



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

**„NIEDERSCHLAGSSENSITIVITÄT VERSCHIEDENER
BAUMARTEN IN OSTÖSTERREICH“**

Verfasserin

Sonja Schaupmann

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im September 2008

Studienkennzahl lt. Studienbuchblatt: A 453 455

Matrikelnummer: 9825359

Studienrichtung lt. Studienbuchblatt: Theoretische und Angewandte Geographie

Betreuerin: Gastprof. Apl. Prof. Dr. habil. Birgit Terhorst

ERKLÄRUNG

Ich versichere

- dass ich die Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe
- dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe
- dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt
- dass ich mich bemüht habe, die Inhaber sämtlicher Bildrechte ausfindig zu machen um ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit einzuholen. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Sonja Schaupmann
September 2008

Death: EVERYTHING THAT HAPPENS, STAYS HAPPENED.

"What kind of philosophy is that?"

Death: THE ONLY ONE THAT WORKS.

Terry Pratchett "Thief of Time"

DANKSAGUNG

Die Durchführung meiner Diplomarbeit war nur durch die Unterstützung einiger Menschen möglich, bei welchen ich mich nun kurz bedanken möchte:

Dr. Michael Grabner: für die dendrochronologischen Einwürfe und Korrekturen und das vermitteln von Fachwissen – und dafür, dass er so ein toller Chef ist.

Dr. Franz Holawe: für die Unterstützung beim klimatologischen Teil sowie die langen Erklärungen in Sachen Statistik – letztendlich habe sogar ich ein bisschen Gefallen an Statistik gefunden.

Dr. habil. Birgit Terhorst: für die Betreuung meiner Diplomarbeit und für die landschaftsökologische Unterstützung und dafür, dass sie sich nicht vom einem – für Geographen – eher außergewöhnlichen Thema hat abschrecken lassen.

Vielen Dank auch an die beiden Förster von Ernstbrunn und Fehring für die tatkräftige Unterstützung und die Erlaubnis zur Bohrkernentnahme.

Außerdem:

Meiner Freundin und Kollegin Daniela Geihofer für ihr offenes Ohr – fachliche und nicht ganz so fachliche Themen betreffend.

Meiner besten und liebsten (Studien-)Kollegin und Freundin Sandra Karanitsch für ihre Lektoratstätigkeit. Und überhaupt hätte ich ohne Dich das Studium nicht überstanden! Hey Ho!

Martin Weigl für seine Unterstützung und kindgerechten Erklärungen in Sachen Statistik.

Charles Nock for his help with taking the samples at Ernstbrunn and Fehring.

Last but not least – meiner Familie und Freunden für Lebenshilfe in allen Wetterlagen und über viele Jahre hinweg – ich weiß, mit mir ist es ab und an nicht leicht:

Mama und Manfred – Maxx - Sandra Badhofer, Paul Delavos, Christiana Freitag, Alexandra Mundschütz, Verena Mörtl, Simona Ronca, Danielle Zederbauer...

Und noch einmal Terry Pratchett – diesmal aus „Wyrd Sisters“. Manch einer mag ja schon geglaubt haben, dass ich für immer Studentin sein werde ...

Death: DON'T WORRY, IT WON'T BE FOREVER.

Verence: "Good."

Death: IT MAY *SEEM* LIKE FOREVER.

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Arbeit war es festzustellen, ob die Baumarten Kiefer, Lärche, Fichte, Eiche und Buche in ihren Jahrringen eine Niederschlagssensitivität anzeigen. Außerdem sollten verschiedene Detrendingmethoden erprobt und eine Naturraumanalyse durchgeführt werden. Dendroklimatologie beschäftigt sich mit den Zusammenhängen zwischen klimatologischen Prozessen und der Jahrringbreite von Bäumen. Hier wurde die Dendroklimatologie verknüpft mit der Landschaftsökologie dargestellt, welche sich mit biotischen und abiotischen Faktoren beschäftigt, um ein ganzheitliches Bild zu schaffen. Dazu wurden an zwei Standorten (Ernstbrunn und Fehring) Bohrkerne von Bäumen entnommen, bearbeitet und analysiert (Früh-, Spätholzbreite und Jahrringbreite).

Es erwiesen sich alle fünf Baumarten als niederschlagssensitiv, wobei Kiefer, Fichte und Lärche die besten Signale zeigten. Der Standort Ernstbrunn erwies sich als trockener und besser geeignet für dendroklimatologische Untersuchungen als Fehring, was auch aufgrund der Ergebnisse der Naturraumanalyse zu erwarten gewesen war. Von den drei unterschiedlichen Detrendingmethoden zeigte sich die negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade als zuverlässigste Variante. Die beiden anderen Methoden (5jähriger Spline und Z-Transformation) müssten in weiteren Studien noch verbessert und weiter untersucht werden.

ABSTRACT

The object of this work was to find out, if the tree species pine, larch, spruce, oak and beech show sensitivity for precipitation in their tree-rings. Furthermore different detrending-methods should be tested and the natural landscape units should be analysed. Dendroclimatology deals with connections between climatic processes and the width of tree-rings. In this work dendroclimatology has been linked to landscape ecology, which deals with biotic and abiotic factors. Therefore tree-cores were taken at two different sites (Ernstbrunn and Fehring). The cores were analysed and early-wood, late-wood and total ring width were measured.

It turned out, that all five tree-species were sensitive to precipitation, whereas pine, spruce and larch showed the best signals. The site Ernstbrunn appeared to be drier and more appropriate for dendroclimatologic studies than Fehring. This had been expected after analysing the natural landscape units. Using the negative-exponential curve for detrending turned out to be the most reliable method. The other two methods (using a 5-year spline and z-transformation) should be improved and further tested in future studies.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	8
1.1. Landschaftsökologie	9
1.2. Klimatologie	9
1.3. Dendrochronologie	10
1.3.1. <i>Grundlegende Prinzipien der Dendrochronologie</i>	11
1.4. Dendroklimatologie	15
1.5. Basiswissen zur Jahrringanalyse	16
2. LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE ANALYSE DER BEPROBUNGS- STANDORTE	19
2.1. Naturraumanalyse	20
2.1.1. <i>Standort Ernstbrunn</i>	20
2.1.2. <i>Standort Fehring</i>	29
2.2. Klima	33
2.2.1. <i>Der pannonische Klimatyp</i>	33
2.2.1.1. Klima Ernstbrunn	34
2.2.2. <i>Der illyrische Klimatyp</i>	36
2.2.2.1. Klima Fehring	36
2.3. Zusammenfassung	38
2.3.1 <i>Ernstbrunn</i>	38
2.3.2. <i>Fehring</i>	39
2.4. Baumarten	39
2.4.1. <i>Quercus petrea – Traubeneiche oder Winterliche</i>	39
2.4.2. <i>Quercus robur – Stieleiche oder Sommerliche</i>	40
2.4.3. <i>Picea abies – die Gemeine Fichte oder Rotfichte</i>	41
2.4.4. <i>Pinus sylvestris – die Gemeine Kiefer oder Föhre</i>	43
2.4.5. <i>Pinus nigra – die Schwarzkiefer oder Schwarzföhre</i>	45
2.4.6. <i>Larix decidua – die Europäische Lärche</i>	46
2.4.7. <i>Fagus sylvatica – die Gemeine Buche oder Rotbuche</i>	48
3. METHODIK	51
3.1. Probennahme	51
3.2. Probenbearbeitung	52
3.3. Messung	52
3.4. Synchronisation	53
3.5. Detrending	58
3.6. Dendroclim – Response Function Analyse	60
3.7. Korrelationsanalyse	61
4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION	62
4.1. Einfluss des Detrendings auf die Ergebnisse der Response Function Analyse	64
4.1.1. <i>Kiefer</i>	64
4.1.2. <i>Lärche</i>	67
4.1.3. <i>Fichte</i>	71
4.1.4. <i>Eiche</i>	74
4.1.5. <i>Buche</i>	77
4.1.6. <i>Zusammenfassung</i>	79

4.2. Response Function Ergebnisse getrennt nach Baumarten	79
4.2.1. <i>Kiefer</i>	80
4.2.2. <i>Lärche</i>	81
4.2.3. <i>Fichte</i>	82
4.2.4. <i>Eiche</i>	82
4.2.5. <i>Buche</i>	83
4.2.6. <i>Zusammenfassung</i>	83
4.3. Response Function Ergebnisse getrennt nach Standorten	84
4.3.1. <i>Ernstbrunn</i>	84
4.3.2. <i>Fehring</i>	85
4.3.3. <i>Zusammenfassung</i>	87
4.4. Ergebnisse der Korrelationsanalyse	87
5. SCHLUSSFOLGERUNG	89
6. LITERATURVERZEICHNIS	90
7. ANHANG	95
7.1. Responsewerte für alle Baumarten: Niederschlag	95
7.2. Responsewerte für alle Baumarten: Temperatur	100
CURRICULUM VITAE	105

1. EINLEITUNG

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, mittels dendrochronologischer Methoden herauszufinden, ob die Baumarten Kiefer (*Pinus nigra* L. bzw. *sylvestris* L.), Fichte (*Picea abies*), Lärche (*Larix decidua*), Buche (*Fagus sylvatica*) und Stiel-, bzw. Traubeneiche (*Quercus robur* L., bzw. *petraea* Liebl.) in ihren Jahrringen ein Niederschlagssignal anzeigen, sich also als sensitiv gegenüber dem Wasserhaushalt, d.h. den Niederschlägen, erweisen. Es soll mittels Niederschlagsdaten verschiedener Klimastationen der *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik* festgestellt werden, ob die Jahrring- bzw. Früh- und Spätholzbreiten der oben genannten Baumarten mit diesen Niederschlagswerten korrelieren oder nicht. Jene Baumarten, die sich als sensitiv erweisen, können dann in Zukunft für dendroklimatologische Untersuchungen und auch für Klimarekonstruktionen herangezogen werden.

Aus früheren Arbeiten ist bereits bekannt, dass sowohl bei Kiefern (z.B. STRUMIA, 1999) – insbesondere bei Schwarzkiefern – als auch bei Fichten (SCHIESSL, 2007) ein Niederschlagssignal in den Jahrringen gefunden werden kann. Jene beiden Baumarten wurden für diese Arbeit als Referenz herangezogen.

Außerdem soll in dieser Arbeit geklärt werden, wie sich verschiedene Arten des Detrendings auf die Klima-Wachstums-Beziehungen auswirken, ob verschiedene Arten der Indexierung von Jahrring- bzw. Früh- und Spätholzbreiten unterschiedliche Ergebnisse bei der Beziehung zwischen Breite und Niederschlag liefern oder ob dies die Ergebnisse nicht beeinflusst.

Durch eine umfangreiche Standortbeschreibung soll weiters der landschaftsökologische Hintergrund der Untersuchungsgebiete berücksichtigt werden.

Auf den nun folgenden Seiten wird ein kurzer Einblick in die wissenschaftlichen Methoden, welche dieser Arbeit zugrunde liegen, geboten und die wichtigsten Begriffe definiert.

1.1. LANDSCHAFTSÖKOLOGIE

Unter dem Begriff „Landschaftsökologie“ versteht man die Erfassung und Analyse von Landschaft, Lebensgemeinschaften und Umweltbedingungen – der Mensch und seine Einwirkungen spielen hierbei eine wichtige Rolle (BASTIAN & SCHREIBER, 1997; SCHNEIDER-SLIWA, SCHAUB & GEROLD, 1999). Landschaftsökologie stellt also eine Verbindung zwischen zwei Wissenschaften dar: einerseits die Geographie, welche sich mit abiotischen Faktoren beschäftigt und andererseits die Biologie, welche sich den biotischen Faktoren zuwendet. Als Bindeglied beschäftigt sich die Landschaftsökologie nun mit beiderlei Faktoren und beschäftigt sich zusätzlich auch noch mit Standortanalysen. Außerdem beschäftigt sie sich mit dem anthropogenen Einfluss auf diese Faktoren und die Umwelt (STEINHARDT et al., 2005).

Es überschneiden sich hier verschiedene Herangehensweisen, wobei vor allem auf die Prozesse, Wechselwirkungen und Kreisläufe zwischen den Lebensgemeinschaften und deren jeweiligen Umweltbedingungen Wert gelegt wird. Für die Landschaftsökologie wird immer ein bestimmter Ausschnitt der Landschaft herangezogen und dann analysiert – dieser Raumbezug stellt eine wichtige Grundlage der Landschaftsökologie dar. Aber nicht nur die Darstellung der Landschaft und Ökosysteme zählt zu ihren Aufgaben, sondern auch die Entwicklung von Modellen und Methoden, wobei das aktuelle Interesse hier sehr stark bei Modellen zur Risikoabschätzung und Methoden zum Naturschutz liegt. Aufgrund der vielen Aufgaben und Arbeitsfelder, die sich durch die Vielfältigkeit und das breite Spektrum der Landschaftsökologie ergeben, ist eine genaue Abgrenzung dieses Begriffes jedoch sehr schwierig (BASTIAN & SCHREIBER, 1997; SCHNEIDER-SLIWA, SCHAUB & GEROLD, 1999).

1.2. KLIMATOLOGIE

Das Wort „Klima“ stammt von dem griechischen Wort „klino“ ab, was soviel bedeutet wie „ich neige“. Dies beruht auf der Beziehung zwischen der Sonneneinstrahlung und dem Neigungswinkel der Erde. Diese Tatsache ist die Grundvoraussetzung dafür, dass es auf der Erde verschiedene Klimate gibt. Diese Klimate sind geprägt durch das Zusammenwirken der Klimaelemente,

wobei hier die wichtigsten Grundbegriffe Lufttemperatur, Luftdruck, Niederschlag, Bewölkung, Wind und Luftfeuchte sind (SCHÖNWIESE, 2002).

In dieser Forschungsarbeit wird hauptsächlich das Element Niederschlag näher behandelt werden.

Die Klimatologie ist ein Teilgebiet der Meteorologie, jedoch ist sie auch ein wichtiger und großer Bestandteil der Geographie, da diese die „Wissenschaft der auf der Erdoberfläche beobachtbaren Phänomene, ablaufenden Prozesse und Querverbindungen“ ist. Unterteilt man die Klimatologie in verschiedene Untergruppen, so kann die Dendroklimatologie dem Gebiet der klimatologischen Informations- und Datenerfassung am besten zugewiesen werden (SCHÖNWIESE, 2002).

„So bilden Klima und Klimatologie, mit Blick auf Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, in ihren Gegebenheiten, Variationen, Ursachen und Auswirkungen eine Wissenschaft und Forschungsaufgabe von großer Wichtigkeit, Aktualität und gesellschaftspolitischer Relevanz.“ (SCHÖNWIESE, 2002, S 17)

1.3. DENDROCHRONOLOGIE

Der Begriff „Dendrochronologie“ geht auf den Amerikaner *Andrew Ellicott Douglass* zurück und steht für eine Datierungsmethode, bei der die Jahrringe (= Zellschichten, die innerhalb eines Jahres wachsen) von Bäumen gemessen, analysiert und somit vergangene Aktivitäten im Kambium (befindet sich zwischen Holz und Rinde) festgestellt werden können. Ein wesentliches Detail beruht auf der Tatsache, dass Dendrochronologie nur in jenen Gebieten der Erde möglich ist, die eine Vegetationsruhe haben, da ansonsten keine Jahrringe ausgebildet werden können (FRITTS, 1976).

Dendrochronologie kann zur Altersbestimmung der Proben als auch zu Vergleichen mit anderen Holzproben unbekanntes Alters verwendet werden. Hierbei geht man von der Annahme aus, dass Bäume, die gleichzeitig im selben Gebiet gewachsen sind, dasselbe Jahrringmuster aufweisen. Wichtig sind die Breite der Jahrringe beziehungsweise das Herausfiltern sogenannter Ereignisjahre (event years) und Weiserjahre (pointer years). Ereignisjahre sind auffällig herausstechende Bereiche innerhalb einer Jahrringsequenz. Dies

können zum Beispiel extrem schmale oder extrem breite Jahrringe sein. Daraus kann man schließen, dass sich in diesem Jahr etwas Spezielles ereignet haben muss, wie etwa langanhaltende Trockenheit. Zeigen sich solche Ereignisjahre bei auffällig vielen Proben eines Gebietes, so nennt man das Jahr ein Weiserjahr. Mittels der Crossdating-Methode werden die Ergebnisse verschiedener Proben überlappt, wodurch eine Jahrringchronologie entsteht (FRITTS, 1976).

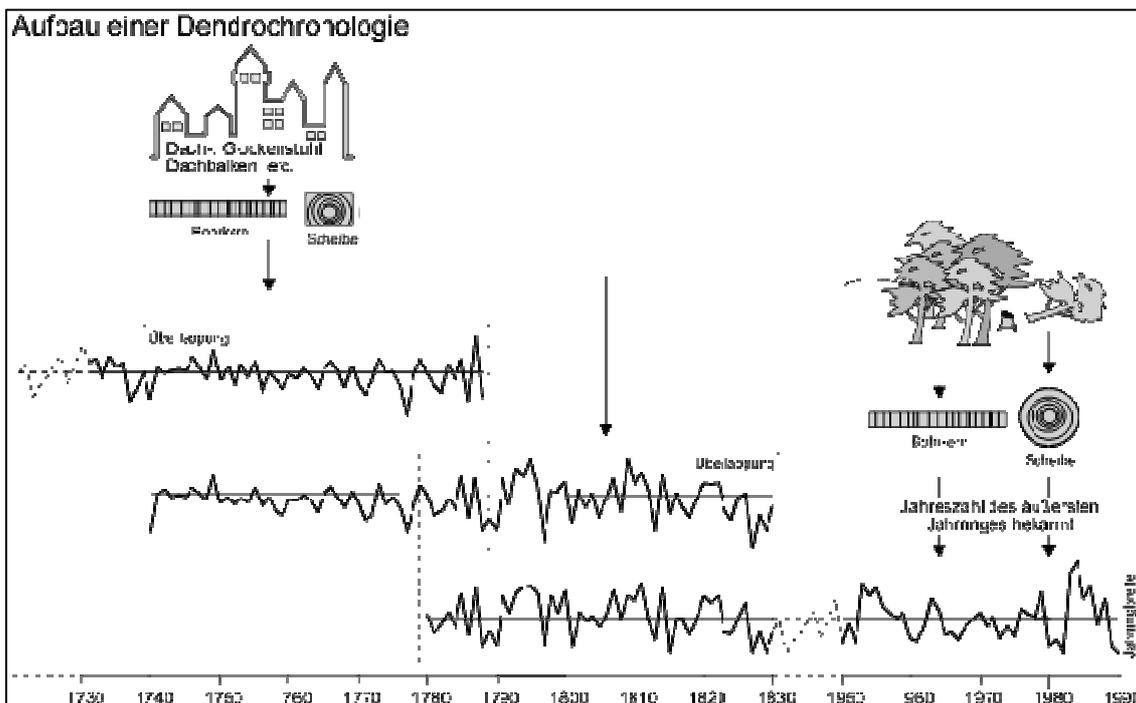


Abb. 1.1: Aufbau einer Dendrochronologie (LIEBERT, 1996)

Abbildung 1.1 zeigt nun das Prinzip, nach welchem eine Dendrochronologie aufgebaut werden kann. Zuerst wird immer ein Holzstück benötigt, dessen Alter bekannt ist (Fällungsdatum). Vereinfacht dargestellt können nach Messung der Jahrringbreiten dieses Stückes durch Überlappung der Messkurven auch ältere Stücke – z.B. aus einem Kirchendachstuhl – datiert werden (LIEBERT, 1996).

1.3.1. Grundlegende Prinzipien der Dendrochronologie

Der Dendrochronologie und insbesondere der Dendroklimatologie liegen einige Prinzipien zugrunde, welche nun kurz erläutert werden:

1. *Das Uniformitätsprinzip:* Will man die Gegenwart und deren Prozesse erforschen, so darf man – in allen wissenschaftlichen Bereichen – auch die Vergangenheit nicht außer Acht lassen. In Bezug auf die Dendrochronologie bedeutet dies, dass in der Vergangenheit dieselben Faktoren (Niederschlag, Temperatur, ...) das Wachstum des Jahrrings beeinflusst haben wie heute (FRITTS, 1976).
2. *Das Prinzip des limitierenden Faktors:* Die Jahrringe eines Baumes können nur so weit wachsen, wie bestimmte Faktoren es zulassen, wobei hierbei jener Faktor, der das Wachstum am meisten einschränkt der Ausschlaggebende ist. Dieser Faktor muss in jedem Jahr derselbe sein. Jedoch kann ein Baum in einem Jahr noch von einem anderen Baum stark beschattet werden, wenn jener jedoch gefällt wird, kann sich der beschattete Baum wieder erholen, solange bis ein anderer limitierender Faktor sein Wachstum einschränkt. Diese Diplomarbeit betreffend ist der limitierende Faktor die Wasserverfügbarkeit, d.h. der Niederschlag im Gebiet. Dieser limitierende Faktor wurde schon in zahlreichen vorhergehenden Arbeiten, als solcher definiert (u.A. STRUMIA, 1999; SCHIESSL, 2007; LEAL, 2008). Ohne limitierende Faktoren gäbe es keine Dendrochronologie, da in diesem Fall aus der mehr oder weniger immer gleichen Jahrringbreite keine Informationen gewonnen werden könnten (FRITTS, 1976 & GRISSINO-MAYER, 2008).
3. *Das Prinzip der ökologischen Amplitude:* Jede Spezies hat gewisse Areale, in denen sie sich ausbreitet bzw. in denen sie wachsen kann. Hierbei haben jene Spezies, die eine größere Variabilität der Umweltfaktoren zulassen und somit weiter verbreitet sind, eine größere ökologische Amplitude als solche, die ganz bestimmte ökologische Bedingungen mit geringer Variabilität zum Wachstum benötigen – diese haben folglich eine geringere ökologische Amplitude. Reaktionen auf eine Veränderung der ökologischen Bedingungen sind dort am größten, wo die horizontalen und vertikalen Ausbreitungsgrenzen der Spezies liegen (FRITTS, 1976 & GRISSINO-MAYER, 2008). Die Beprobungsstandorte, welche im Rahmen dieser Arbeit verwendet

wurden, befinden sich in zwei unterschiedlichen österreichischen Wuchsgebieten. Einerseits der Standort Ernstbrunn, welcher sich im forstlichen Wuchsgebiet 8.1 – Pannonisches Tief- und Hügelland – befindet, andererseits der Standort Fehring, welcher im forstlichen Wuchsgebiet 8.2 – Subillyrisches Hügel- und Terrassenland. Das über 100.000 Hektar Wald umfassende Wuchsgebiet 8.1 hat eine Höhenlage von 121 bis 491m, wobei der Ernstbrunner Buschberg, auf welchem ebenfalls Proben genommen wurden, die höchste Erhebung darstellt. Es beinhaltet das Weinviertel mit der Horner Bucht, das westliche Tullner Becken, das Marchfeld sowie das Wiener Becken und die kleine ungarische Tiefebene (mit Leithagebirge, Günser Gebirge, Hainburger Berge, Becken von Oberpullendorf-Deutschkreutz). Klimatisch geprägt ist das Wuchsgebiet vom Pannonischen Klimatyp (siehe Kapitel 2.2.1.). Das Wuchsgebiet 8.2 umfasst das Oststeirisch-Südburgenländische Hügelland zwischen den südöstlichen Randalpen und der Staatsgrenze und liegt in einem Höhenbereich von 205 bis 670m. Der illyrische Klimatyp (siehe Kapitel 2.2.2.) ist hier vorherrschend. Gemeinsam bilden die Wuchsgebiete 8.1 und 8.2 das Hauptwuchsgebiet 8 – Sommerwarmer Osten (BFW, 2008a).

4. *Das Prinzip der Standortwahl:* Dieses Prinzip besagt, dass für dendrochronologische Untersuchungen genaue Überlegungen getroffen werden müssen, welche Individuen für Beprobungen herangezogen werden. Bäume dürfen somit nicht wahllos beprobt werden, nur weil sie der gewünschten Baumart angehören, sondern es sollten jene Bäume beprobt werden, die aufgrund ihres Standorts vermutlich die besten Resultate liefern. Für eine Untersuchung der Niederschlagssensitivität kommen beispielsweise keine Individuen in Frage, die in einer Senke stehen, da sie dort mehr Wasser als höher gelegene Individuen zur Verfügung haben könnten (FRITTS, 1976 & GRISSINO-MAYER, 2008).
5. *Das Prinzip des Crossdatings:* Das Crossdating ist wohl die wichtigste Methode der Dendrochronologie. Mit ihrer Hilfe kann man fehlende oder falsche Jahrringe sowie so manchen Messfehler aufdecken. Man geht

davon aus, dass Bäume desselben Standortes oder derselben Region gleiche Wuchsmuster in den Jahrringen aufweisen. Hierzu kann man sowohl die Jahrringbreite als auch teilweise die Spätholzbreite heranziehen. Dies ist deshalb möglich, weil Bäume, die am selben Standort oder in derselben Region wachsen, auch denselben Umweltbedingungen ausgesetzt sind, was zur Entstehung von Weiserjahren im Jahrringmuster führen kann. Man vergleicht die Gleichläufigkeit der Messkurven miteinander und kann diese so verbessern. Crossdating ist nicht nur innerhalb einer Baumart möglich, sondern kann auch teilweise bei mehreren Baumarten untereinander möglich sein (z.B.: Tanne und Fichte) (FRITTS, 1976 & GRISSINO-MAYER, 2008).

6. *Das Prinzip der Replikation:* Das Umweltsignal, welches man aus einem Jahrring herauslesen möchte, kann verstärkt werden, indem man mehr als einen Bohrkern pro Individuum entnimmt und ebenfalls mehr als einen Baum pro Standort beprobt. Dadurch wird das Rauschen abgeschwächt, was in diesem Zusammenhang bedeutet, dass jene Umweltsignale, die nur auf einen ganz bestimmten Baum zutreffen, quasi herausgefiltert werden (GRISSINO-MAYER, 2008).
7. *Das Prinzip des aggregierten Baumwachstums:* Das Baumwachstum kann wie folgt in verschiedene Teile zerlegt werden, welche entweder vom Menschen beeinflusst oder natürlichen Ursprungs sind (GRISSINO-MAYER, 2008):

$$R_t = A_t + C_t + D1_t + D2_t + E_t$$

R_t ... Ringbreite im Jahr t

A_t ... Alterstrend im Jahr t

C_t ... Klima im Jahr t

$D1_t$... Störung am Standort des Baumes im Jahr t

$D2_t$... Störung außerhalb des Standorts im Jahr t

E_t ... Fehler

D1 bezieht sich hierbei auf Störungen, die innerhalb des Baumbestandes geschehen – z.B. Windwurf – und D2 beinhaltet Störungen, die von

außen auf den Baumbestand einwirken (z.B. Schädlingsbefall) (GRISSINO-MAYER, 2008).

1.4. DENDROKLIMATOLOGIE

Pflanzen brauchen für ihr Wachstum Energie und Wasser. Diese beiden Faktoren stehen für die Pflanze in unterschiedlichen Mengen zur Verfügung. Im Folgenden wird nur der Einfluss der Wasserverfügbarkeit näher erläutert werden, da im Rahmen dieser Arbeit keine Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Lufttemperatur, also dem Einfluss von Energie, und Jahrringbreite vorgenommen wurden (FRITTS, 1976).

Wasser steht der Pflanze vor allem durch Niederschlag - in veränderlicher Menge - zur Verfügung. Die Pflanze wird dadurch einem Wasserstress ausgesetzt. Da jede Pflanze unterschiedliche Ansprüche an die Wasserverfügbarkeit stellt, werden dadurch für jede Pflanze weltweit jene Gebiete abgegrenzt, in welchen sie vorkommen kann (FRITTS, 1976).

In größerem Zusammenhang gesehen ist die Dendroklimatologie eine Sparte der Dendroökologie, welche sich unter anderem zum Beispiel auch noch mit Dendrogeomorphologie beschäftigt. Mit den Mitteln der Jahrringanalyse versucht die Dendroklimatologie, Klimadaten der Vergangenheit zu rekonstruieren. Möglich gemacht wird dies durch die Beeinflussung der Jahrringbildung von klimatischen Faktoren wie etwa Niederschlag und Temperatur in einer Region. Selbstverständlich ist das Wachstum von Bäumen nicht nur von diesen zwei Faktoren abhängig, sondern zum Beispiel auch von eventuell einwirkenden Schadstoffen und anderen Standortfaktoren (FRITTS, 1976).

Um gute Ergebnisse zu erzielen, muss vor einer statistischen Analyse eine Jahrringserie von eventuell vorkommenden Störsignalen bereinigt werden. Es muss unter anderem der Alterstrend berücksichtigt werden (Alterstrend bedeutet, dass die Jahrringe eines Baumes mit zunehmendem Alter schmaler werden). Um die bereinigte Serie analysieren zu können, werden dann statistische Verfahren herangezogen. So wird beispielsweise durch Korrelation

mit Niederschlags- und Temperaturdaten eine Interpretation vergangener Jahre möglich (FRITTS, 1976).

1.5. BASISWISSEN ZUR JAHRRINGANALYSE

Das sekundäre Dickenwachstum des Baumes passiert dann, wenn sich die Kambiumzellen teilen und vergrößern. Der dabei entstehende Jahrring unterteilt sich bei Nadelholz und ringporigem Laubholz in zwei Abschnitte (WAGENFÜHR, 1989):

- *Frühholz* (early wood) hat hauptsächlich eine wasserleitende und nährstofftransportierende Funktion und ist bei Nadelhölzern eine helle Zellschicht, die in der Wachstumsphase des Baumes entsteht und einen eher lockeren Zusammenhang hat. Bei ringporigen Laubhölzern (Eiche) besteht das Frühholz aus großen, ringförmigen Poren.
- Das *Spätholz* (late wood) mit Stützfunktion entsteht nur in Gebieten mit Vegetationsruhe und ist bei Nadelhölzern dunkler und härter als das Frühholz, was in der engeren Zellstellung begründet ist. Bei den ringporigen Laubhölzern besteht das Spätholz aus, im Vergleich zum Frühholz, kleineren Spätholzgefäßen.

Bei den noch nicht erwähnten zerstreutporigen Laubhölzern (Buche) ist eine markroskopische Abgrenzung zwischen Früh- und Spätholz nicht möglich, da hier die Gefäße fast gleich groß und über den ganzen Jahrring verteilt sind (WAGENFÜHR, 1989).

Bei Nadelbäumen sind Tracheiden vorherrschend. Jahrringe sind deshalb sichtbar, weil die Tracheiden im Holzteil (Xylem) des Baums am Anfang der Vegetationsperiode und an ihrem Ende in ihrer Form verschieden sind. Die Zellen sind im Frühholz groß und dünnwandig, im Gegensatz dazu sind die Spätholztracheiden klein und dickwandig und werden erst im Sommer beziehungsweise Spätsommer produziert. Der Übergang zwischen Frühholz und Spätholz kann sowohl abrupt als auch fließend sein, jeweils in Abhängigkeit von den Wachstumsbedingungen, allerdings ist der Übergang zwischen

Spätholz und dem nachfolgenden Frühholz bei Nadelhölzern und ringporigen Laubhölzern klar und scharf abgegrenzt. Hingegen findet man bei den zerstreutporigen Laubhölzern nur porenarme Bereiche und zusätzlich dazu z.B. bei der Buche punktiert verbreiterte Holzstrahlen, welche dem Baum zur Nähstoff- und Wasserversorgung dienen (WAGENFÜHR, 1989).

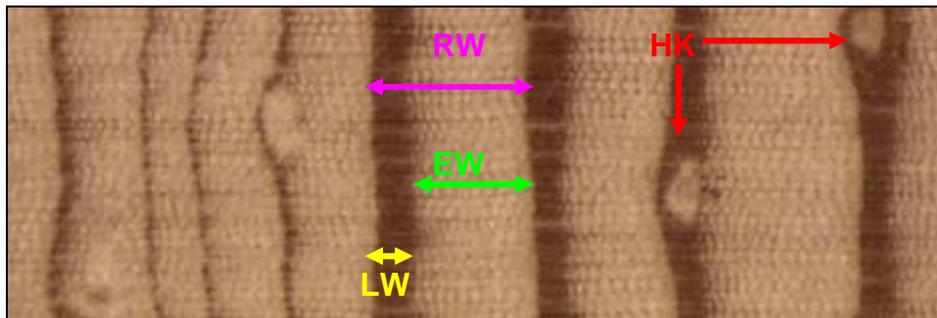


Abb. 1.2: makroskopische Aufnahme eines Kiefernbohrkernes (Ausschnitt) – RW: Ringbreite eines ganzen Jahrringen; EW: Frühholz; LW: Spätholz; HK: Harzkanal

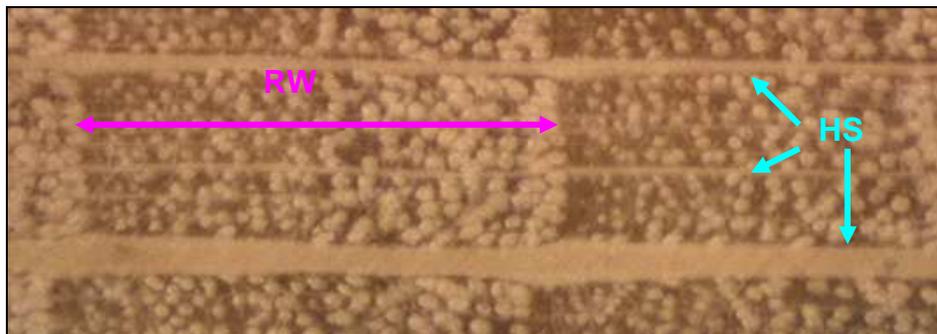


Abb. 1.3: makroskopische Aufnahme eines Buchenbohrkernes (Ausschnitt) – RW: Ringbreite eines ganzen Jahrringen; HS: Holzstrahl

Es gibt Fälle, welche die Altersbestimmung einer Probe erschweren können - wie zum Beispiel fehlende oder unterbrochene Jahrringe und Dichteschwankungen. Bleibt die Aktivität im Kambium aus, so wird kein neuer Jahrring erzeugt beziehungsweise besteht auch die Möglichkeit, dass ein Jahrring an einer bestimmten Stelle unterbrochen und nicht kontinuierlich sichtbar ist. Dies wird dann zum Problem, wenn genau an dieser Stelle ein Bohrkern entnommen wurde (SCHWEINGRUBER, 1996).

Dichteschwankungen entstehen dann, wenn die Wasserzufuhr in der Wachstumsphase plötzlich und langanhaltend unterbrochen wird, wodurch das Wachstum beendet wird. Setzt nach dieser Trockenphase wieder die Wasserzufuhr ein, beginnt auch das Wachstum wieder. Dadurch wird ein sogenannter falscher Jahrring sichtbar, welcher als ein schmaler, dunkler Abschnitt erkennbar ist (SCHWEINGRUBER, 1996).

2. LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE ANALYSE DER BEPROBUNGSSTANDORTE

Für die dendroklimatologischen Untersuchungen wurden Bäume gesucht, welche an trockenen Standorten im Osten Österreichs wachsen. Um solche Standorte zu finden, wurde anhand der vermuteten klimatischen Voraussetzungen eine Vorauswahl an Gebieten getroffen. Anschließend wurde mit den Förstern des jeweiligen Gebietes ein passender Beprobungsort ausgewählt.

Abbildung 2.1 zeigt die beiden Beprobungsstandorte auf einer Österreichkarte. Der Standort Ernstbrunn befindet sich nördlich von Wien im Weinviertel und der Standort Fehring in der Südsteiermark an der Grenze zum Burgenland.

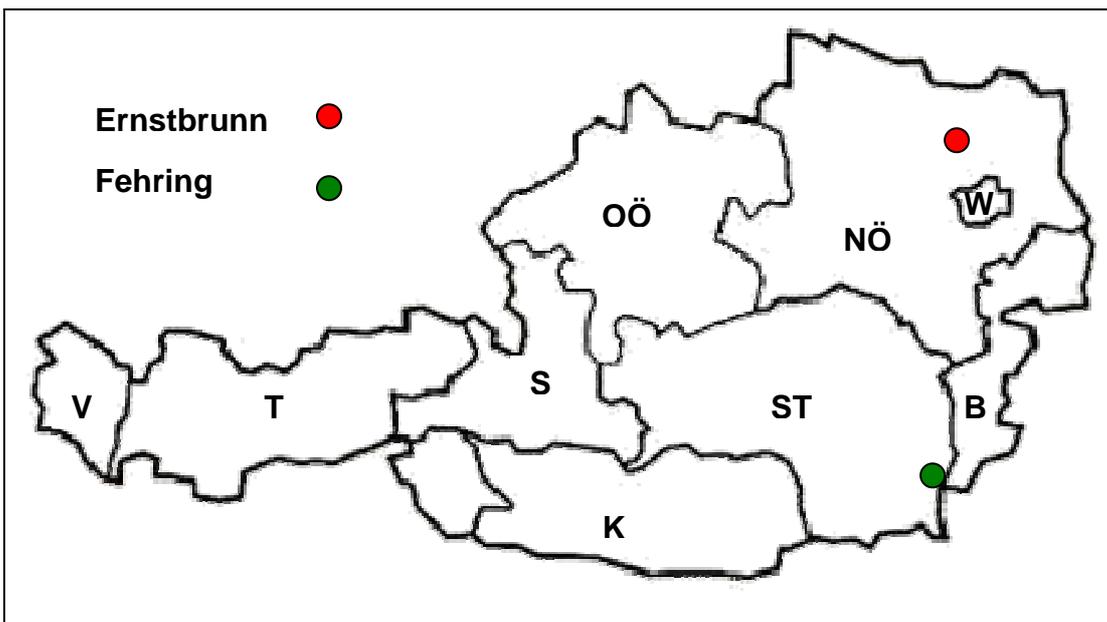


Abb. 2.1: Darstellung der zwei Beprobungsstandorte auf einer Österreichkarte – eigene Darstellung (W: Wien; NÖ: Niederösterreich; OÖ: Oberösterreich; B: Burgenland; ST: Steiermark; K: Kärnten; S: Salzburg; T: Tirol; V: Vorarlberg)

2.1. NATURRAUMANALYSE

2.1.1. Standort Ernstbrunn

Im Ernstbrunner Gebiet gab es zwei verschiedene Beprobungsstandorte - die jeweilige für die Beschreibung getroffene Abgrenzung (rote Linie = Abgrenzung des beschriebenen Gebietes; gelbe Linie = Abgrenzung des tatsächlichen Probenstandortes) ist der dazugehörigen Abbildung zu entnehmen. Die Beschreibung des Standortes Ernstbrunn erfolgte anhand der ÖK 1:50 000, Blatt 23 und 24 (Stand 1995) – siehe auch Abbildungen 2.2 und 2.6.

Buschberg:

Der Buschberg (Abb. 2.2) ist 491m hoch und befindet sich bei einer geographischen Breite von 48°34' und Länge von 16°2 3'. Er ist gleichzeitig der höchste Punkt des Gebietes. Der Ort Phyra, der vom Gießbach durchflossen wird, ist mit 294m der tiefste Punkt. Die mittlere Höhenlage des Gebietes liegt bei etwa 370m.

Ein Großteil des Gebietes – besonders der Norden und Nordosten - ist von Wald bedeckt, wobei es hier hauptsächlich Nutzwald gibt, was an der schachbrettähnlichen Anordnung der Wege im Wald zu erkennen ist. Vor allem westlich des Buschbergs kommen vermehrt Kampfwald bzw. einzeln stehende Bäume vor. Diese Vorkommen gibt es auch südlich und nördlich des Buschberges, allerdings nicht in dieser starken Ausprägung. Eine landwirtschaftliche Nutzung scheint nur vereinzelt auf, was vermutlich auf die Hanglagen oder auch auf die bewusste Erhaltung und Aufforstung des Waldes durch die Forstverwaltung zurückzuführen ist.

Bis auf jene Fließgewässer, die an den Grenzen des Gebietes liegen, sind fast alle Gewässer perennierende oder auch unterirdische Bäche. Nördlich des Buschbergs auf etwa 455m gibt es eine Quelle beim Pfaffenbründl. Außerdem befindet sich im Norden der Buschbergsiedlung ein Brunnen und in westlicher (bei Phyra) und östlicher Richtung (bei Michelstetten) davon ein Reservoir.

Das Gebiet wird nur wenig durch Tagbau genutzt, es befindet sich lediglich eine Schotter- oder Sandgrube im Norden Phyras.

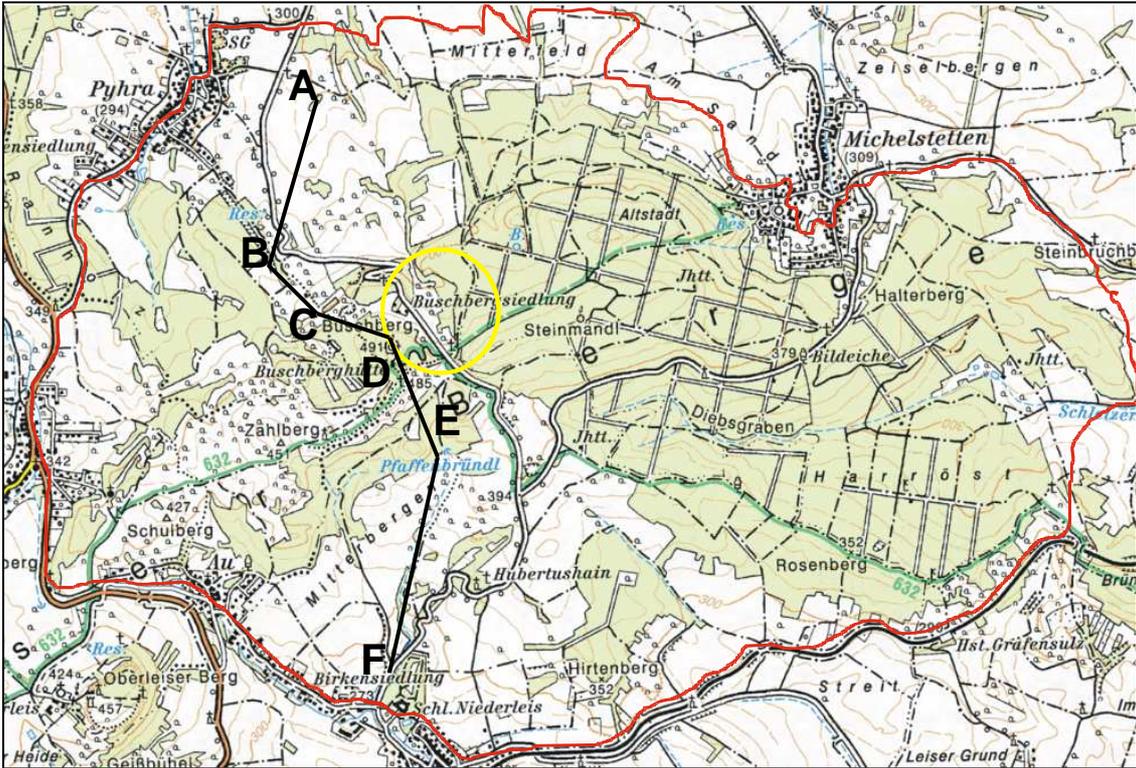


Abb. 2.2: Kartenausschnitt der ÖK 24 (Mistelbach) - Gebiet Buschberg (Maßstab 1:50 000) (eigene Veränderungen: rote Signatur = beschriebenes Gebiet; gelbe Kreissignatur = Beprobungsstandort; schwarze Signatur = Profillinie Geländeprofil; A bis F = Fixpunkte der Profillinie)

Abbildung 2.3 zeigt ein Nord-Süd Geländeprofil des oben beschriebenen Buschberges. Die Profillinie ist auf Abbildung 2.2 als schwarze Linie eingezeichnet.

Für alle drei Geländeprofile, welche für diese Arbeit angefertigt wurden, gilt Folgendes: Die Fixpunkte der eingezeichneten Linie sind mit Großbuchstaben gekennzeichnet, welche sich auch auf der Profilverzeichnung wieder finden. Für das Geländeprofil wurde ein Maßstab von 1: 25 000 sowie eine 5fache Überhöhung gewählt, um den Geländeverlauf in der Abbildung besser darstellen zu können. Da leider keine geologischen Karten mit einem größeren Maßstab als 1: 200 000 zur Verfügung standen, konnte der Verlauf der geologischen Schichten nur grob eingezeichnet werden und ist daher nicht als Fakt sondern nur als Annäherung anzusehen – teilweise wurde deshalb auch auf die Einzeichnung einzelner Schichten verzichtet. Eine genauere Beschreibung der geologischen Schichten folgt ab Seite 25.

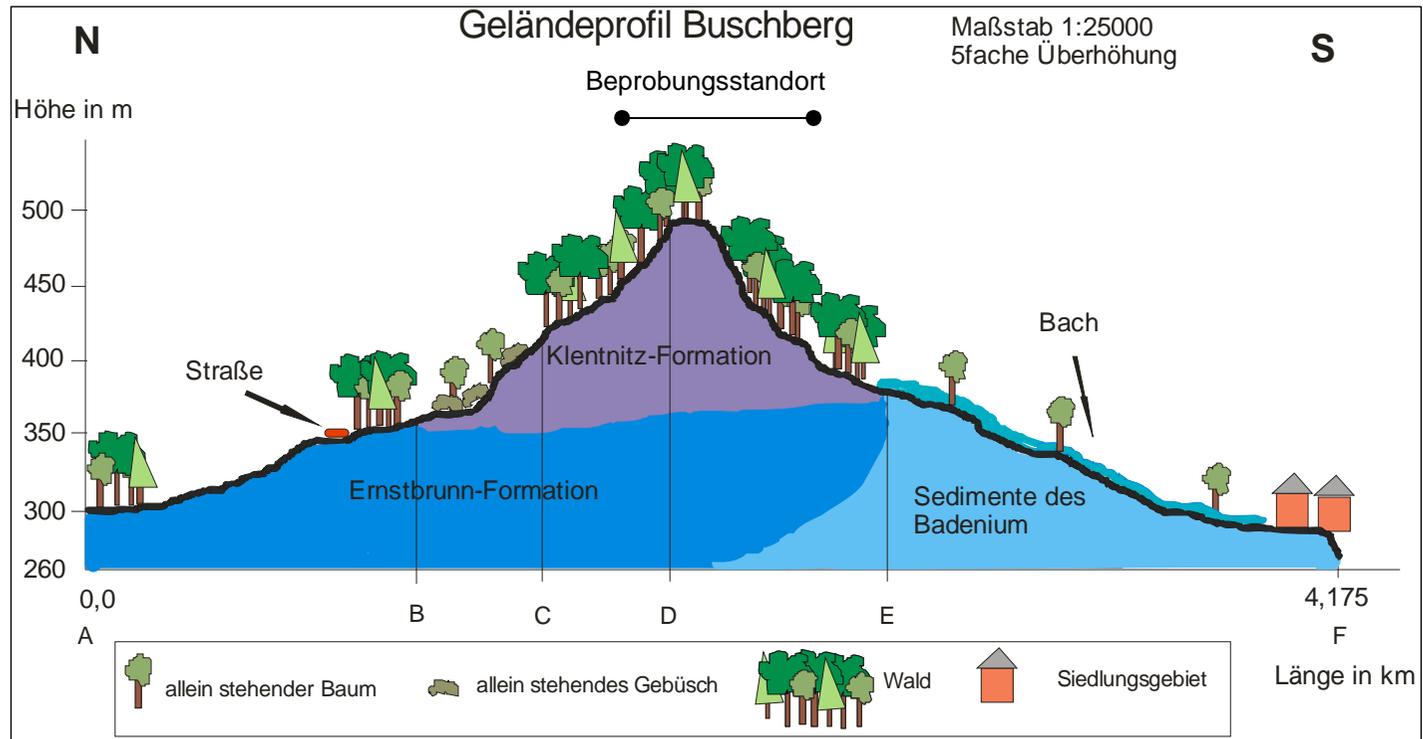


Abb. 2.3: Geländeprofil Buschberg – eigene Darstellung

Abbildung 2.4 zeigt einen Ausschnitt der Bodenkarte (eBOD) des Gebietes. Jene Bereiche, die in der Nähe der tatsächlichen Probennahme bodenkundlich bestimmt wurden, bestehen zu einem Großteil aus Pararendsina und Feuchtschwarzerde. Zum restlichen Waldgebiet in diesem kleinen Bereich gibt es leider keine Daten.

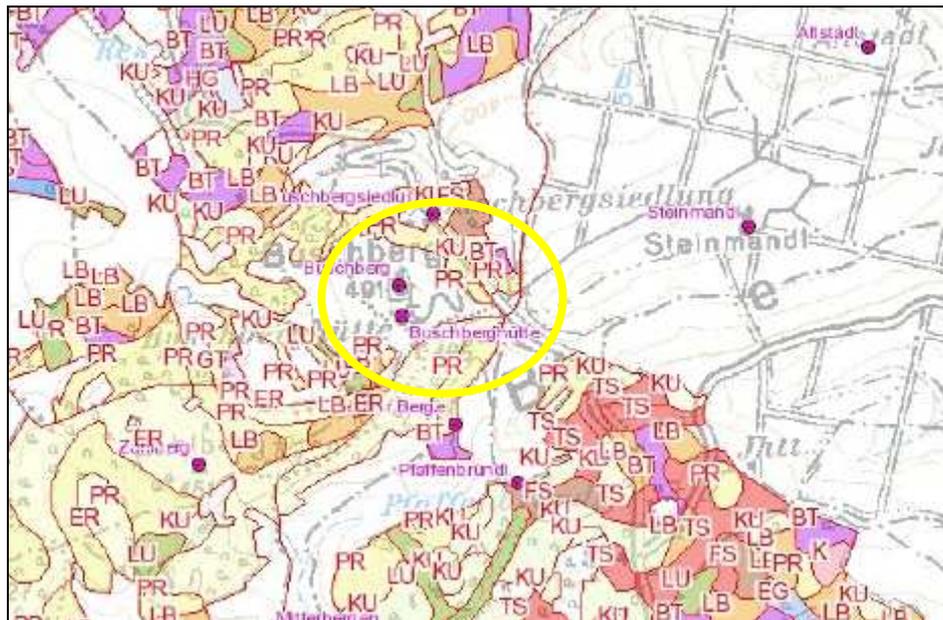


Abb. 2.4: Ausschnitt aus der eBOD des Gebietes Buschberg (Maßstab 1: 27 880) (gelbe Kreissignatur = Beprobungsstandort (eigene Veränderung); KU: Kulturrohboden; PR: Pararendsina; BT: Braunlehm; FS: Feuchtschwarzerde) – Quelle: E-Bod 2008

Die Pararendsina (Horizontfolge: (F-H-)A_h-C) gehört zur Ordnung „Terrestrische Böden“ und hier zur Klasse 02 der „Auflagehumusböden und entwickelte A-C-Böden“. Als Ausgangsmaterial dienen z.B. Buntschotter oder Kalksandstein. Der A-Horizont kann kalkhältig und mit hohem Humusanteil sein, wobei aber der Mineralbodenanteil deutlich erkennbar sein muss. Durch weitere Verwitterung entsteht aus der Pararendsina eine Braunerde. Da die Pararendsina aus Silikatgestein gebildet wird, kann sie basenreich sein und eine gute Humusaufgabe bilden, die besonders nährstoffreich ist (KILIAN, 2002; SCHEFFER, 2002).

Die Schwarzerde (Horizontfolge: A-(AC)-C) wird auch Tschernosem genannt und besteht entweder aus feinem und kalkhältigem oder feinkörnigem und

kalkfreiem Lockermaterial, wobei hauptsächlich Löss, Sand und Mergel als Ausgangsmaterial dienen. Sie ist meist sehr tiefgründig mit einem A-Horizont von mindestens 30cm Mächtigkeit. Das Profil der Schwarzerde ist geprägt durch zahlreiche Bioturbationen, durch welche Material aus dem A-Horizont teilweise in den C-Horizont verlagert wurde und umgekehrt. Durch gute Durchwurzelbarkeit sowie ebenso guten Lufthaushalt und Wasserkapazität stellt die Schwarzerde mit ihrem hohen Humusgehalt einen nährstoffreichen und sehr fruchtbaren Standort dar (KUNTZE, ROESCHMANN & SCHWERDTFEGGER, 1994; KILIAN, 2002).

Der Tschernosem gehört wie die Pararendsina der Klasse 02 an (KILIAN, 2002).

Eine Feuchtschwarzerde entsteht dann, wenn ein Tschernosem durch günstige Grundwasserzufuhr anmoorig wurde, später aber trockenfiel. Die Bezeichnung Feuchtschwarzerde muss hierbei nicht heißen, dass diese heute noch feucht ist, denn der Name bezieht sich nur auf den ursprünglichen Zustand. Der A-Horizont kann besonders mächtig sein, teilweise ist in tieferen Lagen auch noch eine Restvergleyung möglich. Die Bewirtschaftung der Feuchtschwarzerde hängt von ihrer Anbindung an den Grundwasserspiegel ab (BFW, 2008).

Die Geologie im Gebiet des Buschberges ist recht einheitlich, wie auf Abbildung 2.5 zu erkennen ist. Von nordöstlicher nach südwestlicher Richtung verläuft bandförmig die Ernstbrunn-Formation (blaue Signatur), welche großflächig von der Klentnitz-Formation (violette Signatur) unterbrochen wird.

Die aus dem Oberjura stammende Ernstbrunn-Formation besteht aus detritischen und teilweise dolomitierten Kalken, welche die Landschaft deutlich prägen und reich an Fossilien sind. Die Kalke können auch in Form von resedimentierten Brekzien und Konglomeraten vorliegen. Die Klentnitz-Formation setzt sich hauptsächlich aus Mergel und Mergelkalken zusammen und stammt ebenfalls aus dem Oberjura. Diese gelegentlich fossilreichen Kalke hängen mit jenen der Ernstbrunn-Formation zusammen oder unterlagern sie auch teilweise. Der Buschberg selbst wird durch diese Kalke aufgebaut. Nördlich des Bandes der eben erwähnten Formationen sind Teile der

Hollabrunn-Mistelbach-Formation (beige Signatur) zu sehen, sowie südlich davon überwiegend tonhaltige Sedimente des Badenium (hellblaue Signatur) (SCHNABEL, 2002).

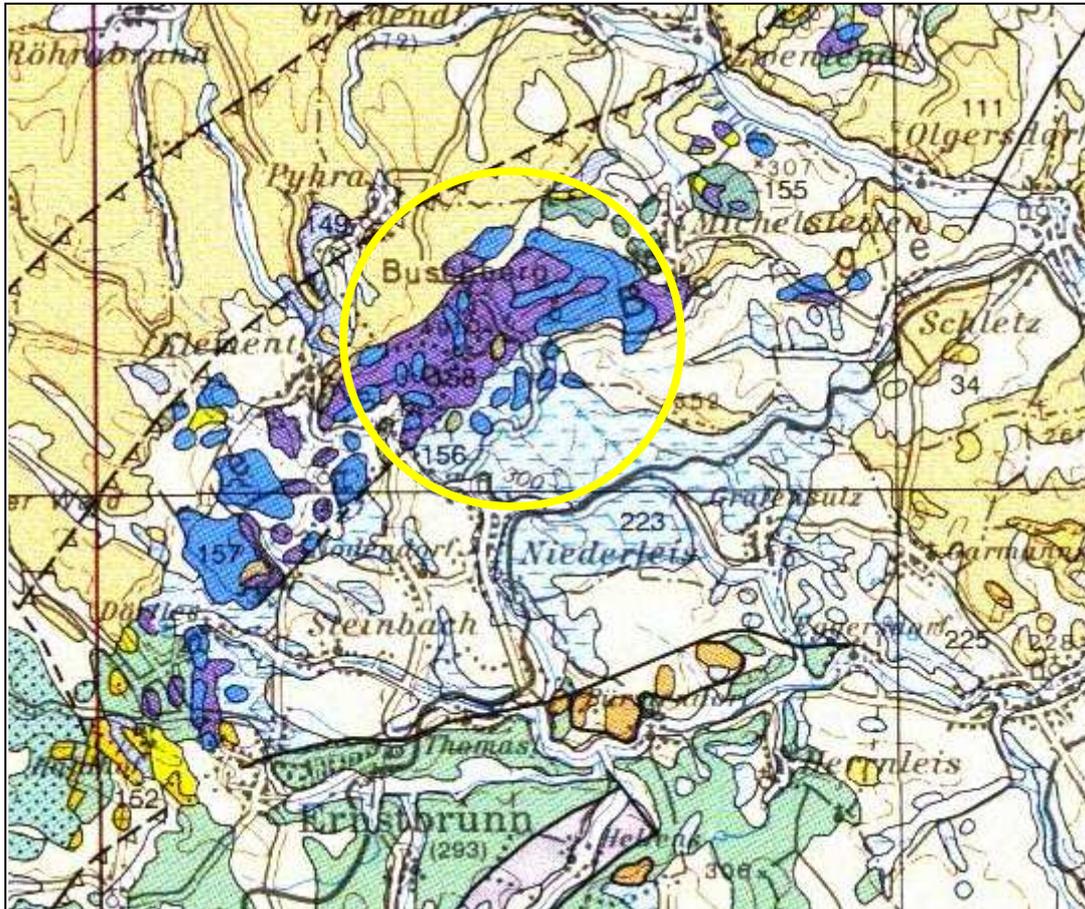


Abb. 2.5: Ausschnitt der geologischen Karte Niederösterreich Nord - Gebiet Buschberg (Maßstab 1 : 200 000) (gelbe Kreissignatur = Beprobungsstandort (eigene Veränderung); blaue Signatur (157) = Ernstbrunn-Formation; violette Signatur (158) = Klentnitz-Formation; beige Signatur (111) = Hollabrunn-Mistelbach-Formation; hellblaue Signatur (223) = Badenium)

Kohlstattkreuz:

Die Koordinaten des Beprobungsstandortes Kohlstattkreuz (Abb. 2.6) sind 48°33' Breite und 16°18' Länge. Das Gebiet ist leicht hügelig mit immer wieder auftretenden kleinen Erhebungen, deren höchster Punkt das Frauenhaupt mit 369m ist, welches südlich des Kohlstattkreuzes liegt. Der tiefste Punkt liegt im Westen des Gebietes auf 276m Höhe. Die mittlere Höhenlage liegt bei 300m.

Das ganze Gebiet gehört zum Ernstbrunner Wald, wobei dieser Wald zu einem Großteil forstlich genutzt wird. Die regelmäßige Anordnung der Wege ist auch hier deutlich zu erkennen. Im Süden des Waldgebietes gibt es einige wenige kleine Gräben bzw. Anzeichen für kleine Terrassen.

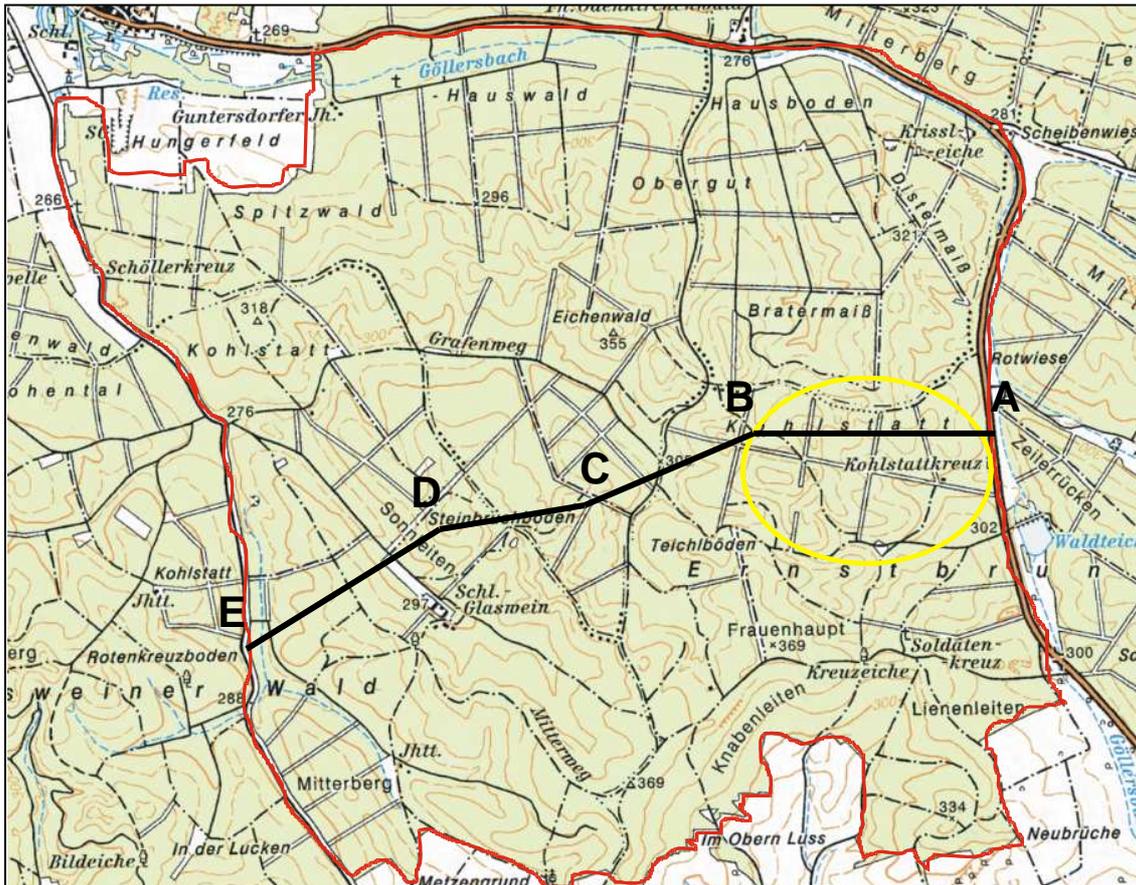


Abb. 2.6: Kartenausschnitt der ÖK 23 (Hadres) - Gebiet Kohlstattkreuz (Maßstab 1:50 000) (eigene Veränderungen: rote Signatur = beschriebenes Gebiet; gelbe Kreissignatur = Beprobungsstandort; schwarze Signatur = Profillinie Geländeprofil; A bis E = Fixpunkte der Profillinie)

Bis auf einen perennierenden Bach an der südwestlichen Grenze des Gebietes gibt es weder fließende noch stehende Gewässer. Einzig der Göllersbach, der seine Quelle südlich außerhalb des Gebietes hat, schließt als unterirdisch fließendes Gewässer an die östliche und nördliche Grenze des Gebietes rund um das Kohlstattkreuz an. Im Westen gibt es einen Steinbruchboden, jedoch scheint dort schon länger nicht mehr abgebaut zu werden, da es keine dazu passende Signatur gibt.

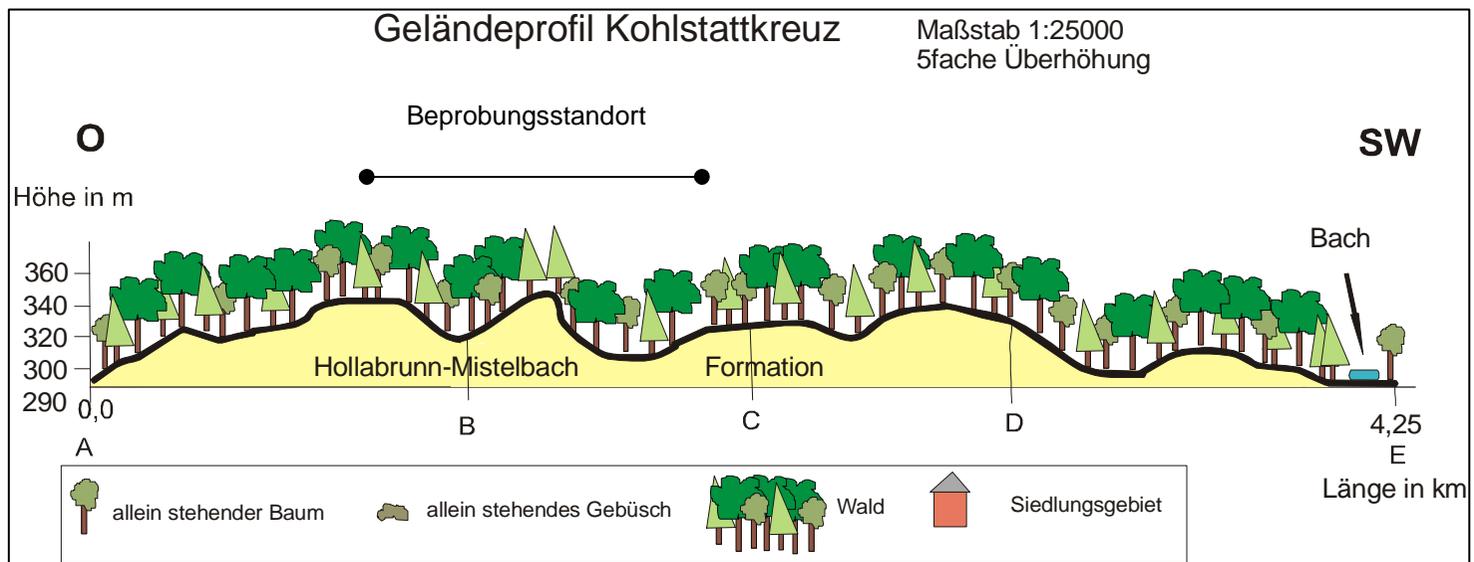


Abb. 2.7: Geländeprofil Kohlstattkreuz – eigene Darstellung

Abbildung 2.7 zeigt ein Ost-West-Geländeprofil des Kohlstattkreuzes. Die Profillinie ist auf Abbildung 2.6 als schwarze Linie eingezeichnet

Leider stehen zu den im Waldgebiet vorkommenden Bodentypen keine Daten zur Verfügung.

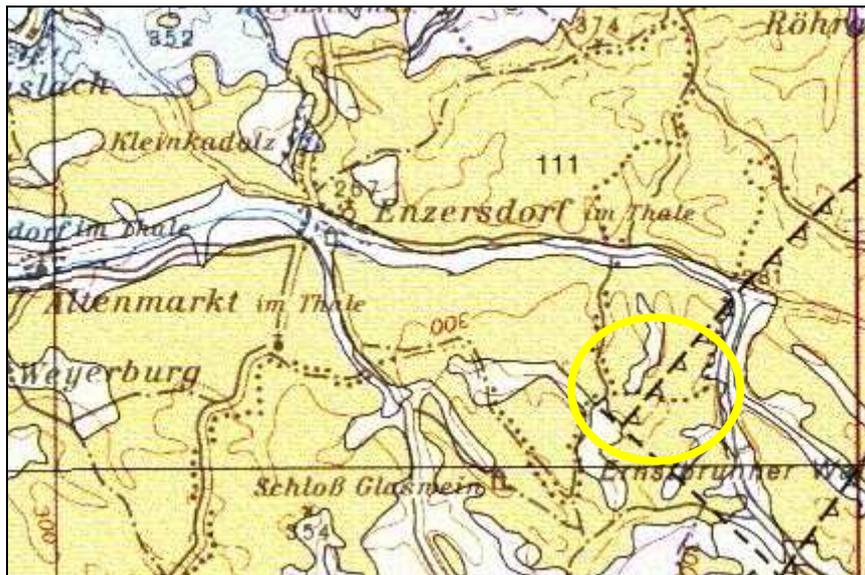


Abb. 2.8: Ausschnitt der geologischen Karte Niederösterreich Nord - Gebiet Kohlstattkreuz (Maßstab 1 : 200 000) (gelbe Kreissignatur = Beprobungsstandort (eigene Veränderung); beige Signatur (111) = Hollabrunn-Mistelbach-Formation; hellbeige Signatur = Löss-Bänder)

Die Geologie des Gebietes um das Kohlstattkreuz zeigt die Abbildung 2.8. Sie ist einheitlich und besteht nur aus zwei verschiedenen Formationen. Die Hollabrunn-Mistelbach-Formation (beige Signatur) nimmt fast das ganze Gebiet ein und wird nur von schmalen Löss-Bändern (hellbeige Signatur) unterbrochen. Die Hollabrunn-Mistelbach-Formation besteht aus hauptsächlich grobklastischen Sedimenten, wobei lokal aufgrund einer Reliefumkehr schluffig-tonige Einschaltungen zu finden sind. Die typischen sandigen Kiese und Sande sind schrägschichtet (SCHNABEL, 2002).

2.1.2. Standort Fehring

Dammwald:

Der Dammwald (Abb. 2.9) liegt im Südosten der Gemeinde Fehring auf 46°55' geographischer Breite und 16°01' Länge. Das Gebiet ist eher flach und nur an den Ufern des Heißbaches etwas steiler. Die mittlere Höhenlage beträgt etwa 290m, wobei der höchste Punkt im Dammwald bei ca. 310m liegt und der tiefste Punkt in der Gemeinde Fehring (272m).

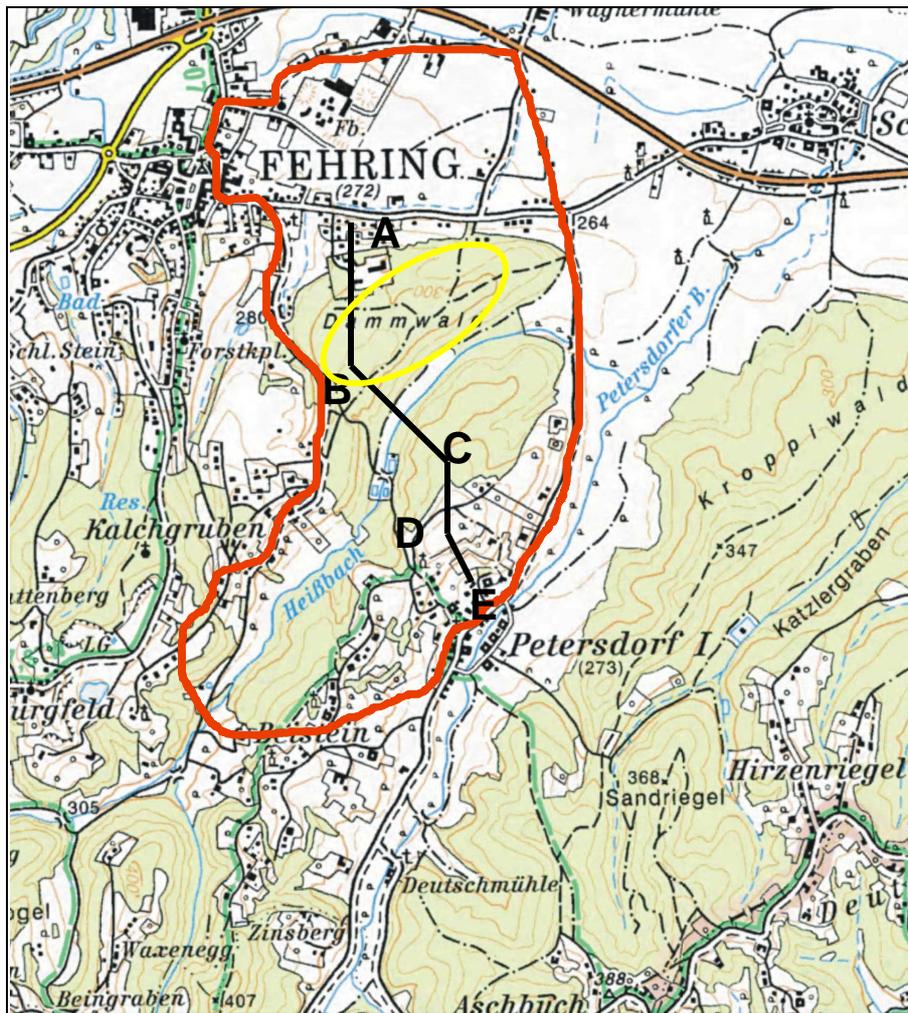


Abb. 2.9: Kartenausschnitt der ÖK 192 (Feldbach) - Gebiet Dammwald (Maßstab 1:50 000) (eigene Veränderungen: rote Signatur = beschriebenes Gebiet; gelbe Kreisignatur = Beprobungsstandort; schwarze Signatur = Profillinie Geländeprofil; A bis E = Fixpunkte der Profillinie)

Fast das ganze Gebiet wird vom Dammwald eingenommen. Eine forstliche Nutzung des Waldes lässt sich aus der Karte nicht erkennen. Im Norden des

Waldes liegen Ausläufer der Gemeinde Fehring und auch an den Straßen, die den Wald umgeben, befinden sich vereinzelt Häuser und Gärten. Im Dammwald selbst befinden sich im nördlichen Teil zwei Gebäude auf einer – vermutlich vom Mensch angelegten – Lichtung. Mitten durch den Wald fließt der Heißbach, der bis auf einen perennierenden Bach an der Straße zu Fehring, das einzige Gewässer im Gebiet darstellt.

Anzeichen für ackerbauliche Nutzung des Gebietes sind nicht zu erkennen, wobei die weiter oben erwähnten Gärten vermutlich Obstgärten sind.

Abbildung 2.10 zeigt ein Nord-Süd-Geländeprofil durch den Dammwald. Die Profillinie ist auf Abbildung 2.9 als schwarze Linie eingezeichnet.

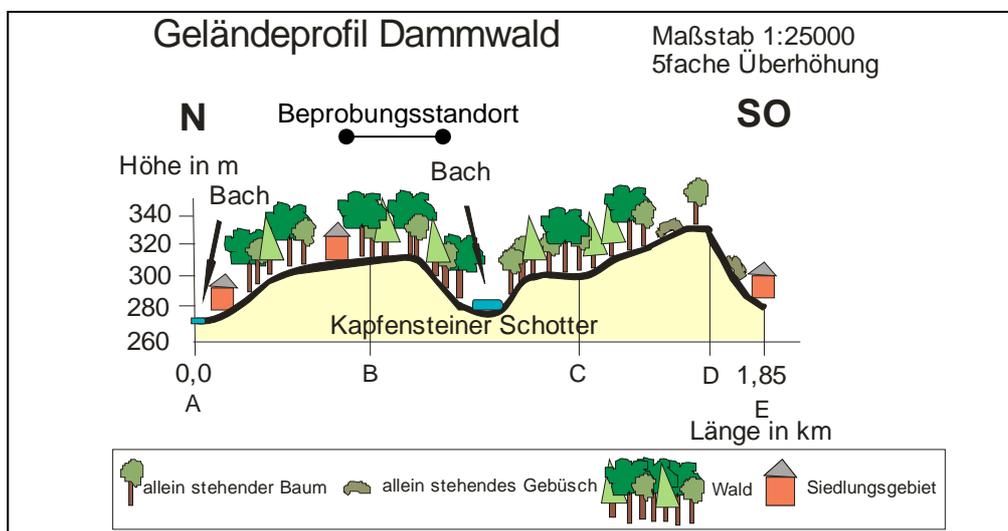


Abb. 2.10: Geländeprofil Dammwald – eigene Darstellung

Leider gibt es auch zu diesem Gebiet nur unvollständige Angaben über die vorkommenden Bodentypen (Abbildung 2.11). In jenen Bereichen, in denen Bäume beprobt wurden, treten zu einem sehr großen Teil Gleye, Typische Pseudogleye oder Hangpseudogleye auf, man kann also vermuten, dass diese Bodengesellschaft auch im Waldbereich auftritt.

Gleye (Horizontfolge: A-(Ag-)(BG-)Go-Gr; A-Go-Go,r) gehören der Ordnung „Hydromorphe Böden“ und hier der Klasse 10 „Gleye“ an. Sie werden sehr stark vom Grundwasser beeinflusst - der Humushorizont bleibt allerdings unbeeinflusst und ist gut durchlüftet - und besitzen ausgeprägte Oxidations- und Reduktionszonen. Oxidationszonen sind als rostbraune oder –gelbe Flecken im

Profil zu erkennen, Reduktionszonen erscheinen fahl grau, graublau bis graugrün (KUNTZE, ROESCHMANN & SCHWERDTFEGER, 1994; KILIAN, 2002).

Auf mit Nährstoffen gut versorgten Gleyen siedeln sich nässeverträgliche Pflanzen an bzw. ist eine forstliche Nutzung möglich. Um Gleye forstlich nutzen zu können, muss in den meisten Fällen zuerst der Grundwasserspiegel abgesenkt werden (KUNTZE, ROESCHMANN & SCHWERDTFEGER, 1994; SCHEFFER, 2002).



Abb. 2.11: Ausschnitt aus der eBOD des Gebietes Dammwald (Maßstab 1: 37 173) (gelbe Kreissignatur = Beprobungsstandort (eigene Veränderung); KU: Kulturrohboden; HP: Hangpseudogley; G: Gley; TG: Typischer Pseudogley; LB: Lockersedimentbraunerde; EG: Extremer Gley) – Quelle: E-Bod 2008

Die Pseudogleye (Horizontfolge: (F-H-)A(l,gd)-P-S-(C);A-Bgd-P-S) gehören derselben Ordnung an wie die Gleye, allerdings zur Klasse 08 „Pseudogley“. Sie haben im Gegensatz zu den Gleyen keinen Anschluss an das Grundwasser, sondern sind vom Stauwasser gespeist, welches über einem Staukörper verweilt. In längeren Trockenperioden fällt die Zone, in der das Wasser gestaut wird, allerdings trocken, wodurch es bedingt durch die

Sauerstoffzufuhr zu Oxidationsprozessen kommt. Beim typischen Pseudogley liegt der Staukörper mindestens 40cm tief, wobei die darauf liegende Stauzone mindestens 10cm mächtig ist. Er ist höchstens zu 5° geneigt, wodurch es kaum seitliche Wasserbewegungen gibt (KUNTZE, ROESCHMANN & SCHWERDTFEGGER, 1994; KILIAN, 2002).

Waldbau auf Pseudogleyen ist stark eingeschränkt, da nur wenige Baumarten eine ausreichend tiefe Durchwurzelung erreichen können (Weißtanne, Stieleiche, Schwarzerle) (KUNTZE, ROESCHMANN & SCHWERDTFEGGER, 1994).

Der Hangpseudogley (Horizontfolge: A-P-S; Agd-P-S; Agd-S) ist geprägt durch eine Hanglage von mehr als 5° und einem dadurch entstehenden Hangwasserzug, der sich nahe der Oberfläche befindet. Da das Wasser durch die Hangneigung nicht länger verweilen und schneller hangabwärts fließen kann, kommt es beim Hangpseudogley vermehrt zu Trockenphasen (KILIAN, 2002).

Abbildung 2.12 zeigt einen Ausschnitt der geologischen Karte mit dem Gebiet Dammwald. Man kann eine geologische Einheitlichkeit erkennen. Der Großteil des Gebietes besteht aus Schottern (geologische Einheit Kapfensteiner Schotter), kleinere Teile könnten auch lehmig (Postbasaltische Schotter und Lehme) sein.

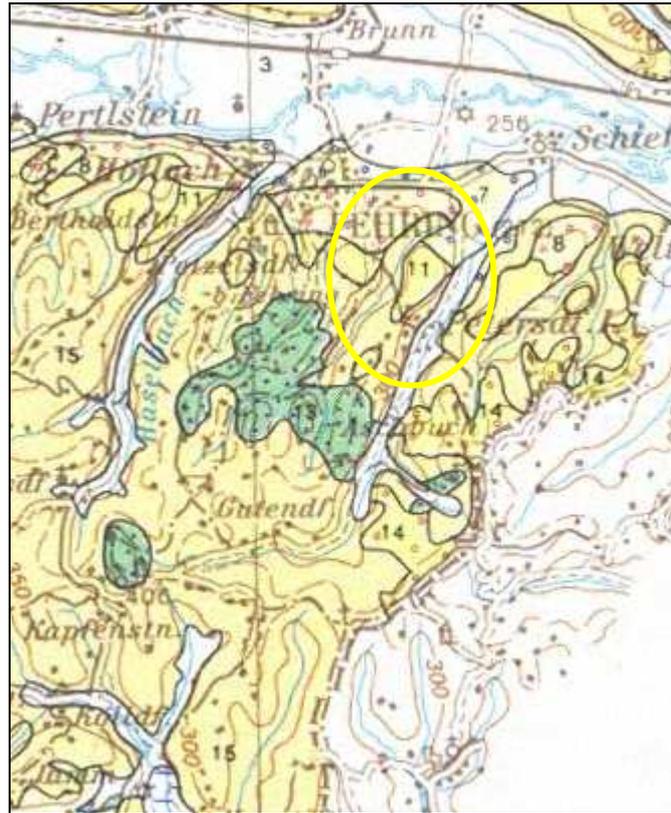


Abb. 2.12: Ausschnitt der geologischen Karte Steiermark - Gebiet Dammswald (Maßstab 1 : 200 000) (gelbe Kreissignatur = Beprobungsstandort; hellgelbe Signatur (15) = Kapfensteiner Schotter; gelbe Signatur (11) = Postbasaltische Schotter und Lehme)

2.2. KLIMA

Die gewählten Beprobungsstandorte befinden sich in Gebieten, welche zwei unterschiedlichen österreichischen Klimatypen angehören. Der Standort Ernstbrunn befindet sich im Bereich des pannonischen Klimatyps und der Standort Fehring liegt im Grenzbereich zwischen dem pannonischen und dem illyrischen Klimatyp. Diese beiden Klimatypen sollen nun im Folgenden charakterisiert werden.

2.2.1. Der pannonische Klimatyp

Das pannonische Klima beeinflusst einen großen Teil Ostösterreichs. Sein Einfluss reicht von der Ostgrenze Österreichs bis zum Weinviertel, umspannt das Wiener Becken mit dem Wienerwald und zieht sich im Südosten bis zum

Leithagebirge. Weiter südlich reicht die pannonische Klimaprovinz bis in dem Raum zwischen Raab und Mur hinein (ZWITTKOVITS, 1983).

Thermisch ist das pannonische Klima mit seinen kalten Wintern und warmen Sommern eher kontinental geprägt. Dabei kann die Jahresamplitude der Temperatur 20 bis 22°C erreichen. Hygrisch lässt sich das pannonische Klima als ozeanisch-kontinentaler Mischtyp beschreiben. Zieht man das Verhältnis der Jahressumme des Niederschlag mit der Seehöhe der Station als Maß heran (NAGL, 1989) dann finden wir den Großteil des pannonischen Klimas in jenen Bereichen, denen man ein hygrisch ozeanisches Klima zurechnen müsste. Betrachtet man aber den Jahrgang des Niederschlags, die Dominanz der Schauerniederschläge während der warmen Jahreszeit, die Häufigkeit und Dauer der Trockenperioden, dann müsste man wohl eher von hygrischer Kontinentalität sprechen (NAGL, 1989; NOBILIS, 1985). Die Niederschläge, welche zu einem großen Teil an weniger als 110 Tagen im Jahr fallen, liegen im Bereich von unter 600 (Weinviertel) bis 800mm (Steiermark) pro Jahr und sind somit sehr gering. Betrachtet man die Wasserbilanz und nicht bloß den Niederschlag, dann wird einem in Erinnerung gerufen, dass der Osten Österreichs klimatologisch betrachtet, ein Trockengebiet ist (HARLFINGER, 1999).

Im Frühjahr ist es im Bereich dieses Klimatyps eher trocken. Niederschlag fällt hauptsächlich im Zusammenhang mit Frontensystemen. Während des Sommers fällt der Niederschlag, wie bereits erwähnt, in Form von Regenschauern. Im Übergangsbereich zwischen dem Sommer und dem Herbst lässt sich eine trockene Phase ausmachen, welche auch als Trockenklemme bezeichnet wird (ZWITTKOVITS, 1983).

2.2.1.1. Klima Ernstbrunn:

Für die später folgenden dendroklimatologischen Auswertungen wurden für den Probenstandort Ernstbrunn die Niederschlagswerte der ZAMG Station Retz herangezogen, da diese in der gewünschten Region die besten Vergleichswerte liefert sowie die Daten in der gewünschten Form verfügbar waren. Um das Klima am tatsächlichen Probenstandort charakterisieren zu können, werden die

Klimadaten der näher gelegenen ZAMG-Station Oberleis der Jahre 1971 bis 2001 herangezogen. Oberleis befindet sich auf 420m Seehöhe in den Leiser Bergen und liegt etwa 3,5km nördlich vom Ortszentrum Ernstbrunn entfernt. Die Beprobungsstellen Buschberg – im Nordosten – und Kohlstattkreuz – im Westen – liegen etwa gleich weit davon entfernt.

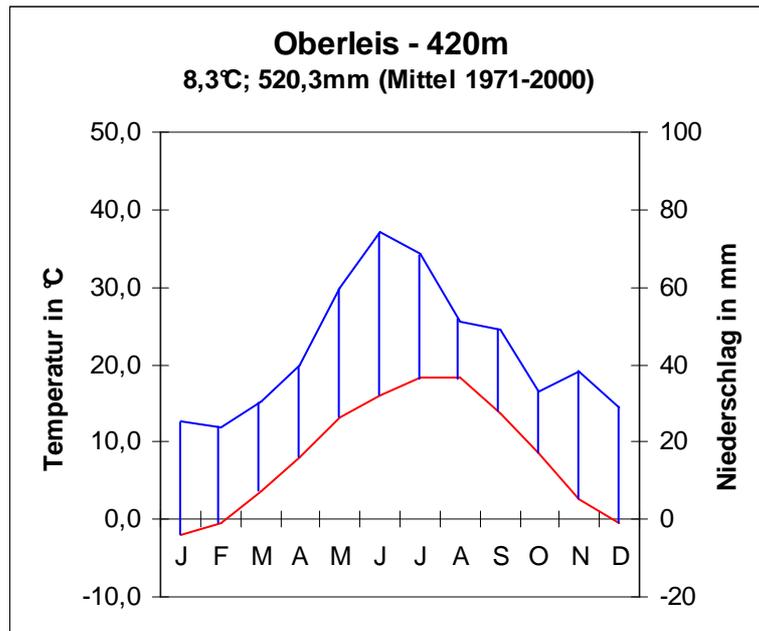


Abb. 2.13: Walter-Lieth Diagramm der Station Oberleis – eigene Darstellung

Abbildung 2.13 zeigt ein Klimadiagramm der Station Oberleis nach Walter/Lieth. Die Monatsmitteltemperatur schwankt von einem Minimum im Jänner mit $-2,0^{\circ}\text{C}$ bis zu einem Maximum im Juli und August von $18,2^{\circ}\text{C}$. Die Jahresamplitude beträgt somit $20,2^{\circ}\text{C}$. Der Jahresniederschlag beträgt $520,3\text{mm}$, wobei der mengenmäßig meiste Niederschlag in den Monaten Mai, Juni und Juli fällt. Die Zahl der Niederschlagstage beträgt 90 Tage auf, wobei hier in den Monaten Mai, Juni, Juli und August am häufigsten mit einem Niederschlagstag zu rechnen ist. Es gibt etwa 14 Gewitter pro Jahr sowie eine jährliche Neuschneemenge von $65,3\text{cm}$. Die Windgeschwindigkeit um Oberleis liegt zwischen $8,3$ und $12,6\text{km/h}$ und beträgt im Jahresmittel $10,4\text{km/h}$, wobei die Winde mit $32,6\%$ hauptsächlich aus westlicher und nordwestlicher Richtung kommen (Abbildung 2.14).

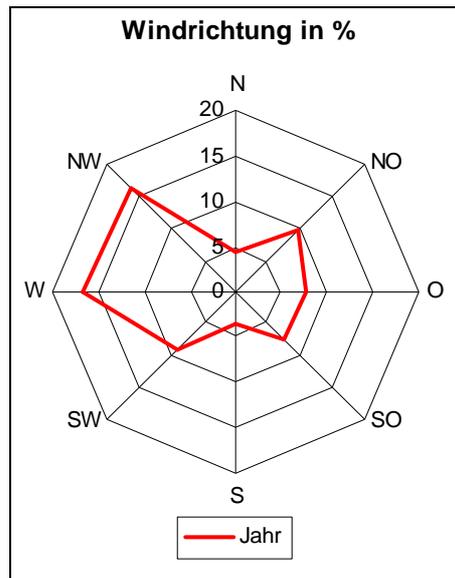


Abb. 2.14: Windrichtungsdiagramm der Station Oberleis – eigene Darstellung

2.2.2. Der illyrische Klimatyp

Das illyrische Klima nimmt nur einen kleinen Teil Österreichs ein und ist fast ausschließlich im Südosten der Steiermark bis hin zum Klagenfurter Becken, aber auch in kleineren Teilen der Oststeiermark und an der burgenländischen Grenze zu finden. Es ist gleichsam eine Mischung aus dem pannonischen Klima und dem im Süden folgenden randmediterranen Klima (ZWITTKOVITS, 1983).

Auch dieser Klimatyp ist thermisch kontinental geprägt und zeichnet sich überdies durch große Schwankungen der Jahresamplitude aus, welche teilweise topographisch bedingt sind (Inversionsgebiete). Bezogen auf die Niederschlagssumme und auch deren Jahresverlauf gibt es hingegen einen deutlichen Unterschied im Vergleich mit dem pannonischen Klimatyp. Die Jahres-Niederschlagssummen können bis zu 1500mm pro Jahr betragen (ZWITTKOVITS, 1983).

2.2.2.1. Klima Fehring:

Für die dendroklimatologischen Auswertungen des Probenstandorts Fehring wurden die Niederschlagsdaten der ZAMG Station Bad Gleichenberg verwendet. Bad Gleichenberg befindet sich in etwa 10km Luftlinie südwestlich

vom Dammwald in Fehring entfernt und liegt auf 303m Seehöhe. Das Klima von Fehring wird nun anhand dieser Station (Zeitraum 1971-2000) charakterisiert:

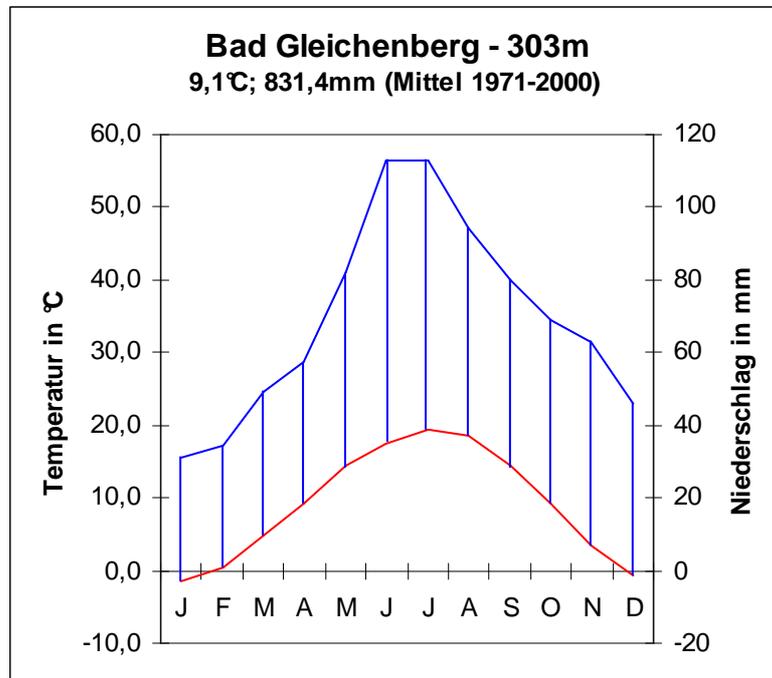


Abb. 2.15: Walter-Lieth Diagramm der Station Bad Gleichenberg – eigene Darstellung

In Abbildung 2.15 ist ein Klimadiagramm der Station Bad Gleichenberg nach Walter/Lieth dargestellt. Die niedrigste Monatsmitteltemperatur liegt mit $-1,6^{\circ}\text{C}$ im Jänner vor, das Maximum befindet sich mit $19,3^{\circ}\text{C}$ im Juli. Der Unterschied zwischen höchstem und niedrigstem Mittel beträgt $20,9^{\circ}\text{C}$ und liegt somit knapp höher als bei Oberleis ($20,2^{\circ}\text{C}$). Die Temperatur beträgt im Jahresmittel $9,1^{\circ}\text{C}$ und ist fast ein Grad höher als in Oberleis. Vor allem in den Monaten Mai bis September gibt es viele heiße Tage – in diesen Monaten fallen auch die meisten Niederschläge, wobei das Maximum in den Monaten Juni ($113,0\text{mm}$) und Juli ($112,7\text{mm}$) fällt. Der Gesamtjahresniederschlag liegt bei $831,4\text{mm}$ und ist somit beinahe doppelt so hoch wie jener in Oberleis. Nur in den Monaten Jänner und Februar wurden von beiden Klimastationen annähernd gleiche Werte gemessen. An etwa 99 Tagen pro Jahr fallen in diesem Gebiet Niederschläge, wovon es an etwa 34 Tagen Gewitter gibt. Weiters gibt es pro Jahr $81,9\text{cm}$ Neuschnee.

In Bad Gleichenberg kommen die Winde hauptsächlich aus dem Süden (siehe Abbildung 2.16) und haben eine jährliche Durchschnittsgeschwindigkeit von 6,6km/h, wobei das Minimum im Jänner und Dezember bei 4,3km/h und das Maximum im April mit 9,7km/h liegen.

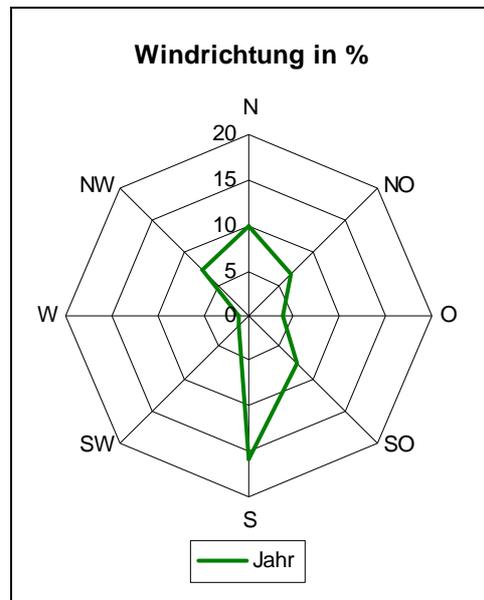


Abb. 2.16: Windrichtungsdiagramm der Station Bad Gleichenberg – eigene Darstellung

Die Beschreibung des Klimas der Standorte Fehring (Station Bad Gleichenberg) und Ernstbrunn (Station Oberleis) entspricht also in beiden Fällen der Charakterisierung des jeweiligen Klimatyps nach ZWITTKOVITS (1983).

2.3. ZUSAMMENFASSUNG

2.3.1 Ernstbrunn

Aufgrund der Landschaftsanalyse der beiden Beprobungsstandorte im Ernstbrunner Gebiet, kann nun davon ausgegangen werden, dass es sich um einen trockenen Standort handelt. Trotz der Trockenheit herrschen gute Wuchsbedingungen für verschiedene Pflanzen vor, da die beschriebenen Bodentypen nährstoffreich und gut durchwurzelbar sind sowie eine gute Wasserkapazität besitzen. Einzig auf jenen Teilen des Gebietes, die zur geologischen Einheit des Badenium gehören, muss eventuell mit stauenden Wasserverhältnissen gerechnet werden.

2.5.2. Fehring

Die Naturraumanalyse für das Gebiet Fehring hat ergeben, dass es sich hier vermutlich um einen feuchteren Standort handelt, was einerseits durch höhere Niederschlagsmengen als auch durch die stauenden Bodenverhältnisse begünstigt wird. Es ist also anzunehmen, dass Pflanzen dadurch mehr Wasser über einen längeren Zeitraum zur Verfügung haben als jene in Ernstbrunn und sich somit als weniger sensitiv gegenüber Niederschlägen erweisen.

2.4. BAUMARTEN

2.4.1. *Quercus petraea* – Traubeneiche oder Wintereiche

Die Traubeneiche liebt wintermilde Klimlagen und man findet sie meist auf lockeren, mittelgründigen, sauren Stein- und Lehmböden, die eher nährstoffarm oder nur mäßig nährstoffreich sind. Stäunässe vertreibt die Traubeneiche, hingegen werden Wärme und Trockenheit im Allgemeinen gut vertragen. Sie wächst eher in höheren Lagen und Hügelländern und wird häufig gemeinsam mit Kiefern gefunden. Ihre Blütezeit hat sie im Mai (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; WOLKINGER, 1993; HECKER, 2003).

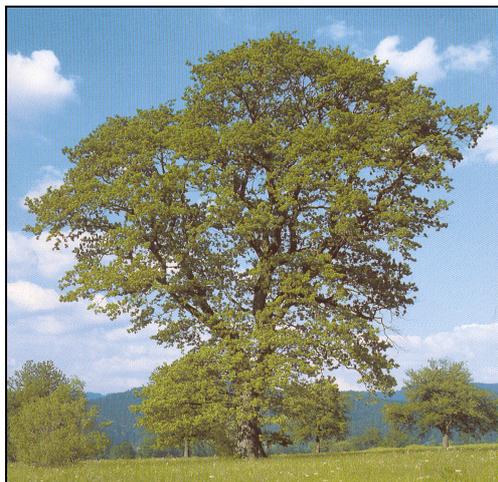


Abb. 2.17: Traubeneiche (aus REICHHOLF & STEINBACH, 1993 – S. 173)

Mit einer Höhe von 20 bis 40m und ihrer breiten und hoch gewölbten Krone ist die Traubeneiche ein – für unsere Breiten - großer Laubbaum. Die glatte Rinde

wird bei älteren Bäumen durch eine mittelgraue bis braungraue Rinde mit zahlreichen kleineren Furchen und Rissen ersetzt. Die Blätter werden bei einer Breite von 5cm etwa 8 bis 12cm lang und sind (fast) zweiseitig symmetrisch in fünf bis neun Paar Lappen unterteilt. Die Früchte der Traubeneiche werden Eicheln genannt, welche in Gruppen von bis zu sechs Stück auf den Trieben sitzen (REICHHOLF & STEINBACH, 1993).

Verbreitung in Österreich (siehe Abbildung 2.18):

Eichenwälder und Eichenmischwälder findet man in Österreich hauptsächlich der Süd- und Südoststeiermark sowie im Bereich des Wiener Beckens und des nördlichen Alpenvorlandes. Reine Eichenwälder sind allerdings nur an wenigen Standorten zu finden (SCHADAUER, 1994).

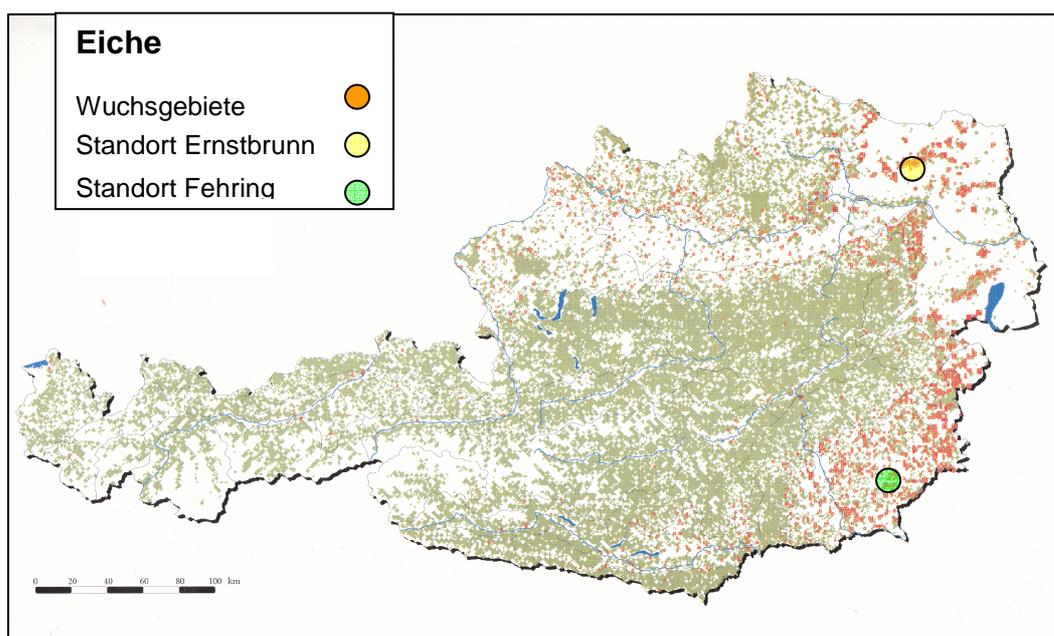


Abb. 2.18: Verbreitung der Eiche in Österreich (verändert aus SCHADAUER, 1994, S. 49)

2.4.2. *Quercus robur* – Stieleiche oder Sommereiche

Im Gegensatz zur Traubeneiche bevorzugt die Stieleiche frische, tiefgründige und feuchte Böden sowie Nährstoffreichtum und ist auch, in Bezug auf die klimatischen Bedingungen, flexibler und verträgt größere Klimaschwankungen

besser. Auch ihre Blütezeit dauert doppelt so lang (Mai und Juni) (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; HECKER, 2003).

Die Stieleiche ist wie die Traubeneiche ein großer Baum und kann sogar noch 5m höher werden (bis zu 45m). Die Krone ist breit, hoch und kugelig gewölbt, allerdings ist das allgemeine Erscheinungsbild der Äste unregelmäßiger als bei der Traubeneiche. Die hellgraue bis hellgraubraune Rinde ist bei Bäumen jeden Alters zerfurcht. Die Blätter sind von 8cm Breite und 10 bis 12cm Länge. Auch sie besitzen Lappenpaare, allerdings weniger als bei der Traubeneiche (fünf bis sieben Paare) und nicht so symmetrisch ausgebildet. Die Eicheln sitzen meist zu zweit oder dritt auf einem einige cm langen Stiel (REICHHOLF & STEINBACH, 1993).

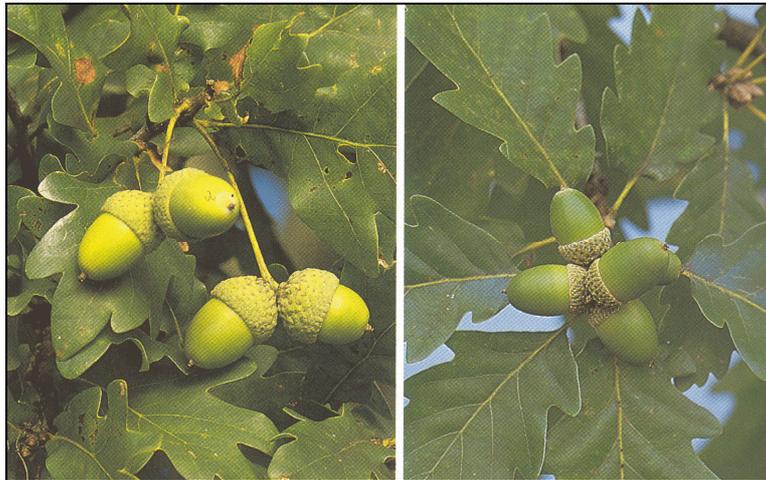


Abb. 2.19: Früchte der Stieleiche (links) und Traubeneiche (rechts) (aus HECKER, 2003 – S. 154)

Verbreitung in Österreich (siehe Abbildung 2.18):

siehe Verbreitung Traubeneiche

2.4.3. *Picea abies* – die Gemeine Fichte oder Rotfichte

Die Fichte siedelt sich gerne an Standorten mit lockeren, humosen und winterkalten Böden an und spielt eine wesentliche Rolle, wenn es um die Versauerung des Bodens in manchen Wäldern geht, da sie Rohhumus bilden kann. Ihre Blütezeit ist von April bis Mai (REICHHOLF & STEINBACH, 1993).

Mit einer Höhe von bis zu 30 bis 50m ist die Fichte eine der höchsten europäischen Baumarten. Sie ist ein immergrüner Nadelbaum mit einer kegelförmigen Krone und wirtelig gestellten Ästen. Die Rinde ist fein geschuppt und von kupferner oder braunroter Farbe. Die dunkelgrünen Nadeln der Fichte sind spitz und hart und 1 bis 2,5cm lang. Sie wachsen nach vorne gerichtet und sind entweder wirtelig gestellt oder zweiseitig gescheitelt (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; HECKER, 2003).



Abb. 2.20: Fichte (aus REICHHOLF & STEINBACH, 1993 – S. 42)

Verbreitung in Österreich (siehe Abbildung 2.21):

Die Gemeine Fichte ist der in Österreich am meisten verbreitete Baum. Mit Ausnahme des Wiener Beckens ist die Fichte in allen Bereichen Österreichs sehr stark vertreten. Dabei gibt es auch viele reine Fichtenwälder (SCHADAUER, 1994).

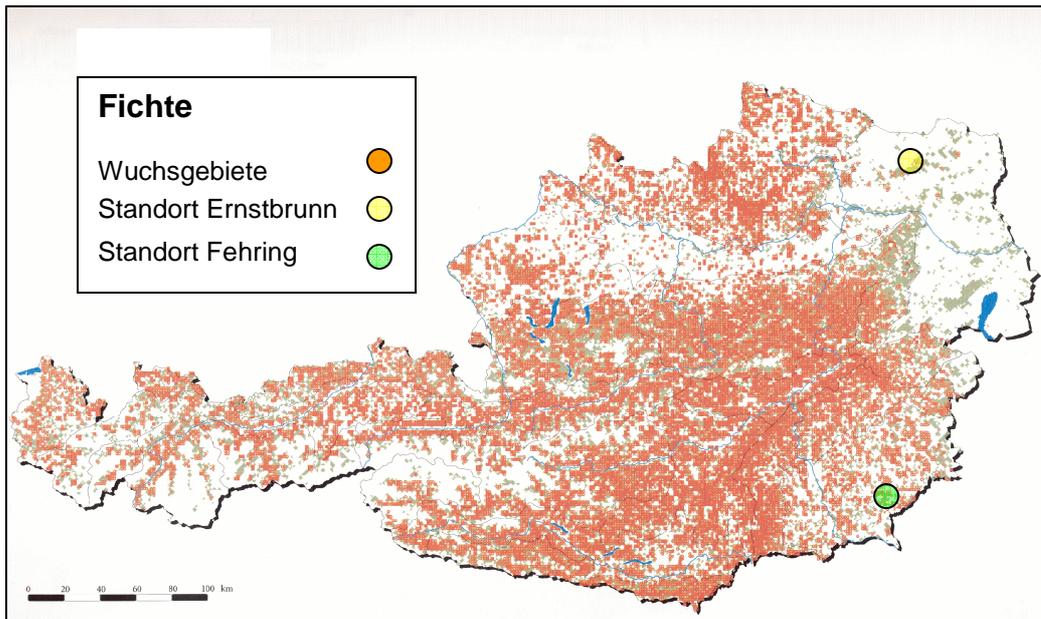


Abb. 2.21: Verbreitung der Fichte in Österreich (verändert aus SCHADAUER, 1994, S. 7)

2.4.4. *Pinus sylvestris* – die Gemeine Kiefer oder Föhre

Die vielseitige gemeine Kiefer trifft man sowohl auf Lehm- und Sandböden als auch auf Kalkböden an. In jedem Fall jedoch bevorzugt sie nicht zu trockene und basenarme lockere Böden. Ihre Blütezeit ist von April bis Mai (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; HECKER, 2003).

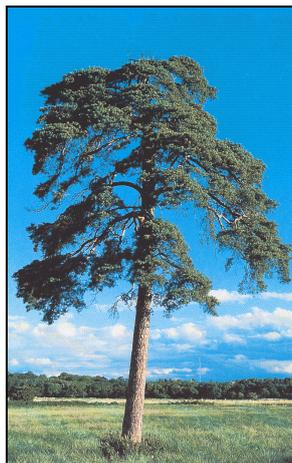


Abb. 2.22: Gemeine Kiefer (aus REICHHOLF & STEINBACH, 1993 – S. 56)

Die Kiefer ist ein bis zu 30m hoher immergrüner Nadelbaum. Nur bei jungen Bäumen hat die Krone ein regelmäßiges, annähernd dreieckiges

Erscheinungsbild mit quirlständiger Beastung. Bei älteren Bäumen stehen die Äste häufig unregelmäßig-kugelig oder schirmförmig und, da die weiter unten am Stamm liegenden Äste mit der Zeit abfallen, eher aufgelockert. Die Farbe der Rinde kann grau oder braungrau sein, mit zunehmendem Alter eher graurosa. Ältere Bäume zeigen bei der Rinde auch deutliche Plattenbildung, wobei die Platten durch große und tiefe schwärzliche Risse getrennt sind. Die spitzen, flachen Nadeln sind zwischen 3 und 8cm lang und stehen immer zu zweit an einem Kurztrieb, aber am Ende der Kurztriebe auch büschelig. Die Farbe der Nadeln ist blaugrün oder graugrün (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; HECKER, 2003).

Verbreitung in Österreich (siehe Abbildung 2.23):

Die Gemeine Kiefer wächst in allen Großbereichen Österreichs, allerdings kommt sie nur im nördlichen und südlichen Alpenvorland sowie in der Süd- und Südoststeiermark verstärkt vor. Reine Kiefernbestände sind sehr selten (SCHADAUER, 1994).

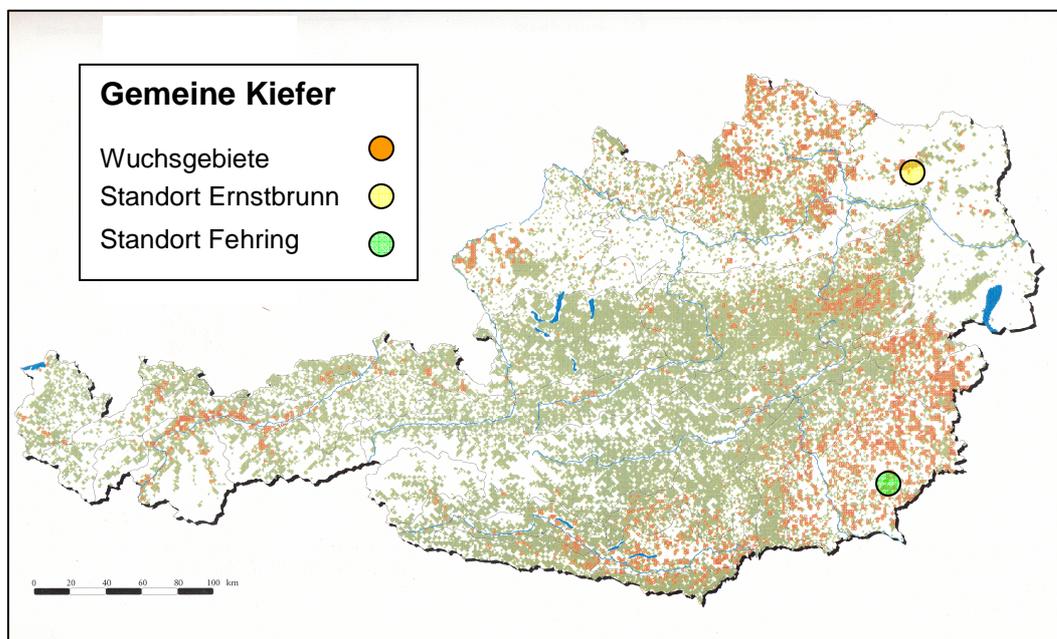


Abb. 2.23: Verbreitung der Gemeinen Kiefer/Waldkiefer in Österreich (verändert aus SCHADAUER, 1994, S. 25)

2.4.5. *Pinus nigra* – die Schwarzkiefer oder Schwarzföhre

Die Schwarzkiefer wird ebenfalls bis zu 30m hoch und bevorzugt höhere Lagen. Eher tolerant erweist sich die Schwarzkiefer gegenüber den Bodenbedingungen, da sie sowohl auf Kalkstein als auch auf silikatreichen Böden wachsen kann, wobei der Boden allerdings gut wasserdurchlässig und durchlüftet sein muss. Ihre Blütezeit ist von Mai bis Juni (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; STRUMIA, 1999).

Die Schwarzkiefer besitzt einen reichen Formenschatz und ist sehr wandelbar. In jüngeren Jahren wachsen die Bäume kegelförmig oder unregelmäßig-säulig. Ältere Bäume weisen im Wuchs oft große Unregelmäßigkeiten und lichte Stellen im unteren Teil auf. Im oberen Teil stehen die Äste allerdings dicht beieinander. Der Umriss der Krone ist dann eher oval. Bei jungen Bäumen ist die Rinde noch glatt, bei älteren Bäumen dann jedoch stark zerfurcht und schuppig mit einer braungrauen oder schwarzgrauen Farbe. Die Nadeln stehen wie bei der gemeinen Kiefer zu zweit an Kurztrieben, werden allerdings bedeutend länger (10 bis 15cm). Sie sind hart und spitz sowie dunkelgrün bis schwarzgrün. Die Blütezeit der Schwarzkiefer ist von Mai bis Juni (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; STRUMIA, 1999).

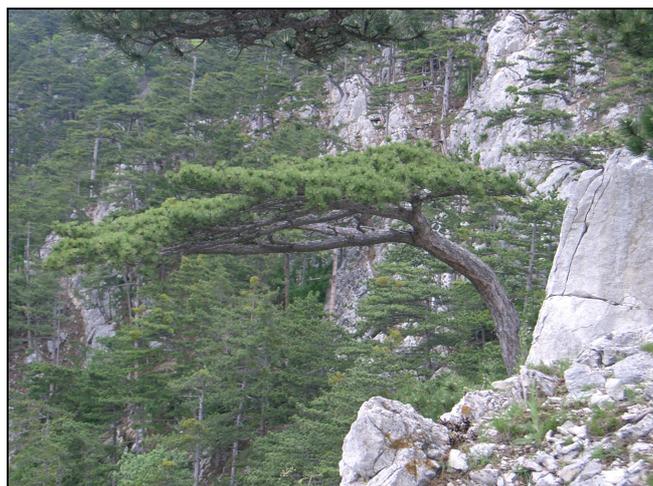


Abb. 2.24: Schwarzkiefer (Foto: Michael GRABNER)

Die Schwarzkiefer hat mehrere Unterarten: die Österreichische Schwarzkiefer (*Pinus nigra ssp. nigra*), die Korsische oder Kalabrische Schwarzkiefer (*Pinus*

nigra ssp. *laricio*) und die Spanische Schwarzkiefer (*Pinus nigra* ssp. *salzmannii*). Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden Bohrkern der Österreichischen Schwarzkiefer verwendet (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; STRUMIA, 1999).

Da die Schwarzkiefer gegenüber Trockenheit sehr empfindlich ist, weisen ihre Jahrringe oft Dichteschwankungen auf. Ebenfalls ist sie sehr reich an Harz und es sind zahlreiche große Harzkanäle zu sehen (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; STRUMIA, 1999).

Verbreitung in Österreich (siehe Abbildung 2.25):

Die Verbreitung der Schwarzkiefer ist in Österreich stark limitiert auf den Bereich des Wiener Beckens (hier hauptsächlich im südwestlichen Teil). Vereinzelt tritt sie auch im Norden des Wiener Beckens und in der Südoststeiermark auf (SCHADAUER, 1994).

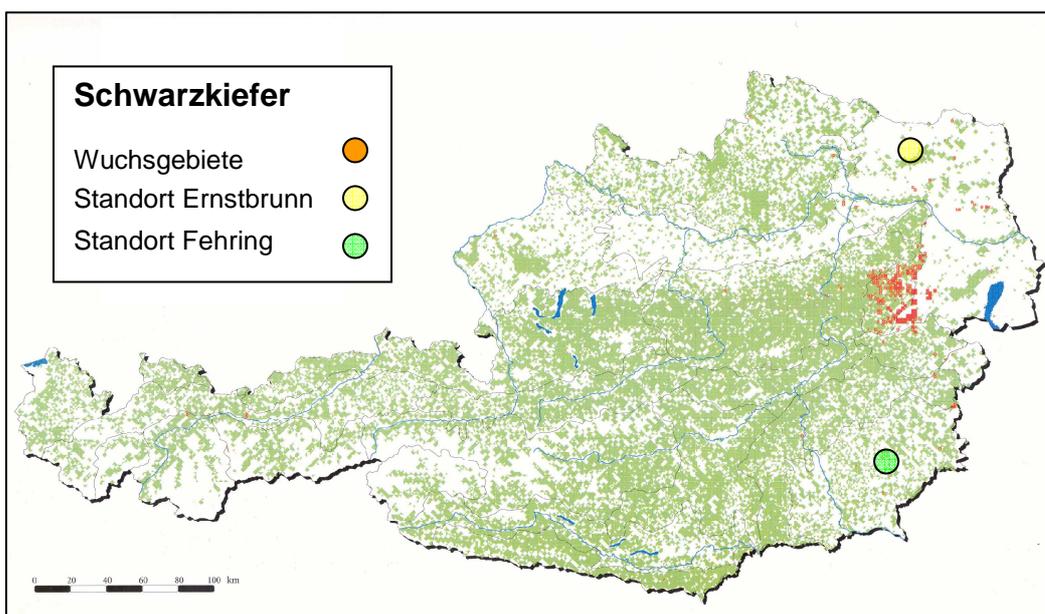


Abb. 2.25: Verbreitung der Schwarzkiefer in Österreich (verändert aus SCHADAUER, 1994, S. 31)

2.4.6. *Larix decidua* – die Europäische Lärche

Die europäische Lärche bevorzugt sommerwarme Klimlagen mit trockener Luft sowie basische, nährstoffreiche Böden. Man findet sie allerdings ebenso über

saurem oder basischem Gestein. Ihre Blütezeit ist von März bis April (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; HECKER, 2003).

Das markanteste Merkmal der Lärche ist wohl die Tatsache, dass diese ein Nadelbaum ist, welcher im Winter die Nadeln abwirft. Dies ist einzigartig im europäischen Raum und ungewöhnlich, da Nadelbäume normalerweise etwa nur in einem Rhythmus von etwa sieben Jahren (von Baumart zu Baumart unterschiedlich) ihre Nadeln abwerfen. Die Lärche kann bis zu 40m Höhe erreichen. Die Äste stehen dicht zusammen, erst bei älteren Lärchen wird die Krone langsam lichter. Bei jungen Exemplaren ist die Rinde glatt, farblich graubraun bis grünbraun. Mit zunehmendem Alter des Baumes wird die Rinde rissig und hat mitunter tiefe Einkerbungen und Schuppen. Die Farbe der Rinde ist bei älteren Bäumen eher braunrosa. Die etwa 2 bis 3cm langen weichen Nadeln befinden sich entweder in größeren Büscheln an den Kurztrieben oder einzeln stehend an den Langtrieben. Die Nadeln sind abgerundet und hellgrün, kurz vor dem Abwurf der Nadeln verfärben sich diese allerdings gelb (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; HECKER, 2003).



Abb. 2.26: Lärche (aus REICHHOLF & STEINBACH, 1993 – S 40)

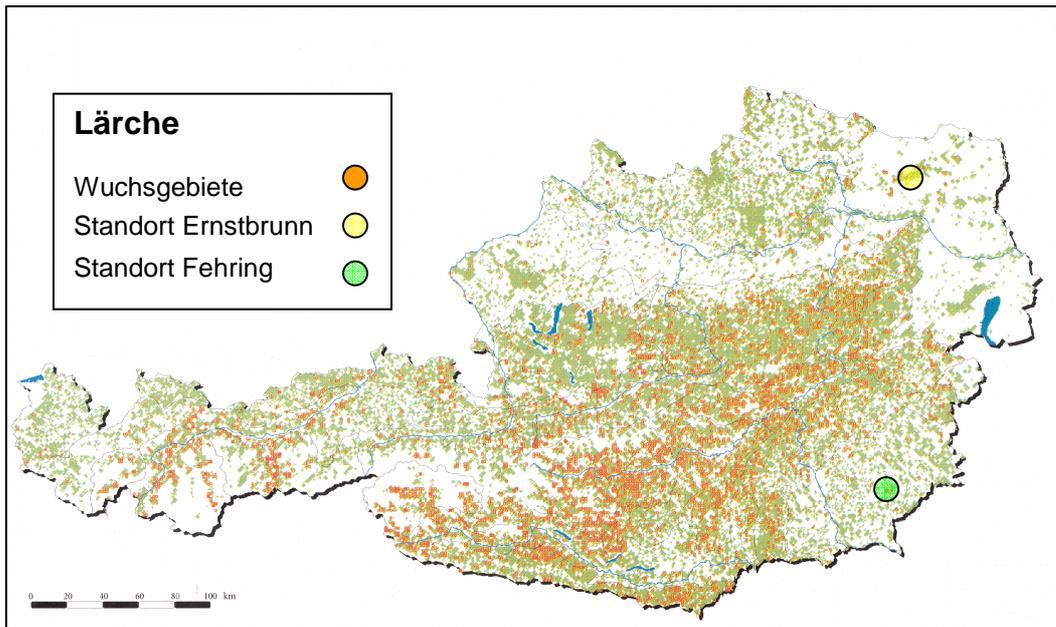


Abb. 2.27: Verbreitung der Lärche in Österreich (verändert aus SCHADAUER, 1994, S. 19)

Verbreitung in Österreich (siehe Abbildung 2.27):

Die Lärche ist in Österreichs Misch- und Nadelwäldern weit verbreitet. Ihr Wuchsbereich beschränkt sich dabei hauptsächlich auf die Alpen und das südliche Alpenvorland. Verstärkt kommt die Lärche auch noch in Voralberg und Tirol vor. Im restlichen Österreich tritt sie nur vereinzelt auf (SCHADAUER, 1994).

2.4.7. *Fagus sylvatica* – die Gemeine Buche oder Rotbuche

Die Rotbuche findet man auf feuchten, nährstoffreichen Böden. Bei Klimatalagen mit kühlen Sommern trifft man sie auch auf Sand- und Kalkböden. Häufig findet man die Buche gemeinsam mit Eichen, Tannen und Fichten. Die Rotbuche blüht von April bis Mai (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; HECKER, 2003).

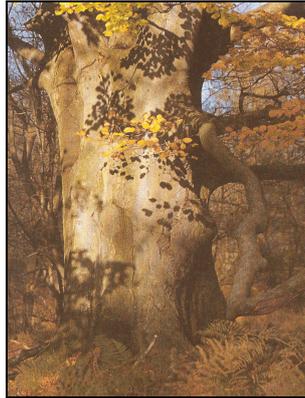


Abb. 2.28: Rotbuche (aus REICHHOLF & STEINBACH, 1993 – S 161)

Rotbuchen werden bis zu 30m hoch und kennzeichnen sich durch eine, bei älteren Bäumen, breite und kuppelförmige Krone. In jüngeren Jahren ist die Krone dieses Laubbaumes hingegen schlanker. Die glatte Rinde der Rotbuche ist bleigrau und bildet auch in höherem Alter keine Risse oder Schuppen aus. Die 5 bis 10cm langen Blätter sind wechselständig und länglich-elliptisch oder eiförmig und sind am Rand gewellt und mit Wimperhaaren versehen. Die Gemeine Buche bildet als Früchte Bucheckern aus, die etwa 2cm lang sind und nur auskeimen können, wenn sie am Boden liegend von viel Laubstreu bedeckt werden (REICHHOLF & STEINBACH, 1993; HECKER, 2003).

Verbreitung in Österreich (siehe Abbildung 2.29):

Die Buche ist vor allem im Bereich des nördlichen Alpenvorlandes, in Südkärnten und der Süd- und Südoststeiermark vertreten. Im Rest des südlichen Alpenvorlandes sowie im Wiener Becken tritt sie allerdings kaum auf (SCHADAUER, 1994).

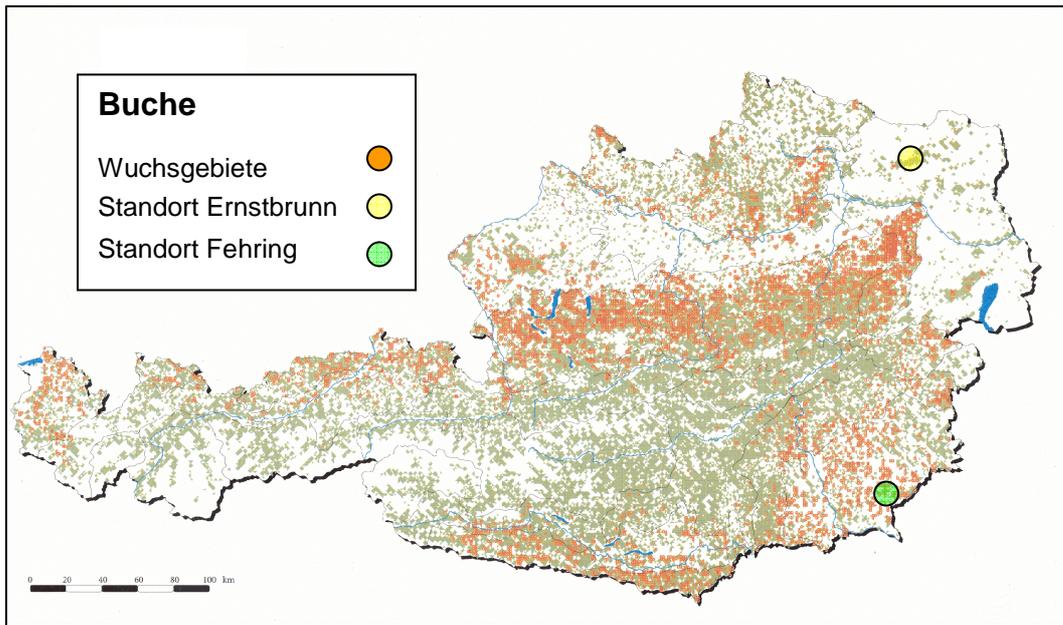


Abb. 2.29: Verbreitung der Buche in Österreich (verändert aus SCHADAUER, 1994, S. 43)

3. METHODIK

3.1. PROBENNAHME

Am 19. Juli 2007 wurden Proben am Ernstbrunner Standort und am 20. Dezember 2007 am Standort Fehring genommen (siehe Tabellen 3.1 und 3.2). Die Probennahme erfolgt mittels eines Zuwachsbohrers der Firma Suunto (Abbildung 3.1). Dieser Bohrer ist ein Hohlbohrer mit 5mm Durchmesser und unterschiedlicher Länge, welche in Abhängigkeit vom Baumdurchmesser zu wählen ist. Die Bohrkern werden etwa auf Brusthöhe (in ca. 130cm Höhe) entnommen, wobei der Bohrer händisch in den Stamm gedreht wird. Dabei soll im rechten Winkel zur Stammachse und in Richtung des Markes (d.h. radial) gebohrt werden. Dann wird der Bohrkern mit einem Extraktor aus dem Bohrer gezogen und der Bohrer wieder aus dem Baum entfernt (CHERUBINI et al., 2004; GRABNER & WIMMER, 2006).



Abb. 3.1: Zuwachsbohrer und Extraktor (Foto: eigenes Foto)

Von jedem Baum werden zwei Bohrkern im Winkel von 90° genommen. Dies soll einerseits die Individualität der Einzelbäume reduzieren, und andererseits Auswirkungen eventuellen Reaktionsholzes minimieren (CHERUBINI et al., 2004; GRABNER & WIMMER, 2006).

Schließlich werden die entnommenen Bohrkerne in einem handelsüblichen Strohalm bis zur weiteren Verarbeitung aufbewahrt (CHERUBINI et al., 2004; GRABNER & WIMMER, 2006).

3.2. PROBENBEARBEITUNG

Die Bohrkerne werden im Labor den Strohhalmen wieder entnommen. Etwaige Bruchstellen müssen dabei so gut wie möglich wieder zusammengesetzt werden. Nun werden die noch feuchten Proben auf mit einer Nut versehene Holzleisten mit Klebeband aufgebunden, wobei darauf geachtet werden muss, dass die Bohrkerne nicht verdreht sind. Dies geschieht manchmal beim Bohren. Nachdem die Bohrkerne getrocknet sind, wird das Klebeband wieder entfernt und sie werden mit Holzleim auf die Holzleisten geklebt. Nach einer weiteren Phase der Trocknung werden die nun aufgeleimten Bohrkerne geschliffen. Dies wird dreifach durchgeführt (je einmal mit Schleifpapier der Körnung 120, 240 und 400) um das bestmögliche Ergebnis erreichen zu können (CHERUBINI et al., 2004; GRABNER & WIMMER, 2006).

3.3. MESSUNG

Nachdem die Bohrkerne geschliffen wurden, kann nun die Messung der Jahrringe erfolgen. Gemessen wird unter Zuhilfenahme eines Auflichtmikroskopes in Kombination mit einem Messtisch (LINTAB) der Firma Rinntech (www.rinntech.de), einem Computer und einem Fernseh Bildschirm. Das Auflichtmikroskop ist über eine Kamera mit dem Fernseh Bildschirm verbunden, was die Messung aufgrund der gewonnenen Bildgröße stark erleichtert. Der Bohrkern wird auf den Messtisch gelegt, welcher händisch von Jahrring zu Jahrring weiterbewegt wird, wobei jede Jahrringgrenze mit einem Mausklick markiert wird. Die Bewegungen des Messtisches und die Mausklicks werden vom Computer aufgezeichnet, welcher dann die Jahrringbreiten speichert. Dieser Vorgang funktioniert auch für die Messung von Früh- und Spätholzbreite (CHERUBINI et al., 2004; GRABNER & WIMMER, 2006).

Für diese Diplomarbeit wurden von Kiefer, Fichte, Lärche und Eiche sowohl die Gesamtringbreiten als auch die Früh- und Spätholzbreiten erfasst. Im Fall der Bohrkerne der Buche kann visuell keine klare Grenze zwischen Früh- und Spätholz gezogen werden, weshalb hier nur die Gesamtringbreite gemessen wurde.

3.4. SYNCHRONISATION

Nach erfolgter Messung müssen die Jahrringe und Bohrkerne synchronisiert werden. Bei den meisten Bohrkernen ist das Alter des letzten Jahrringes bekannt, bei einigen jedoch nicht, was auf entstandene Brüche und verloren gegangene Teilstücke bei der Probennahme zurückzuführen ist. Durch die Synchronisation sollen auch fehlende oder falsche Jahrringe gefunden werden können.

Die Synchronisation erfolgt mit der Software TSAP (DOS-Version; www.rinntech.de). Mittels dieser Software können die Jahrringbreiten als Kurven visuell dargestellt werden. Diese Kurven werden zunächst vom Bearbeiter optisch hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit (Jahr-zu-Jahr Unterschiede) miteinander verglichen. Fehlende Jahrringe können so eingefügt bzw. falsche Jahrringe entfernt werden. In jedem Fall wurden in einem ersten Schritt jeweils die zwei Bohrkerne (a und b) eines Baumes miteinander sowie mit einer – wenn vorhanden - schon erstellten baumartspezifischen Chronologie des Bereiches Ostösterreich verglichen. Im zweiten Schritt werden dann alle Bäume einer Baumart und eines Standortes miteinander synchronisiert.

Nach dieser rein visuellen Synchronisation können die dadurch gewonnenen Ergebnisse nun mit einer weiteren Software (COFECHA; HOLMES, 1994) überprüft werden. COFECHA standardisiert die Kurven der Bohrkerne und erstellt eine Mittelkurve, mit der nun jeder einzelne Bohrkern der Grundmenge verglichen wird. Dieser Vergleich geschieht jeweils mit Segmenten von 50 Jahren, wobei jedes Segment zum vorherigen und nachfolgenden Segment eine Überlappung von 25 Jahren aufweist. Das Programm gibt jene Bohrkernsegmente an, die möglicherweise fehlerhaft sind und schlägt dazu

noch den jeweiligen Lösungsweg vor. Diese Fehler werden als flags bezeichnet (HOLMES, 1994).

Beispiel:

ErnFS 06a: 1906-1955 -1

Bohrkern ErnFS06a ist im Bereich 1906 bis 1955 fehlerhaft. COFECHA vermutet, dass dieses Segment oder ein Teil davon um ein Jahr (-1) verschoben werden muss. Dies kann nun bedeuten, dass sich hier ein falscher Jahrring versteckt hat (-1), der gelöscht werden muss oder, dass ein Jahrring fehlt (+1), welcher nun zusätzlich eingefügt werden muss. Die richtige Entscheidung muss anhand der Bohrkerne (Hinweise auf fehlende oder falsche Jahrringe) und der Kurvenverläufe getroffen werden.

Diese Vorgehensweise wird solange wiederholt, bis keine Fehler mehr zu finden sind. Die Werte von „Mean Series Intercorrelation“ sowie die „Average Mean Sensitivity“, die ebenfalls von COFECHA berechnet werden, sind dann üblicherweise maximiert. Dies bedeutet, dass die Korrelation aller eingegebenen Kurven sowie die Sensitivität der Jahrring-, Früh- oder Spätholzbreiten – je nach Eingabe – überprüft werden. Die Korrelation ist ein Ähnlichkeitsmaß und beschreibt den Zusammenhang eines Wertepaares in einer Zeitreihe. Eine Korrelation von 0 bedeutet keine Ähnlichkeit – eine Korrelation von 1 steht für identisch und -1 für invers (negativ identisch). Die Sensitivität ist ein Änderungsmaß und sagt etwas über den Grad der Reaktion des Baumes/der Baumart auf äußere Einflüsse aus (SCHWEINGRUBER, 1983).

Für diese Untersuchungen wurden als Minimum eine Korrelation (mean series intercorrelation) von 0,4 und eine Sensitivität (mean sensitivity) von 0,2 vorausgesetzt. Bis zum Erreichen dieser Werte kann es auch vorkommen, dass einzelne Bohrkerne oder auch ganze Bäume aus der Untersuchung entfernt werden müssen um ein ausreichend sicheres Ergebnis zu erzielen.

Die Tabellen 3.1 und 3.2 zeigen die Ergebnisse von COFECHA sowie alle Angaben über die Anzahl der beprobten Bäume, der entnommenen Bohrkerne sowie ausgeschlossenen Bäume bzw. Bohrkerne. Außerdem wurden die Anzahl der eventuell eingefügten Jahrringe, der insgesamt gemessenen

Jahrringe sowie das Datum des jüngsten und des ältesten Jahrrings sowie das Alter des ältesten Baumes (auf Brusthöhe) eingefügt. Alle Angaben betreffen dabei immer auf die jeweilige Baumart am jeweiligen Standort. Die COFECHA Ergebnisse beziehen sich hingegen immer auf Jahrringbreite (RW), Frühholzbreite (EW) oder Spätholzbreite (LW).

ERNSTBRUNN

	Anzahl Bäume	Anzahl Bohrkerne	Anzahl Bäume ausgeschl.	Anzahl Bohrkerne ausgeschl.	Anzahl gemessene Jahrringe	Anzahl eingefügte Jahrringe	ältester Jahrring von	jüngster Jahrring von	Baumalter in Brusthöhe	mean series inter-correlation	average mean sensitivity	flags
Buche RW	15	30	1	5	2441	1	1856	2006	150	0,679	0,300	0
Eiche RW										0,671	0,265	1
Eiche EW	15	30	0	0	3340	2	1819	2006	187	0,428	0,204	36
Eiche LW										0,666	0,459	6
Fichte RW										0,722	0,319	0
Fichte EW	15	30	0	1	2492	0	1916	2006	90	0,694	0,353	0
Fichte LW										0,640	0,451	1
Lärche RW										0,584	0,296	0
Lärche EW	15	30	1	3	2365	0	1908	2006	98	0,555	0,327	5
Lärche LW										0,552	0,377	13
Kiefer RW										0,673	0,280	1
Kiefer EW	15	30	0	3	3313	0	1855	2005	150	0,538	0,302	11
Kiefer LW										0,612	0,370	10

56

Tabelle 3.1: Details zu den am Standort Ernstbrunn genommenen Bohrkerne (EW: Frühholzbreite; LW: Spätholzbreite; RW: Ringbreite)

FEHRING												
	Anzahl Bäume	Anzahl Bohrkerne	Anzahl Bäume ausgeschl.	Anzahl Bohrkerne ausgeschl.	Anzahl gemessene Jahrringe	Anzahl eingefügte Jahrringe	ältester Jahrring von	jüngster Jahrring von	Baumalter in Brusthöhe	mean series inter-correlation	average mean sensitivity	flags
Buche RW	15	29	0	2	3013	5	1840	2007	167	0,642	0,293	0
Eiche RW	16	31	1	5	3298	0	1859	2007	148	0,650	0,213	0
Eiche EW										0,282	0,193	93
Eiche LW										0,650	0,356	1
Fichte RW	15	30	0	1	2074	0	1906	2007	101	0,604	0,254	3
Fichte EW										0,572	0,290	3
Fichte LW										0,423	0,357	20
Lärche RW	15	30	1	2	1305	2	1959	2007	48	0,812	0,339	0
Lärche EW										0,781	0,382	0
Lärche LW										0,706	0,437	0
Kiefer RW	17	34	2	5	3779	14	1864	2007	143	0,594	0,262	5
Kiefer EW										0,529	0,273	16
Kiefer LW										0,611	0,428	13

Tabelle 3.2: Details zu den am Standort Fehring genommenen Bohrkernen (EW: Frühholzbreite; LW: Spätholzbreite; RW: Ringbreite)

3.5. DETRENDING

Nach erfolgter Synchronisation konnten die Daten nun für die spätere Anwendung DENDROCLIM (BIONDI & WAIKUL, 2004) weiterverarbeitet werden. Im Vorfeld wurde die Entscheidung gefällt im Rahmen dieser Arbeit auch die Sinnhaftigkeit verschiedener Detrendingmöglichkeiten zu testen, wobei hier bewusst kontrastierende Varianten verwendet wurden. Mit der Indexierung soll eine Entfernung von Trends erreicht werden, um langfristige Schwankungen, welche durch biologisch-ökologische Bedingungen hervorgerufen werden, zu entfernen (SCHWEINGRUBER, 1983). Durch dieses Detrending sollen alle nicht klimatologischen Einflüsse, die auf das Baumwachstum wirken, entfernt werden. Dies betrifft vor allem den Alterstrend. Das Detrending darf dabei aber nicht so stark sein, dass mögliche Klimasignale unterdrückt werden. Bei dieser Standardisierung oder Indexierung wird jede Jahrringbreite (R_t) durch eine mathematische Ausgleichsfunktion (G_t) dividiert. Dadurch entsteht eine neue dimensionslose Indexkurve (I_t), welche um den Wert 1 schwankt: (SAURWEIN, 2000)

$$I_t = \frac{R_t}{G_t}$$

Es wurden drei verschiedene Indexierungsvarianten getestet:

Variante 1 (in weiterer Folge nur mehr „N.-Exp.“ genannt):

Die gewonnenen Jahrringdaten wurden mittels negativ-exponentieller Kurve oder einer Geraden – wobei die Entscheidung, welche Möglichkeit besser passt, von der Software gefällt wird - indexiert. Hierbei werden längerfristige Trends (vor allem der Alterstrend) eliminiert. Der Glättungswert (G_t) wird hierfür durch eine Anpassung einer negativ exponentiellen Kurve, oder einer Geraden bestimmt. Dies wurde unter Zuhilfenahme der Software ARSTAN bewerkstelligt, die standardisierte Indexreihen und Chronologien berechnet. Das Ergebnis sind Werte die um 1 variieren (COOK, 1983).

Die Variante 1 gilt im Rahmen dieser Arbeit als Vergleichsmaßstab für die Indexierungsvarianten 2 und 3.

Variante 2 (in weiterer Folge nur mehr „Spline 5“ genannt):

Die Jahrringdaten wurden mit einem kubischen Spline von 5-jähriger Steifigkeit ebenfalls mit ARSTAN indexiert. Die Splinefunktion ist eine Aneinanderkettung einzelner Polynomstücke und ähnelt einem gleitenden Mittel. In Abhängigkeit der verwendeten Steifigkeit glättet der Spline die Kurve stärker (z.B. 50jähriger Spline) oder schwächer, wie hier der Extremfall des 5jährigen Splines. D.h. diese Glättungskurve kann sich sehr rasch Änderungen im Kurvenverlauf anpassen. Das Ergebnis hier ist eine Kurve mit rein hochfrequenten Signalen. D.h. alle mittel- oder langfristigen Schwankungen wurden eliminiert. Die Ergebniswerte variieren ebenfalls um 1 (STRUMIA, 1999).

Variante 3 (in weiterer Folge nur mehr „Z-Value“ genannt):

Die 3. Variante ist genau genommen keine Detrending-Methode, da der Alterstrend hier nicht entfernt wird, sondern nur eine Standardisierung. Um die Lesbarkeit in dieser Arbeit zu vereinfachen wird sie jedoch mit den Varianten 1 und 2 als Detrendingmethoden zusammengefasst.

Hier wurde eine z-Transformation der Messwerte durchgeführt, die folgendermaßen berechnet wurde:

$$z_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{s_x}$$

Um den z-Wert (Z-Value) zu erlangen muss also der Mittelwert aller Jahrringbreiten von der Jahrringbreite des jeweiligen Jahres subtrahiert und das Ergebnis schließlich durch die Standardabweichung dividiert werden, wobei die Standardabweichung das Maß der Streuung der Werte um ihren Mittelwert angibt. Das Ergebnis sagt aus inwiefern über- oder unterdurchschnittlich die Jahrringbreite ist. Die Originalwerte wurden hier auf die gesamte Länge der Zeitreihe indexiert und geben somit nahezu unverändert die Messwerte wieder. Anders als bei den Varianten 1 und 2 ergeben sich hier auch Minuswerte, welche Unterdurchschnittlichkeit repräsentieren und vice versa.

Die drei Detrendingmethoden wurden gewählt um Extreme (5jähriger Spline, Z-Werte die der Originalkurve sehr ähnlich sind) miteinander und mit einer

konservativen Methode (negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade) vergleichen zu können.

Alle drei Varianten wurden jeweils nach Baumarten und Standorten getrennt durchgeführt und eine Mittelkurve der verwendeten Bohrkerne erstellt.

3.6. DENDROCLIM – RESPONSE FUNCTION ANALYSE

Die aus den indexierten Einzelkurven gebildeten Mittelkurven wurden nun für die Auswertung der Klima-Wachstums-Beziehungen verwendet. Zu jeder Baumart an jedem Standort gibt es nun je eine Mittelkurve der Gesamtringbreite, der Frühholzbreite sowie der Spätholzbreite in je drei Indexierungsvarianten. Ausnahme ist hier die Buche, bei der nur Mittelkurven zur Gesamtringbreite gebildet wurden. Die Gesamtzahl indexierter Mittelkurven beläuft sich auf 78.

Jene Mittelkurven wurden nun im Programm DENDROCLIM (BIONDI & WAIKUL, 2004) mit Niederschlags- und Temperaturdaten der Klimastationen Bad Gleichenberg sowie Graz Universität (für den Standort Fehring) und Retz sowie Hohe Warte (AUER, BÖHM & SCHÖNER, 2001) (für den Standort Ernstbrunn) verglichen und eine Response-Function berechnet. Grundannahme für diese Berechnung ist, dass Jahrringwachstum, Niederschlag und Temperatur eine lineare Beziehung zueinander haben. Dafür wird eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt, wobei hier die monatlichen Niederschlags- und Temperaturwerte in Hauptkomponenten zerlegt und als unabhängige Variablen herangezogen werden. Die jeweilige Jahrringbreite wird als abhängige Variable verwendet. Das Ergebnis ist ein für jeden Monat spezifischer Responsewert mit einem Wert zwischen -1 und 1, der somit einen negativen oder positiven Einfluss auf das Jahrringwachstum hat. Negative Werte drücken einen für das Baumwachstum hemmenden Einfluss aus, positive Werte einen das Wachstum begünstigenden Einfluss. In jenen Monaten, in denen das Jahrringwachstum unbeeinflusst von Temperatur und Niederschlag ist, ist der Responsewert gleich 0 (BIONDI & WAIKUL, 2004).

Der Bezugszeitraum umfasst einen Abschnitt von 14 Monaten, welcher sowohl Monate des Vorjahres (August bis Dezember) als auch Monate des laufenden

Jahres (Jänner bis September) beinhaltet. Die Response Function Analyse wurde für jede Baumart und jeden Standort aufgrund der unterschiedlich langen Zeitreihen sowie der Verfügbarkeit der Klimadaten für unterschiedliche Zeiträume durchgeführt (siehe dazu Tabelle 3.3).

	Ernstbrunn	Fehring
	Zeitraum	
Buche	1896-2005	1880-2005
Eiche	1896-2005	1880-2005
Lärche	1909-2005	1960-2005
Fichte	1917-2005	1908-2005
Kiefer	1896-2005	1880-2005

Tabelle 3.3: Zeiträume, die für die Berechnung der Response Function Analyse verwendet wurden getrennt nach Standorten und Baumarten

3.7. KORRELATIONSANALYSE

Die Response Function Analyse deckt Zusammenhänge zwischen den Jahrringbreiten und Klimavariablen auf. Eine einfache Korrelationsanalyse dient hier Vergleichszwecken. Es wurden die Korrelationen zwischen der jährlichen Veränderung des Zuwachses mit den Differenzen der Niederschlagssummen berechnet. Dabei wurden jeweils die ersten Differenzen der Jahrring- und/oder Früh- bzw. Spätholzbreiten mit den ersten Differenzen der Niederschlagssummen jener Monate korreliert, welche sich in der Response Function Analyse als signifikant erwiesen. Es wurden hierfür jedoch nur jene angezeigten Monate verwendet, welche sich im laufenden Jahr befinden – Monate des Vorjahres wurden hier nicht berücksichtigt. Der Vorteil dieser „Differenzen-Zeitreihen“ ist, dass sie weitestgehend frei von Autokorrelationen sind.

4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Von den insgesamt 153 Bäumen bzw. 306 Bohrkernen konnten 147 Bäume (96%) bzw. 279 Bohrkern (91%) synchronisiert werden. Am Standort Ernstbrunn wurden für alle Baumarten zusammen 12 Bohrkern (entweder die Probe a oder b eines Baumes) und 2 Bäume (Probe a und b eines Baumes) aus der Gesamtheit der Stichproben entfernt.

Am Standort Fehring wurden 15 Bohrkern und 4 Bäume extrahiert. Für weitere Details siehe Tabelle 3.1 und 3.2 (Kap. 3.4.).

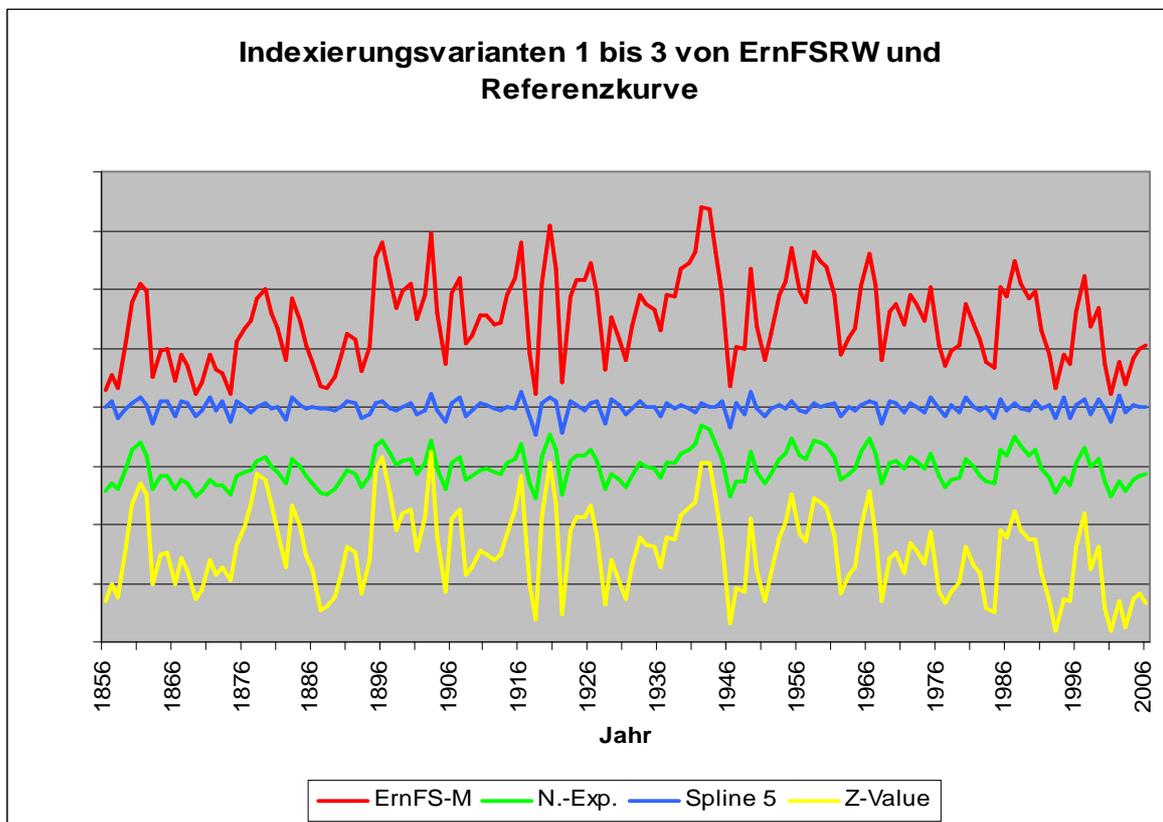


Abb. 4.1: Vergleich der drei Indexierungsvarianten mit der Originalkurve der Ernstbrunner Buche (ErnFS-M: Originalmesskurve; N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

Abbildung 4.1 zeigt als Beispiel die drei Indexierungs-Varianten sowie die tatsächliche Messkurve der Ernstbrunner Buche (ErnFS-M). Es ist auf den ersten Blick sofort ein Unterschied zu erkennen. Die Variante 3 (Z-Value) ergibt im Vergleich zu N.-Exp. und Spline 5 wesentlich stärkere Höchst- und Tiefstwerte der Kurve. Diese Ausschläge sind in ihren Ausprägungen fast identisch mit jenen von ErnFS-M. N.-Exp. flacht die Höchst- und Tiefstwerte der Originalkurve zwar ab, sie sind aber immer noch als solche zu erkennen und längere Trends (niederfrequente Schwingungen) bleiben dabei erhalten. Spline 5 zeigt die geringsten Ausschläge und schwächt teilweise sogar sehr starke Signale auf eine fast gerade Linie ab (z.B. im 1886-1891 oder auch 1941-1946).

Für die Auswertung der Daten aus den Jahrringmessungen wurden pro Standort je zwei Klimastationen herangezogen, wobei hier jedoch nur auf die Ergebnisse von je einer Station, und zwar der mit den signifikanteren Resultaten näher eingegangen werden soll. Die Ergebniswerte der anderen Klimastationen sind im Anhang zu finden. Weiters wurde außerdem die Response Function mit Temperaturwerten dieser Stationen berechnet, da die Auswertung der Niederschlagsdaten mit der verwendeten Software ohne die Eingabe dieses zusätzlichen Parameters nicht möglich war.

Die Ergebnisse der Response Function Analyse sind auf den Diagrammen grafisch dargestellt. Listen aller Responsewerte – inklusive der berechneten Werte für die Lufttemperatur – sind ebenfalls im Anhang nachzulesen.

Alle Diagramme zeigen jeweils die Responsewerte aller drei Indexierungsvarianten (N.-Exp. – Spline 5 – Z-Value) mit den beiden Klimastationen Retz (für die Ernstbrunner Proben) und Bad Gleichenberg (für die Fehringer Proben). Zusätzlich sind sie nach Baumarten, Frühholz, Spätholz und Ringbreite getrennt. Alle Abbildungen (4.2 bis 4.14) wurden nach demselben Schema angefertigt.

Die Monate des Vorjahres werden auf der x-Achse der Diagramme mit Großbuchstaben gekennzeichnet (AUG, SEP, ...), die Monate des laufenden Jahres mit Jan, Feb, usw.

In einer ersten Analyse (Kap 4.1) werden die Einflüsse des Detrendings auf die Klima-Wachstums-Beziehung dargestellt und diskutiert sowie im Kap. 4.2 die Ergebnisse der Klima-Wachstumsbeziehungen der einzelnen Baumarten beschrieben (nur für die N.-Exp. – Variante). Zuletzt wird im Kap. 4.3 der Unterschied zwischen den zwei Standorten analysiert.

4.1. EINFLUSS DES DETRENDINGS AUF DIE ERGEBNISSE DER RESPONSE FUNCTION ANALYSE

4.1.1. Kiefer

Abbildung 4.2 zeigt die Responsewerte für das Kiefernfrühholz mit den Niederschlagswerten.

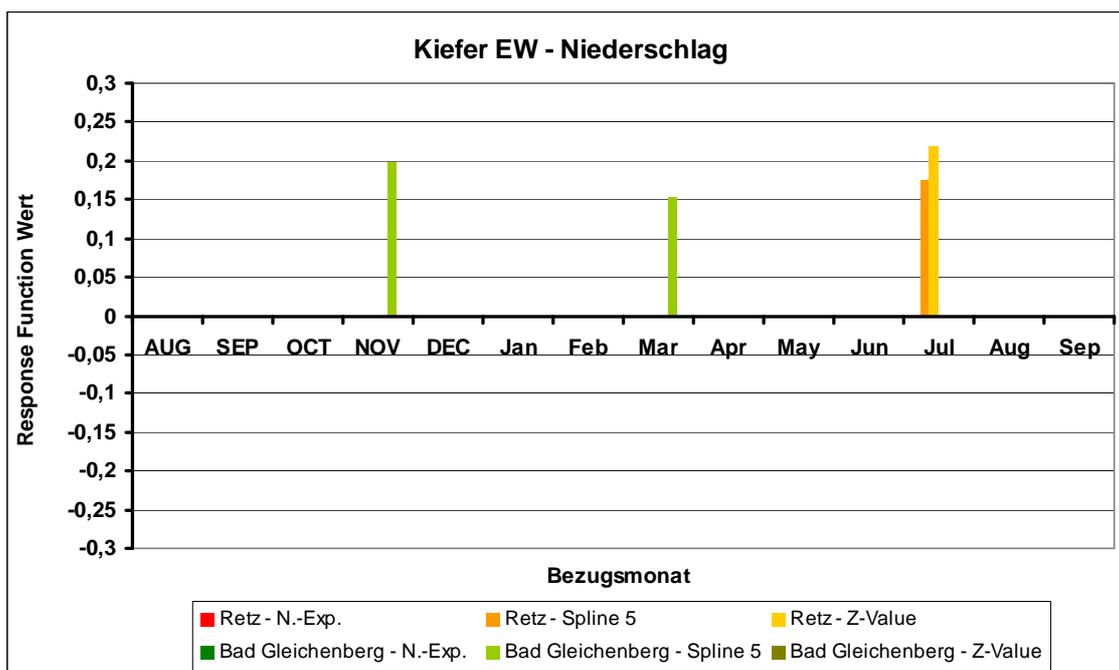


Abbildung 4.2: Ergebnis der Response Function Analyse für Frühholz (EW) der Kiefer im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

Insgesamt gibt es nur vier Responsewerte, die alle im positiven Bereich liegen. Je zwei der Werte sind Ergebnisse der Ernstbrunner Kiefer für die Station Retz

und der Fehringer Kiefer für die Station Bad Gleichenberg. Die beiden Werte von Bad Gleichenberg weisen auf einen Zusammenhang mit November des Vorjahres und März des laufenden Jahres hin. Die Ergebnisse für Ernstbrunn stehen im Zusammenhang mit dem Juli-Niederschlag bei Spline 5 und Z-Value. Betrachtet man die Ergebnisse anhand physiologischer Gesichtspunkte so lassen sich sowohl die Zusammenhänge mit den Niederschlägen im März als auch im Juli mit der Bildung des Frühholzes erklären. Die Bildung des Frühholzes startet mit dem Beginn der Vegetationsperiode (Frühling), wenn Blätter und Jungtriebe zu wachsen beginnen, und endet in den Frühsommer- bzw. Sommermonaten (KOZLOWSKI & PALLARDY, 1997). Im März, also kurz bevor der Baum aktiv wird und Frühholz bildet, kann Wasser im Boden gut gespeichert und dann für die Bildung des Frühholzes verwendet werden. Der positive Responsewert für November des Vorjahres lässt sich nicht so leicht deuten, könnte aber eventuell mit Winterfeuchte zusammenhängen, die im Boden gespeichert und dann für die Bildung des Frühholzes verwendet wird. Alle vier angezeigten Werte liegen aber mit einem Wert von unter 0,2 oder ganz knapp darüber in einem Bereich, der keine sichere Aussage zulässt und könnten deshalb auch uninterpretiert bleiben. Diese Annahme bestätigt sich auch dadurch, dass N.-Exp. für beide Standorte keinerlei Zusammenhänge zeigt.

Abbildung 4.3 zeigt die Responsewerte für das Kiefernspätholz mit den Niederschlagswerten.

Die Ergebnisse sind hier eindeutig und über alle Indexierungsmethoden (fast) völlig gleich. Bis auf Retz – Spline 5 zeigen alle Methoden für beide Standorte positive Responsewerte für den Juni Niederschlag des laufenden Jahres. Für den Juli Niederschlag des laufenden Jahres geben alle sechs Möglichkeiten einen positiven Zusammenhang an.

Als einzigen Ausreißer sieht man hier die Variante Bad Gleichenberg – N.-Exp., die auch für April des laufenden Jahres einen negativen Wert abbildet.

Es zeigt sich hier für alle drei Detrendingvarianten ein gutes und einheitliches Ergebnis, dass auch physiologisch erklärbar ist. Die Bildung des Spätholzes

findet am Ende der Wachstumsphase des Baumes statt, d.h. im Sommer bzw. Spätsommer (KOZLOWSKI & PALLARDY, 1997). Vor allem die Sommermonate Juni und Juli – also bevor bzw. während das Spätholz gebildet wird – bieten eine gute Möglichkeit für den Baum photosynthetisch aktiv zu sein und diese Assimilate für die Bildung des Spätholzes einzusetzen.

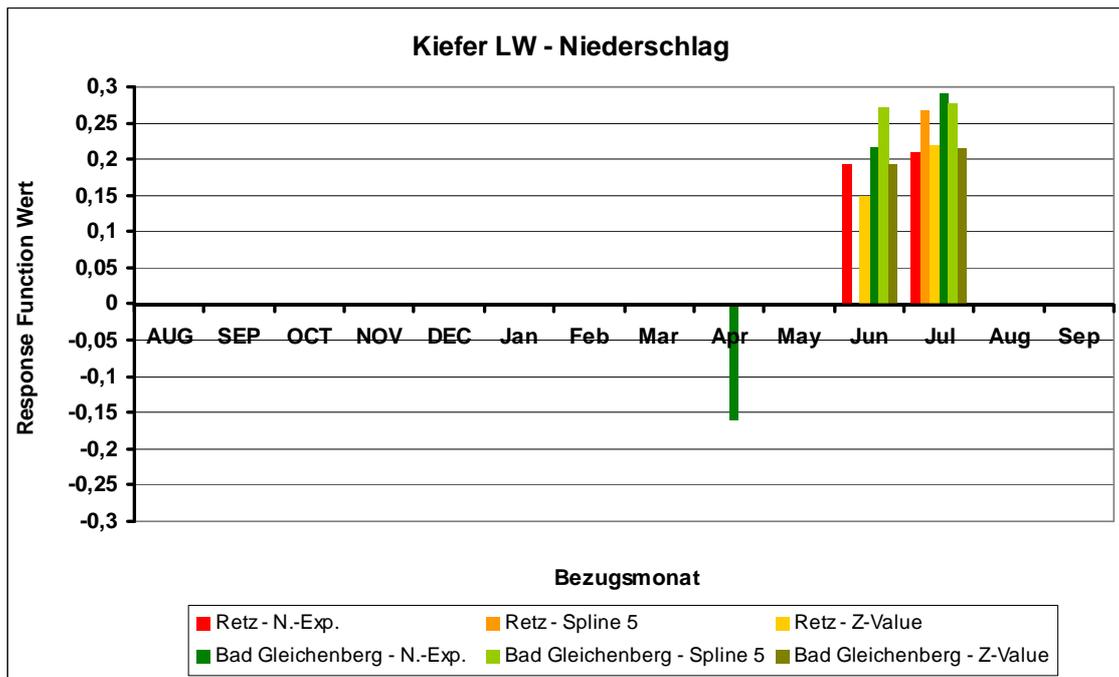


Abbildung 4.3: Ergebnis der Response Function Analyse für Spätholz (LW) der Kiefer im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending mittels negativ-exponentieller Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending mittels 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending mittels Z-Transformation)

Abbildung 4.4 zeigt die Responsewerte für die Jahrringbreite der Kiefer mit den Niederschlagswerten.

Der Zusammenhang der Jahrringbreite mit den Niederschlagswerten liegt hier wieder nur im positiven Bereich. Ein deutlicher Zusammenhang besteht beim Juli Niederschlag des laufenden Jahres. Er kommt bei fünf der sechs Möglichkeiten heraus, nur Bad Gleichenberg – Z-Value scheint hier nicht auf. Zusätzlich dazu wird bei Retz – Z-Value noch ein Zusammenhang mit dem Juni-Niederschlag des laufenden Jahres und dem August Niederschlag des

Vorjahres sowie ein Zusammenhang von Retz – N.-Exp. mit dem Niederschlag im Juni des laufenden Jahres.

Obwohl fast alle Responsewerte – ausgenommen Retz -Spline 5 und Retz – Z-Value – unter 0,2 liegen, ergibt sich trotzdem ein gutes Ergebnis für alle drei Detrendingmethoden. Die Niederschlagsmenge im August des Vorjahres kann durchaus einen positiven Einfluss auf die Jahrringbreite haben, da in dieser Zeit Reservestoffe eingelagert werden, die für die Bildung des nächsten Frühholzes herangezogen werden. Der Zusammenhang mit Niederschlägen im Juni und Juli des laufenden Jahres wurde schon bei Abbildung 4.3 erklärt.

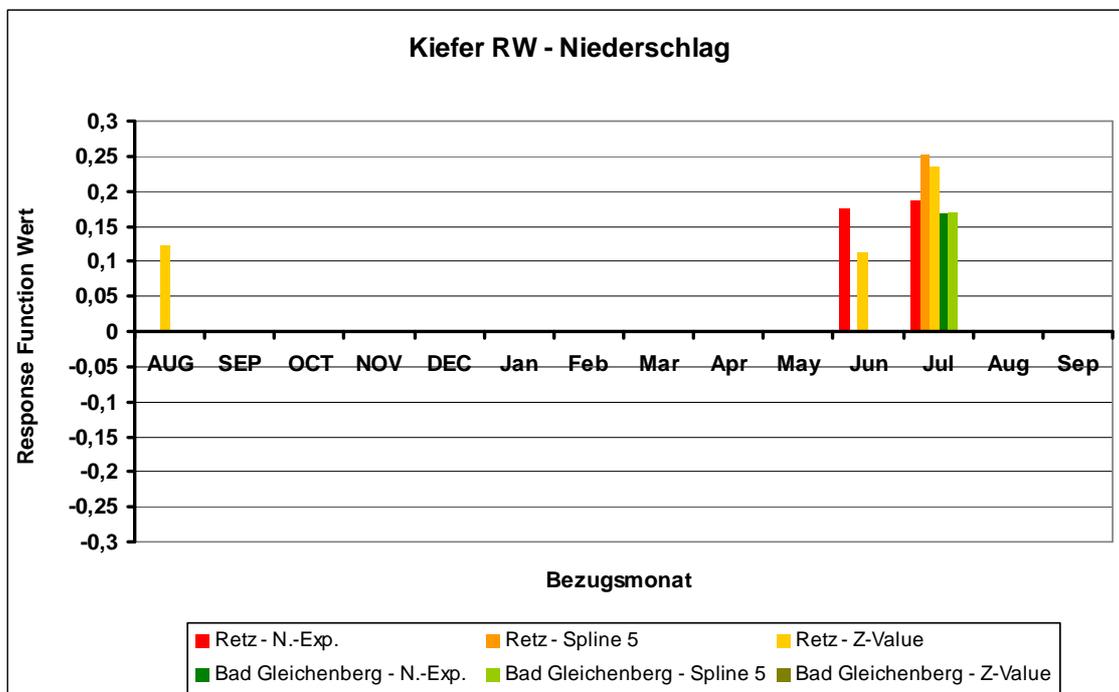


Abbildung 4.4: Ergebnis der Response Function Analyse für die Jahrringbreite (RW) der Kiefer im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

4.1.2. Lärche

Abbildung 4.5 zeigt die Responsewerte für das Lärchenfrühholz mit den Niederschlagswerten.

Hier scheinen ausschließlich positive Werte auf. Bad Gleichberg – N.-Exp. und Bad Gleichberg – Spline 5 geben eine Verknüpfung mit dem Mai-Niederschlag des laufenden Jahres an. Es gibt keine weiteren Zusammenhänge zwischen den Niederschlägen und Fehringner Proben.

Für die Ernstbrunner Proben werden vier Responsewerte abgebildet. Retz – Spline 5 gibt Zusammenhänge mit dem Niederschlag im August und Oktober des Vorjahres an. Ein Zusammenhang zwischen dem Juni-Niederschlag und Retz – N.-Exp. sowie mit dem Niederschlag im Juli und Retz – Z-Value wird ebenfalls angegeben.

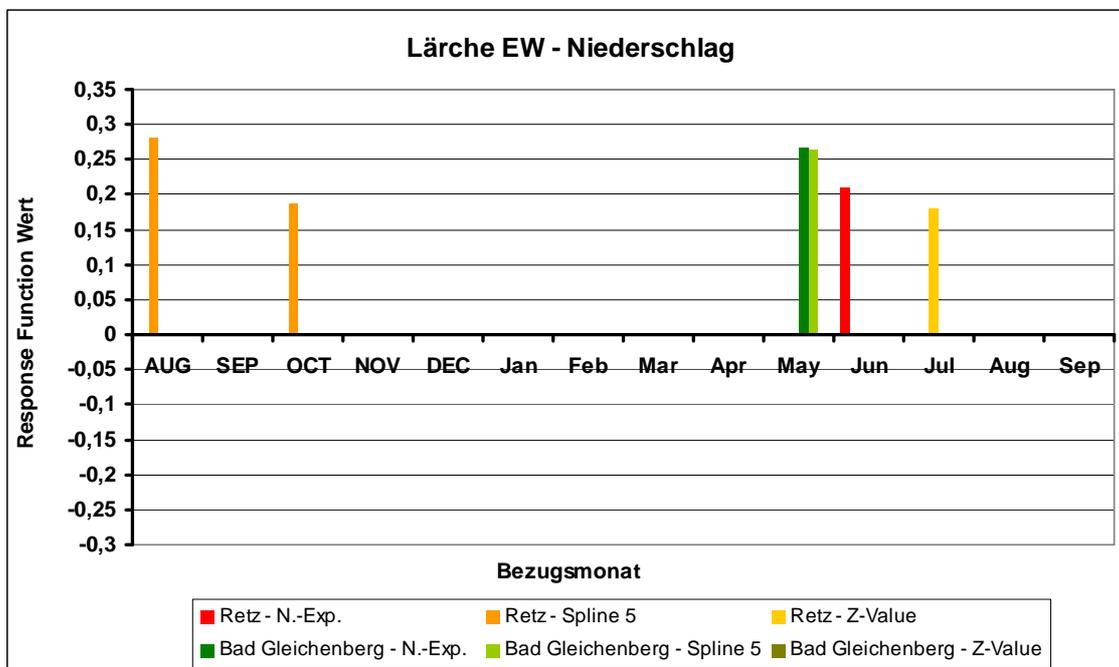


Abbildung 4.5: Ergebnis der Response Function Analyse für Frühholz (EW) der Lärche im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

Die Responsewerte für Oktober des Vorjahres und Juli des laufenden Jahres liegen unter 0,2 und lassen sich auch am schwierigsten von allen Werten erklären. Der Oktober-Niederschlag kann möglicherweise für die Bildung des Frühholzes – genauso wie der durch einen guten Wert von fast 0,3 repräsentierte August-Niederschlag des Vorjahres – über die Monate der

Winterruhe gespeichert werden. Die ebenfalls mit Werten von über 0,2 angezeigten Frühling-/Sommermonate Mai und Juni sind wichtig für die Bildung des Frühholzes des Baumes, der sich zu diesem Zeitpunkt voll in der Wachstumsphase befindet.

Abbildung 4.6 zeigt die Responsewerte für das Lärchenspätholz mit den Niederschlagswerten.

Es werden sieben Responsewerte angegeben, wovon nur einer im negativen Bereich liegt. Der Juni- und Juli-Niederschlag des laufenden Jahres kommt bei je drei Möglichkeiten heraus. Für Juni sind das alle drei Varianten der Ernstbrunner Bohrkerne, für Juli sind es Retz – Z-Value, Bad Gleichenberg – N.-Exp. und Bad Gleichenberg – Z-Value. Diese Responsewerte sind alle positiv. Bad Gleichenberg – Spline 5 ergibt für den August-Niederschlag des Vorjahres den negativen Wert.

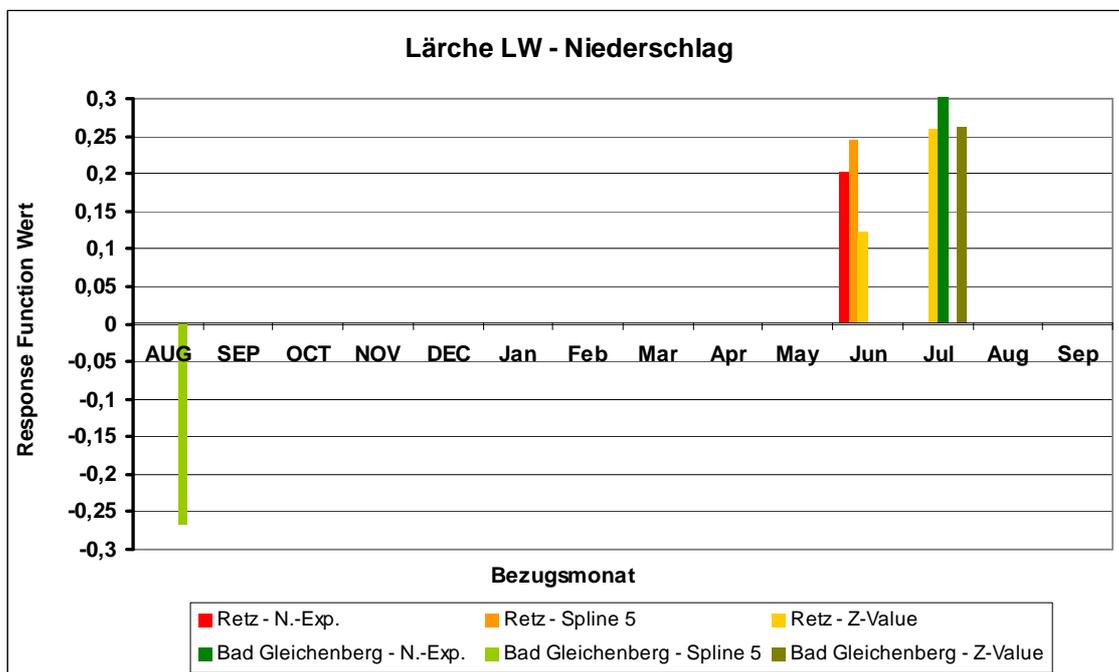


Abbildung 4.6: Ergebnis der Response Function Analyse für Spätholz (LW) der Lärche im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

Die Signale für die Relevanz der Juni- und Juli-Niederschläge des laufenden Jahres auf die Bildung des Spätholzes stellen sich bei der Lärche ähnlich deutlich wie bei der Kiefer dar (siehe Abb. 4.3). Auch der von Bad Gleichenberg – Spline 5 angezeigte negative Responsewert für August des Vorjahres ist erklärbar, da eine große Niederschlagsmenge im August sich zwar positiv auf die Bildung des Frühholzes auswirken kann, was aber wiederum bedeutet, dass weniger Energie für die Spätholzbildung zur Verfügung steht.

Abbildung 4.7 zeigt die Responsewerte für die Jahrringbreite der Lärche mit den Niederschlagswerten.

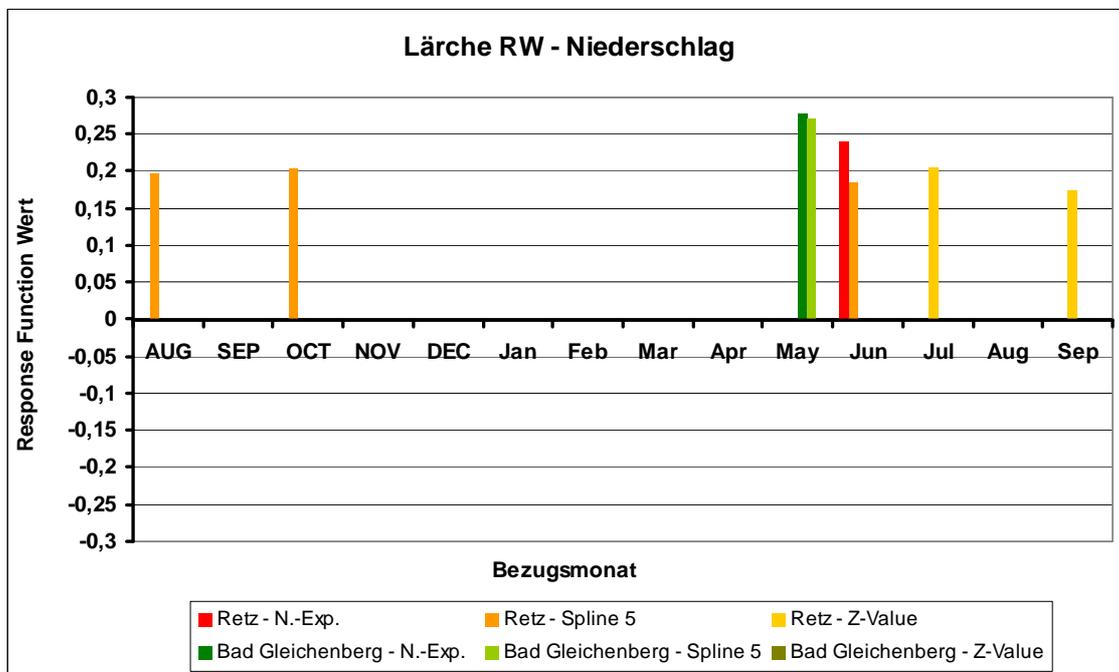


Abbildung 4.7.: Ergebnis der Response Function Analyse für die Jahrringbreite (RW) der Lärche im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

Die Responsewerte für die Jahrringbreite ergeben ein breites Spektrum, da insgesamt für sechs verschiedene Monate Werte dargestellt werden. Zusammenhänge der Fehringer Lärche mit dem Niederschlag wird von Bad Gleichenberg – N.-Exp. und Bad Gleichenberg – Spline 5 nur für Mai des

laufenden Jahres angezeigt. Für Juni des laufenden Jahres geben Retz – N.-Exp. und Retz – Spline 5 einen Zusammenhang an. Retz – Z-Value gibt eine Verknüpfung mit dem Niederschlag von Juli und September des laufenden Jahres an. Weiters gibt es noch Zusammenhänge von Retz – Spline 5 und dem August und Oktober Niederschlag des Vorjahres. Alle Werte sind positiv.

Die Responsewerte für die Zusammenhänge zwischen Niederschlag und Jahrringbreite spiegeln die zuvor beschriebenen Ergebnisse (siehe Abbildung 4.5 und 4.6) für Früh- und Spätholz gut wieder. Es wird nur ein einziger neuer Wert abgebildet und zwar für September des laufenden Jahres Retz – Z-Value. Dieser Wert ist allerdings niedrig (unter 0,2) und lässt sich auch nicht erklären.

4.1.3. Fichte

Abbildung 4.8 zeigt die Responsewerte für das Fichtenfrühholz mit den Niederschlagswerten.

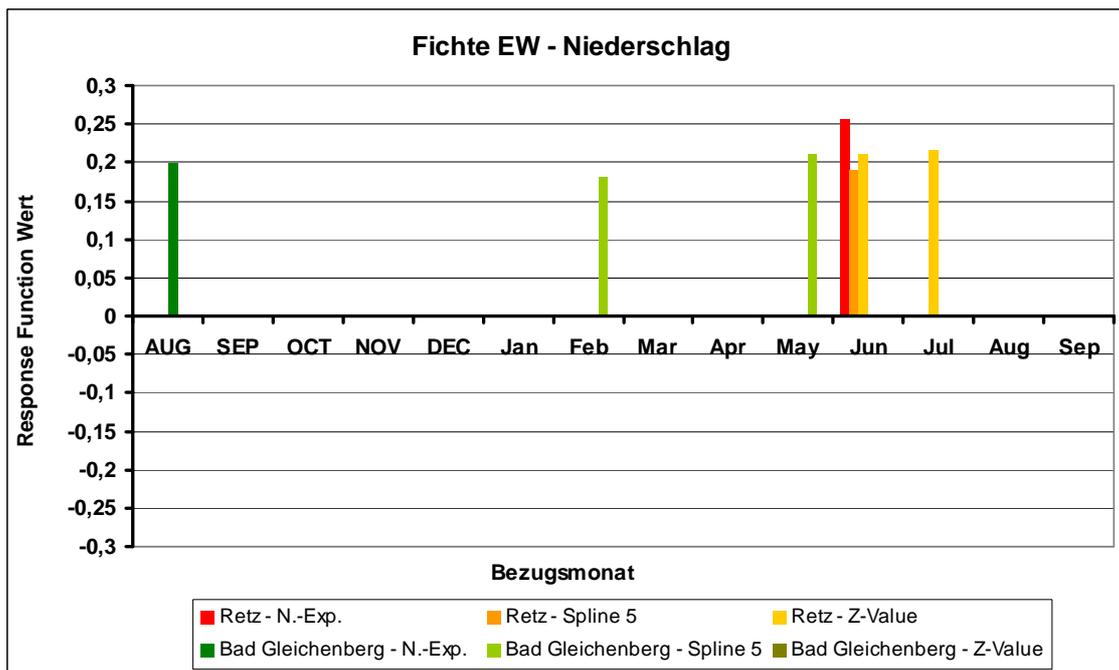


Abbildung 4.8: Ergebnis der Response Function Analyse für Frühholz (EW) der Fichte im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

Die Responsewerte befinden sich auch hier wieder alle im positiven Bereich. Zusammenhänge zwischen den Niederschlagswerten und der Frühholzbreite für die Ernstbrunner Proben konnten im Juni und Juli des laufenden Jahres festgestellt werden, wobei für Juni alle drei Möglichkeiten Zusammenhänge zeigen, für Juli hingegen nur Retz-Z-Value.

Bad Gleichenberg – N.-Exp. zeigt eine Verknüpfung mit dem August-Niederschlag des Vorjahres. Bad Gleichenberg – Spline 5 ergibt zwei Werte: einen für den Februar Niederschlag des laufenden Jahres und einen für den Niederschlag im Mai des laufenden Jahres.

Die Zusammenhänge zwischen einem breiteren Frühholz und großen Niederschlägen in den Monaten August des Vorjahres sowie Mai, Juni und Juli des laufenden Jahres wurden in den Kapitel 4.1.1. sowie 4.2.2. bereits erläutert. Der hier angezeigte positive Responsewert von Bad Gleichenberg – Spline 5 im Zusammenhang mit Februar-Niederschlägen des laufenden Jahres lässt sich physiologisch nicht erklären, kann aber auch durch den eher niedrigen Wert vernachlässigt werden.

Abbildung 4.9 zeigt die Responsewerte für das Fichtenspähholz mit den Niederschlagswerten.

Die Responsewerte zwischen Niederschlag und Spähholzbreite zeigen viel mehr Einheitlichkeit im Gegensatz zum Frühholz. Eine Verknüpfung mit dem Juni-Niederschlag des laufenden Jahres wird von Retz – N.-Exp., Retz – Z-Value, Bad Gleichenberg – N.-Exp. und Bad Gleichenberg – Spline 5 dargestellt. Zusammenhänge mit den Niederschlägen im August des laufenden Jahres werden dreifach angegeben: Retz – Z-Value, Bad Gleichenberg – Spline 5 und Bad Gleichenberg – Z-Value.

Einen Ausreißer stellt der Zusammenhang zwischen den Niederschlägen im Dezember des Vorjahres und Retz – Z-Value dar. Es befinden sich wieder alle Werte im positiven Bereich.

Die von Bad Gleichenberg – Spline 5 und Z-Value sowie Retz – Z-Value angezeigten positiven Werte für August-Niederschläge passen gut zur Bildungszeit des Spähholzes im Spätsommer. Der von Retz – Z-Value angezeigt

positive Wert für Dezember-Niederschläge des Vorjahres könnte mit einer Speicherung von Winterfeuchte im Boden zusammenhängen. Dies würde aber eher einen Einfluss auf die Frühholzbildung haben, weshalb dieser Wert hier nicht weiter interpretiert wird. Die Zusammenhänge zwischen Spätholzbreite und Niederschlägen im Juni des laufenden Jahres können in den Kapiteln 4.1.1. und 4.2.2 nachgeschlagen werden.

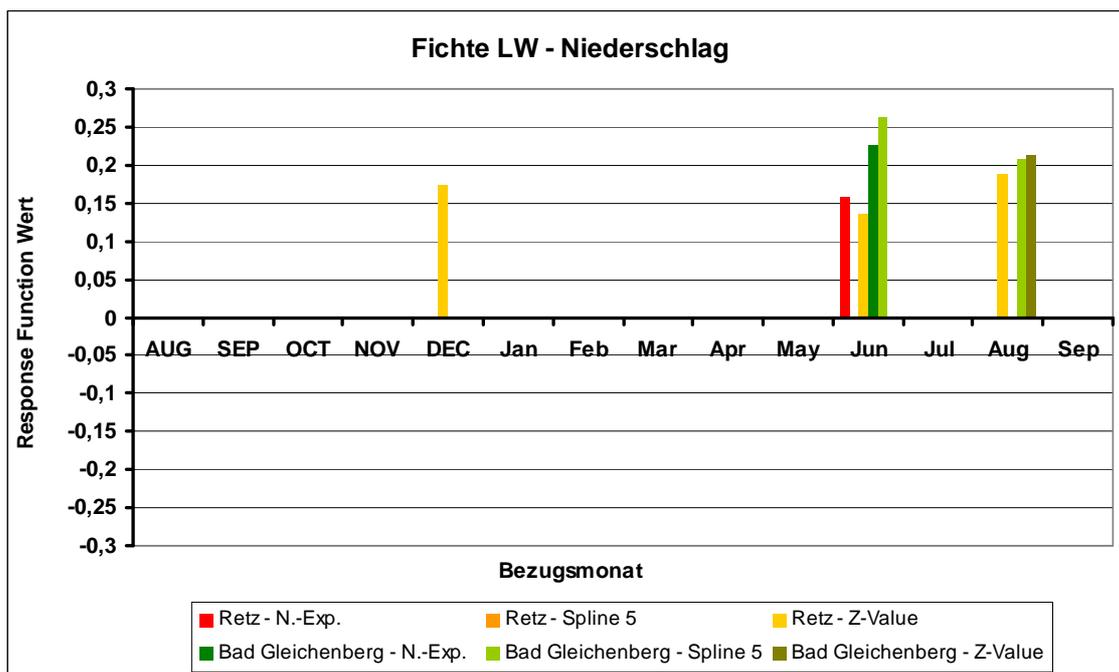


Abbildung 4.9: Ergebnis der Response Function Analyse für Spätholz (LW) der Fichte im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

Abbildung 4.10 zeigt die Responsewerte für die Jahrringbreite der Fichte mit den Niederschlagswerten.

Auch hier sind wieder alle Responsewerte positiv. Für die Ernstbrunner Proben gibt es nur für die Monate Juni und Juli des laufenden Jahres Ergebnisse. Zusammenhänge mit den Niederschlägen im Juni kommen bei allen drei Möglichkeiten heraus, für Juli nur von Retz – Z-Value. Bad Gleichenberg – N.-Exp. zeigt eine Verknüpfung mit dem Niederschlag im August des Vorjahres.

Für Februar- und Mai-Niederschläge des laufenden Jahres konnte ein Zusammenhang mit Bad Gleichenberg – Spline 5 festgestellt werden.

Wie auch bei der Lärche setzen sich die Ergebnisse in Bezug auf die Jahrringbreite der Fichte aus den zuvor beschriebenen Ergebnissen von Früh- und Spätholz zusammen. Auch der schwer zu erklärende Zusammenhang mit den Februar-Niederschlägen scheint hier wieder auf. Der positive Responsewert von Bad Gleichenberg – Spline 5 für Mai-Niederschläge des laufenden Jahres bestätigt sich auch bei SCHIESSL (2007).

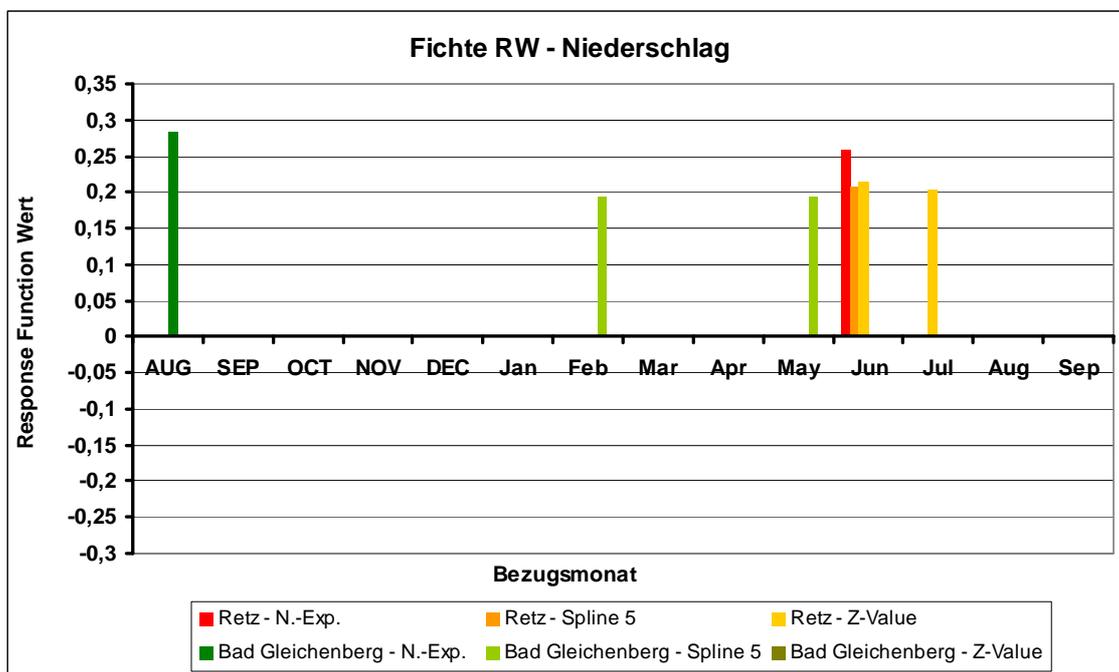


Abbildung 4.10: Ergebnis der Response Function Analyse für die Jahrringbreite (RW) der Fichte im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

4.1.4. Eiche

Abbildung 4.11 zeigt die Responsewerte für das Eichenfrühholz mit den Niederschlagswerten.

Das Bild der Responsewerte stellt sich hier sehr uneinheitlich dar. Retz – Spline 5 ergibt einen positiven Wert für den August Niederschlag des Vorjahres und

einen negativen Wert für den Niederschlag im September des laufenden Jahres.

Für die Fehringer Proben zeigen sich zwei Zusammenhänge: Bad Gleichenberg – Spline 5 mit dem Februar-Niederschlag des laufenden Jahres und Bad Gleichenberg – N.-Exp. mit den Niederschlägen im April des laufenden Jahres. Beide Werte sind positiv.

Der von Retz – Spline 5 hier abgebildete negative Responsewert für September-Niederschläge im Vorjahr lässt sich physiologisch nicht erklären. Die Aussagen von positiven Responsewerten für Frühholzbildung und Niederschläge vom August des Vorjahres sowie Februar und April des laufenden Jahres wurden in den Kapiteln 4.1.1. bis 4.1.3. bereits erläutert.

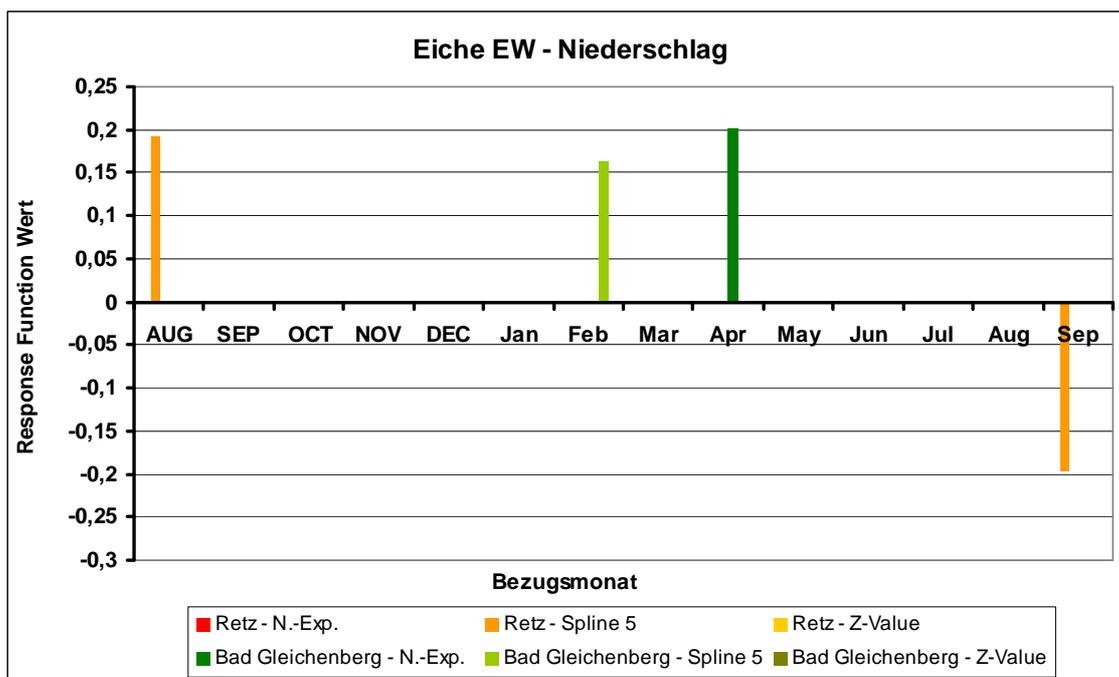


Abbildung 4.11: Ergebnis der Response Function Analyse für Frühholz (EW) der Eiche im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

Abbildung 4.12 zeigt die Responsewerte für das Eichenspähholz mit den Niederschlagswerten.

Im Gegensatz zum Frühholz ergeben sich beim Spätholz der Eiche wieder nur positive Werte. Bad Gleichenberg – Spline 5 zeigt gar Zusammenhänge mit Niederschlägen in vier verschiedenen Monaten an – mit dem November Niederschlag des Vorjahres sowie mit den Niederschlägen im Februar, Mai und Juni des laufenden Jahres.

Retz – N.-Exp. gibt eine Verknüpfung mit den Juni und Juli Niederschlägen des laufenden Jahres an und Retz – Z-Value ebenfalls einen Zusammenhang mit den Niederschlägen im Juli des laufenden Jahres.

Die Zusammenhänge mit größeren Niederschlagsmengen im Mai, Juni und Juli des laufenden Jahres und einer größeren Spätholzbreite sind gut erklärbar, da sich in diesen Monaten der Baum in der Wachstumsphase befindet und das für den Frühholzaufbau nicht benötigte Wasser im Boden noch gut gespeichert werden kann. Die Responsewerte für November des Vorjahres und Februar des laufenden Jahres könnten im Zusammenhang mit Winterfeuchte stehen.

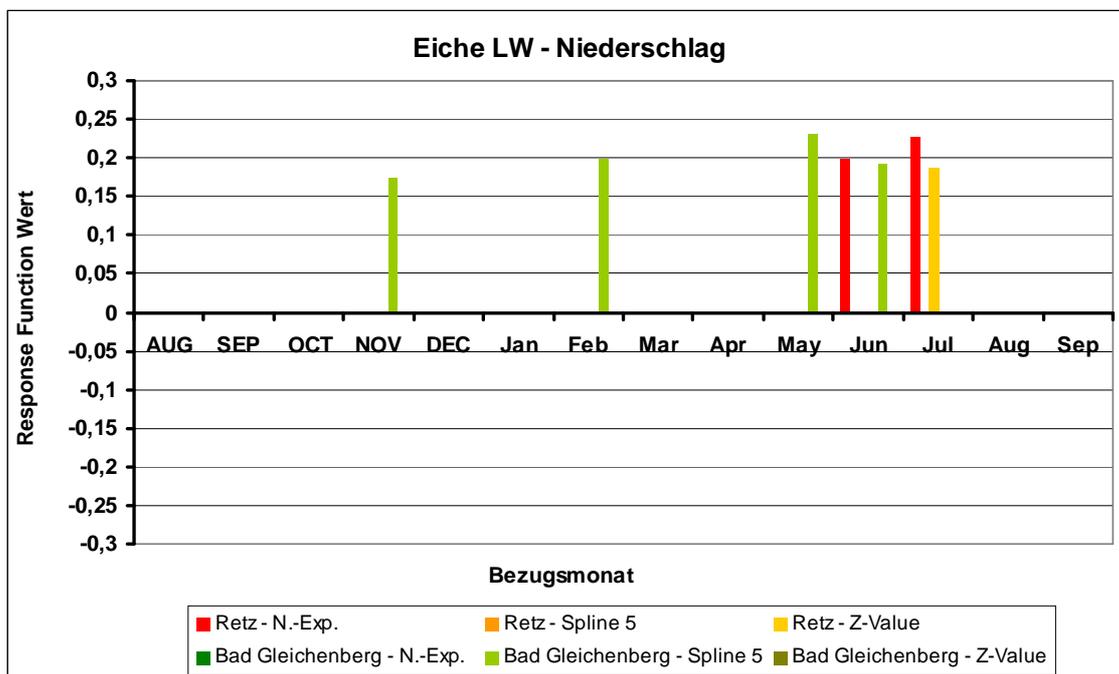


Abbildung 4.12: Ergebnis der Response Function Analyse für Spätholz (LW) der Eiche im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

Abbildung 4.13 zeigt die Responsewerte für die Jahrringbreite der Eiche mit den Niederschlagswerten.

Im Vergleich zu den Responsewerten der Spätholzbreite mit den Niederschlägen kommt hier nur ein Unterschied heraus: Retz – N.-Exp. zeigt keine Verknüpfung mit den Niederschlägen im Juni des laufenden Jahres an. Alle anderen Zusammenhänge sind mit denen des Spätholzes identisch.

Die Response-Function Ergebnisse für die dargestellten Monate wurden bereits beim Spätholz der Eiche diskutiert und sind dort nachzulesen.

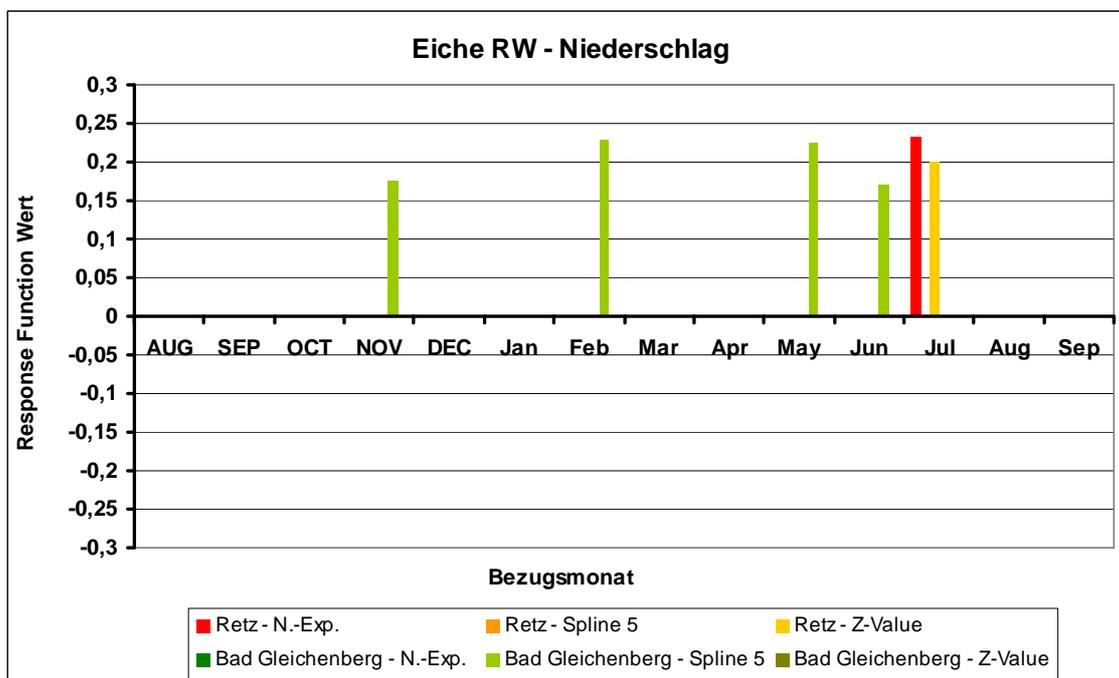


Abbildung 4.13: Ergebnis der Response Function Analyse für die Jahrringbreite (RW) der Eiche im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

4.1.5. Buche

Abbildung 4.14 zeigt die Responsewerte für die Jahrringbreite der Buche mit den Niederschlagswerten. Da bei den Buchenbohrkernen nur die Jahrringbreite gemessen wurde, gibt es hier keine Diagramme zu Früh- und Spätholz.

Die Jahrringbreite der Buche ergibt für die Niederschlagswerte nur positive Werte an. Retz – N.-Exp. und Retz – Z-Value geben beide für die

Niederschläge im April und Juni des laufenden Jahres Zusammenhänge an. Retz – Z-Value zeigt zusätzlich auch noch eine Verknüpfung mit den Juli Niederschlägen des laufenden Jahres an. Retz – Spline 5 hat einen Zusammenhang mit den August-Niederschlägen des Vorjahres angegeben. Für die Proben aus Fehring konnten nur bei Bad Gleichenberg – Spline 5 Zusammenhänge mit dem November-Niederschlag des Vorjahres und den Niederschlägen im Mai des laufenden Jahres festgestellt werden.

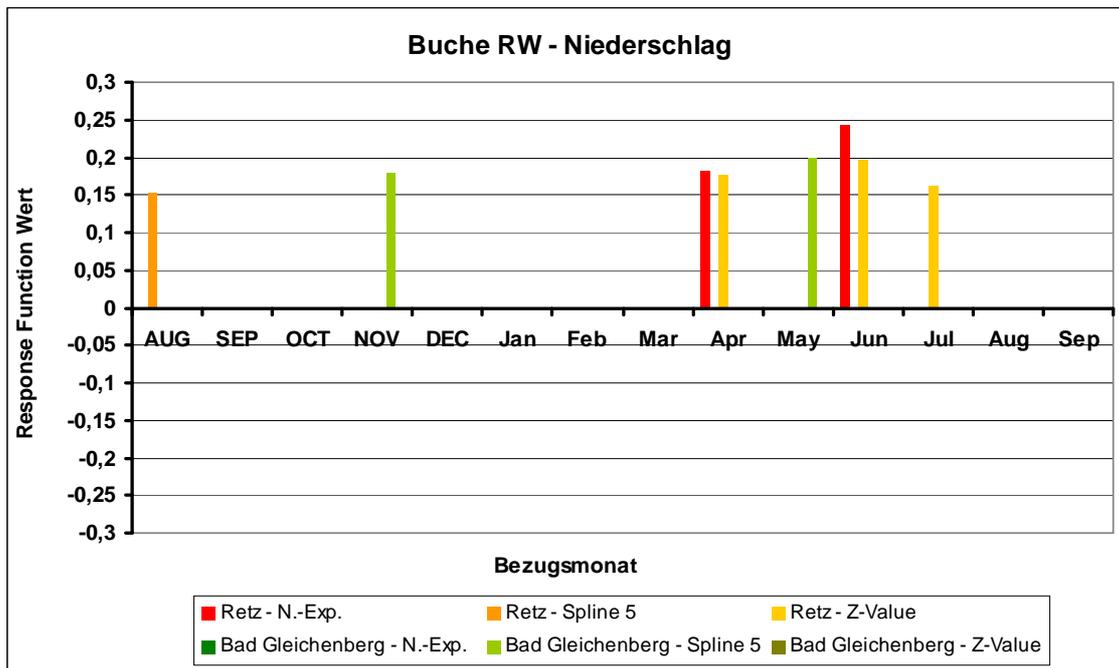


Abbildung 4.14. Ergebnis der Response Function Analyse für die Jahrringbreite (RW) der Buche im Zusammenhang mit Niederschlagswerten (N.-Exp.: Detrending Variante 1 – negativ-exponentielle Kurve oder Gerade; Spline 5: Detrending Variante 2 – 5jähriger Spline; Z-Value: Detrending Variante 3 – Z-Transformation)

Obwohl alle angezeigten Responsewerte erklärbar sind (siehe dazu Kapitel 4.1.1. bis 4.1.4.), liegen doch fast alle Werte unter 0,2 und sind damit nicht sehr aussagekräftig. Das bestätigt sich auch durch das uneinheitliche Bild, da nur April und Juni des laufenden Jahres mehr als einmal angezeigt werden. Diese beiden Monate sind auch die einzigen, die Responsewerte der konservativen Detrendingmethode N.-Exp. ergeben.

4.1.6. Zusammenfassung

Aufgrund der auf Abb. 4.1 gezeigten indexierten Kurven, war zu erwarten, dass Spline 5 aufgrund der starken Abflachung der Originalkurve mehr potentielle Korrelationen zwischen der Ringbreite und dem Niederschlag ergeben wird, als N.-Exp. und Z-Value. Dies hat sich bestätigt. Es hat sich also abgezeichnet, dass Spline 5 für eine Anwendung im dendroklimatologischen Bereich eher ungünstig ist.

Auch Z-Value gibt Ergebnisse an, welche fragwürdig erscheinen (Einfluss des Dezember Niederschlages des Vorjahres auf die Spätholzbreite der Fichte). Es war allerdings auch nicht anders zu erwarten, da der Alterstrend (bzw. Zuwachsschwankungen) durch dieses Detrending nicht entfernt wurde.

Es ist also fraglich, ob die beiden Detrendingmethoden Z-Value und Spline 5 korrekte und tatsächlich interpretierbare Ergebnisse liefern, obwohl in den besonders stark repräsentierten Monaten – z.B. Juni und Juli bei der Kiefer – alle drei verwendeten Detrendingmethoden Responswerte anzeigen. Es werden sehr viele Ergebniswerte angegeben, die großteils in einem sehr niedrigen Bereich liegen. Durch diese vielen Werte könnte eine Über- und Fehlinterpretation der Zusammenhänge zwischen Niederschlag und Wachstum entstehen, weshalb für alle weiteren dendroklimatologischen Betrachtungen dieser Arbeit nur die Ergebnisse von N.-Exp. betrachtet wurden. Es hat sich bereits bei STRUMIA (1999) ergeben, dass das Detrending mit einer negativ-exponentiellen Kurve bzw. Geraden sehr gut für die Analyse von Klima-Wachstums-Beziehungen geeignet ist.

4.2. RESPONSE FUNCTION ERGEBNISSE GETRENNT NACH BAUMARTEN

Die Ergebnisse der Response Function von N.-Exp. sollen nun für jede Baumart spezifisch betrachtet und diskutiert werden. Tabelle 4.1 enthält die Daten für beide Standorte sowie für jede Baumart – mit Ausnahme der Buche – die Responsewerte von Frühholz-, Spätholz- und Jahringbreite. Es wurde darauf verzichtet die absoluten Responsewerte in die Tabelle einzutragen, stattdessen

bedeutet ein „x“ in der Tabelle „positiver Responsewert“ und ein „-x“ bedeutet „negativer Responsewert“.

	ERNSTBRUNN												FEHRING														
	A	S	O	N	D	j	f	m	a	m	j	j	a	s	A	S	O	N	D	j	f	m	a	m	j	j	a
Buche RW								x		x																	
Eiche EW																							x				
Eiche LW										x	x																
Eiche RW											x																
Lärche EW										x														x			
Lärche LW										x															x		
Lärche RW										x														x			
Fichte EW										x				x													
Fichte LW										x															x		
Fichte RW										x				x													
Kiefer EW																											
Kiefer LW										x	x												-x		x	x	
Kiefer RW										x	x															x	

Tabelle 4.1: Response Function Ergebnisse für N.-Exp. getrennt nach Baumarten für die Standorte Ernstbrunn und Fehring (RW: Jahrringbreiten; EW: Frühholzbreite; LW: Spätholzbreite; x: positiver Responsewert; -x: negativer Responsewert)

4.2.1. Kiefer

Für die Kiefer werden bei insgesamt drei Monaten Werte angezeigt - April, Juni und Juli des laufenden Jahres. Bis auf das April-Ergebnis sind alle Werte positiv. Ein negativer Responsewert für den April-Niederschlag, bedeutet also, dass das Spätholz umso breiter ist je geringer die Niederschlagsmenge im April war. Für beide Standorte gibt es keine Zusammenhänge des Niederschlages mit der Frühholzbreite. Dies hat sich allerdings auch schon anders abgezeichnet: z.B. fand TUOVINEN (2005) bei Untersuchungen an der finnischen Waldkiefer im Bereich der nördlichen Waldgrenze Zusammenhänge zwischen der Frühholzbreite und dem Mai-Niederschlag des laufenden Jahres heraus. Dies könnte an der Nähe zur Waldgrenze und damit stärkeren Sensitivität der Bäume oder auch an den unterschiedlichen klimatischen Bedingungen liegen. Für den Standort Ernstbrunn werden Zusammenhänge der Spätholz- und Jahrringbreite für Juni und Juli angezeigt. Für den Standort Fehring ergibt sich ein anderes Bild, da für die Spätholzbreite Verknüpfungen mit den Niederschlägen von April, Juni und Juli dargestellt werden, für die

Jahrringbreite allerdings nur ein Zusammenhang mit den Juli Niederschlägen. Die positiven Responsewerte für Juni und Juli zeigten sich schon bei STRUMIA (1999) bei Untersuchungen an Schwarzkiefern im ostösterreichischen Bereich, wo jene beiden Monate sehr stark repräsentiert wurden.

4.2.2. Lärche

Die Response-Function-Ergebnisse für die Lärche sind alle positiv. Deutlich erkennbar ist, dass sich für die Ernstbrunner Proben ein Zusammenhang mit den Niederschlägen im Juni des laufenden Jahres ergibt. Dies wird von Frühholz-, Spätholz- und Jahrringbreite angegeben. Es gibt keine weiteren Zusammenhänge für Ernstbrunn.

Für die Proben aus Fehring ergibt sich für das Frühholz und den Jahrring ein Zusammenhang mit den Niederschlägen vom Mai des laufenden Jahres. Im Gegensatz dazu, zeigt das Spätholz eine Verknüpfung mit den Juli Niederschlägen des laufenden Jahres.

Es ist also erkenntlich, dass die Lärche positiv auf größere Niederschlagsmengen vor allem im Juni, aber auch im Mai und Juli, zu reagieren scheint. Mehr Niederschlag treibt also das Wachstum an, was sich sowohl im Früh- und Spätholz und damit auch in der Jahrringbreite abzeichnet.

CARRER und URBINATI (2004; 2006) haben bereits herausgefunden, dass sich der Monat Juni im Bezug auf Klima-Wachstums-Beziehungen der Lärche stark hervorhebt. Diese beiden Untersuchungen haben allerdings einen gegenteiligen Zusammenhang – mit negativen Responsewerten – für den Juni-Niederschlag des laufenden Jahres ergeben und zusätzlich einen positiven Responsewert im Zusammenhang mit den Juni-Temperaturen des laufenden Jahres. Diese Unterschiede in den Ergebnissen können auf die Probenstandorte zurückgeführt werden, da CARRER und URBINATI Lärchen der italienischen Alpen auf einer Höhe von 1800m und darüber beprobt und bearbeitet hatten. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich in Bezug auf die Klima-Wachstums-Beziehungen der Fichte bei ANDREASSEN et al. (2006).

4.2.3. Fichte

Auch die Response-Function-Ergebnisse für die Fichte stellen wieder ein einheitliches Bild für den Standort Ernstbrunn dar, da hier bei Frühholz-, Spätholz- und Jahrringbreite ein positiver Wert im Zusammenhang mit den Niederschlägen im Juni des laufenden Jahres angezeigt wird. Es gibt keine Ergebnisse für weitere Monate.

Für den Standort Fehring haben sich größtenteils andere Werte ergeben: Frühholz und Ringbreiten ergeben eine Verknüpfung mit dem Niederschlag im August des Vorjahres an. Nur das Spätholz gibt einen Zusammenhang mit dem Juni Niederschlag des laufenden Jahres an. Alle Responsewerte sind positiv.

Die positiven Auswirkungen des August-Niederschlages im Vorjahr lassen sich physiologisch durch die Speicherkapazität des Baumes erklären. Diese Fichten haben also durch stärkere Niederschläge Reserven aufbauen können, die sie dann für das Frühholz bzw. den Jahrring im folgenden Jahr verwendet haben. Der positive Responsewert für die Niederschläge im Mai des laufenden Jahres – und somit ein breiteres Spätholz als Folge einer größeren Niederschlagsmenge - hat sich schon bei der Untersuchung SCHIESSL (2007) an (Kugel)Fichten gezeigt.

Die durchgehend positiven Responsewerte für Früh-, Spätholz- und Jahrringbreite der Fichte sind auch bei ANDREASSEN (2006) zu finden. Hier wurde auch der Unterschied zwischen Fichten auf größeren Höhenstufen und solchen in Tiefländern deutlich gemacht. Jene die im Tiefland wuchsen ergaben positive Werte im Zusammenhang mit Niederschlagsmengen, aber im Gegensatz dazu konnte für Fichten im Hochland ein positiver Zusammenhang mit höheren Temperaturen, jedoch ein geringfügig negativer oder gar kein Zusammenhang mit den Niederschlagsmengen bewiesen werden.

4.2.4. Eiche

Die Fehringer Eiche zeigt nur einen einzigen Responsewert an und zwar für den April Niederschlag des laufenden Jahres. Dieser Wert ist – genauso wie die nachfolgenden Responsewerte der Ernstbrunner Eiche – positiv.

Die Eiche in Ernstbrunn gibt für die Spätholz- sowie die Jahrringbreite einen Zusammenhang mit den Niederschlägen im Juli des laufenden Jahres an. Zusätzlich gibt es auch noch eine Verbindung zwischen der Spätholzbreite und dem Juni Niederschlag des laufenden Jahres.

LEBOURGEOIS et al. (2004) haben an französischen Traubeneichen gezeigt, dass diese gute Anzeiger für Klimasignale sein können. So hat sich auch dort ein positiver Zusammenhang zwischen den Niederschlägen im Frühling und Sommer – vor allem mit der Spätholz- und Jahrringbreite – ergeben. Regenreiche Frühlings- und Sommermonate ergeben also einen breiteren Jahrring und breiteres Spätholz. Auch ROZAS (2001) fand einen positiven Responsewert der Jahrringbreite verknüpft mit Niederschlägen im Juli des laufenden Jahres heraus. Breiteres Frühholz aufgrund größerer Niederschlagssummen im April (positiver Responsewert) lassen sich physiologisch auch gut erklären, da der Baum nun kurz vor der Bildung des Frühholzes steht bzw. das Frühholz gerade gebildet wird.

4.2.5. Buche

Die Response Function Analyse hat für die Fehringer Buche keine Werte ergeben. Die Jahrringbreite der Buche in Ernstbrunn zeigt allerdings einen Zusammenhang mit den Niederschlägen im April und Juni des laufenden Jahres. Hohe Niederschlagssummen im April und Juni führen somit zu einem breiteren Jahrring. Bei der Buche ergeben sich also ähnliche Signale im Vergleich zur Eiche.

DITTMAR et al. (2003) führten ein großflächige dendroökologische Studie an Buchen in Europa durch, bei der heraus kam, dass das Jahrringwachstum der Buche stark in Zusammenhang mit den Niederschlägen der Frühlings- und Sommermonate steht, wobei hier Juli das stärkste Signal ergab. Dies lässt sich somit auch für die Buche in Teilen Ostösterreich bestätigen.

4.2.6. Zusammenfassung

Für Ostösterreich kann man nun feststellen, dass man aus den Jahrringen von allen fünf vorgestellten Baumarten ein Niederschlagssignal herauslesen kann.

Für dendroklimatologische Untersuchungen in dieser Region ist es also möglich Kiefer, Lärche, Fichte, Eiche und/oder Buche heranzuziehen. Die besten Ergebnisse liefern allerdings die Jahrringe von Kiefer, Fichte und Lärche.

Die Auswertung der Spätholz- und Jahrringbreiten scheint anhand der vorliegenden Ergebnisse sinnvoller zu sein bzw. mehr Zusammenhänge zu ergeben als die Auswertung der Frühholzbreiten.

4.3. RESPONSE FUNCTION ERGEBNISSE GETRENNT NACH STANDORTEN

Die Ergebnisse der Response Function von N.-Exp. sollen nun für jeden Standort spezifisch betrachtet und diskutiert werden. Die positiven oder negativen Werte der Response Function Analyse für die beiden Standorte lassen sich ebenfalls Tabelle 4.1 entnehmen.

4.3.1. Ernstbrunn

Die Ergebnisse für Ernstbrunn stellen ein einheitliches Bild dar. Mit Ausnahme von Eiche EW und Eiche RW sowie Kiefer EW zeigen alle anderen Baumarten für die Früh-, Spätholz- und Jahrringbreite positive Zusammenhänge mit den Niederschlägen im Juli des laufenden Jahres. Zusätzlich ergaben sich auch noch Verknüpfungen von Eiche LW und RW mit dem Juli Niederschlag des laufenden Jahres. Vergleichbare Zusammenhänge zeigen auch Kiefer LW und RW an. Den einzigen Ausreißer stellt die Jahrringbreite der Buche da, welche - zusätzlich zum schon erwähnten Zusammenhang mit Juni - noch eine Verbindung mit den April Niederschlägen des laufenden Jahres angibt. Alle Responsewerte für Ernstbrunn sind positiv.

Der Standort Ernstbrunn hat sich somit als sehr geeignet für dendroklimatologische Untersuchungen erwiesen. Vor allem für eine Rekonstruktion des Juli-Niederschlages könnte dieser Standort herangezogen werden. Allgemein ist diese Standort als niederschlagssensitiv anzusehen. Dies lässt sich gut mit dem dort vorherrschenden Klima sowie den Standortbedingungen in Verbindung bringen. Das Klima ist eher trocken mit

einer Jahresniederschlagssumme von rund 500mm. Tabelle 4.2 stellt die Mittelwerte der Monatsniederschläge für Retz von 1896-2005 dar. Da für den Monat Juli die meisten Responsewerte angezeigt wurden, ist für diesen Monat zusätzlich noch der Minimum- (8mm) und Maximumniederschlag (168mm) angegeben. Deutlich erkennbar ist, dass dieser Wertebereich eine große Variabilität zulässt.

Retz											
Mittelwert Monatsniederschläge in mm 1896-2005											
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
23	23	27	38	63	69	73	63	42	34	32	28
Juli:											
Maximum: 168mm - 1959											
Minimum: 8mm - 1904											

Tabelle 4.2: Mittelwerte der Monatsniederschläge der Station Retz im Zeitraum 1896-2005 unter besonderer Berücksichtigung des Monats Juli

Da zu den dort befindlichen Bodentypen keine genauen Daten verfügbar sind, können darüber nur Vermutungen angestellt werden: Beide Beprobungsorte (Buschberg und Kohlstattkreuz) befinden sich auf Waldböden (vermutlich Pararendsina oder Tschernosem), die anscheinend gut durchlüftet und - trotz guter Wasserkapazität - nicht wasserstauend sind. Wären die Böden wasserstauend, würde dies das Niederschlagssignal abschwächen bzw. vielleicht sogar ganz auslöschen. Zusätzlich ist der Beprobungsort am Buschberg leicht geneigt, was den Abfluss von Niederschlagswasser begünstigt.

Die Wachstumsbedingungen in Ernstbrunn sind für viele verschiedene Baumarten akzeptabel, weshalb sich dort ein breites Spektrum zur Auswahl bietet.

4.3.2. Fehring

Die Response Function Ergebnisse für Fehring sind wesentlich uneinheitlicher im Vergleich zu den Ernstbrunner Ergebnissen. Im Gegensatz zum Standort

Ernstbrunn kann hier keine Präferenz für ein Monat entdeckt werden, wobei noch am häufigsten ein positiver Zusammenhang mit den Niederschlägen im Juli des laufenden Jahres angezeigt wird (Lärche LW, Kiefer LW und Kiefer RW). Je zweimal ergaben sich für die Niederschläge der Monate August des Vorjahres (Fichte EW und RW), Mai des laufenden Jahres (Lärche EW und RW) sowie Juni des laufenden Jahres (Fichte LW und Kiefer LW) Zusammenhänge im positiven Bereich. Zusätzlich ergibt sich bei Eiche EW ein positiver Responsewert im Zusammenhang mit dem April Niederschlag des laufenden Jahres. Kiefer LW gibt hier ein gegensätzliches Ergebnis mit einem negativen Responsewert für denselben Monat an.

Die Frühholz- und Jahrringbreite der Lärche sowie der Fichte zeigen starke Unterschiede im Vergleich zur Spätholzbreite. Bei beiden Baumarten sind die einflussstarken Monate für Frühholz- und Jahrringbreite jeweils die selben (Lärche: Mai des laufenden Jahres; Fichte: August des Vorjahres), das Spätholz ergibt jedoch einen Zusammenhang mit einem jeweils anderen Monat (Lärche: Juli des laufenden Jahres; Fichte: Juni des laufenden Jahres).

Der Standort Fehring ist für dendroklimatologische Untersuchungen weniger geeignet als Ernstbrunn. Es haben sich allerdings vor allem für die Klima-Wachstums-Beziehungen der Lärche gute Ergebnisse erzielen lassen. Man muss also hier für künftige Studien im Vorfeld genauere Überlegungen anstellen, welche Baumart man untersuchen möchte. Kiefer und Lärche zeigen sich hierfür am besten geeignet.

Das Klima in Fehring scheint die Sensitivität der Bäume stark zu beeinflussen. Im Vergleich zu Ernstbrunn gibt es hier mit etwa 800mm Jahresniederschlagssumme um 300mm mehr Niederschlag, was die Sensitivität der Bäume negativ beeinträchtigt. Tabelle 4.3 zeigt die Mittelwerte der Monatsniederschläge für Bad Gleichenberg von 1880-2005. Da auch hier für den Monat Juli die meisten Responsewerte angezeigt wurden, ist für diesen Monat zusätzlich noch der Minimum- (28mm) und Maximumniederschlag (325mm) angegeben. Dieser Wertebereich lässt im Vergleich zu Retz noch deutlich mehr Variabilität zu. Die Bodenverhältnisse im Dammwald lassen auf

Vergleyung bzw. Pseudovergleyung schließen, was den Bäumen mehr Wasser über einen längeren Zeitraum zur Verfügung stellt.

Bad Gleichenberg											
Mittelwert Monatsniederschläge in mm 1880-2005											
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
36	36	49	67	89	112	114	110	86	77	66	50
Juli:											
Maximum: 325mm - 1972											
Minimum: 28mm - 1939											

Tabelle 4.3: Mittelwerte der Monatsniederschläge der Station Bad Gleichenberg im Zeitraum 1880-2005 unter besonderer Berücksichtigung des Monats Juli

4.3.3. Zusammenfassung

Im Vergleich Ernstbrunn zu Fehring ergibt sich deutlich, dass Ernstbrunn für dendroklimatologische Untersuchungen besser geeignet und trockener ist, obwohl im Vorfeld vermutet wurde, dass auch Fehring ein relativ trockener Standort wäre. Dies bestätigt auch die aufgrund der Naturraumanalyse in Kapitel 2 getätigten Annahmen, dass ein Zusammenspiel der unterschiedlichen klimatischen Verhältnisse, der Lage der Gebiete, der Beschaffenheit der Böden und des Untergrundes sowie der Geländeneigung einen deutlichen Unterschied in der Sensitivität ergeben müssten.

4.4. ERGEBNISSE DER KORRELATIONSANALYSE

Die Korrelationskoeffizienten wurden für jede Baumart an beiden Standorten für den Gesamtzeitraum (siehe Tab. 4.4) berechnet. Für den Standort von Ernstbrunn wurden die Niederschlagswerte von Retz und für Fehring jene von Bad Gleichenberg herangezogen. Für statistisch signifikante Ergebnisse muss ein Anstieg bzw. Abfall der Niederschlagsmenge (vom Jahr t-1 zum Jahr t) mit einem Anstieg bzw. Abfall der Jahrring-, Früh- oder Spätholzbreite einhergehen. Im Vergleichszeitraum ist dieser Zusammenhang jedoch nicht bei allen

Baumarten statistisch signifikant. Am Standort Ernstbrunn weisen Eiche und Kiefer und in Fehring Fichte, Kiefer und Lärche einen guten Zusammenhang mit den Niederschlägen auf. Zwischen 20 und 33 % der Varianz des Zuwachses dieser Baumarten können an beiden Standorten auf Niederschlagschwankungen zurückgeführt werden.

Tabelle 4.4 stellt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse für die einzelnen Baumarten und Standorte sowie die in die Berechnung mit einbezogenen Monate dar (siehe dazu Kapitel 3.7.)

	ERNSTBRUNN			FEHRING		
	Korr.Koeff.	NS Monate	ZR	Korr.Koeff.	NS Monate	ZR
Buche RW	0,2804 (sign.)	April bis Juni	1896-2005	kein Ergebnis	kein Ergebnis	
Eiche EW	kein Ergebnis	kein Ergebnis		0,1968 (sign.)	April	1880-2005
Eiche LW	0,3064 (sign.)	Juni, Juli	1896-2005	kein Ergebnis	kein Ergebnis	
Eiche RW	0,2353 (sign.)	Juli	1896-2005	kein Ergebnis	kein Ergebnis	
Lärche EW	0,2686 (sign.)	Juni	1909-2005	0,2941 (sign.)	Mai	1960-2005
Lärche LW	0,3539 (sign.)	Juni	1909-2005	0,5267 (sign.)	Juli	1960-2005
Lärche RW	0,3434 (sign.)	Juni	1909-2005	0,3282 (sign.)	Mai	1960-2005
Fichte EW	0,3060 (sign.)	Juni	1917-2005	kein Ergebnis	kein Ergebnis	
Fichte LW	kein Ergebnis	Juni	1917-2005	0,3993 (sign.)	Juni	1908-2005
Fichte RW	0,3060 (sign.)	Juni	1917-2005	kein Ergebnis	kein Ergebnis	
Kiefer EW	kein Ergebnis	kein Ergebnis		kein Ergebnis	kein Ergebnis	
Kiefer LW	0,4253 (sign.)	Juni, Juli	1896-2005	0,4844 (sign.)	April bis Juli	1880-2005
Kiefer RW	0,4267 (sign.)	Juni, Juli	1896-2005	0,3081 (sign.)	Juli	1880-2005

Tab. 4.4: Ergebnisse der Korrelationsanalyse (Korr.Koeff.: berechneter Korrelationskoeffizient; NS Monate: Monate des laufenden Jahres, deren Niederschlagssummen aufgrund der Ergebnisse der Response Function Analyse in die Korrelationsanalyse mit einbezogen wurden; RW: Ringbreite; EW: Frühholz; LW: Spätholz; ZR: Zeitraum für die Berechnung; kein Ergebnis: die Response Function Analyse zeigte für keinen Monat einen Wert, weshalb auch kein Korrelationskoeffizient berechnet und auch kein Zeitraum angegeben wurde)

Es hat sich ergeben, dass die Ergebnisse der einfachen Korrelationsanalyse zu einem Großteil mit den Ergebnissen der Response Function Analyse übereinstimmen. Zum Abgleich der Responsewerte ist eine Korrelationsanalyse also sinnvoll.

5. SCHLUSSFOLGERUNG

Die Resultate dieser Arbeit lassen erkennen, dass es durchaus sinnvoll ist sich für dendroklimatologische Untersuchungen sehr intensiv mit dem Umfeld der beprobten Standorte zu befassen. Es lassen sich gute Rückschlüsse von den örtlichen Gegebenheiten auf die möglichen Auswirkungen auf das Baumwachstum schließen. Für zukünftige Untersuchungen wäre es noch sinnvoll sich intensiver mit den bodengeographischen Gegebenheiten zu befassen.

Durch die Probennahmen an zwei verschiedenen Standorten konnten Standortunterschiede in der Ergebnissen der Response-Function Analyse gut wiedergegeben werden. Der Standort Ernstbrunn hat sich hier für dendroklimatologische Untersuchungen als günstiger erwiesen als der Standort Fehring.

Alle beprobten Baumarten können zukünftig für dendroklimatologische Untersuchungen im Raum Ostösterreich herangezogen werden, wobei sich hier – anhand der vorliegenden Ergebnisse – Kiefer, Fichte und Lärche am besten eignen dürften. Es wäre allerdings noch notwendig, die Beprobung von Laubbäumen auch an anderen Standorten durchzuführen, um die Aussagekraft der Ergebnisse dieser Arbeit noch zu kräftigen.

Das Testen drei verschiedener Detrendingmethoden hat gezeigt, dass die konservative Variante – mit einer negativ-exponentiellen Kurve bzw. Geraden – die zuverlässigste ist. Man muss hier allerdings anmerken, dass in der Erprobung verschiedener Methoden großes Potential steckt und noch viele andere Detrending-Möglichkeiten denkbar sind und ausgetestet werden müssen.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- ✚ **Andreassen, K.** et al. (2006): Regional differences in climatic responses of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) growth in Norway. *Forest Ecology and Management*, 222, 211-221.
- ✚ **Auer, I., Böhm, R., Schöner, W.** (2001): Austrian long-term Climate 1767-2000. (ALOCLIM) Multiple Instrumental Climate Time Series from Central Europe. *Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik* 25, 147 S. und CD-Rom, Wien.
- ✚ **Bastian, O., Schreiber, K.-F.** (1994): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. 502 S., Jena.
- ✚ **BFW 2008:**
http://bfw.ac.at/300/pdf/Einfuehrung_Bodenkartierung.pdf
- ✚ **BFW 2008a:** <http://bfw.ac.at/300/1027.html>
- ✚ **Biondi, F., Waikul, K.** (2004): DENDROCLIM2002: A C ++ program für statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences*, 30, 303-311.
- ✚ **Brinkmann, K., Kulzer, E., Metzner, H.** (1997): Grundlagen der Lebensvorgänge. Pflanzen und Tiere in ihrer Umwelt. 267 S., Stuttgart.
- ✚ **Carrer, M., Urbinati, C.** (2004): Age-dependent tree-ring growth responses to climate in *Larix decidua* and *Pinus cembra*. *Ecology*, 85(3), 730-740.
- ✚ **Carrer, M., Urbinati, C.** (2006): Long-term change in the sensitivity of tree-ring growth to climate forcing in *Larix decidua*. *New Phytologist*, 170, 861-872.
- ✚ **Cehak, K.** (1981): Das österreichische Klimadatenbuch. Teil I: Klimadaten. Wien
- ✚ **Cherubini, P.** et al. (2004): Jahrringe als Archive für interdisziplinäre Umweltforschung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 155(6), 162-168.
- ✚ **Cook, E.-R.** (1983): ARSTAN - Autoregressive Standardization. New York.

- ✚ **Del-Negro, W.** (1977): Abriss der Geologie von Österreich. 138 S., Wien.
- ✚ **Dittmar, C. et al.** (2003): Growth variations of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe – a dendroecological study. *Forest Ecology and Management*, 173, 63-78.
- ✚ **E-Bod 2008:** <http://bfw.ac.at/ebod/ebod.main>
- ✚ **Farina, A.** (1988): Principles and Methods in Landscape Ecology. 235 S., London.
- ✚ **Fitschen, J.** (2007): Gehölzflora. Ein Buch zum Bestimmen der in Mitteleuropa wild wachsenden und angepflanzten Bäume und Sträucher. Mit Knospen- und Früchteschlüssel. 915 S., Wiebelsheim.
- ✚ **Fritts, H.-C.** (2001): Tree Rings and Climate. 567 S., Caldwell.
- ✚ **Geologische Bundesanstalt & Weinkomitee Weinviertel (Hrsg.)** (2004): Geologie & Weinviertel. Wien
- ✚ **Grabner, M., Wimmer, R.** (2006): Dendrochronologie in der alpinen Forschung – Beispiele aus den Ostalpen. *Alpen. Archäologie, Geschichte, Gletscherforschung*. Festschrift: 25 Jahre ANISA, 31-40
- ✚ **Grill, R.** (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte des nordöstlichen Weinviertels und zu Blatt Gänserndorf. *Flyschausläufer, Waschbergzone mit angrenzenden Teilen der flachlagernden Molasse, Korneuburger Becken, Inneralpines Wiener Becken nördlich der Donau*. 155 S., Wien.
- ✚ **Grissino Mayer 2008:** <http://web.utk.edu/~grissino/principles.htm>
- ✚ **Habart, F.** (1980): Erläuterungen zur geologischen Karte für den Wasserbau bedeutsamer Schichtglieder der österreichischen Molassezone, des Tertiärs des Wiener Beckens, des Nord- und Mittelburgenlandes und der Oststeiermark. *Mitteilungen aus der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt*, 25. 34 S., Petzenkirchen.
- ✚ **Harlfinger, O. et al.** (2002): Klimahandbuch der Österreichischen Bodenschätzung. *Klimatographie Teil 2. Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 68. 259 S., Wien.

- ✚ **Hecker, U.** (2003): Bäume und Sträucher mit Schnellbestimm-System. Sonderteil: Früchte Knospen Rinden. 191 S., München.
- ✚ **Holmes, R.-L.** (1994): Dendrochronology Program Library. User manual. 51 S., Tucson.
- ✚ **Huggett, R.-J.** (1995): Geoecology – An evolutionary approach. 320 S., London – New York.
- ✚ **Kilian, W. et al.** (2002): Schlüssel zur Bestimmung der Böden Österreichs. Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, 67. 96 S., Wien.
- ✚ **Kohlross, H.** (Hrsg.) (2006): Die Schwarzföhre in Österreich. 413 S., o.O.
- ✚ **Kozlowski, T.-T., Pallardy, S.-G.** (1997): Physiology of Woody Plants. 411 S., San Diego.
- ✚ **Kuntze, H., Roeschmann, G., Schwerdtfeger, G.** (1994): Bodenkunde. 424 S., Stuttgart.
- ✚ **Leal, S.-P.** (2008): Tree-ring growth trends in the Austrian Alps during the 20th century. Dissertation. 92 S., Wien.
- ✚ **Lebourgeois, F. et al.** (2004): Climate-tree-growth relationships of *Quercus petraea* Mill. Stand in the Forest of Bercé (“Futaie des Clos”, Sarthe, France). Annals of Forest Science, 61, 361-372.
- ✚ **Liebert, S.** (1996): Eichenchronologie im Raum Wien. 1462-1995. Diplomarbeit. 70 S., Wien.
- ✚ **Littmann, T., Steinrücke, J., Bürger, M.** (2004): Elemente des Klimas. 208 S., Gotha.
- ✚ **Mohr, R.** (2008): Statistik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Grundlagen und Anwendung statistischer Verfahren. 235 S., Renningen.
- ✚ **Nentwig, W., Bacher, S., Brandl, R.** (2007): Ökologie kompakt. 377 S., Berlin – Heidelberg.
- ✚ **Nobilis, F.** (1985): Trockenperioden in Österreich. 293 S., Wien.
- ✚ **Pott, R., Hüppe, J.** (2007): Spezielle Geobotanik. Pflanze – Klima – Boden. 330 S., Berlin – Heidelberg.

- ✚ **Reichholf, J.-H., Steinbach, G.** (Hrsg.) (1993): Die große Enzyklopädie der Bäume und Sträucher. 359 S., München.
- ✚ **Rozas, V.** (2005): Dendrochronology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in an old-growth pollarded woodland in northern Spain: tree-ring growth responses to climate. *Annals of Forest Science*, 62, 209-218.
- ✚ **Saurwein, H.** (2000): Dendroklimatologische Untersuchungen an Fichte, Tanne und Lärche im Nationalpark Kalkalpen. Diplomarbeit. 85 S., Wien.
- ✚ **Schadauer, K.** (1994): Baumartenatlas für Österreich. Die Verbreitung der Baumarten nach Daten der Österreichischen Waldinventur. 157 S., Wien.
- ✚ **Scheffer, F.** (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Scheffer/Schachtschabel. 593 S., Heidelberg – Berlin.
- ✚ **Schiessl, E.** (2007): Genetische und wachstumskundliche Untersuchungen über Fichten (*Picea abies* [L.] Karst.) mit kugeliger Kronenform im Südosten Österreichs. Diplomarbeit. 74 S., Wien.
- ✚ **Schnabel, W.** (Red.) et al. (2002): Legende und Kurzerläuterung zur geologischen Karte von Niederösterreich 1:200 000. 47 S., Wien.
- ✚ **Schneider-Sliwa, R., Schaub, D., Gerold, G.** (Hrsg.) (1999): Angewandte Landschaftsökologie. Grundlagen und Methoden. 560 S., Berlin – Heidelberg – New York.
- ✚ **Schönwiese, C.-D.** (2003): Klimatologie. 440 S., Stuttgart.
- ✚ **Schweingruber, F.-H.** (1983): Der Jahrring. Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie. 234 S., Bern – Stuttgart.
- ✚ **Schweingruber, F.-H.** (1996): Tree Rings and Environment. Dendroecology. 609 S., Bern - Stuttgart – Wien.
- ✚ **Stokes, M.-A., Smiley, T.-L.** (1968): An introduction to tree-ring dating. 73 S., Chicago and London.
- ✚ **Strumia, G.** (1999): Tree-ring based reconstruction of precipitation in Eastern Austria. Dissertation. 111 S., Wien.
- ✚ **Trepl, L.** (2005): Allgemeine Ökologie. Band 1: Organismus und Umwelt. 539 S., Frankfurt am Main.

- ✚ **Tuovinen, M.** (2005): Response of tree-ring width and density of *Pinus sylvestris* to climate beyond the continuous northern forest line in Finland. *Dendrochronologia*, 22, 83-91.
- ✚ **Turner, M.-G., Gardner, R.-H., O'Neill, R.-V.** (2001): *Landscape Ecology in Theory and Practice. Pattern and Process.* 401 S., New York – Berlin – Heidelberg.
- ✚ **Wagenführ, R.** (1989): *Anatomie des Holzes – unter besonderer Berücksichtigung der Holztechnik.* 334 S., Leipzig.
- ✚ **Wittig, R., Streit, B.** (2004): *Ökologie.* 304 S., Stuttgart.
- ✚ **Wolking, F.** (1993): *Bäume und Sträucher Österreichs. Eine umfassende Beschreibung aller einheimischen wildwachsenden Nadel- und Laubgehölze sowie der wichtigsten Sträucher.* 236 S., Graz.
- ✚ **Zwittkovits, F.** (1983): *Klimatypen – Klimabereiche – Klimafacetten. Erläuterungen zur Klimatypenkarte von Österreich.* 54 S., Wien.

KARTENMATERIAL:

- ✚ **Geologische Karte von Niederösterreich 1:200 000.** Herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt , Wien 2002.
- ✚ **Geologische Karte der Steiermark 1:200 000.** Herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt , Wien 1984.
- ✚ **Österreichische Karte 1: 50 000 – Blatt 23, Hadres.** Herausgegeben vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien 1995.
- ✚ **Österreichische Karte 1: 50 000 – Blatt 24, Mistelbach.** Herausgegeben vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien 1995.
- ✚ **Österreichische Karte 1: 50 000 – Blatt 192, Feldbach.** Herausgegeben vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien 1999.

7. ANHANG

RESPONSEWERTE FÜR ALLE BAUMARTEN: NIEDERSCHLAG

KIEFER GESAMT NIEDERSCHLAG												
	Retz			Hohe Warte			Bad Gleichenberg			Graz Uni		
EW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG												
SEP												
OCT												
NOV								0,198				
DEC												
Jan												
Feb						-0,123						
Mar								0,152				
Apr												
May												
Jun												
Jul		0,175	0,220	0,157	0,148							
Aug												
Sep												
LW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG												
SEP												0,123
OCT												
NOV												
DEC												
Jan												
Feb												
Mar												
Apr							-0,162					
May												
Jun	0,193		0,149				0,216	0,272	0,194	0,156		
Jul	0,210	0,268	0,219	0,280	0,284	0,215	0,290	0,277	0,215	0,195	0,170	
Aug												
Sep				-0,158	-0,236						-0,142	
RW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG			0,123									
SEP												
OCT												
NOV												
DEC												
Jan												
Feb						-0,123						
Mar												
Apr												
May												
Jun	0,174		0,113									
Jul	0,187	0,252	0,235	0,234	0,247		0,168	0,170				
Aug												
Sep					-0,182							

Tabelle 7.1: Responsewerte Kiefer – Niederschlag (EW: Frühholz; LW: Spätholz; RW: Jahrring; N: negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade; S: 5jähriger Spline; Z: Z-Transformation)

**LÄRCHEN GESAMT
NIEDERSCHLAG**

	Retz			Hohe Warte			Bad Gleichenberg			Graz Uni		
EW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG		0,281			0,179							
SEP												
OCT		0,187										
NOV												
DEC												
Jan												
Feb												
Mar												
Apr												
May				0,183	0,221	0,183	0,267	0,264				
Jun	0,212											
Jul			0,180									
Aug												
Sep						0,182						
LW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG								-0,268				
SEP												
OCT												
NOV												
DEC												
Jan												
Feb												
Mar												
Apr												
May												
Jun	0,202	0,245	0,122	0,188	0,197							
Jul			0,259	0,232	0,154	0,172	0,302		0,262			
Aug					0,273	0,127						
Sep												
RW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG		0,198										
SEP												
OCT		0,204										
NOV												
DEC												
Jan												
Feb												
Mar												
Apr												
May				0,169	0,209	0,176	0,277	0,270				
Jun	0,238	0,185		0,169								
Jul			0,205									
Aug												
Sep			0,173			0,178						

Tabelle 7.2: Responsewerte Lärche – Niederschlag (EW: Frühholz; LW: Spätholz; RW: Jahrring; N: negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade; S: 5jähriger Spline; Z: Z-Transformation)

**FICHTE GESAMT
NIEDERSCHLAG**

	Retz			Hohe Warte			Bad Gleichenberg			Graz Uni		
EW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG						0,156	0,198			0,204		
SEP												
OCT												
NOV												
DEC												
Jan												
Feb								0,182				
Mar												
Apr												
May				0,172				0,211		0,199		
Jun	0,256	0,191	0,211									
Jul			0,216	0,330	0,238	0,269						
Aug												
Sep					-0,197							
LW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG												
SEP												
OCT												
NOV					0,171							
DEC			0,173									
Jan												
Feb												
Mar										0,171		
Apr												
May												
Jun	0,158		0,136				0,227	0,264		0,165		
Jul										0,163		
Aug			0,188	0,279	0,265	0,262		0,207	0,213	0,191	0,175	0,184
Sep												
RW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG						0,163	0,282					
SEP										0,183		
OCT												
NOV												
DEC												
Jan												
Feb								0,193		0,189		
Mar												
Apr												
May				0,171				0,193		0,192		
Jun	0,257	0,207	0,214									
Jul			0,202	0,320	0,231	0,255						
Aug					0,232							
Sep					-0,203							

Tabelle 7.3: Responsewerte Fichte – Niederschlag (EW: Frühholz; LW: Spätholz; RW: Jahrring; N: negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade; S: 5jähriger Spline; Z: Z-Transformation)

**EICHE GESAMT
NIEDERSCHLAG**

	Retz			Hohe Warte			Bad Gleichenberg			Graz Uni		
EW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG		0,192			0,156							
SEP												
OCT												
NOV												
DEC												
Jan												
Feb								0,162				
Mar												
Apr							0,200					
May												
Jun												
Jul												
Aug												
Sep		-0,198										
LW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG												
SEP												
OCT												
NOV								0,175				
DEC					0,169							
Jan												
Feb								0,199				
Mar												
Apr												
May								0,231			0,195	
Jun	0,199			0,260	0,186	0,144		0,191		0,167	0,169	
Jul	0,227		0,188									
Aug												
Sep												
RW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG												
SEP												
OCT												
NOV								0,176				
DEC					0,179							
Jan												
Feb								0,229				
Mar												
Apr												
May								0,223			0,179	
Jun				0,239	0,202			0,170				
Jul	0,232		0,200									
Aug												
Sep												

Tabelle 7.4: Responsewerte Eiche – Niederschlag (EW: Frühholz; LW: Spätholz; RW: Jahrring; N: negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade; S: 5jähriger Spline; Z: Z-Transformation)

**BUCHE GESAMT
NIEDERSCHLAG**

RW	Retz			Hohe Warte			Bad Gleichenberg			Graz Uni		
	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG		0,154		0,136		0,136						
SEP												
OCT												
NOV								0,179				
DEC					0,165							
Jan												
Feb												
Mar												
Apr	0,182		0,177		0,165							
May						0,139		0,199			0,197	
Jun	0,244		0,197	0,217		0,174						
Jul			0,162									
Aug												
Sep												

Tabelle 7.5: Responsewerte Buche – Niederschlag (RW: Jahring; N: negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade; S: 5jähriger Spline; Z: Z-Transformation)

RESPONSEWERTE FÜR ALLE BAUMARTEN: TEMPERATUR

KIEFER GESAMT TEMPERATUR												
	Retz			Hohe Warte			Bad Gleichenberg			Graz Uni		
EW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG	-0,272		-0,280	-0,195					-0,202	-0,172		-0,163
SEP			-0,117									
OCT			-0,186						-0,158			
NOV						-0,262						
DEC			0,126			-0,190				0,157		
Jan												
Feb	0,149							0,182			0,145	
Mar		0,192			0,167							
Apr												
May	-0,231	-0,212	-0,177	-0,233	-0,203			-0,193				
Jun				-0,129	-0,159							
Jul		0,197										
Aug	-0,148		-0,163									
Sep												
LW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG	-0,240		-0,276	-0,202		-0,202			-0,173			-0,164
SEP												
OCT									-0,148			-0,151
NOV						-0,232						
DEC												
Jan	-0,168											
Feb												
Mar								0,185				
Apr												
May												
Jun		-0,230									-0,137	-0,163
Jul												
Aug			-0,146						-0,132			-0,129
Sep												
RW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG	-0,265		-0,287	-0,195					-0,198			-0,176
SEP			-0,105									
OCT			-0,163						-0,164			
NOV						-0,272						
DEC						-0,173				0,156		
Jan												
Feb								0,169				
Mar		0,200			0,140			0,179			0,162	
Apr												
May	-0,149		-0,131	-0,140								
Jun		-0,238	-0,136		-0,156							
Jul												
Aug	-0,134		-0,155									
Sep												

Tabelle 7.6: Responsewerte Kiefer – Lufttemperatur (EW: Frühholz; LW: Spätholz; RW: Jahrring; N: negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade; S: 5jähriger Spline; Z: Z-Transformation)

**LÄRCHEN GESAMT
TEMPERATUR**

	Retz			Hohe Warte			Bad Gleichenberg			Graz Uni		
EW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG											0,273	
SEP			-0,172			-0,150	0,248					
OCT												
NOV			-0,207									
DEC												
Jan												-0,192
Feb												
Mar												
Apr												
May												
Jun						-0,203						
Jul									-0,216			-0,202
Aug						-0,125						
Sep												
LW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG									-0,275		0,257	-0,262
SEP	-0,167		-0,164			-0,132						
OCT												
NOV												
DEC												
Jan												
Feb												
Mar												
Apr												
May												
Jun												-0,142
Jul			-0,164			-0,194						
Aug			-0,176			-0,194						-0,172
Sep			-0,127			-0,122						
RW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG									-0,190		0,304	-0,204
SEP			-0,174			-0,154						
OCT												
NOV			-0,203									
DEC												
Jan												-0,192
Feb												
Mar												
Apr												
May												
Jun			-0,164			-0,208						
Jul									-0,211			-0,206
Aug						-0,141						
Sep												

Tabelle 7.7: Responsewerte Lärche – Lufttemperatur (EW: Frühholz; LW: Spätholz; RW: Jahrring; N: negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade; S: 5jähriger Spline; Z: Z-Transformation)

**FICHTE GESAMT
TEMPERATUR**

	Retz			Hohe Warte			Bad Gleichenberg			Graz Uni		
EW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG			-0,183									
SEP												
OCT								0,192			0,200	
NOV	-0,202		-0,230			-0,187						
DEC												0,158
Jan							0,195			0,180		
Feb												
Mar												
Apr												
May								-0,177			-0,226	
Jun			-0,202			-0,248	-0,171		-0,167	-0,170		
Jul		0,258										
Aug						-0,153						
Sep												
LW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG			-0,211			-0,191						
SEP									-0,202			-0,198
OCT	0,167											
NOV												
DEC	0,188			0,202								
Jan												
Feb												
Mar												
Apr												
May												
Jun												
Jul									-0,191	-0,132		-0,223
Aug	-0,277	-0,207	-0,329	-0,273	-0,198	-0,329	-0,165		-0,185	-0,182		-0,234
Sep												
RW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG			-0,198									
SEP												
OCT								0,197			0,196	
NOV			-0,209									
DEC												0,154
Jan							0,167					
Feb												
Mar											0,162	
Apr												
May											-0,201	
Jun			-0,183			-0,224			-0,164		-0,146	
Jul		0,190										-0,145
Aug			-0,140			-0,192						
Sep												

Tabelle 7.8: Responsewerte Fichte – Lufttemperatur (EW: Frühholz; LW: Spätholz; RW: Jahrring; N: negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade; S: 5jähriger Spline; Z: Z-Transformation)

**EICHE GESAMT
TEMPERATUR**

	Retz			Hohe Warte			Bad Gleichenberg			Graz Uni		
EW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG			-0,209						0,234			0,202
SEP												
OCT	0,227	0,228		0,173	0,178						0,173	
NOV				-0,165		-0,261						
DEC												
Jan									0,149			
Feb												
Mar												
Apr					-0,188							
May						-0,165						
Jun									0,156			
Jul												
Aug									0,153			
Sep	0,188											
LW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG			-0,222							0,214		
SEP												
OCT				0,179								-0,178
NOV						-0,197						
DEC						-0,187						
Jan							0,155					
Feb												
Mar						-0,129						
Apr												
May												-0,175
Jun	-0,223	-0,220	-0,242		-0,140		-0,190	-0,183	-0,192	-0,208	-0,192	
Jul												
Aug												
Sep	0,195	0,161										
RW	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG			-0,240							0,249		0,264
SEP												
OCT	0,179			0,201								
NOV						-0,223						
DEC						-0,178						
Jan							0,168					
Feb												
Mar						-0,132						
Apr												
May												
Jun	-0,233	-0,244	-0,242		-0,144			-0,162			-0,169	
Jul												
Aug												
Sep	0,211	0,164										

Tabelle 7.9: Responsewerte Eiche – Lufttemperatur (EW: Frühholz; LW: Spätholz; RW: Jahrring; N: negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade; S: 5jähriger Spline; Z: Z-Transformation)

**BUCHE GESAMT
TEMPERATUR**

RW	Retz			Hohe Warte			Bad Gleichenberg			Graz Uni		
	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
AUG	-0,225		-0,266			-0,144						
SEP												
OCT												
NOV						-0,148						-0,167
DEC												-0,162
Jan												
Feb												
Mar												
Apr												
May								-0,164				
Jun	-0,203		-0,201								-0,157	
Jul												
Aug												
Sep		0,186										

Tabelle 7.10: Responsewerte Buche – Lufttemperatur (RW: Jahrring; N: negativ-exponentielle Kurve bzw. Gerade; S: 5jähriger Spline; Z: Z-Transformation)

CURRICULUM VITAE

PERSÖNLICHE DATEN

Sonja Schaupmann
*05.04.1980 in Wien
ledig, keine Kinder

AUSBILDUNGSWEG

- seit 2002 Diplomstudium der Theoretischen und Angewandten Geographie
Schwerpunkte: Landschaftsökologie und Naturraumanalyse,
Kartographie und Geokommunikation, Geoinformation und
Visualisierung
- 1998-2001 Studium an der Universität Wien: Theater- und
Sprachwissenschaft sowie Übersetzer und Dolmetscher
- 1990-1998 Besuch des BG/BRG 21, Franklinstraße 21 – Abschluss mit
Matura am 15.06.1998
- 1989-1990 Besuch der öffentlichen Volksschule Prießnitzgasse 1, 1210 Wien
- 1986-1989 Besuch der öffentlichen Volksschule Dunantgasse 2, 1210 Wien

BERUFSTÄTIGKEIT

- seit 04/2007 Mitarbeiterin des Instituts für Holzforschung der Universität für
Bodenkultur Wien – Bereich Dendrochronologie
- 2007-2008 Tutorin am Institut für Geographie und Regionalforschung Wien
bei Ass.-Prof. Dr. Franz Holawe