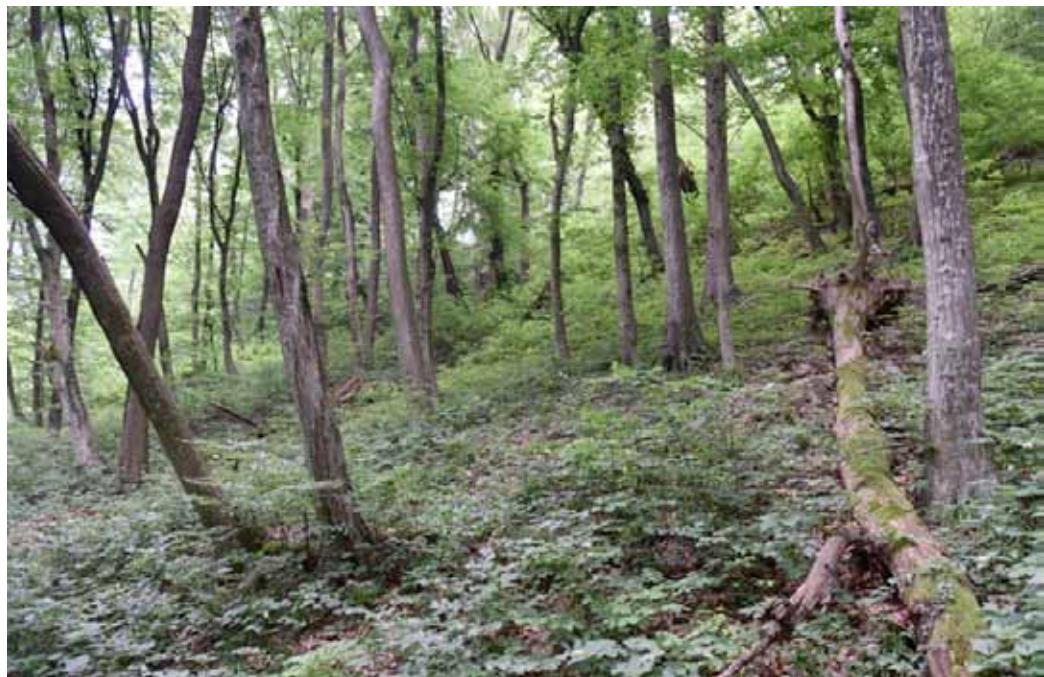


Abb. 15: Eichen-Hainbuchenwald (*Pruno padi-Carpinetum*) Ljutomer Westhang



Abb. 16: Eichen-Hainbuchenwald (*Pruno padi-Carpinetum*) Ljutomer Westhang

Haltepunkt 4: Buchenwald (Osthang) mit Profil 3, Ljutomer

Aufnahme: 02.06.2018 Evers, Englisch, Karrer

Koordinaten: N: 46.495916°, E: 16.217572°

Seehöhe: 224 m s.m.

Lage/Relief: Mittel- bis Unterhang

Hangneigung: 33°/65%

Exposition: E

Geologie: Sandstein

Boden**Bodentyp Pseudovergleyte Braunerde, schwach podsolig**

Abb. 17: Bodenprofil 3: Pseudovergleyte Braunerde, schwach podsolig Ljutomer (Osthang)

Tab. 17: Profil 3 Auflagehumus Ljutomer (Osthang)

Auflagehumus	Humusform:	feinhumusarmer Moder		
Schicht	Mächtigkeit	Streuart	Lagerung	Durchwurzelung
	(cm)			
OL	1	Buche	locker	---
OF	2	Buche	locker	mittel
OH	3	Buche	locker	stark

Tab. 18: Profil 3 Mineralboden Ljutomer (Osthang)

Mineralboden	Boden-typ:	pseudovergleyte Braunerde, schwach podsolig							
	WRB:	Regosol, dystric							
Horizont	Tiefe	Boden-art	GB	Humus	Ld	Durchwurzelung		Ausgangsmaterial	
	(cm)		Vol.-%			Fein	Grob	1. Komp.	2. Komp.
Ah	0-5	Slu	0	h4	1	Wf5	Wg2	Sandstein	Löss
Ba	5-12	Slu	0	h3	1,5	Wf4	Wg2	Sandstein	Löss
Bv	12-50	Slu	0	h2	2	Wf3	Wg1	Sandstein	Löss
SwBv	50-85	Sl4	5	h1	3	Wf2	Wg1	Sandstein	Löss
SdCv	85-100	Ls3	3	h0	4	Wf1	Wg0	Sandstein	

Tab. 19: Bodenchemische Daten Pseudovergleyte Braunerde Ljutomer (Osthang)

Haltepunkt 4 Osthang

pH, C, N, P

Horizont	Tiefe (cm)	GB Vol.-%	TRD g/cm3	FB t/ha	pH H2O	pH CaCl2	Corg t/ha	N t/ha	C/N	P t/ha	C/P
Auflage	2,5-0			57,68	4,28	3,37	18,1	0,9	21	0,066	275
Ah	0-5	0	0,85	426	4,12	3,32	25,3	1,4	18	0,188	135
Ba	5-12	0	1,10	771	4,39	3,59	18,9	0,8	22	0,257	73
Bv	12-50	0	1,28	4881	4,62	3,83	31,0	1,7	18	0,927	33
SwBv	50-85	5	1,54	5126	4,63	3,79	10,5	1,0	10	0,562	19
SdCv	85-100	3	1,70	2479	4,73	3,81	3,7	0,2	15	0,478	8
Summe							107,5	6,1			2,5

austauschbare Kationen

Horizont	Tiefe (cm)	Ake B kmolc/ha	Ake A kmolc/ha	BS B %	BS A %	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Al kg/ha	Fe kg/ha	Mn kg/ha	H kg/ha	
Auflage	2,5-0	16	20			226	80	98						
Ah	0-5	39	58	19	15	72	38	57	5	389	37	3	4	
Ba	5-12	41	64	11	7	41	20	36	2	482	37	1	4	
Bv	12-50	181	273	15	9	187	156	111	12	2121	27	17	10	
SwBv	50-85	236	345	25	18	308	488	182	13	2418	11	60	13	
SdCv	85-100	201	273	46	37	619	781	168	6	1472	6	36	8	
Summe		714	1032			18	1453	1564	652		37	6883	119	117
Grenzwerte lt. Düngemittel VO							80,0	150,0		40		1,5		

Schwermetalle

Horizont	Tiefe (cm)	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	As mg/kg	Cd mg/kg	V mg/kg
Auflage	2,5-0	13,8	46,0	3,0	9,6	11,5	34,2	3,8	0,5	21,8
Ah	0-5	8,6	23,3	2,5	14,3	9,8	27,8	3,9	0,2	25,3
Ba	5-12	7,2	23,5	2,6	15,5	10,2	23,5	3,2 <0,04		23,3
Bv	12-50	7,2	31,5	5,2	16,6	14,6	10,0	3,1 <0,04		21,5
SwBv	50-85	10,4	38,7	9,9	18,6	18,3	7,7	4,5 <0,04		23,2
SdCv	85-100	16,6	34,7	7,0	19,5	19,4	8,9	7,9 <0,04		26,6

Grenzwerte lt. Düngemittel VO

80,0 150,0 40 1,5

GB Grobboden Ake B Austauschbare Kationen BaCl2 EU-Methode

TRD Trockenrohdichte Ake A Austauschbare Kationen NH4Cl

FB Feinboden

Kationen Auflagehumus und Schwermetalle im Königswasseraufschluss

sehr gering	gering	gering-mittel	mittel	mittel-hoch	hoch	sehr hoch
-------------	--------	---------------	--------	-------------	------	-----------

Vegetationsaufnahme

Tab. 20 Vegetationsaufnahme Ljutomer (Osthang)

Schicht	Deckung (%)	Höhe (m)	BHD-BHD (cm)
Baum 1	80	33	30 - 42
Baum 2	3	8 - 15	8-10
Strauch	30	1 - 2,5	
Kraut	60		
Moos	1		

B1	5	Fagus sylvatica
B1	1	Fraxinus excelsior
B2	1	Fagus sylvatica
S	3a	Fagus sylvatica
K	+	Athyrium filix-femina
K	+	Carpinus betulus
K	r	Dryopteris carthusiana s.str.
K	r	Dryopteris filix-mas
K	4	Fagus sylvatica
K	+	Fraxinus excelsior
K	r	Galium aparine
K	r	Galium odoratum
K	+	Gentiana asclepiadea
K	+	Hedera helix
K	1	Hieracium praecurrens
K	+	Hieracium transylvanicum

K	r	Galeobdolon montanum
K	r	Cytisus nigricans
K	2a	Luzula luzuloides
K	+	Maianthemum bifolium
K	+	Prunus avium
K	r	Rubus sp.
K	r	Salvia glutinosa
K	r	Solidago virgaurea ssp.virg.
K	+	Vaccinium myrtillus
M	+	Brachythecium rutabulum
M	+	Brachythecium velutinum
M	r	Cladonia sp.
M	1	Leucobryum glaucum
M	+	Hypnum cupressiforme
M	1	Polytrichum formosum



Abb. 18: Haltepunkt 4 Buchenbestand (*Castaneo-Fagetum*) Ljutomer (Osthang)



Abb. 19: Haltepunkt 4 Buchenbestand (*Castaneo-Fagetum*) Ljutomer (Osthang).

Freitag, den 14.09. 2018

Nach einer kurzen Einführung geht es in den südlichsten Teil der Steiermark, mit Buchen-Esskastanienwäldern; nachmittags in die obermontanen Buchen-Tannen-Fichtenwälder im Silikat.

Haltepunkt 5: Kastanien-Hain südl. Arnfels

Südsteiermark, Windische Bühel, 2 km SSE Arnfels; Kastanien-Hain (neue Pflanzung auf einer ehemaligen Wiese; ca. 2005)

Koordinaten: N: 46.660552°, E: 15.414302°

Seehöhe: 470 m s.m.

Exposition: E

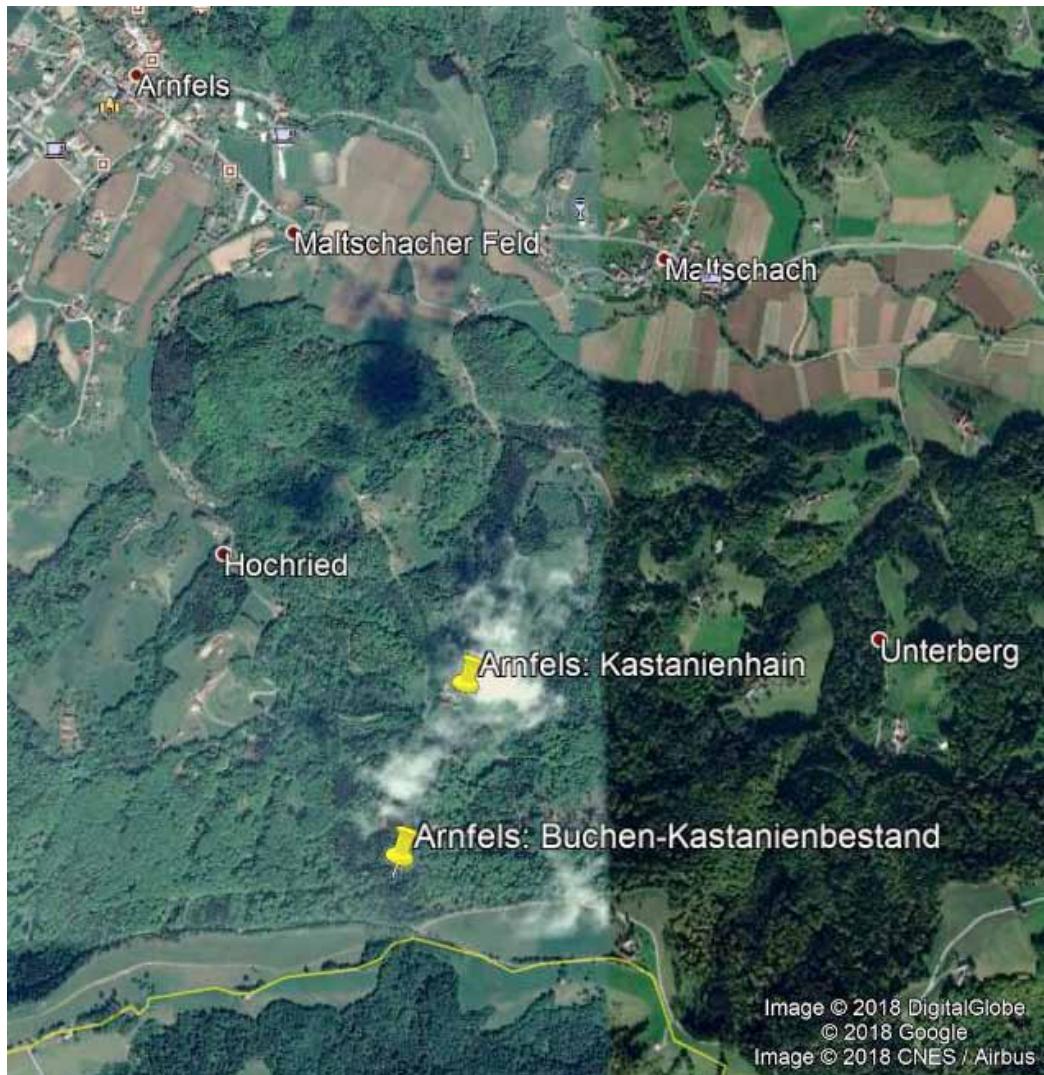


Abb. 20: Lage der Haltepunkte 5 und 6 südlich Arnfels



Abb. 21: *Castanea sativa*; junge Früchte, umgeben von der typischen stacheligen Cupula



Abb. 22: Neupflanzung eines Kastanienhains bei Arnfels

Geologie

Klima

Tab. 21: Arnfels Kastanienhain: Klimadaten aus WorldClim 1.4 (Hijmans et al. 2005)

Klimakennwerte	Tavg_yr	Tmax_wm	Tmin_cm	Tavg_wq	Psum_yr	Psum_wq
Periode 1960-1990	8,4	24,8	-6,5	177	990	361
Periode 2061-2080	10,3	27,9	-3,6	203	988	307

Tab. 22: Arnfels Kastanienhain: Ellenberg Quotient (EQ), klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Monate 5-9) (Kwb59) und Marginalität (Mar) (Mellert et al. 2015) für die Baumarten Tanne, Buche, Fichte, Traubeneiche
Baumartenkürzel: „Aalba“, „Fsylv“, „Pabie“, „Qpetr“

EQ	Kwb59	MarAalba	MarFsylv	MarPabie	MarQpetr
19	147	-3,334	-3,610	-1,176	-1,475

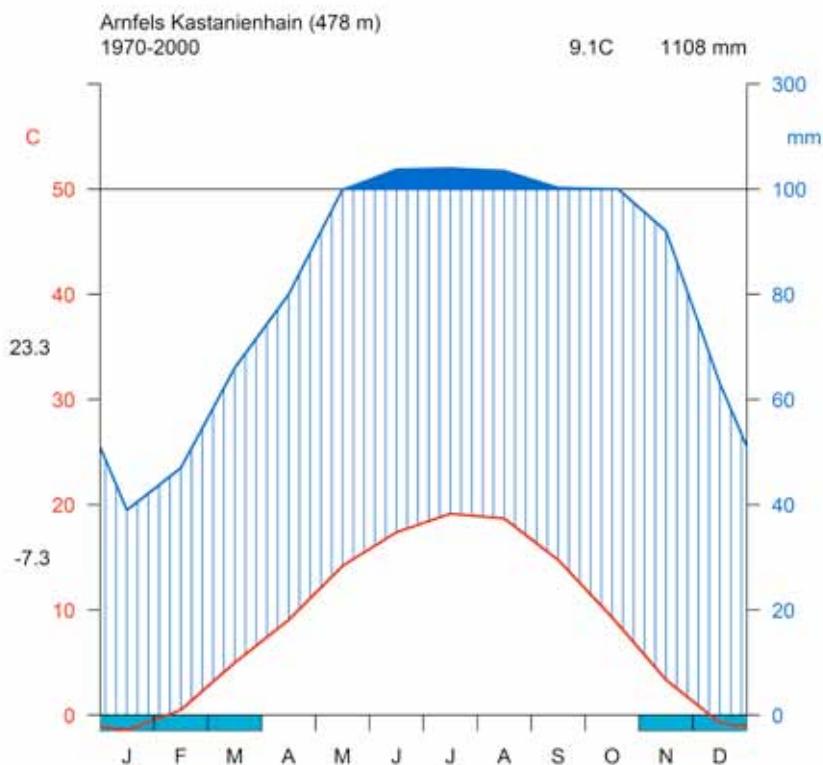


Abb. 23: Klimadiagramm vom Kastanienhain südlich von Arnfels

Haltepunkt 6: Buchen-Tannen-Edelkastanien-Fichten Mischbestand Arnfels mit Profil 4, Arnfels

Südsteiermark, Windische Bühel, 2,3 km SSE Arnfels,

Koordinaten: N: 46.656808°, E: 15.412903°

Seehöhe: 610 m s.m.

Exposition: N

Neigung: 38°/78%

Geologie: Grünschiefer (Buntschiefer) aus dem Tertiär

Klima

Tab. 23: Arnfels Buchen-Kastanienbestand Arnfels: Klimadaten aus WordClim 1.4 (Hijmans et al. 2005).

Klimakennwerte	Tavg_yr	Tmax_wm	Tmin_cm	Tavg_wq	Psum_yr	Psum_wq
Periode 1960-1990	7,4	23,5	-7,2	166	1034	375
Periode 2061-2080	9,4	26,6	-4,3	192	1033	319

Tab. 24: Arnfels Buchen-Kastanienbestand: Ellenberg Quotient (EQ), klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Monate 5-9) (Kwb59) und Marginalität (Mar) (Mellert et al. 2015) für die Baumarten Tanne, Buche, Fichte, Traubeneiche
Baumartenkürzel: „Aalba“, „Fsylv“, „Pabie“, „Qpetr“

EQ	Kwb59	MarAalba	MarFsylv	MarPabie	MarQpetr
17	181	-4,101	-3,642	-2,481	-0,510

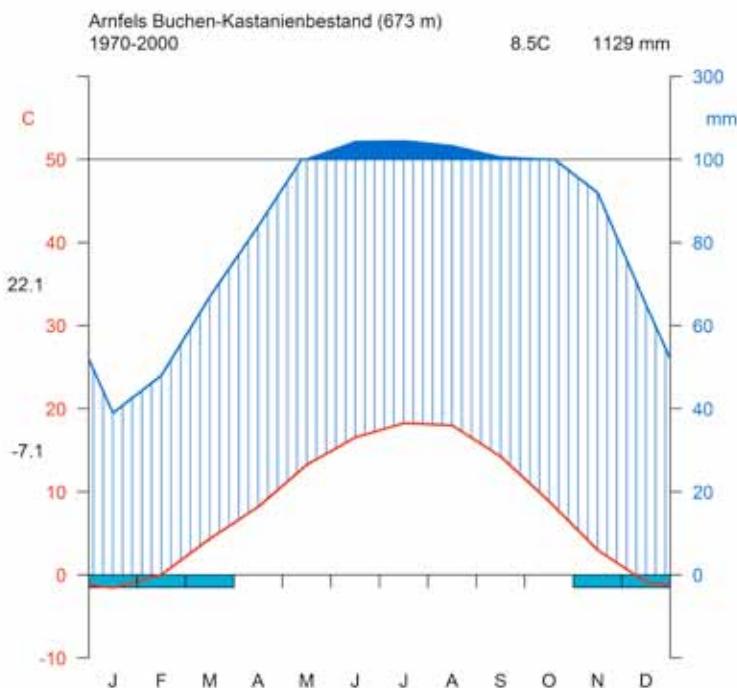


Abb. 24: Klimadiagramm montaner Buchen-Tannen-Edelkastanien-Fichten Mischbestand Arnfels

Boden Profil 4
Bodentyp: Podsolige Braunerde

Tab. 25: Profil 4 Auflagehumus Arnfels

Auflagehumus		Humusform:	feinhumusarmer, tw.-reicher Moder		
Schicht	Mächtigkeit		Streuart	Lagerung	Durchwurzelung
	(cm)				
OL	2		Bu/Fi	locker	---
OF	1,5		Bu/Fi	schichtig	mittel
OH	2		Bu/Fi	locker	stark

Tab. 26: Profil 4 Mineralboden Arnfels

Mineralboden	Bo-dens-typ	podosolige Braunerde								
	WRB									
Hori-zont	Tiefe	Bode-nart	GB	Hu-mus	Ld	Durchwurze-lung		Ausgangsmaterial		
	(cm)		Vol.-%			Fein	Grob	1. Komp.	2. Komp.	3. Komp.
Ah	0-10	Slu	25	h4	1	Wf5	Wg3	Grün-schiefer	Plagio-klas	Gneis
Ba	10-30	Ls2	40	h3	2	Wf4	Wg3	Grün-schiefer	Plagio-klas	Gneis
Bv	30-80	Lt2	50	h2	2	Wf3	Wg2	Grün-schiefer	Plagio-klas	Gneis



Abb. 25: Profil 4 Podsolige Braunerde

Tab. 27: Bodenchemische Daten Podsolige Braunerde Arnfels

Haltepunkt 6 Bu-Ta-Edelkastanie

pH, C, N, P

Horizont	Tiefe (cm)	GB Vol.-%	TRD g/cm³	FB t/ha	pH H2O	pH CaCl₂	Corg t/ha	N t/ha	C/N	P t/ha	C/P
Auflage	5,5-0			33,15	4,78	4,33	12,5	0,4	29	0,042	300
Ah	0-10	25	0,86	645	3,74	3,23	49,5	2,3	22	0,634	78
Ba	10-30	40	1,23	1474	3,94	3,56	15,3	0,8	19	1,009	15
Bv	30-80	50	1,20	2999	4,14	3,9	22,9	1,5	15	2,114	11
	30-55	50	1,10	1381	4,08	3,83	43,3	1,6	27	0,828	52
	55-80	50	1,21	1507	4,22	4,03	9,1	0,6	15	1,443	6
Summe							100,2	5,0			3,8

austauschbare Kationen

Horizont	Tiefe (cm)	Ake B kmolc/ha	Ake A kmolc/ha	BS B %	BS A %	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Al kg/ha	Fe kg/ha	Mn kg/ha	H kg/ha
Auflage	5,5-0	10	12			177	56	110					
Ah	0-10	93	148	4	3	22	16	66	5	1124	96	26	13
Ba	10-30	167	264	2	1	6	10	58	4	2224	66	8	10
Bv	30-80	98	153	5	2	14	13	49	17	1281	13	27	6
	30-55	59	93	3	1	10	5	26	3	786	8	13	4
	55-80	33	52	3	1	9	3	22	4	437	4	12	2
Summe		368	577		2	219	95	283	26	4629	175	61	29

Schwermetalle

Horizont	Tiefe (cm)	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Pb	As	Cd	V
		mg/kg								
Auflage	5,5-0	22,6	90,9	9,2	28,2	28,5	32,9	10,2	0,2	38,3
Ah	0-10	33,8	91,6	12,5	49,3	42,8	78,8	18,5	0,2	73,5
Ba	10-30	38,2	98,7	24,5	56,7	51,4	60,0	18,8	0,1	78,1
Bv	30-80	45,9	168,3	27,5	63,5	85,2	70,7	15,5	0,3	77,9
	30-55	39,3	124,8	20,3	54,4	58,1	55,2	18,9	0,1	74,6
	55-80	40,0	209,6	38,4	68,8	117,8	86,5	15,9	0,6	86,6

Grenzwerte lt. Düngemittel VO 80,0 150,0 40 1,5

GB Grobboden Ake B Austauschbare Kationen BaCl₂ EU-Methode

TRD Trockenrohdichte Ake A Austauschbare Kationen NH₄Cl

FB Feinboden

Kationen Auflagehumus und Schwermetalle im Königswasseraufschluss

sehr gering	gering	gering-mittel	mittel	mittel-hoch	hoch	sehr hoch
-------------	--------	---------------	--------	-------------	------	-----------



Abb. 26 oben links, Abb. 27 oben rechts und Abb. 28 unten: Buchen-Kastanienbestand südlich von Arnfels
(*Castaneo-Fagetum*)

Vegetationsaufnahme

Tab. 28: Vegetationsaufnahme Arnfels

Schicht		Deckung (%)	Höhe (m)	BHD-BHD (cm)
Baum 1		80	19 - 28	20 - 48
Baum 2		8	6 - 12	5 - 10
Strauch		0		
Kraut		12		
Moos		3		

B1	1	Abies alba	K	r	Hedera helix
B1	1	Betula pendula	K	+	Impatiens noli-tangere
B1	3a	Castanea sativa	K	1	Luzula luzuloides
B1	4	Fagus sylvatica	K	+	Oxalis acetosella
B1	1	Prunus avium	K	r	Phegopteris connectilis
B1	3	Picea abies	K	+	Picea abies
B2	1	Abies alba	K	+	Prenanthes purpurea
B2	2	Fagus sylvatica	K	+	Prunus avium
K	+	Abies alba	K	+	Rubus sp.
K	+	Acer pseudoplatanus	K	+	Sorbus aucuparia
K	1	Athyrium filix-femina	K	r	Veronica officinalis
K	+	Castanea sativa	K	r	Viola reichenbachiana
K	+	Dryopteris affinis ssp. borneri	M	1a	Atrichum undulatum
K	+	Dryopteris carthusiana s.str.	M	+	Brachythecium rutabulum
K	1a	Dryopteris dilatata	M	+	Hypnum cupressiforme
K	1b	Fagus sylvatica	M	+	Polygonatum aloides
K	r	Galeopsis pubescens	M	+	Polytrichum formosum

Haltepunkt 7: Buchen-Fichten-Bestand mit Profil 5, St. Vinzenz

St. Vinzenz Kärnten, Steirisches Randgebirge, Koralpe-Südabdachung, an der Grenze zur Steiermark, Soboth-Stausee-Nordufer, 1,4 km ESE Sankt Vinzenz.

Koordinaten: N: 46.687535°, E: 15.026110°

Seehöhe: 1130 m s.m.

Lage/Relief: Mittelhang

Exposition: SW

Neigung: 22°/46%

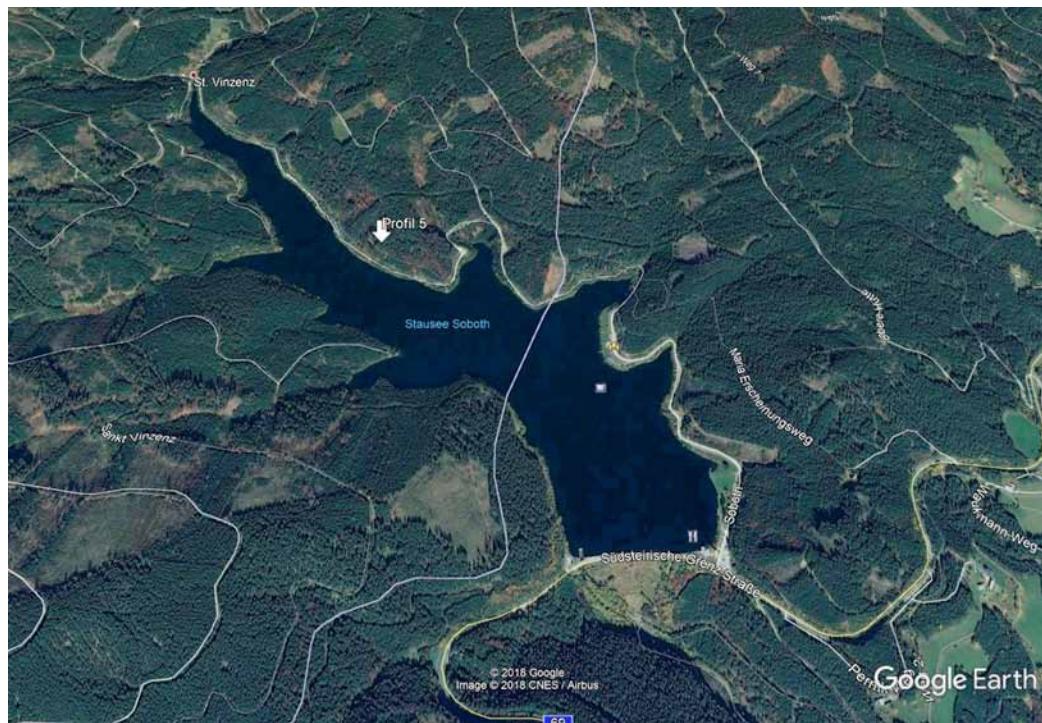


Abb. 29: Lage des Haltepunkts 7 bei St. Vinzenz, Südabdachung der Koralpe

Geologie

Klima

Tab. 29: St. Vinzenz: Klimadaten aus WordClim 1.4 (Hijmans et al. 2005).

Klimakennwerte	Tavg_yr	Tmax_wm	Tmin_cm	Tavg_wq	Psum_yr	Psum_wq
Periode 1960-1990	4,8	20,1	-8,8	137	1177	411
Periode 2061-2080	6,8	23,2	-6,2	162	1184	355

Tab. 30: St. Vinzenz ehemalige Probefläche: Ellenberg Quotient (EQ), klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Monate 5-9) (Kwb59) und Marginalität (Mar) (Mellert et al. 2015) für die Baumarten Tanne, Buche, Fichte, Traubeneiche
Baumartenkürzel: „Aalba“, „Fsvl“ „Pabie“, „Qpetr“

EQ	Kwb59	MarAalba	MarFsvl	MarPabie	MarQpetr
12	276	-4,289	-2,850	-4,437	4,050

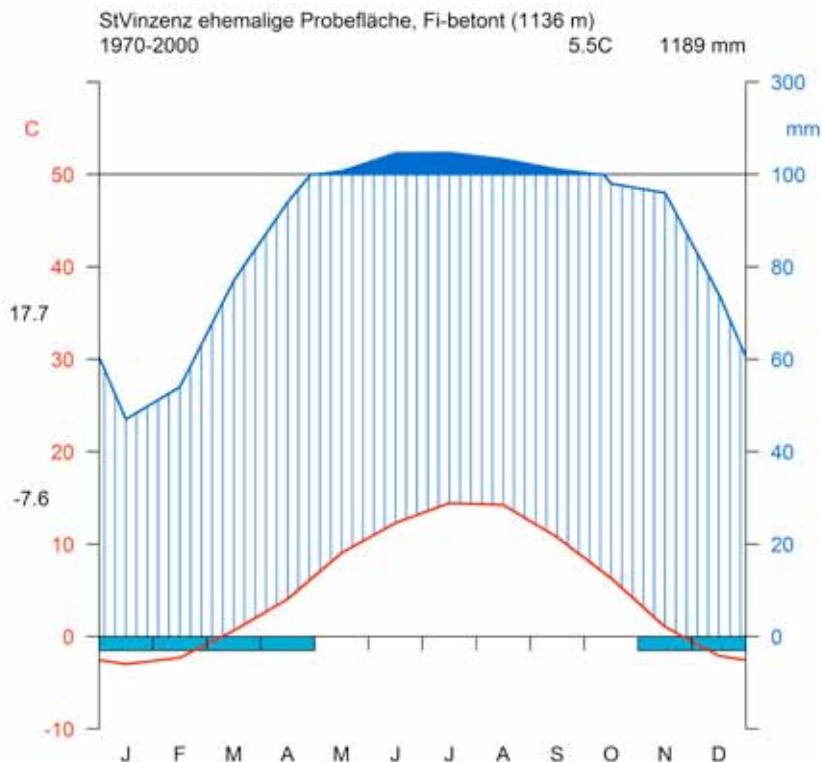


Abb. 30: Klimadiagramm vom Haltepunkt 7 St. Vinzenz, Südabdachung der Koralpe

Boden**Bodentyp: Podsolige Braunerde**

Aufnahme: 03.06.2018, Evers, Englisch, Karrer

Tab. 31: Profil 5 Auflagehumus Sankt Vinzenz

Auflagehumus	Humusform:	feinhumusreicher Moder		
Schicht	Mächtigkeit	Streuart	Lagerung	Durchwurzelung
	(cm)			
OL	1	Fi (Bu)	schichtig	---
OF	1	Fi (Bu)	locker	mittel
OH	3	Fi (Bu)	locker	mittel

Tab. 32: Profil 5 Mineralboden Sankt Vinzenz

Mine- ral- boden	Bo- den- typ:	podsolige Braunerde								
		WRB:								
Hori- zont	Tiefe	Bode- nart	GB	Hu- mus	Ld	Durch-wurze- lung		Ausgangsmaterial		
						Fein	Grob	1. Komp.	2. Komp.	3. Komp.
	(cm)		Vol.-%							
Ah	0-10	SI3	5	h5	1	Wf5	Wg3	Gneis	Glimmer- schiefer	Quarz
I Bv	10-50	SI3	20	h3	2	Wf3	Wg2	Gneis	Glimmer- schiefer	Quarz
II Bv	50-80	Su3	15	h2	3	Wf2	Wg1	Gneis	Glimmer- schiefer	Quarz
III Bv	80- 110	Slu	15	h1	2	Wf1	Wg0	Gneis	Glimmer- schiefer	Quarz



Abb. 31: Bodenprofil Haltepunkt 7, südlich von St. Vinzenz

Tab. 33: Bodenchemische Daten St. Vinzenz

Haltepunkt 7 Bu-Fi St. Vinzenz

pH, C, N, P

Horizont	Tiefe (cm)	GB Vol.-%	TRD g/cm3	FB t/ha	pH H2O	pH CaCl2	Corg t/ha	N t/ha	C/N	P t/ha	C/P
Auflage	5-0			37,40	4,51	3,9	14,8	0,6	27	0,042	352
Ah	0-10	5	0,82	783	4,01	3,41	79,8	3,8	21	0,674	118
I Bv	10-50	20	1,26	4018	4,69	4,25	94,8	3,8	25	2,379	40
II Bv	50-80	15	1,55	3947	4,6	4,28	51,5	1,4	37	1,951	26
III Bv	80-110	15	1,26	3211	4,98	4,19	40,6	0,3	127	1,129	36
Summe							281,6	9,8			6,2

austauschbare Kationen

Horizont	Tiefe (cm)	Ake B kmolc/ha	Ake A kmolc/ha	BS B %	BS A %	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Al kg/ha	Fe kg/ha	Mn kg/ha	H kg/ha
Auflage	5-0	11	13	80	75	203	74	59					
Ah	0-10	91	140	14	10	174	42	64	2	988	102	72	8
I Bv	10-50	80	120	12	7	129	14	11	10	958	15	22	4
II Bv	50-80	60	90	11	4	54	6	11	10	745	9	6	3
III Bv	80-110	136	184	52	43	1174	203	131	18	900	8	10	4
Summe		378	548		16	1733	338	276	40	3591	135	109	19

Schwermetalle

Horizont	Tiefe (cm)	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Pb	As	Cd	V
Auflage	5-0	19,0	82,9	6,8	17,0	18,4	45,9	1,6	0,2	36,3
Ah	0-10	25,1	72,4	10,2	33,4	29,7	67,9	2,4	0,2	61,9
I Bv	10-50	33,8	105,4	17,2	40,9	49,3	22,4 <1		0,1	58,0
II Bv	50-80	46,8	106,6	21,0	49,6	55,0	25,6 <1		0,1	59,9
III Bv	80-110	60,3	111,5	24,8	53,2	53,2	54,5 <1		0,1	55,7

Grenzwerte lt. Düngemittel VO 80,0 150,0 40 1,5

GB Grobboden Ake B Austauschbare Kationen BaCl2 EU-Methode

TRD Trockenrohdichte Ake A Austauschbare Kationen NH4Cl

FB Feinboden

Kationen Auflagehumus und Schwermetalle im Königswasseraufschluss

sehr gering	gering	gering-mittel	mittel	mittel-hoch	hoch	sehr hoch
-------------	--------	---------------	--------	-------------	------	-----------

Vegetationsaufnahme Haltepunkt 7 St. Vinzenz

Tab. 34: Vegetationsaufnahme St. Vinzenz

Schicht		Deckung (%)	Höhe (m)	BHD-BHD (cm)
Baum 1		55	20 - 28	25 - 40
Baum 2		20	7 - 11	8 - 15
Strauch		2	1 - 3	
Kraut		68		
Moos		54		
B1	4a	Picea abies	K r Knautia drymeia ssp.intermedia	
B2	2b	Fagus sylvatica	K r Lonicera caerulea	
S	1a	Fagus sylvatica	K 2 Luzula luzuloides	
S	2	Picea abies	K r Luzula pilosa	
K	+	Abies alba	K 1 Melampyrum pratense	
K	+	Acer pseudoplatanus	K r Mycelis muralis	
K	r	Agrostis capillaris	K 2 Oxalis acetosella	
K	r	Ajuga pyramidalis	K + Phegopteris connectilis	
K	1	Anemone nemorosa	K 1a Picea abies	
K	+	Athyrium filix-femina	K 1a Polygonatum verticillatum	
K	3b	Avenella flexuosa	K + Prenanthes purpurea	
K	+	Calamagrostis epigejos	K + Rubus idaeus	
K	1	Calamagrostis villosa	K r Sambucus racemosa	
K	+	Cardamine trifolia	K + Senecio ovatum	
K	+	Carex pallescens	K r Silene dioica	
K	1	Carex pilulifera	K + Solidago virgaurea ssp.virgaurea	
K	+	Cruciata glabra	K + Sorbus aucuparia	
K	+	Dryopteris carthusiana s.str.	K r Thelypteris limbosperma	
K	+	Dryopteris expansa	K 1 Veronica officinalis	
K	+	Dryopteris dilatata	K 1 Viola reichenbachiana	
K	r	Dryopteris filix-mas	M + Bazzania trilobata	
K	1b	Festuca altissima	M 3a Eurhynchium angustirete	
K	r	Galeopsis pubescens	M 1b Hylocomium splendens	
K	1b	Gentiana asclepiadea	M 1b Hypnum cupressiforme	
K	+	Gymnocarpium dryopteris	M + Plagiochila asplenoides	
K	+	Hieracium lachenalii	M + Plagiommium affine	
K	2a	Hieracium sylvaticum	M 3 Pleurozium schreberi	
K	+	Holcus mollis	M 1 Polytrichum formosum	
K	+	Homogyne alpina	M + Rhytidadelphus triquetrus	
K	r	Huperzia selago	M + Thuidium tamariscinum	
K	1	Hypericum maculatum		

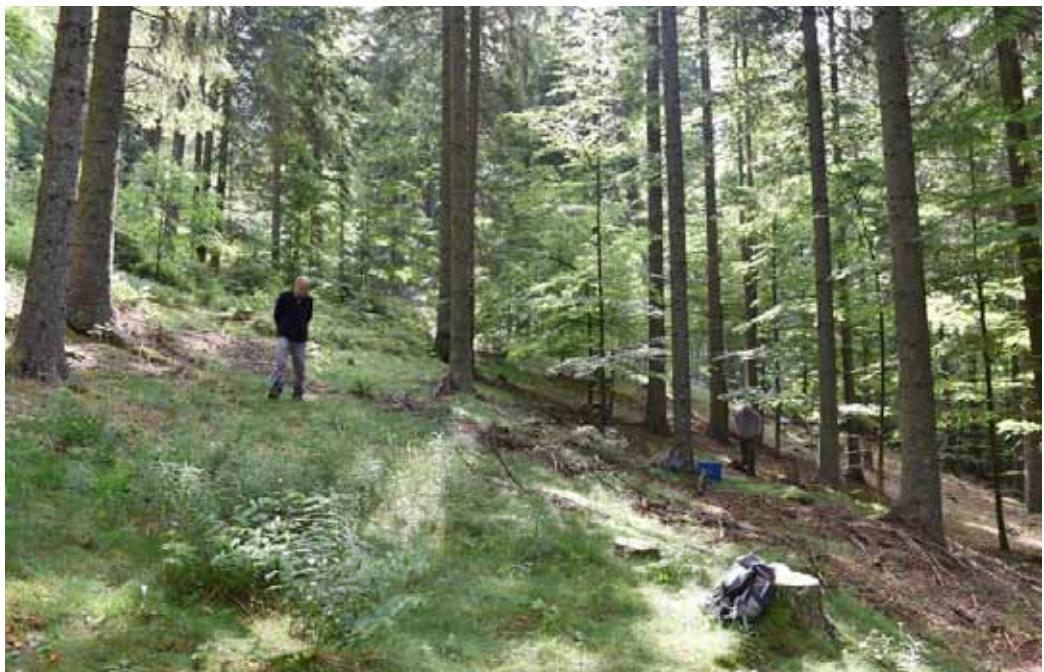


Abb. 32: Buchen-Fichten-Tannen-Bestand am Haltepunkt 7, südlich von St. Vinzenz



Abb. 33 und 34: Buchen-Fichten-Tannen-Bestand am Haltepunkt 7, südlich von St. Vinzenz



Abb. 35: Buchen-Fichten-Tannen-Bestand am Haltepunkt 7, südlich von St. Vinzenz

Haltepunkt 8: Ölmühle Aibl bei Eibiswald

Besichtigung der Kürbiskern-Ölmühle, die zu den ältesten noch arbeitenden steirischen Ölmühlen gehört. Wir sehen die Ölerzeugung; aus 2,5 kg Kürbiskernen werden ca. 1 Liter Öl gepresst.



Abb. 36 und 37: Ölmühle Aibl, Eibiswald

Samstag, den 15.09. 2018

Haltepunkt 9: Schluchtwald „Laßnitz-Klause“, Deutschlandsberg

Südwest-Steiermark, Ostfuß des Steirischen Randgebirges/der Koralpe; Begehung des Schluchtwaldes „Laßnitz-Klause“ bei Deutschlandsberg

Schlucht- und Hangmischwald mit Buche

Koordinaten: Eingang zur Klause (Parkplatz), N: 46.810483°, E: 15.202308°

Seehöhe: 385 m s.m.

Geologie

Klima

Tab. 35: Schluchtwald Laßnitz: Klimadaten aus WorldClim 1.4 (Hijmans et al. 2005).

Klimakennwerte	Tavg_yr	Tmax_wm	Tmin_cm	Tavg_wq	Psum_yr	Psum_wq
Periode 1960-1990	8,2	24,7	-7	177	958	363
Periode 2061-2080	10,1	27,7	-4,1	202	955	312

Tab. 36: Schluchtwald Laßnitz: Ellenberg Quotient (EQ), klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Monate 5-9) (Kwb59) und Marginalität (Mar) (Mellert et al. 2015) für die Baumarten Tanne, Buche, Fichte, Traubeneiche
Baumartencürzel: „Aalba“, „Fsvyl“, „Pabie“, „Qpetr“

EQ	Kwb59	MarAalba	MarFsvyl	MarPabie	MarQpetr
19	154	-3,490	-3,589	-1,216	-1,289

Boden

Kursorische Vegetationsaufnahme:

Stellaria montana = *St. nemorum* subsp. *glochidisperma*, *Crocus neapolitanus*, *Asarum europaeum* subsp. *caucasicum*, *Polystichum braunii*, *P. setiferum*, *Moehringia diversifolia*, *Cardamine waldsteinii*, *Saxifraga paradox*, *Poa styriaca*, *Pulmonaria styriaca*, *Pseudostellaria europaea*, *Knautia drymeia*, *Cardaminopsis halleri*, *Dryopteris expansa*, *Euonymus latifolius*.

Auffällig reichlich Lebermoose, Farne, Schachtelhalme, austrocknungsempfindliche Hochstauden.



Abb. 38 und 39: Schluchtwald in der Lassnitzklause



Abb. 40: Schluchtwald in der Lassnitzklause



Abb. 42: *Saxifraga paradoxa*, Pflanze der schattigen Felsbalmen

Abb. 41: *Cardamine waldsteinii* (=*C. savensis*)



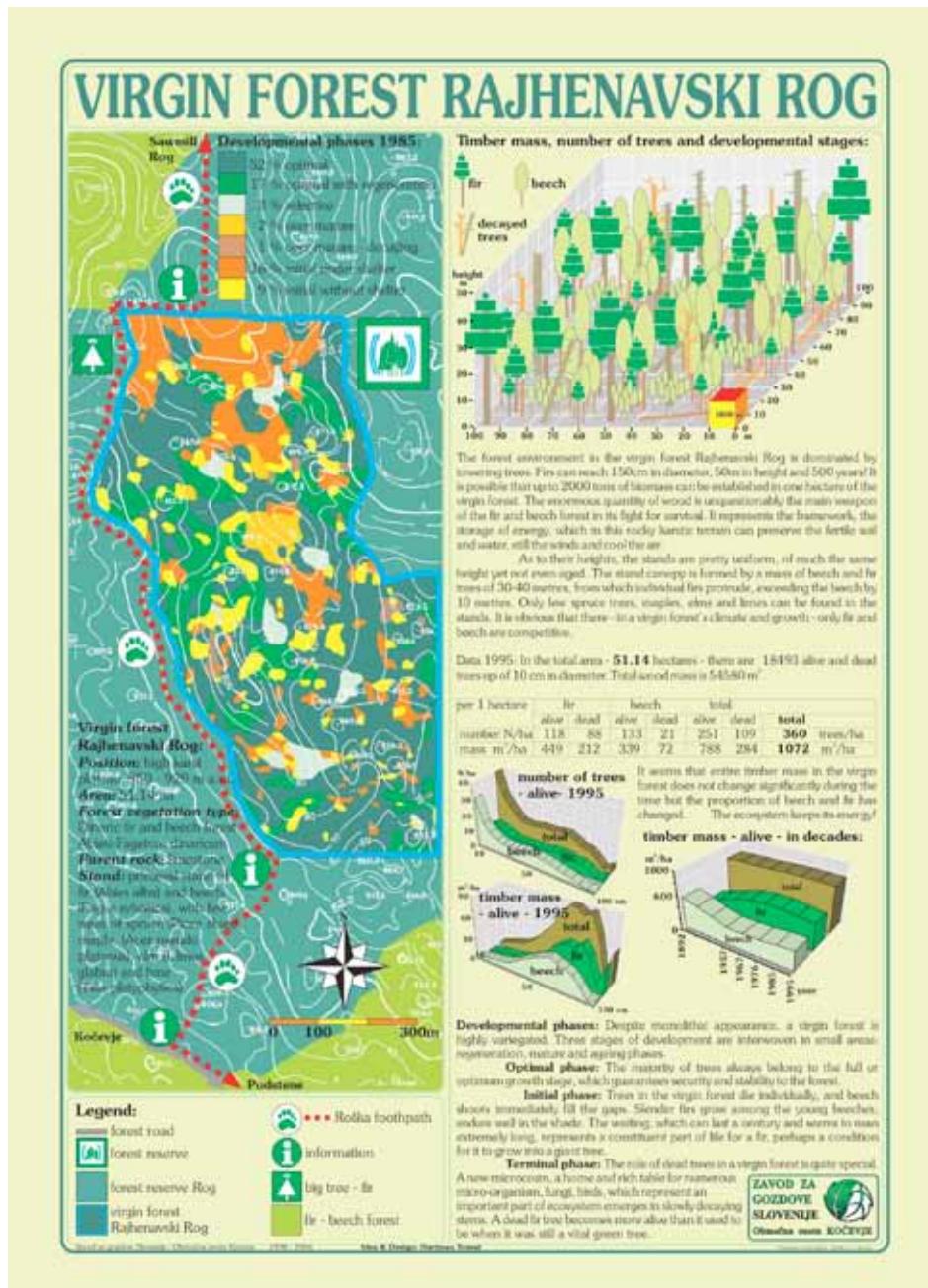
Abb. 43: *Pseudostellaria europaea*, Unterirdische Ausläufer mit knolligen Achsenverdickungen



Abb. 44: Schluchtwald der Laßnitzklause bei Deutschlandsberg

Anhang

1. Flyer Urwald Rajhenavski Rog



2. Die ehemalige deutsche Sprachinsel Gottschee in Krain (1400 - 1945)

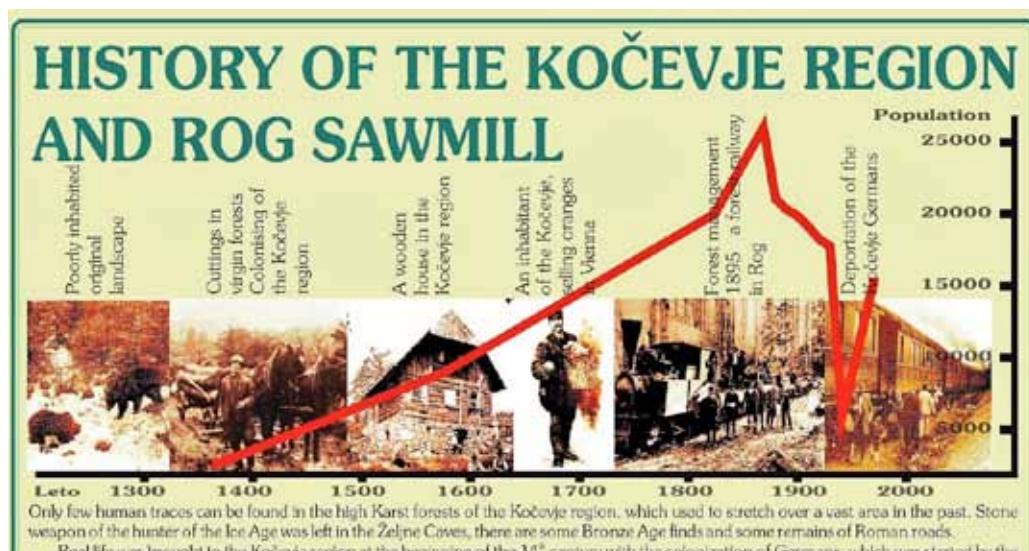


Abb. 1: Die deutsche Sprachinsel Gotschee in Krain 1878

Quelle: Von Carl v. Czoernig – Übertragen aus de.wikipedia nach Commons durch Ireas mithilfe des Commons-Helper. Gemeinfrei. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11794280>

Die ehemals deutsche Sprachinsel Gottschee in Krain (heute Kočevje), ca. 75 km südlich von Ljubljana (Laibach) gelegen, war ca. 840 qkm groß. Im 14. Jahrhundert besiedelten Menschen aus Kärnten und Osttirol das damals unbewohnte Waldland. Die erste urkundlich erwähnte Siedlung war Mooswald im Jahr 1339; die erste Erwähnung des Namens Gottschee stammt aus dem Jahr 1363, das Stadtrecht wurde Gottschee im Jahr 1471 verliehen. Türkeneinfälle führten zum Bau von Wehrkirchen.

Zur Blütezeit um 1820 wohnten in der Gotschee in ca. 150 Gemeinden und Weilern rund 28.000 Menschen.



Only few human traces can be found in the high Karst forests of the Kočevje region, which used to stretch over a vast area in the past. Stone weapon of the hunter of the Ice Age was left in the Željne Caves, there are some Bronze Age finds and some remains of Roman roads.

Real life was brought to the Kočevje region at the beginning of the 14th century with the colonization of Germans, which was started by the Ortenburgs. It was difficult for the local people to gain room for their homes, pastures and fields where there used to be forests. Despite Turkish invasions (from 1469) new villages emerged. The inhabitants of the settlement at the Rinka were awarded municipal rights in 1471. The first information on the Kočevje region was brought to the world by pedlars when in 1492 - by imperial letters patent - Emperor Friderik III vested them with the right of trading the products of small trade and later fruits from the south. Some of the inhabitants were artisans and there were few forest workers, who produced charcoal and potash for glass works. It was primarily women and children who ran their farms, growing food and raising animals for their own needs and taxes to landowners.

The Kočevje estate often changed its owners: in 1641 this region was bought by the Auerspergs, who also erected the town's castle. The prosperity of the region was blocked by a ban on trading southern fruits and buying of the estates after the estate release in 1880. Due to their hard life the inhabitants of the Kočevje region would go abroad, even to America. The constant decreasing of the population ended with the emigration of 12000 Germans from the Kočevje region, who left their homeland due to war promises in 1941-42. Desolated villages, which were burnt down and demolished during the war, were never revitalized. Consequently the forest covered 600 years of human heritage.

Today the preserved nature represents a new possibility for sustainable development of the Kočevsko region.

Abb. 2: *Geschichte der Besiedelung und der Sägemühle*
Quelle: Flyer des Slovenia Forest Service Regional Unit Kočevje

Ende 1941 wurde die deutschsprachige Bevölkerung aufgrund eines Vertrages zwischen dem deutschen Reich und Italien in die Steiermark, Maria Trost in der Nähe von Graz umgesiedelt.

Nach unterschiedlichen Quellen wurden zwischen 12.500 und 14.000 Menschen umgesiedelt.

Rund 13.000 Zurückgebliebene wurden nach 1942 vertrieben.

Bei Rajhenav (Reichenau) stand die **Hornwaldsäge** mit 13 Gattern. Eine 35 km lange Schmalspurbahn wurde für den Holztransport zur Säge 1894 gebaut. Die Säge war bis 1931 in Betrieb.

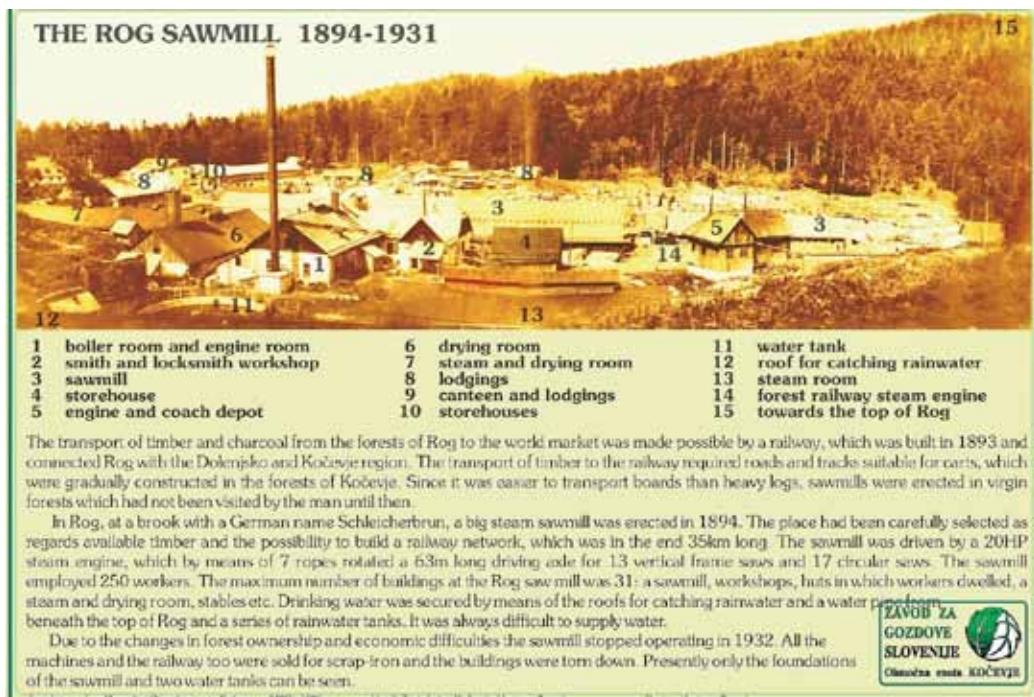


Abb. 3: Gebäude der Hornwaldsäge

Quelle: Flyer des Slovenia Forest Service Regional Unit Kočevje 1997

Nach dem Zweiten Weltkrieg flüchteten Anfang Mai 1945 etwa 17.000 slowenische Landwehrsoldaten und Zivilisten vor dem kommunistischen Tito-Regime nach Viktring bei Klagenfurt in Österreich, wo sie sich britischen Einheiten ergaben. Dabei kam es am 10. Mai unterhalb der Hollenburg bei Köttmannsdorf während des Übergangs über die Drau zu heftigen Kampfhandlungen mit der Jugoslawischen Volksbefreiungsarmee. Die geflüchteten Slowenen wurden in einem Flüchtlingslager bei Viktring interniert.

Die **slowenische EU-Ratspräsidentschaft** führte 2008 eine Anhörung über „Verbrechen totalitärer Regimes“ durch, wobei neben nationalsozialistischen Verbrechen während des Zweiten Weltkriegs in Slowenien auch die Massenhinrichtungen nach Kriegsende zur Sprache kamen. Die Briten übergaben hiernach neben kroatischen und serbischen Gefangenen etwa 11.000 Angehörige der Slowenischen Heimwehr Ende Mai/Anfang Juni 1945 an die Jugoslawische Volksbefreiungsarmee. Diese internierte die ihr übergebenen Soldaten in Lagern in Slowenien und Kroatien. Die slowenischen Domobranzen kamen vor allem in die Lager Teharje (Tüchern) bei Celje (Cilli) und Šentvid (heute Stadtteil von Ljubljana). Bereits auf den Fußmärschen in die Lager wurden zahlreiche Slowenen ermordet, weitere Massaker wurden in den Lagern verübt. Mit dem Sieg der Jugoslawischen Volksbefreiungsarmee kam es an vielen Orten Sloweniens ohne jedes Gerichtsverfahren zu summarischen Hinrichtungen von antikommunistischen slowenischen Militärangehörigen, auch Zivilisten und deutschen Kriegsgefangene wurden umgebracht. Von tausenden Gefangenen in den Lagern Teharje, Šentvid nad Ljubljano und Škofja Loka überlebte nur eine kleine Zahl an Zivilpersonen und minderjährigen Angehörigen der Heimwehr. Die Zahl der nach Kriegsende hingerichteten Slowenen wird auf 14.000 geschätzt, die Gesamtzahl sämtlicher auf slowenischem Gebiet exekutierten Personen jedoch auf möglicherweise über 100.000. Während die Gefangenen in Šentvid mit Viehwaggons nach Kočevje und dann weiter zur Exekution zu verborgenen Karsthöhlen im nahegelegenen Hornwald (Kočevski Rog) gebracht wurden, fanden die Hinrichtungen der Gefangenen von Teharje zum kleineren Teil beim Lager selbst, zum größeren Teil in Höhlen oder aufgegebenen Bergwerkstollen der Umgebung von Stari Hrastnik, Trbovlje und Laško statt. Ein wichtiges Ziel bei Laško war der Barbara-Stollen von Huda Jama.

Etwa 6.000 slowenische Zivilisten wurden nach einer Intervention des kanadischen Lagerleiters Harold Alexander, dem britischen Oberbefehlshaber in Kärnten, von der Rückführung nach Jugoslawien ausgenommen. In Slowenien werden diese Massaker heute als „Drama um Viktring“ bezeichnet, in Kroatien als Massaker von Bleiburg oder „Bleiburger Tragödie“.

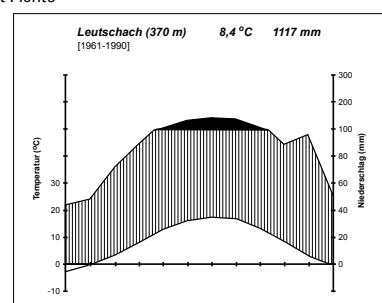
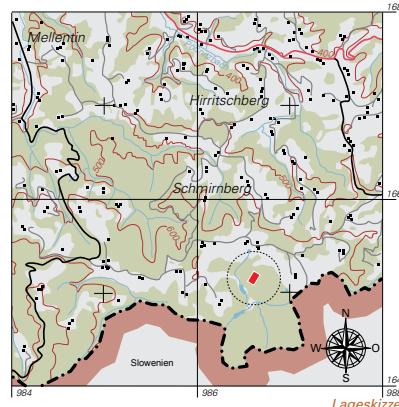
Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Slovensko_domobranstvo. Aufgerufen am 13. August 2018

3. Ergebnisse der Intensivbeobachtungsflächen (Level II) Leutschach

Ergebnisse der Intensivbeobachtungsflächen (Level II) BFW.

Zahlen & Fakten Leutschach | 13

Flächen-Nr.:	13
WBS-Fläche:	608/703
Trakt-Nr. (ÖWI):	81 169013
Bundesland:	Steiermark
Gemeinde:	Großwalz
Karten-Nr. (ÖK 50):	207
Meridiansomst:	34
Hochwert:	5165150
Rechtswert:	986700
Geogr. Länge:	+15°30'24"
Geogr. Breite:	+46°37'23"
Eingerichtet:	06/1994
Gesamtfläche:	0,4950 ha
Grösse Messfläche:	0,2500 ha
Seehöhe:	670 m
Exposition:	Nordwest
Alter (2016):	112 Jahre
Schlussgrad:	locker
Schichtung:	mehrschichtig
Hangneigung:	18 %
Relief:	Mittelhang
Bonität (dGZ ₁₀₀):	8
Pflegezustand:	schlecht
Hauptbaumart 1:	Tanne (60%)
Hauptbaumart 2:	Fichte (30%), Buche (10%)
Wuchsgebiet:	8.2 (Subillirysches Hügel- und Terrassenland)
Klimatische Höhenstufe:	submontan
Waldgesellschaft:	Potentielle natürliche Vegetation: Luzulo nemorosae-Fagetum sylvatici Meusel 1937 und Asperulo odoratae-Fagetum Sougnez & Thill 1959 Aktuelle Vegetation: Luzulo nemorosae-Fagetum sylvatici Meusel 1937 und Asperulo odoratae-Fagetum Sougnez & Thill 1959, anthropogene Ausbildung mit Fichte
Meteorologische Daten:	
Hydrographischer Dienst (HD)	
Klimastation:	Leutschach
Waldeigentümer:	
Herbert Gradišnig	
A-8463 Großwalz 68	
Lokaler Flächenbetreuer:	
Josef Karner	
A-8454 Arnfels 224	

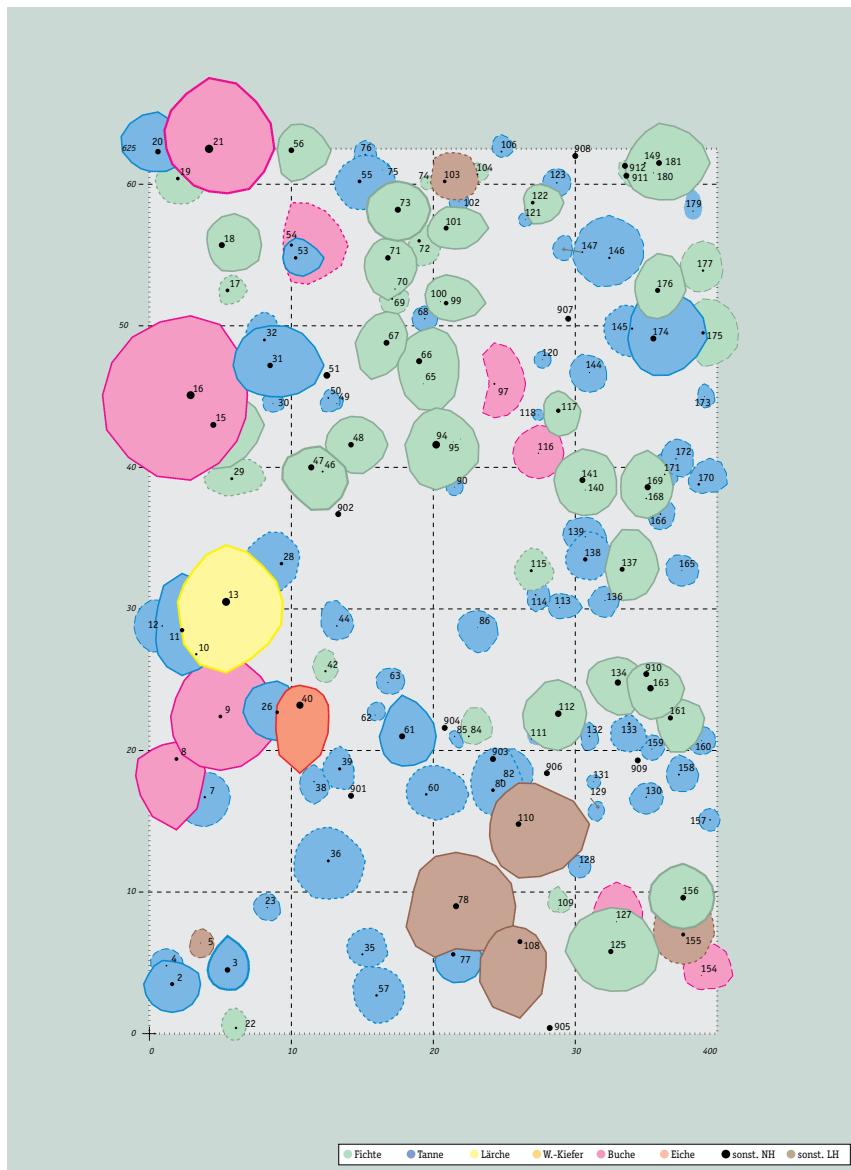


Klimadiagramm der Station Leutschach



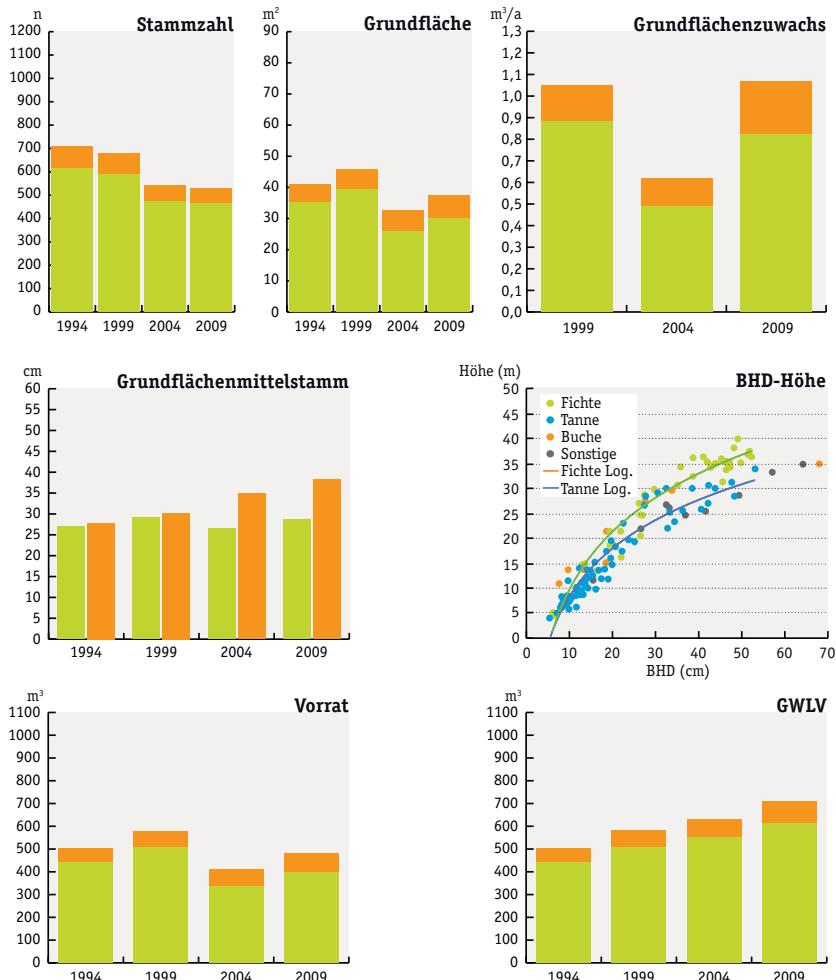
13 | Leutschach

Kronenkarte



Waldwachstum

Leutschach | 13



Oberhöhe 100 (m)	36,1
Oberdurchmesser (cm)	51,2
Mittelhöhe (m)	27,6
Mittelstamm (cm)	30,0
CCF	193
SDI	725

Clark & Evans	1,10
Pielou	1,00
Cox	1,24
Shannon	2,01
Gadow	0,55

Legende:	
	Nadelholz
	Laubholz

(Stand: 2009)

13 | Leutschach**Bodenvegetation**

Aufnahmefläche		400 m ²			10 x 4 m ²		Veränderung			
Aufnahmehr Jahr		1996	2001	2006	1996	2001	2006	96-01	01-06	96-06
Gesamtdeckung der Schichten (in %)	B1	50	55	60	78	81	77			
	B2	35	30	25	9	10	20			
	B3	5	4	5	29	23	37			
	S	15	17	25	<1	1	1			
	K	13	10	5						
	M	1	1	1						

Bäume und Sträucher

036.001.001	<i>Fagus sylvatica</i>	B1	2b	2b	2b					
		B2	2a	2a	2a					
		S	+	+	+	0,000	0,000	0,000		
		K	1	+	1	0,105	0,243	0,510	+*	+*
026.001.006	<i>Abies alba</i>	B1	2a	2a	2b					
		B2	2b	2b	2b					
		B3	1	1	1	9,130	10,000	15,650		
		S	2b	2b	2b	1,378	1,453	1,512		
		K	2m	2m	2m					
026.004.001	<i>Picea abies</i>	B1	2b	2b	2b					
		B2	1	1	1					
		B3	+	+	+	0,001	0,001	0,001		
		K	r	+	+					
036.003.001	<i>Castanea sativa</i>	B2	+	+	r					
		B3	+	+	+					
		K	+	+	+	0,011	0,097	0,102		
080.028.002	<i>Sorbus aucuparia</i>	B2	+							
		S	r	r	r	0,000	0,035	0,000		
		K	1	1	1	0,274	0,084	0,185		
080.009.076	<i>Rubus fruticosus agg.</i>	S	r			0,180	0,000	0,690	-*	
		K	2a	1	1	20,110	6,885	22,480	-*	
080.009.007	<i>Rubus idaeus</i>	S				0,000	0,000	3,335		
		K				0,000	0,000	0,830		

Krautsschicht

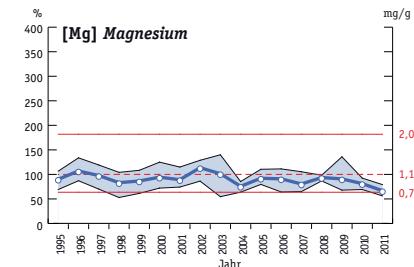
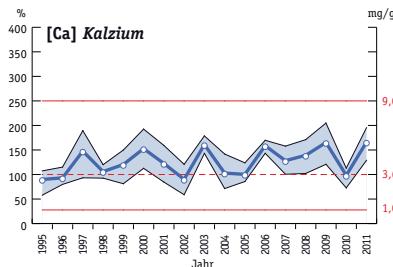
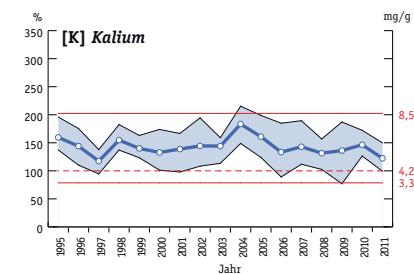
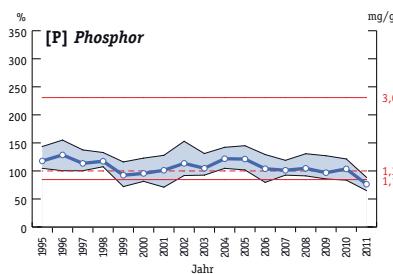
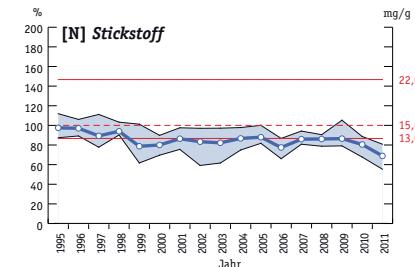
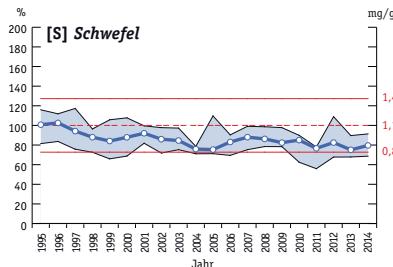
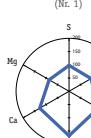
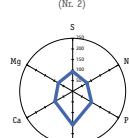
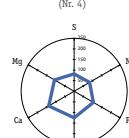
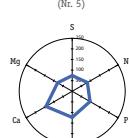
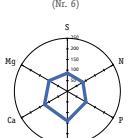
082.001.006	<i>Oxalis acetosella</i>		1	2m	1	1,598	10,320	2,355	+*	-*
169.096.071	<i>Senecio ovatus</i>		+	+	+	1,435	1,685	4,520		
018.001.001	<i>Athyrium filix-femina</i>		1	1	1	0,920	1,080	2,680		
015.001.001	<i>Pteridium aquilinum</i>		+	+	+	1,450	0,967	1,160		
019.003.009	<i>Dryopteris dilatata</i>		r	r	+	0,530	0,610	1,770		
144.005.010	<i>Galium odoratum</i>					0,258	0,522	1,110		
019.003.017	<i>Dryopteris carthusiana</i>		r			0,400	0,350	0,800		
019.003.001	<i>Dryopteris filix-mas</i>		+	r	r	0,105	0,145	1,020		
061.014.001	<i>Anemone nemorosa</i>					0,230	0,653	0,285		
098.001.001	<i>Impatiens noli-tangere</i>					0,350	0,360	0,268		
095.001.005	<i>Acer pseudoplatanus</i>		+	r	r	0,420	0,262	0,261		
129.004.001	<i>Sanicula europaea</i>			r	r	0,208	0,215	0,380		
132.018.006	<i>Vaccinium myrtillus</i>		1	1	+	0,210	0,155	0,170		
110.001.015	<i>Viola reichenbachiana</i>					0,190	0,140	0,084		
183.043.001	<i>Maianthemum bifolium</i>		+	+	+	0,025	0,050	0,150		
040.001.006	<i>Urtica dioica</i>					0,000	0,000	0,210		
151.001.004	<i>Ajuga reptans</i>					0,040	0,060	0,060		
151.010.007	<i>Galeopsis pubescens</i>					0,110	0,010	0,023		
061.017.002	<i>Clematis vitalba</i>					0,000	0,000	0,125		
087.007.034	<i>Euphorbia dulcis:dulcis</i>					0,030	0,040	0,045		
135.007.003	<i>Cyclamen purpurascens</i>					0,052	0,020	0,035		
169.090.001	<i>Petasites albus</i>					0,000	0,000	0,100		

Bodenvegetation **Leutschach** | **13**

165.001.001	<i>Adoxa moschatellina</i>					0,007	0,020	0,032				
140.005.006	<i>Gentiana asclepiadea</i>					0,000	0,018	0,030				
169.118.040	<i>Cirsium oleraceum</i>					0,000	0,000	0,040				
083.001.037	<i>Geranium robertianum</i>					0,000	0,000	0,035				
151.034.001	<i>Lycopus europaeus</i>					0,000	0,000	0,035				
036.004.023	<i>Quercus petraea s.lat.</i>	r	r	+		0,013	0,007	0,015				
057.002.002	<i>Moehringia trinervia</i>					0,004	0,012	0,010				
139.004.003	<i>Fraxinus excelsior</i>	+				0,007	0,000	0,017				
169.181.065	<i>Hieracium cf. praecurrens</i>	+				0,020	0,002	0,000				
080.035.014	<i>Prunus avium</i>	r	+	+		0,000	0,006	0,014				
199.012.064	<i>Carex sylvatica</i>	r				0,000	0,000	0,017				
144.005.002	<i>Galium rotundifolium</i>	+	+	+		0,000	0,007	0,008				
199.012.025	<i>Carex remota</i>					0,000	0,000	0,015				
169.171.001	<i>Prenanthes purpurea</i>	+		r		0,010	0,002	0,000				
193.074.005	<i>Avenella flexuosa</i>	+	+	+		0,002	0,005	0,002				
164.001.002	<i>Sambucus nigra</i>					0,009	0,000	0,000				
068.040.028	<i>Cardamine impatiens</i>					0,000	0,000	0,008				
128.001.001	<i>Hedera helix</i>			r		0,005	0,000	0,003				
123.005.008	<i>Epilobium montanum</i>					0,000	0,000	0,005				
109.001.054	<i>Hypericum perforatum</i>					0,000	0,000	0,005				
057.006.999	<i>Stellaria sp.</i>					0,005	0,000	0,000				
189.002.022	<i>Luzula luzuloides</i>	+	+	+		0,001	0,000	0,000				
019.003.002	<i>Dryopteris affinis</i>	r	+	+								
189.002.029	<i>Luzula pilosa</i>	+	+									
169.181.065	<i>Hieracium murorum</i>	+	r									
169.003.001	<i>Solidago virgaurea</i>	+	r									
169.172.001	<i>Lactuca muralis</i>		+									

Moossschicht

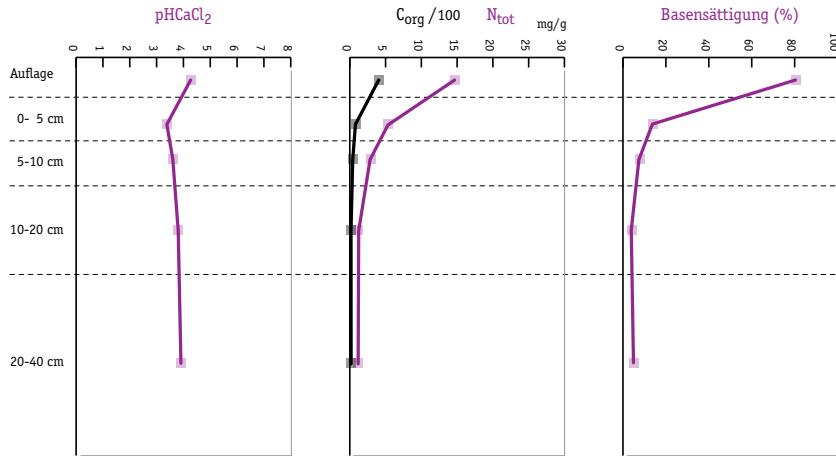
374.004.001	<i>Plagiomnium affine</i>					0,041	0,194	0,040				
357.005.003	<i>Hypnum cupressiforme</i>			+	1	0,000	0,015	0,085				
385.005.002	<i>Polytrichum formosum</i>		+	+	+	0,040	0,030	0,015				
383.001.001	<i>Herzogiella seligeri</i>			+	+	0,000	0,045	0,011				
385.001.004	<i>Atrichum undulatum</i>					0,000	0,000	0,045				
383.003.009	<i>Plagiothecium nemorale</i>					0,000	0,035	0,000				
409.004.004	<i>Thuidium tamariscinum</i>	r	+	+		0,000	0,013	0,018				
315.004.004	<i>Euryhynchium hians</i>					0,000	0,020	0,000				
383.003.012	<i>Plagiothecium curvifolium</i>		+	+		0,010	0,009	0,000				
315.001.025	<i>Brachythecium velutinum</i>			r		0,000	0,010	0,008				
406.001.001	<i>Tetraphis pellucida</i>			r		0,000	0,007	0,000				
315.004.013	<i>Euryhynchium striatum agg.</i>					0,001	0,000	0,000				
348.005.004	<i>Lophocolea heterophylla</i>			+	+	0,000	0,001	0,000				
334.008.004	<i>Dicranella heteromalla</i>				r							


BFW Ergebnisse der Intensivbeobachtungsflächen (Level II)
13 | Leutschach**Nadelanalyse**Probebaumart: Fichte (*Picea abies*)Baum 1
(Nr. 1)Baum 2
(Nr. 2)Baum 3
(Nr. 3)Baum 4
(Nr. 4)Baum 5
(Nr. 5)

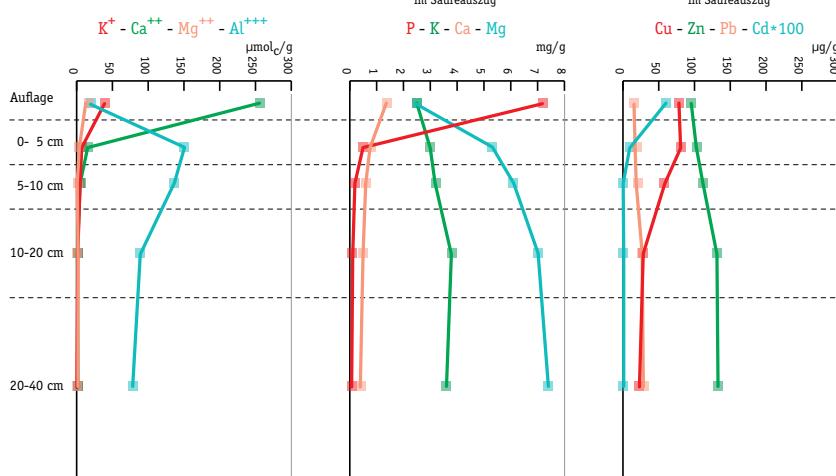
Boden, Tiefenstufen

Leutschach | 13

Bodenparameter nach Tiefenstufen



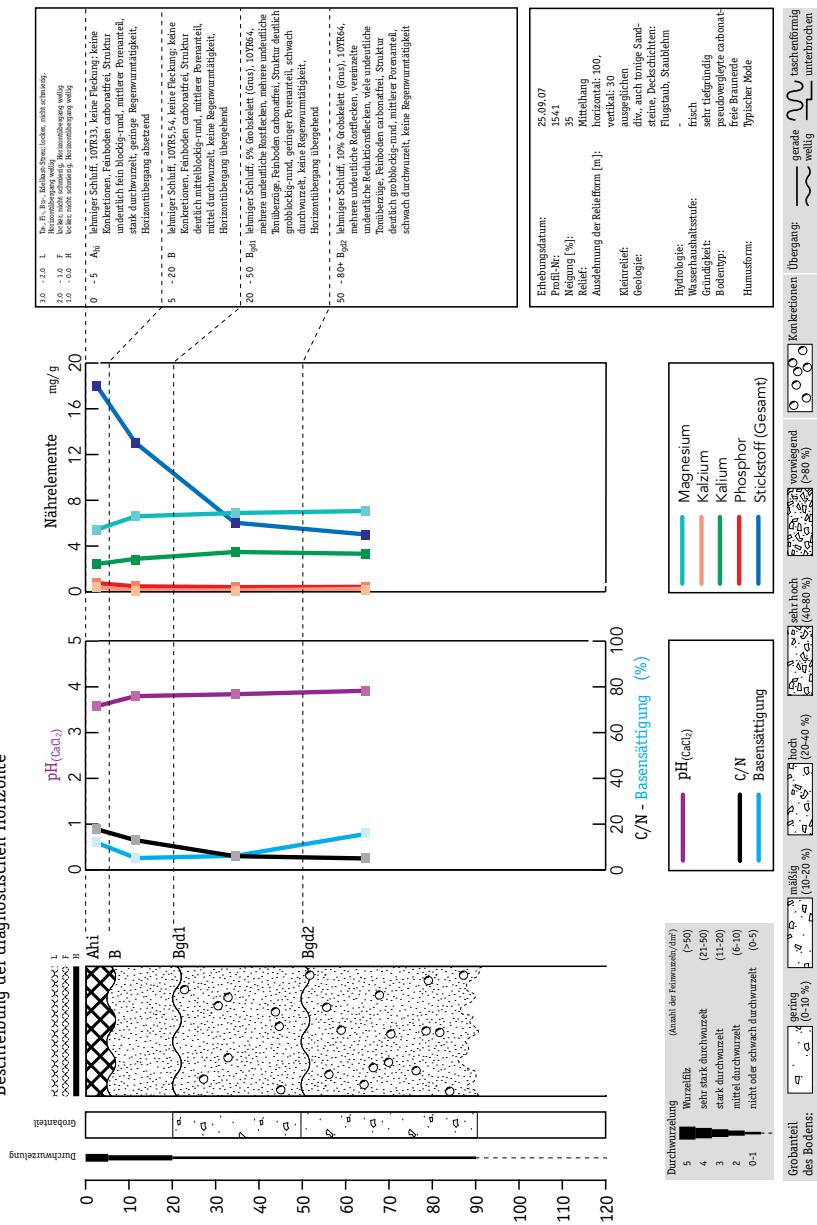
austauschbare Kationen





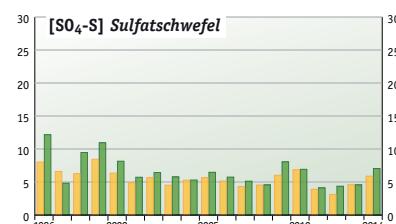
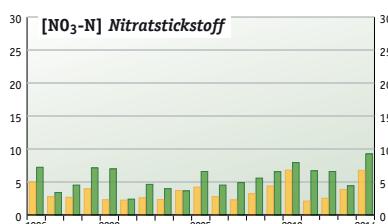
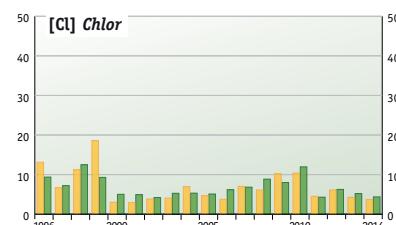
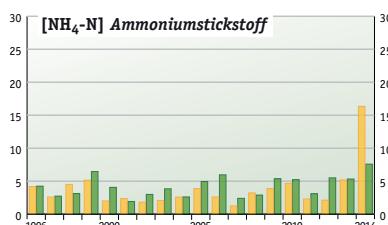
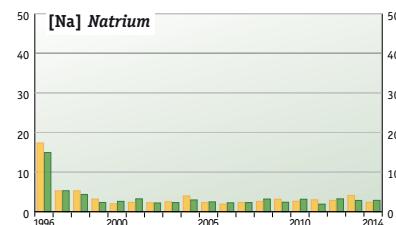
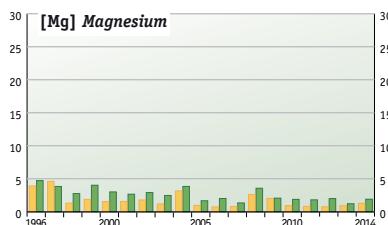
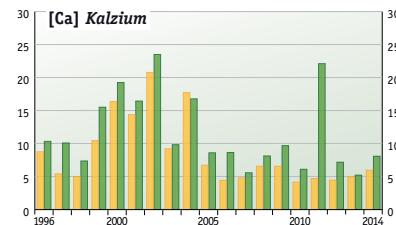
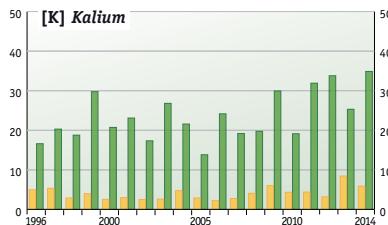
13 Leutschach

Boden, Horizonte



Deposition

Leutschach | 13



4. Klimakennwerte an den Haltepunkten

Tab. 1: Klimakennwerte und bioklimatische Indizes auf der Basis WordClim 1.4
(Hijmans et al. 2005).

Mittlere Jahrestemperatur [°C] (Tavg_yr),
maximale Temperatur im wärmsten Monat,
minimale Temperatur im kältesten Monat (Tmin_cm),
mittlere Temperatur im wärmsten Quartal (Tavg_wq),
Niederschlagsumme [mm] im Jahr (Psum_yr),
Niederschlagsumme im wärmsten Quartal (Psum_wq).

Klima jeweils für die Periode 1960-1990 und die Zukunft (2061-2081) nach RCP-Szenario 4.5 des Max-Planck-Instituts. Marginalität (Mar) nach Mellert et al. (2015) für die Baumarten Tanne, Buche, Fichte, Traubeneiche (Baumartenkürzel: „Alba“, „Fsvlv“, „Pabie“, „Qpetr“).

Klima für die Periode 1960-1990

Nr	Haltepunkt	Tavg_yr	Tmax_wm	Tmin_cm	Tavg_wq	Psum_yr	Psum_wq
1	Kocevje Urwald	7,1	22,1	-52	158	1338	347
2	Lendava-Ei-HB-Bu-Wald	9,6	25,5	-50	187	819	287
3	Ljutomer Buchenwald-Sonnhang	9,6	25,5	-50	188	881	306
4	Ljutomer Buchenwald-Schatthang	9,6	255	-50	188	881	306
5	Arnfels Kastanienhain	8,4	248	-65	177	990	361
6	Arnfels Buchen-Kastanienbestand	7,4	23,5	-72	166	1034	375
7	StVinzenz ehemalige Probefläche	4,8	20,1	-88	137	1177	411
8	Ölmühle Aibl	8,1	24,6	-68	175	999	365
9	Schluchtwald Laßnitz	8,2	24,7	-70	177	958	363

Klima für die Periode 2061-2080

Nr	Haltepunkt	Tavg_yr	Tmax_wm	Tmin_cm	Tavg_wq	Psum_yr	Psum_wq
1	Kocevje Urwald	9,2	25,5	-34	186	1357	289
2	Lendava-Ei-HB-Bu-Wald	11,5	28,6	-19	214	821	232
3	Ljutomer Buchenwald-Sonnhang	11,6	28,6	-20	215	881	250
4	Ljutomer Buchenwald-Schatthang	11,6	28,6	-20	215	881	250
5	Arnfels Kastanienhain	10,3	27,9	-36	203	988	307
6	Arnfels Buchen-Kastanienbestand	9,4	26,6	-43	192	1033	319
7	StVinzenz ehemalige Probefläche	6,8	23,2	-62	162	1184	355
8	Ölmühle Aibl	10,1	27,7	-39	201	999	314
9	Schluchtwald Laßnitz	10,1	27,7	-41	202	955	312

Bioklimatische Indizes

Nr	Haltepunkt	EQ	Kwb59	MarAlba	MarFsvlv	MarPabie	MarQpetr
1	Kocevje Urwald	12,481	178,519	-2,797	-3,023	-2,119	-1,296
2	Lendava-Ei-HB-Bu-Wald	23,932	31,630	-0,857	-2,503	1,422	-2,609
3	Ljutomer Buchenwald-Sonnhang	22,247	56,780	-1,189	-2,839	1,230	-2,554
4	Ljutomer Buchenwald-Schatthang	22,247	56,780	-1,189	-2,839	1,230	-2,554
5	Arnfels Kastanienhain	18,889	147,479	-3,334	-3,610	-1,176	-1,475
6	Arnfels Buchen-Kastanienbestand	16,925	181,565	-4,101	-3,642	-2,481	-0,510
7	StVinzenz ehemalige Probefläche	12,319	276,319	-4,289	-2,850	-4,437	4,050
8	Ölmühle Aibl	18,418	159,978	-3,575	-3,637	-1,466	-1,252
9	Schluchtwald Laßnitz	19,311	154,427	-3,490	-3,589	-1,216	-1,289

5. Analyse der Bodenproben: pH, N, C

Proben_Haltepunkt	Profil	Bezeichnung	Probenart	pH-Wert		N1-Geh %	N2-Geh % Wh	C1-Geh %	C2-Geh % Wh	MWN		MWC	
				(H ₂ O)	(CaCl ₂)					[%]	[%]	C/N	
28046_2 Lendava	1	Humus	Humus	5,28	4,83	1,34	1,33	35,75	35,74	1,34	35,75	26,78	
28047		Mineralboden 0-3_x000D_Boden	Boden	4,44	3,86	0,45	0,46	7,01	7,03	0,46	7,02	15,43	
28048		Mineralboden 3-20	Boden	4,28	3,75	0,12	0,11	1,51	1,51	0,12	1,51	13,16	
28049		Mineralboden 20-30	Boden	4,58	3,84	0,06	0,06	0,63	0,61	0,06	0,62	10,33	
28050		Mineralboden 30-80	Boden	4,86	4,03	0,04	0,04	0,35	0,34	0,04	0,35	8,63	
28041_3 Ljutomer W	2	Auflage	Humus	6,04	5,39	1,52	1,51	37,66	37,51	1,52	37,59	24,81	
28042		Mineralboden 0-8_x000D_Boden	Boden	5,57	5,18	0,25	0,26	3,26	3,33	0,26	3,30	12,92	
28043		Mineralboden 8-32	Boden	5,63	5,02	0,1	0,1	1,11	1,12	0,10	1,12	11,15	
28044		Mineralboden 32-70	Boden	5,14	4,33	0,05	0,05	0,4	0,4	0,05	0,40	8,00	
28045		Mineralboden 70-110	Boden	5,27	4,45	0,05	0,04	0,3	0,29	0,05	0,30	6,63	
28035_4 Ljutomer E	3	Auflage	Humus	4,28	3,37	1,51	1,52	31,32	31,29	1,52	31,31	20,66	
28036		Mineralboden 0-5	Boden	4,12	3,32	0,32	0,33	5,99	5,91	0,33	5,95	18,31	
28037		Mineralboden 5-12	Boden	4,39	3,59	0,11	0,11	2,42	2,48	0,11	2,45	22,27	
28038		Mineralboden 12-50	Boden	4,62	3,83	0,03	0,04	0,64	0,63	0,04	0,64	18,54	
28039		Mineralboden 50-85	Boden	4,63	3,79	0,02	0,02	0,2	0,21	0,02	0,21	10,25	
28040		Mineralboden 85-100	Boden	4,73	3,81	0,01	0,01	0,15	0,15	0,01	0,15	15,00	
28056_6 Armfels	4	Humus	Humus	4,78	4,33	1,31	1,32	37,64	37,62	1,32	37,63	28,62	
28057		Mineralboden 0-10	Boden	3,74	3,23	0,36	0,35	7,77	7,6	0,36	7,69	21,65	
28058		Mineralboden 10-30	Boden	3,94	3,56	0,05	0,06	1,02	1,05	0,06	1,04	18,95	
28059		Mineralboden 30-80_x00CBoden	Boden	4,14	3,90	0,05	0,05	0,76	0,77	0,05	0,77	15,30	
28060		Mineralboden 30-55	Boden	4,08	3,83	0,12	0,11	3,15	3,13	0,12	3,14	27,35	
28061		Mineralboden 55-80_x00CBoden	Boden	4,22	4,03	0,04	0,04	0,68	0,53	0,04	0,61	15,13	
28051_7 St. Vinzenz	5	Humus	Humus	4,51	3,90	1,47	1,49	39,61	39,77	1,48	39,69	26,82	
28052		Mineralboden	Boden	4,01	3,41	0,48	0,48	10,16	10,22	0,48	10,19	21,23	
28053		Mineralboden 10-50_x00CBoden	Boden	4,69	4,25	0,1	0,09	2,35	2,37	0,10	2,36	24,92	
28054		Mineralboden 50-80_x00CBoden	Boden	4,60	4,28	0,04	0,03	1,32	1,29	0,04	1,31	38,00	
28055		Mineralboden 80-110_x00CBoden	Boden	4,98	4,19	0,01	0,01	1,24	1,29	0,01	1,27	126,50	

6. Analyse der Bodenproben: Austauschbare Kationen, Nährelemente und Schwermetalle

Haltepunkt	Profil-Nr.	Tiefe	Austauschbare Kationen [mmol ₊ /kg ⁻¹]												
			TMF	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺⁺	H ⁺	S-Wert BCE	säure-ACE	KAK	BS [%]
2 Lendava	1	AP3	1,073	0,57	12,80	267,35	80,37	39,80	1,08	0,11	0,27	361,1	41,3	402	90
		0 - 3 cm	1,025	0,41	2,60	21,68	12,48	14,98	38,07	0,09	2,34	37,2	55,5	93	40
		3 - 20 cm	1,018	0,20	0,41	2,26	2,57	3,87	33,98	0,04	1,45	5,4	39,3	45	12
		20 - 30 cm	1,018	0,27	0,45	7,35	10,21	1,68	28,58	0,03	1,36	18,3	31,6	50	37
3 Ljutomer W	2	AP2	1,088	0,41	19,17	532,38	118,10	4,39	0,29	0,10	<0,1	670,1	4,6	675	99
		0 - 8 cm	1,027	<0,2	3,08	153,44	40,91	1,02	0,87	0,05	<0,1	197,6	2,0	200	99
		8 - 32 cm	1,022	0,21	1,77	89,10	34,47	0,33	1,79	0,04	0,17	125,5	2,3	128	98
		32 - 70 cm	1,032	0,33	2,39	75,83	50,02	0,58	14,98	0,03	1,02	128,6	16,6	145	89
4 Ljutomer E	3	AP1	1,087	2,31	18,28	140,51	48,59	8,62	34,26	4,84	12,91	209,7	60,6	270	78
		0 - 5 cm	1,021	0,40	2,54	7,50	7,30	0,26	64,24	3,33	5,78	17,7	73,6	91	19
		5 - 12 cm	1,015	<0,2	0,94	2,63	2,26	0,04	43,86	1,78	2,07	5,9	47,8	54	11
		12 - 50 cm	1,011	<0,2	0,50	1,99	2,74	0,08	30,43	0,16	0,93	5,4	31,6	37	15
		50 - 85 cm	1,015	<0,2	0,74	2,91	7,72	0,39	33,05	0,02	1,16	11,4	34,6	46	25
6 Arnfels	4	AP5	1,081	0,24	18,02	168,79	40,25	54,00	3,87	0,23	2,27	227,3	60,4	288	79
		0 - 10 cm	1,030	0,32	1,98	1,79	2,20	1,08	122,81	5,65	9,00	6,3	138,5	145	4
		10 - 30 cm	1,025	<0,2	0,82	0,54	0,74	0,23	106,25	1,67	3,07	2,2	111,2	113	2
		30 - 80 cm	1,017	0,24	0,38	0,56	0,33	0,32	29,91	0,10	0,87	1,5	31,2	33	5
		30 - 55 cm	1,018	<0,2	0,44	0,32	0,29	0,33	39,95	0,16	1,28	1,1	41,7	43	3
7 St. Vinzenz	5	AP4	1,080	0,36	12,31	185,12	31,43	33,75	16,29	1,40	5,21	229,2	56,6	286	80
		0 - 10 cm	1,037	<0,2	1,60	9,78	4,46	2,31	88,86	4,94	4,69	16,0	100,8	117	14
		10 - 50 cm	1,021	<0,2	<0,2	1,72	0,50	0,23	16,57	0,09	0,46	2,5	17,3	20	12
		50 - 80 cm	1,017	<0,2	<0,2	0,94	0,34	0,14	13,07	0,03	0,36	1,6	13,6	15	11
		80 - 110 cm	1,019	0,23	0,84	15,85	5,19	0,18	19,54	0,04	0,53	22,1	20,3	42	52

Haltepunkt	Profil-Nr.	Tiefe	Nährelemente im Sre-Extrakt [g.kg ⁻¹]						Schwermetalle im Sre-Extrakt [mg.kg ⁻¹]										
			P	K	Ca	Mg	Fe	Al	S	Mn	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Pb	As	Cd	V
2 Lendava	1	AP3	1,04	2,78	7,60	2,74	12,52	17,04	1,40	5462	14	82	7	19	32	23	6	0,55	30
		0 - 3 cm	0,61	3,12	1,14	3,30	31,12	31,47	0,50	3447	13	72	18	45	30	43	12	0,13	57
		3 - 20 cm	0,32	2,22	0,51	3,41	32,33	28,88	0,20	2578	13	70	21	38	25	34	11	<0,04	56
		20 - 30 cm	0,30	2,53	0,57	3,93	34,63	31,50	0,15	1696	16	72	25	39	29	26	9	<0,04	59
		30 - 80 cm	0,26	2,44	1,07	4,57	53,93	44,43	0,14	308	29	71	11	56	36	23	17	<0,04	73
3 Ljutomer W	2	AP2	0,99	2,42	22,49	4,05	9,98	11,63	1,44	306	17	56	5	14	13	11	3	0,14	23
		0 - 8 cm	0,30	3,24	4,43	8,28	36,18	34,57	0,22	383	32	91	16	46	44	26	9	0,24	55
		8 - 32 cm	0,23	2,48	2,90	8,09	36,61	31,82	<0,1	286	30	86	15	42	43	21	7	<0,04	50
		32 - 70 cm	0,16	2,85	2,30	9,46	47,34	37,75	<0,1	689	40	96	21	50	56	21	10	0,05	56
		70 - 111 cm	0,21	2,23	2,77	9,96	50,19	33,26	<0,1	694	47	101	18	48	59	20	11	0,12	49
4 Ljutomer E	3	AP1	1,14	1,71	3,91	1,39	7,25	9,35	1,70	285	14	46	3	10	11	34	4	0,48	22
		0 - 5 cm	0,44	1,47	0,57	1,61	11,97	14,79	0,36	65	9	23	3	14	10	28	4	0,17	25
		5 - 12 cm	0,33	1,27	0,46	1,95	13,94	15,11	0,12	69	7	24	3	16	10	24	3	<0,04	23
		12 - 50 cm	0,19	1,05	0,39	2,51	15,30	16,86	<0,1	163	7	32	5	17	15	10	3	<0,04	21
		50 - 85 cm	0,11	1,01	0,25	3,02	19,39	18,22	<0,1	323	10	39	10	19	18	8	5	<0,04	23
		85 - 100 cm	0,19	1,27	0,29	2,79	27,39	22,47	<0,1	537	17	35	7	20	19	9	8	<0,04	27
6 Arnfels	4	AP5	1,25	3,32	5,33	1,70	24,53	13,46	1,25	3114	23	91	9	28	29	33	10	0,21	38
		0 - 10 cm	0,98	4,04	0,19	1,75	55,72	26,93	0,70	386	34	92	13	49	43	79	18	0,21	73
		10 - 30 cm	0,68	3,91	0,16	1,91	60,39	31,92	0,54	444	38	99	24	57	51	60	19	0,15	78
		30 - 80 cm	0,71	2,45	<0,1	2,36	70,62	28,25	0,54	637	46	168	27	64	85	71	15	0,27	78
		55 - 80 cm	0,60	3,01	0,12	1,98	62,24	29,63	0,53	506	39	125	20	54	58	55	19	0,13	75
7 St. Vinzenz	5	AP4	1,13	1,58	5,43	1,97	21,31	17,83	1,41	1687	19	83	7	17	18	46	2	0,21	36
		0 - 10 cm	0,86	2,24	1,31	3,50	39,17	39,03	0,63	517	25	72	10	33	30	68	2	0,16	62
		10 - 50 cm	0,59	2,81	1,42	5,91	43,59	44,26	0,19	676	34	105	17	41	49	22	<1	0,09	58
		50 - 80 cm	0,49	3,55	1,50	8,37	49,20	45,89	0,14	890	47	107	21	50	55	26	<1	0,06	60
		80 - 110 cm	0,35	2,24	1,60	11,43	59,78	46,17	<0,1	1437	60	111	25	53	53	55	<1	0,07	56

