

Ernährung und Wachstum von Stieleichenaufforstungen auf Kleinkahlschlägen in sekundären Fichten- Kiefernwäldern

Ein Vergleich von vier *Quercus robur L.* Herkünften
für die Waldwirtschaftsgemeinschaft „Weilhart“

Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs der Forstwirtschaft

durchgeführt am Institut für Waldökologie an der Universität für Bodenkultur Wien

unter Betreuung von Prof. DI. Dr. Herbert Hager

von CHRISTIAN FOSTEL

Wien, Juni 2008

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1. Einleitung	6
1.1. Problemstellung und Ausgangslage	6
1.2. Literatur	8
2. Untersuchungsgebiet und Methodik	11
2.1. Der Weilhartforst	11
2.1.1. Lage	11
2.1.2. Natürliche Waldgesellschaft	12
2.1.3. Klima	12
2.1.4. Geologie	13
2.1.5. Böden	15
2.1.6. Geschichte des Weilhartforstes	16
2.1.7. Potenzielle Gefährdungen	16
2.1.7.1. Die Fichtenblattwespe	16
2.1.7.2. Klimaveränderungen	17
2.1.7.3. Sturmschäden und Schneeschäden	18
2.1.7.4. Wilddichte	18
2.1.7.5. Immissionen	19
2.2. Die Stieleiche	21
2.3. Das Projekt	24
2.3.1. Die Waldwirtschaftsgemeinschaft „Weilhart“	24
2.3.2. Zielsetzung	25
2.3.3. Herkünfte	25
2.3.4. Pflanzverfahren	28

2.4. Versuchsdesign	30
2.4.1. Die Flächen / Probeflächen	30
2.4.2. Kennzeichnung	33
2.4.3. Pflanzenzahl	34
2.5. Datenaufnahme und Probenahme	36
2.5.1. Messungen an den Probebäumen	36
2.5.1.1. Zuwachsmessungen	36
2.5.1.2. Wuchsform	37
2.5.2. Probenahme bezüglich der Ernährung	38
2.5.2.1. Vegetation und Auflagehumus	38
2.5.2.2. Bodenproben	39
2.5.2.3. Blattproben	40
2.5.3. Messungen bezüglich der Lichtökologie	41
2.6. Probeaufbereitung und Laborarbeiten	42
2.6.1. Laborarbeiten Vegetation	42
2.6.2. Laborarbeiten Auflagehumus	42
2.6.3. Laborarbeiten Bodenproben	42
2.6.4. Laborarbeiten Blattproben	43
2.7. Endauswertung der Daten	45
2.7.1. Auswertung der Zuwachsmessungen	46
2.7.2. Auswertungen der Wuchsform	46
2.7.3. Auswertungen der Nährstoffanalysen	46
2.7.3.1. Blattspiegelwerte	46
2.7.3.2. Auflage und Konkurrenz	47
2.7.3.3. Bodenproben	48

3. Ergebnisse und Diskussion	50
3.1. Entwicklung des Höhenwachstums	50
3.1.1. Vergleich des Höhenwachstums auf den Probeflächen	50
3.1.2. Vergleich des Höhenwachstums der Herkünfte	53
3.2. Entwicklung des Dickenwachstums	55
3.2.1. Vergleich des Dickenwachstums auf den Probeflächen	55
3.2.2. Vergleich des Dickenwachstums der Herkünfte	58
3.3. Wuchsform	60
3.3.1. Vergleich der Wuchsform auf den Probeflächen	60
3.3.2. Vergleich der Wuchsform der Herkünfte	64
3.4. Ergebnisse der Nährstoffanalysen	66
3.4.1. Blattspiegelwerte	66
3.4.2. Humusaufgabe und Mineralboden	73
3.4.2.1. Nährstoffe	73
3.4.2.2. pH-Werte	78
3.4.2.3. KAK	82
3.4.2.4. Porenvolumen, Feinboden und Grobskelett	84
3.4.2.5. Mineralanalysen	90
3.5. Ergebnisse der statistischen Auswertung	92
3.6. Empfehlungen	96
4. Zusammenfassung	98
5. Verzeichnisse	101
5.1. Abbildungsverzeichnis	101
5.2. Tabellenverzeichnis	103
5.3. Literaturverzeichnis	105
6. Anhang	109

Vorwort

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mich in meinem Leben auf jede Art und Weise unterstützt haben, ob mit Liebe und Verständnis oder in finanzieller Hinsicht.

Weiters möchte ich diese Arbeit meinem Großvater und meiner leider schon verstorbenen Großmutter widmen, meinem Bruder und nicht zuletzt meiner Lebensgefährtin Marion.

Danke, dass Ihr für mich da wart, wenn ich Euch gebraucht habe.

Ich möchte mich bei Prof. Herbert Hager bedanken, der diese Diplomarbeit überhaupt erst möglich gemacht hat, und bei DI Markus Sommerauer, der die WWG Weilhart betreut und bei der Ausarbeitung ebenso wichtige Hilfe geleistet hat. Weiters gilt mein Dank meiner Kollegin Martina Schuller, mit der ich an dem Projekt gearbeitet habe und allen Institutsangestellten, die mir bei meiner Arbeit zur Seite gestanden sind.

Und natürlich gilt mein Dank auch dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft für die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojektes.

Ich, der Baum

Mit den Füßen tief verwurzelt,
den Kopf hinauf zum Himmel gestreckt,
wiege mich im Wind des Lebens,
mal in Sonne, mal in Schmerz.

Meine Äste Armen gleich,
wehren den Sturm ab und wehren den Schnee.
Bin bis ins Mark hinein erschüttert,
doch starke Wurzeln geben Halt.

Der Sturm ist vorüber,
der Schlaf ist vorbei,
empor fließt Leben,
denn zu leben ich bin frei.

1. Einleitung

1.1. Problemstellung und Ausgangslage

Die Forstwirtschaft kennt schon lange die Problematik von sekundären Fichtenwäldern auf problematischen Standorten und die Risiken von nicht standortsgemäßen Waldbeständen. Dennoch findet man die Fichte nach wie vor sehr häufig in Wäldern der tieferen Lagen, die nicht dem natürlichen Verbreitungsraum der Fichte entsprechen.

Da die Fichte relativ schnellwüchsig ist und zudem ein nachgefragtes Holz liefert, scheint sie auf den ersten Blick eine recht profitable Wahl zu sein.

Dabei werden jedoch die immer häufiger werdenden Produktionsausfälle und der erhöhte Schadholtzanfall übersehen, die typische Fichtenmonokulturen mit sich bringen.

Sind artenreiche, strukturreiche Wälder die Lösung zu diesem Problem?

FRANK (1996) bemerkt folgendes: Eine hohe Artendiversität bedeutet nicht automatisch hohe Stabilität und eine hohe Biodiversität ist nicht gleichzusetzen mit Naturnähe. So gibt es Sukzessionsstadien der Waldentwicklung, die zwar eine hohe Diversität hervorbringen, dennoch alles andere als stabil sind, und es gibt Waldgesellschaften wie den Blockschutt-Fichten-Wald, die auch in unberührtem Zustand eine geringe Struktur und Artendiversität aufweisen.

TZSCHUPKE (1998) vergleicht die Leistung von naturnahen bewirtschafteten Betrieben mit denen von naturfernen über mehrere Jahrzehnte hinweg und kommt zu den Schlüssen, dass die naturnahen Betriebe deutlich geringere Kalamitätsholtzanfälle aufweisen. Aufgrund höherer Stark- und Wertholzanteile und geringerer Kulturkosten ist es diesen Betrieben möglich, bessere wirtschaftliche Ergebnisse zu erzielen. Unter naturnaher Bewirtschaftung ist aber keinesfalls eine normierte Vorgehensweise zu verstehen, sondern das umfassende Miteinbeziehen von standörtlichen Faktoren und Gegebenheiten in die Waldbewirtschaftung.

Die Wahl von standortstauglichen Baumarten kann also - neben korrekten waldbaulichen Maßnahmen – helfen, Probleme wie unzureichende Stabilität und Vitalität von Beständen zu minimieren und so eine nachhaltige Waldbewirtschaftung ermöglichen.

Denn eine Fichtenmonokultur erfüllt wohl kaum die 6 gesamteuropäischen Kriterien für nachhaltige Waldwirtschaft auf optimale Weise, die folgendermaßen lauten:

1. Erhaltung und angemessene Verbesserung der Waldressource und ihr Beitrag zu globalen Kohlenstoffkreisläufen

2. Erhaltung der Gesundheit und Vitalität von Waldökosystemen
3. Erhaltung und Stärkung der produktiven Funktionen der Wälder (Holz- und Nichtholzprodukte)
4. Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen
5. Erhaltung und angemessene Verbesserung der Schutzfunktionen in der Waldbewirtschaftung (insbesondere Böden und Wasser)
6. Erhaltung anderer sozioökonomischer Funktionen und Bedingungen

(EU - MINISTERKONFERENZ IN LISSABON 1998)

Die Umsetzung der Kriterien liegt bei den Waldbesitzern selbst; ein Bewusstmachen der Situation kann nur der wichtige erste Schritt sein, auf den weitere folgen müssen, denn ohne operative Umsetzung wird es lediglich bei wohlgedachten Definitionen bleiben.

Insbesondere im Kleinstwald spielt Information über ökologische Zusammenhänge und Ergebnisse von praktischer Umsetzung eine bedeutende Rolle, um langfristig eine Änderung von althergebrachten Vorgehensweisen zu bewirken.

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Eichenwertholzproduktion im bäuerlichen Kleinstprivatwald und untersucht die Machbarkeit von Bestandesumwandlungen im nördlichen Alpenvorland unter Beachtung von standörtlichen Faktoren.

Angesichts vermehrter Windwurf- und Schneebruchschäden bei der Fichte und anhaltender Gradation der Fichtenblattwespe haben 6 bäuerliche Waldbesitzer der Waldwirtschaftsgemeinschaft Weilhart - deren Besitzungen in den Randgebieten des Weilhartforstes liegen – beschlossen, Stieleiche aufzuforsten.

Dank des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft wurden die Forschungsarbeiten, die für diese Diplomarbeit notwendig waren - und von der Universität für Bodenkultur betreut wurden - in Rahmen des Forschungsprojektes „Eichenwertholzproduktion im bäuerlichen Kleinstprivatwald (GZI. 56.810/21-VA2b/99)“ finanziell gefördert.

Diese Arbeit beschreibt die Besonderheiten und Gefährdungen des Weilhartforstes, die Schwierigkeiten der Beschaffung von geeignetem Pflanzmaterial, die Vorgangsweise bei den Aufforstungsarbeiten sowie die Entwicklung und die Ergebnisse des Projektes. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Ernährung der Stieleiche und möglichen Engpässen in der Nährstoffversorgung, die sich limitierend für Wachstum und Entwicklung auswirken könnten.

1.2. Literatur

Um die im Projekt gewonnenen Daten überhaupt erst aussagekräftig zu machen, wurden in der Literatur nach Vergleichsdaten für den Weilhartforst und bislang gewonnenen Erkenntnissen zum Thema standörtliche Bedürfnisse und Ernährung von Stieleiche gesucht. SCHOPFHAUSER (1992) beklagt zu Recht, dass abgeschlossene Untersuchungen für Eichenwaldstandorte in wesentlich geringerer Anzahl als für Fichtenstandorte vorhanden sind. Dennoch sind gerade in den letzten Jahrzehnten vermehrt Untersuchungen zum Thema Eichenaufforstungen erschienen, die teils auf früheren Untersuchungen und Thesen aufbauen.

Grundlegende Aussagen über das Untersuchungsgebiet konnten bei KRAPPENBAUER (1960) gefunden werden, der sich vor allem mit den geologischen und standörtlichen Besonderheiten des Weilhartforstes beschäftigt. KRAPPENBAUER berichtet hierbei von der starken Bodenversauerung aufgrund menschlicher Einflussnahme – und dies bei Böden, die von Natur aus kein besonders günstiges Säure- Basengleichgewicht vorzuweisen haben.

Wichtige Informationen zu den chemischen und physikalischen Eigenschaften von Böden im Weilhartforst gibt die österreichische Waldbodenzustandsinventur von ENGLISCH, KILIAN, MUTSCH und KARRER (1992). Die im Weilhartforst untersuchte Fläche weist als Boden eine „Braunerde auf Lockersedimenten“ mit einem „rohhumusartigen Moder“ als Auflage vor. Das C / N Verhältnis ist mäßig weit bis weit. Der pH- Wert ist mit Werten von teilweise < 3,2 sehr niedrig, die Säurepufferung findet in den Pufferbereichen Eisen, Aluminium-Eisen, Aluminium und im Austauschpuffer statt.

Die Kationenaustauschkapazität ist sehr niedrig und die Basensättigung niedrig.

Der Weilhartforst gehört zu den Regionen mit der schlechtesten Magnesiumversorgung Österreichs.

Die landesweit niedrigen Gehalte an austauschbarem Kalium erreichen die niedrigsten Werte auf Semipodsol und Podsol – Bodenformen, die im Weilhartforst häufig anzutreffen sind.

PICHLER (1994) deutet in seiner Standortkartierung des Reviers Holzöster im Weilhartforst ebenso auf starke Bodenversauerung und extrem niedrige pH- Werte hin.

Auffällig sind auch die sehr schlechte Versorgung der Flächen mit Kalium und die schwache Versorgung mit Magnesium.

Bei seiner anschließenden Beurteilung der Standortseignung für Stieleiche - die neben seinen Kartierungsergebnissen auf den Empfehlungen von ELLENBERG (1986) beruhen –

empfiehlt er den Anbau von Stielleiche auf rund 1 / 3 der Fläche. Besonders geeignet scheinen PICHLER die Standorte mit geringem Skelettgehalt und großer Wasserspeicherfähigkeit.

Da die im von der Waldbodenzustandsinventur untersuchte Fläche im Weilhartforst gleichzeitig eine „Level 2“- Intensivbeobachtungsfläche des österreichischen Waldzustandsmonitoring ist, konnten in diesem Rahmen auch Mineralstoffdaten ermittelt werden (MUTSCH et al). Der entsprechende Datensatz wurde mir per E-Mail von Hr. MUTSCH für einen Vergleich mit den von mir ermittelten Bodendaten gesendet, wofür ich mich in aller Form herzlich bedanken möchte (siehe Kapitel 3.4.2.1.).

GLATZEL und STÖHR (1984) verweisen auf eine österreichweite pH- Senkung durch saure Depositionen. Dadurch besonders gefährdet sind vor allem Böden mit geringer Pufferkapazität und ohnehin schon sauren Milieu. Hier kann es zu fortschreitender Podsolierung kommen.

BERGER (1990) untersucht die Schadstoffeinträge und die Nährstoffversorgung eines Eichenwaldökosystems im Weinviertel. Er findet mit dem Weilhartforst vergleichbar niedrige pH- Werte vor. Trotzdem keine Nährstoffengpässe gefunden werden können, ist der Gesundheitszustand der untersuchten Eiche relativ schlecht. BERGER schließt auf Vitalitätsminderung durch Schadstoffdeposition, bedingt durch anthropogene Vorbelastung der Standorte.

SCHUME (1992) beschreibt im östlichen Weinviertel die seit Mitte der achtziger Jahre voranschreitende Kronenverlichtung von Eichenbeständen in Abhängigkeit von Geomorphologie und Nährstoffversorgung der Standorte. Die Versorgung mit Nährstoffen ist ausreichend, die pH- Werte sind relativ hoch – die Böden befinden sich im Karbonat- oder Silikat- Pufferbereich.

Eine wesentliche Schadursache des so genannten „Eichensterbens“ im Weinviertel scheint die in diesem Gebiet stark limitierend wirkende Wasserversorgung zu sein.

Es konnte ein Zusammenhang zwischen Kronenverlichtung und Seehöhe festgestellt werden, wobei vor allem die Abhängigkeit der tiefer liegenden, planaren Flächen vom stetig sinkenden Grundwasserspiegel der ausschlaggebende Faktor für die Kronenverlichtung zu sein scheint.

SCHOPFHAUSER (1992) beurteilt die Änderung der Nährstoffverteilung im Boden und in der Pflanzenmasse nach einer Ablöse von Eichen- durch Fichtenwald im nordöstlichen

Weinviertel. Aufgrund der tieferen Bodenerschließung durch die Eichenwurzeln, geringeren Wasserbedarf der Eiche und der leichteren Zersetzbarkeit der Eichenblätter ist die Eiche besser an den relativ trockenen Standort angepasst als die Fichte. Aus dem Anbau von Fichte folgen zwar eine - aufgrund der ausreichenden Nährstoffversorgung - erhöhte Gesamtbiomassenproduktion, jedoch auch eine verringerte Bodenerschließung und eine verlangsamte Mineralisierung der Streu, die bei Fichtenanbau über mehrere Generationen hinweg zu Bodendegradation und Nährstoffverarmung führen wird.

NOPP (1995) beschreibt die Auswirkung von Schlagvorbereitung auf den Boden, die Ernährung, die Pflege und Qualität von Eichenaufforstungen der Forstverwaltung Wieselburg.

Dabei kommt sie zu dem Schluss, dass Stockrodung kombiniert mit Pflügen der Flächen einen deutlichen Einfluss auf den Mineralstoffhaushalt des Bodens hat.

Vor allem die bessere Nährstoffversorgung mit Kalzium und Magnesium auf den nicht gerodeten Flächen war deutlich zu sehen, in den meisten Fällen auch eine bessere Versorgung mit Kalium und Natrium.

Doch nicht nur die Beschaffenheit des Bodens – die Bodenart, sein Säure-Basen-Haushalt, seine Wasserspeicherfähigkeit, die Menge und Form der im Boden und in der Streu gelagerten Mineralstoffe - sind ausschlaggebend für eine ausführliche Beurteilung eines Standortes. Die Menge und Konzentration der Nährstoffe in den Blättern lässt Rückschlüsse auf die Ernährung der Pflanzen zu. Vergleichswerte für die wichtigsten Stoffe - anhand der eine Beurteilung über den Ernährungszustand stattfinden kann – und Beispiele für Mangelercheinungen finden sich bei BERGMANN, W. (1986), FLÜCKIGER (1987) und HARTMANN (1988).

2. Untersuchungsgebiet und Methodik

2.1. Der Weilharthorst

2.1.1. Lage

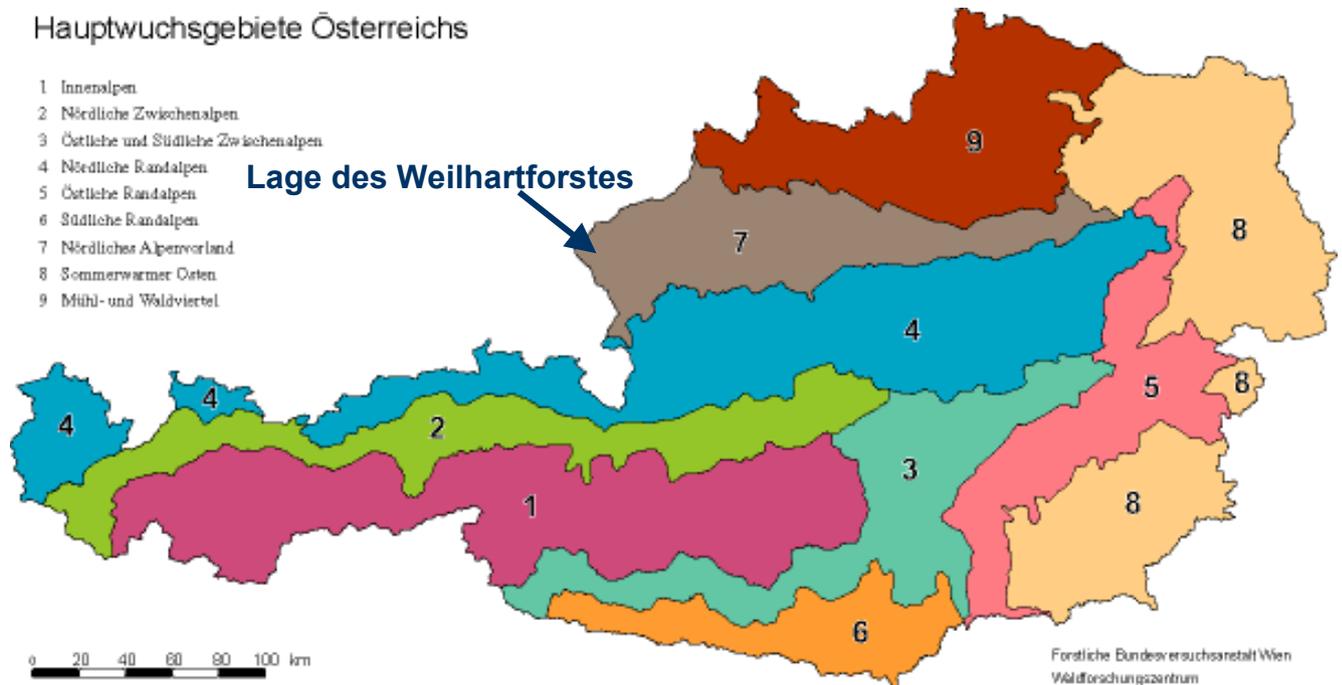


Abb.1: Lage des Weilharthorstes anhand einer Karte der forstlichen Wuchsgebiete

(<http://bfw.ac.at/300/1203.html>, abgerufen am 12.03.2008)

Der Weilharthorst liegt in Oberösterreich und gehört zum Wuchsgebiet 7.1, dem westlichen Alpenvorland. (Wuchsgebiete stellen nach FRANK (1996) eine Gliederung nach Klimazonen, gefolgt von geomorphologischen Kriterien dar. Entscheidender Indikator für die Abgrenzung eines Wuchsgebietes ist die regionale Verteilung der natürlichen Waldgesellschaften). Er befindet sich am Salzachbogen, dem westlichsten Teil des Innviertels und liegt im Bereich der Innviertler Seenplatte. Er befindet sich in einer Seehöhe von 430m – 470m und hat eine Gesamtgröße von ca. 10.000ha, wovon sich ca. 5.000 ha im Großwaldbesitz (Castell und Mitbesitzer) und ca. 5.000ha im Kleinwaldbesitz befinden. Dieser Kleinwaldbesitz liegt verstreut an den Rändern des Weilharthorstes.

2.1.2. Natürliche Waldgesellschaft

KILIAN (1994) nennt als passende Waldgesellschaft des Wuchsgebietes 7.1 den submontanen Stieleichen-Hainbuchenwald (*Gallio sylvatici – Carpinetum*) speziell auf warmen und trockenen oder auf schlecht durchlüfteten und bindigen Böden.

In der submontanen Stufe ist ansonsten Buche mit Tanne, in der tiefmontanen Stufe ein (Fichten)-Tannen-Buchenwald möglich.

SOMMERAUER (1999) spricht ebenfalls von einem Eichen- Hainbuchenmischwald mit einem - aufgrund der reichlichen Niederschläge - erhöhten Tannenanteil.

PICHLER (1994) schließt aufgrund der warmen Vegetationszeit und der ausreichenden Wasserversorgung auf einen submontanen Eichen-Buchenwald; aufgrund der oft basenarmen, schotterreichen Böden scheidet er aber auch den Hainsimsen- Buchenwald (*Luzulo-Fagetum*) aus.

2.1.3. Klima

Klimatisch liegt der Weilhartforst im Übergangsbereich zwischen zwei großen Klimabereichen:

- dem ozeanischen Klima, geprägt von warmen, feuchten Sommern und milden Wintern
- dem kontinentalen Klima, in dem kalte Winter und heiße, trockene Sommer vorherrschen

Der Weilhartforst gehört zu einem Randstaubereich, in dem der subatlantische Einfluss überwiegt, welcher sich durch ein ausgeprägtes sommerliches Niederschlagsmaximum zeigt. Der mittlere langjährige Niederschlag liegt ca. zwischen 900 und 1000 mm, wovon ungefähr die Hälfte in der Vegetationszeit fällt.

Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 7,8° C, die Durchschnittstemperatur während der Vegetationszeit (Mai – September) liegt bei ca. 15°C

(KILIAN et al (1994), PICHLER(1994), SOMMERAUER(2004))

Weitere Klimadaten finden sich im Klimaatlas von Oberösterreich von AUER et al (1998a).

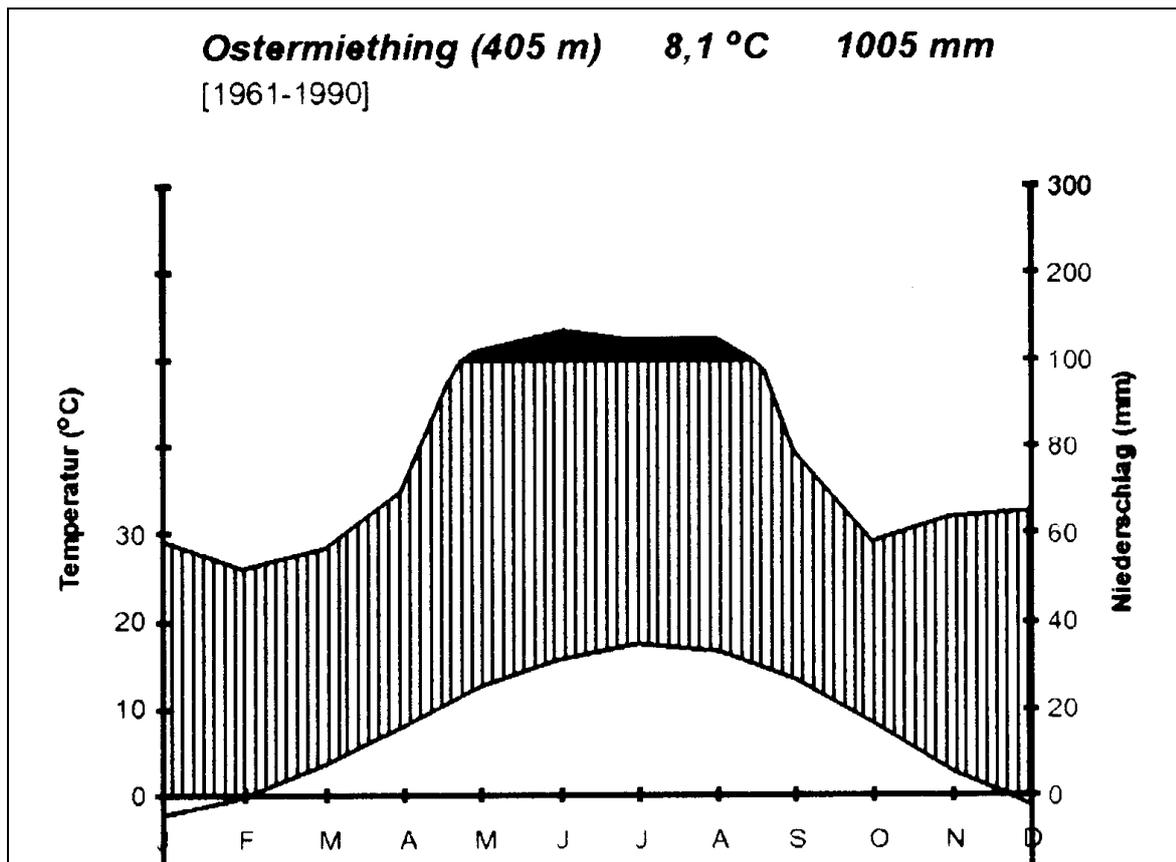


Abb.2: Klimadiagramm der Station Ostermiething aus MUTSCH et al (2001)

KRAPFENBAUER (1960) beschreibt die niederschlagsbegünstigten und gemäßigt warmen Verhältnisse des Weilhartforstes für den Waldbau als gut bis sehr gut geeignet.

2.1.4. Geologie

Der Weilhartforst setzt sich geologisch zum größten Teil aus Endmoränenwällen der letzten Eiszeit sowie aus Hoch- und Niederterrassenschotter der Zwischen- und Nacheiszeiten zusammen.

Von großer Bedeutung für die spätere Bodenbildung sind die unterschiedlich stark ausgeprägten äolischen Staublehmdecken, die sowohl auf den Endmoränen als auch den Schotterterrassen abgelagert wurden.

Die geologische Karte in Abb.3 zeigt im südlichen Teil des Weilhartforstes ein Vorherrschen der Endmoränenwälle, die sich in ostwestlicher Richtung erstrecken.

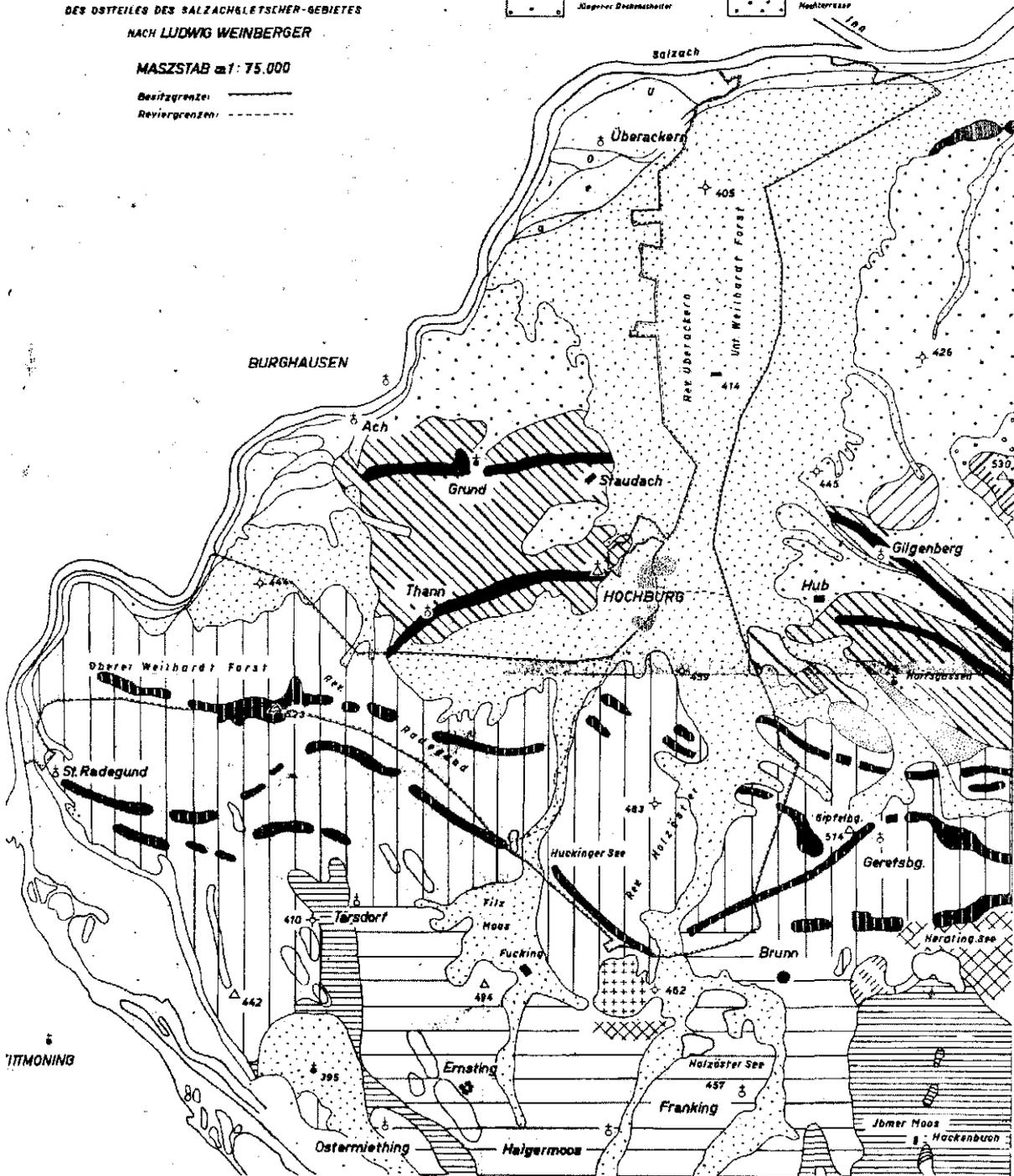
Im nördlichen Teil spielen die Schotter der Hochterrassen eine übergeordnete Rolle.

FORSTVERWALTUNG CASTELL – CASTELL
HOCHBURG
GEOLOGISCH-MORPHOLOGISCHE KARTE
DES OSTTEILES DES SALZACHLEITNER-GEBIETES
NACH LUDWIG WEINBERGER

MASZSTAB 1:75.000

Besitzgrenze: ————
Reviergrenze: - - - - -

MINDEL-EISZEIT		RISZ - EISZEIT	
	Minde-Grundmoränenlandschaft, drumförmig		R18-Grundmoränenlandschaft (Altmoore)
	Minde-Endmoräne mit Wall		R18-Endmoräne mit Wall
	Klingerer Döbelschotter		Neoterrasse



WÜRM - EISZEIT			
	Wärm-Nächte mit Endmoränenwall		Kornel
	Drumlin		Garr./Ziemer-Moor, Insee u.a.D.
	Grundmoränenrücken (Hochburg, Hochburg)		Hammerterrasse (NW von Holzöster See)
	Alte Flutze (pr. Beckmoos Hoch, m. Junges/Berchholz)		Reut.terrassen und Bettenschotter
	Bändermoor, höheres Moor		Zwischenmoore (zwischen Mpl. u. R18)
	Niederterrasse (1+Obere Mpl., 2+Untere Mpl.)		Selt. u. neochamäritische Fluviaterrassen Industrie-Ausschuß

Abb.3: Geomorphologische Karte des Weilhartforstes nach WEINBERGER (1955, in KRAPPENBAUER 1960)

2.1.5. Böden

KILIAN (1994) erwähnt die - im westlichen Teil des Alpenvorlandes auftretenden - bindigen Braunerden, die vor allem auf Grundmoränen sehr dicht gelagert sind.

Dies führt auch bei ausgeprägt seichtgründigen Böden oft zu Staunässe.

Auch grundwasserbeeinflusste Gleyböden und leichte Braunerden sind häufig vorzufinden.

Die fruchtbaren Flächen unterliegen meist landwirtschaftlicher Nutzung, als Waldflächen verbleiben verarmte, podsolige Böden.

KRAPFENBAUER (1960) entdeckt trotz der optischen Ähnlichkeit der Böden im Weilhartforst sehr große Unterschiede; der Gehalt an feinen Bodensubstanzen ist auf den Schotterterrassen wesentlich geringer als auf den Endmoränenwällen. Dies beeinflusst in erheblichem Masse die Eigenschaften des Abflussregimes, der innere Abfluss der Niederschläge bzw. des Schmelzwassers ist höher und schneller.

Die Böden sind aufgrund menschlicher Einflussnahme stark versauert, es finden sich zum größten Teil Semipodsole, aber auch Podsole.

PICHLER (1994) scheidet im Revier Holzöster im Weilhartforst vor allem Semipodsole (68%) und podsolige Braunerden (22%) aus. Ebenfalls anzutreffen sind Podsole (9%) und in geringem Maße auch Braunerden.

SOMMERAUER (2004) reiht die zu diesem Ergebnis führenden Faktoren nach ihrer Schwere folgendermaßen:

- die Wahl der Fichte als Hauptbaumart
- die Jahrhunderte dauernde Streunutzung
- überhöhte Wilddichten
- in jüngster Vergangenheit der steigende Eintrag von Immissionen

Nach DUCHIRON (2000) stellen sich besonders auf armen Böden unter Reinbeständen sehr schnell Probleme ein, die mit einem Auftreten von stärkeren Humusauflagen verbunden sind. Dies trifft vor allem auf Nadelwaldbestände zu, in denen sich anspruchsvolle und für die Nährstoffumsetzung wichtige Tierarten wie Regenwürmer kaum etablieren können.

Zusätzlich zu Streunutzung, Vieheintrieb und der vom Menschen begünstigten Ausbreitung von Nadelhölzern beschreibt KRAPFENBAUER (1960) bei Böden mit geringer Feinbodenmasse eine wesentlich raschere Wirksamkeit mechanischer und chemischer Lösungs- und Verlagerungsvorgänge und eine damit verbundenen Verarmung des Oberbodens.

2.1.6. Geschichte des Weilhartforstes

899 erstmals urkundlich erwähnt, blickt der Weilhartforst auf eine lange Geschichte des Nährstoffezuges zurück. Nach RUBNER (1956, zitiert in PICHLER 1994) war der Weilhartforst lange bayrischer Herzogs- und Königsbesitz und bevorzugtes Jagdrevier. Maßnahmen wie Streunutzung, Schneitelung und Waldweide waren an der Tagesordnung. Erst wurden diese Rechte unbeschränkt vergeben, ab 1589 wurden sie unter Herzog Wilhelm V. von Bayern durch die entgeltliche Vergabe von Nutzungsrechten im Ausmaß von 61.380m³ Streu und 16.000 Raummeter Scheitholz eingeschränkt.

Ab 1853 wurden die Nutzungsrechte durch Grundabtretung abgelöst. Aufgrund dieser Maßnahmen verkleinerte sich der ursprüngliche Waldbesitz der Familien Lessonitz-Castell von ca. 10.000ha auf etwa die Hälfte.

KRAPFENBAUER (1960) weist ebenso auf eine intensive Streunutzung hin. Nach seinen Berechnungen betrug die Streunutzung in etwa 30% des Streuanfalls, wodurch mit einer 3-4-jährigen Wiederkehr der Streunutzung gerechnet werden muss. Verschiedene Faktoren wie die Entfernung der bäuerlichen Betriebe zum Wald oder unterschiedliche Verfügbarkeit von trockener Streu deuten jedoch auf eine örtlich sehr ungleiche Nutzung hin.

Gegenwärtig ist der Weilhartforst das größte zusammenhängende naturferne (alpha bis beta euhemerobe) Waldgebiet Österreichs, soviel geht aus der Hemerobiestudie von GRABHERR (1998) hervor. Die potenziell natürliche Waldgesellschaft ist derzeit fast völlig durch Nadelholzreinbestände (zum größten Teil Fichtenbestände, auf den nährstoffärmeren Standorten sind Weißkiefernbestände zu finden) ersetzt.

2.1.7. Potenzielle Gefährdungen

2.1.7.1. Die Fichtenblattwespe (*Pristiphora abietina*)

Die etwa 5-6mm große, schwarz-gelbe Wespe gehört zu den echten Blattwespen. Anfang Mai legt sie ihre Eier an die gerade auswachsenden Maitriebe der Fichte, und zwar ein Ei pro Nadel. Die wenig Tage später schlüpfenden Raupen fressen ausschließlich an den jungen Maitrieben, was zur Folge hat, dass diese welken und absterben. Das Fraßbild ist von rötlichbrauner Farbe. Befallen werden vor allem 20 - 60 jährige Bäume; der Befall von älteren Bäumen ist aber ebenso möglich. Besonders gefährdet sind sonnseitige, windgeschützte Lagen. Nach nur etwa 2 - 3 Wochen Reifefraß seilt sich die Raupe zu Boden ab, spinnt sich in einen eiförmigen, harten Kokon ein und überwintert in der Bodenstreu.

Zumeist schlüpfen die jungen Wespen im darauf folgenden Jahr. Da den Larven aber ein Überliegen möglich ist, wird die Bekämpfung einer Gradation zusätzlich erschwert.

(AMANN 2003)

EBNER und SCHERER (2001) beschränken das Auftreten einer Massenvermehrung fast ausschließlich auf Fichtenmonokulturen außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes, vornehmlich in der ersten und zweiten Altersklasse. In den befallenen Gebieten kommt es zu erheblichen Zuwachsverlusten und bei mehrjährigem Befall zu Kronenmissbildungen. Weiters wird die Schadensdisposition gegenüber Sekundärschädlingen bei längerem Befall erhöht.

Als Maßnahmen werden waldbauliche Eingriffe wie die Wahl von standortangepassten Baumarten empfohlen. Vor allem die Einbringung von Laubbaumarten kann die Moder- bis Rohhumusbildung verringern und damit die erfolgreiche Überwinterung der Larven in der Streu verhindern.

Auch DUCHIRON (2000) beschreibt den wesentlich größeren Lichteinfall in Laubwaldbeständen und die Auswirkungen auf die Nährstoffumsetzung. Besonders in hellen Bereichen wird eine Mineralisierung der Streu beschleunigt. Der vorherrschende Humustyp tendiert zum Mull-Moder, in beschattenden Bereichen hingegen zum Moder.

2.1.7.2. Klimaveränderungen

MOSER (2007) beschreibt den optimalen Wuchsraum für Fichte in einer Seehöhe zwischen 600-1200 m. Je weiter die Fichte vom Optimum entfernt ist, umso labiler wird sie. Bei einer eventuellen Klimaerwärmung von 1° C steigt das Optimum der Fichte im Gebirge um ca. 100m. Für Bestände in ohnehin gefährdeten tieferen Lagen können sich Stressfaktoren wie Hitze und Trockenheit letal auswirken, da sich die Entfernung zum Optimum weiter

vergrößert. Ca. 290.000 ha, das sind in etwa 16 % der Gesamtfläche von Fichtenbeständen in Österreich, liegen zwischen 200 und 600m Seehöhe und somit schon jetzt ungünstig. Die Prognose für einen Temperaturanstieg um mehrere Grad bis zum Ende des Jahrhunderts weist auf eine höchst kritische Lage dieser Bestände hin.

Auch LEXER und SEIDEL (2007) beschäftigten sich mit diesem Thema anlässlich des jüngsten Berichtes des UN-Klimabeirates (IPPC).

Der Bericht sagt eine Klimaveränderung mit mehr als 90%iger Wahrscheinlichkeit vorher. Die mittlere Jahrestemperatur in Österreich soll im 21. Jahrhundert zwischen 2 und 5°C steigen. Zusätzlich geht mit dem Temperaturanstieg eine Änderung der Niederschlagsverteilungen einher. Ein Anstieg des Winterniederschlages, ein Sinken des Sommerniederschlages sowie eine Häufung von Extremereignissen sind zu erwarten. Mittels des Simulationsmodells PICUS wurde am Institut für Waldbau an der BOKU Wien eine Simulation für einen Temperaturanstieg von + 2°C und einen Rückgang des Sommerniederschlages um – 15% durchgeführt.

Diese beiden Faktoren bewirkten eine Änderung der potenziell natürlichen Waldgesellschaft auf rund 70 % der Inventurpunkte.

Ein deutliches Ansteigen der Buchenwaldtypen war zu bemerken, ebenso gewinnen die Eichenwälder deutlich an Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Waldgesellschaften.

2.1.7.3. Sturmschäden und Schneeschäden

DONAUBAUER (1994) weist österreichweit auf erschreckende Zunahme des Schadholzanfalles im Bereich der Sturm- und Schneeschäden hin. Ein verstärkter Koniferenanbau – vor allem der Fichte, besonders in Tieflagen und in Reinbeständen – begünstigt diesen Trend, der noch eine Reihe von Dezennien anhalten könnte - umso mehr, als eine Zunahme von Stürmen durch klimatische Änderungen möglich sei.

PICHLER (1994) geht davon aus, dass nicht nur staunasse Böden – auf denen die Fichte aufgrund ihrer starken Flachwurzeligkeit extrem anfällig gegen Windwurf ist – sondern auch sehr saure Böden ein erhöhtes Windwurfrisiko mit sich bringen, da es zu einer Schädigung der Wurzeln kommen kann.

GLATZEL und STÖHR (1984) berichten, dass anhaltende Bodenversauerung einen Übergang des Bodens in den Aluminiumpufferbereich mit sich bringt. Die freiwerdenden Aluminiumionen führen zu einer steigenden Toxizität der Bodenlösung, was in weiterer Folge zur Schädigung von Mikroorganismen und zu Wurzelschädigungen führen kann.

Trockenschäden und Windwurf können daraus resultieren.

2.1.7.4. Wilddichte

Die Entwicklung der Wildschäden wird durch die österreichische Forstinventur erhoben. An rund 50% der Verjüngung hat der Verbiss Schäden hinterlassen, wovon ca. 20% schwerwiegend waren. Wesentlich höher wird jedoch der nicht erfasste Keimlingsverbiss bewertet, der zu einer extremen Baumartenentmischung führt (DONAUBAUER 1994).

Vor allem die Einrichtung von gezäunten Weiserflächen und ungezäunten Vergleichsflächen kann Aufschluss auf den Keimlingsverbiss geben und ist seit 2004 im oberösterreichischen Jagdgesetz geregelt (LANDESGESETZBLATT FÜR OÖ Nr.74 / 2004).

Bei einer Fortbildung der WWG Weilharth konnte anhand solcher Weiserflächen gezeigt werden, dass selbst in Waldteilen mit überwiegendem Fichtenanteil ausreichende Naturverjüngung der potenziell natürlichen Waldgesellschaft möglich ist – vorausgesetzt, der Wildstand befindet sich auf einem angepassten Niveau.

Bei Laubbaumarten gilt zu beachten, dass sie von Rehwild bevorzugt verbissen werden. Eine naturnahe Waldbewirtschaftung mit Naturverjüngung geht mit einem wesentlich größeren Nahrungsangebot für Rehwild einher - die Wahrscheinlichkeit für einen Totalverbiss der Verjüngung wird geringer; dennoch hat auch die Tragfähigkeit eines naturnahen Waldes, bezogen auf die Wilddichte, Grenzen.

LEIBUNDGUT (1975) geht davon aus, dass es mehr denn je wichtig ist, das Wild als einen natürlichen Teil des Waldes anzusehen; denn nur ein naturnaher Waldbau kann dieses ökologische Problem lösen. Also ein Waldbau, der alle Parameter des Ökosystems inklusive der Wildstandregulierung durch den Menschen bei Abwesenheit der großen Prädatoren mit einbezieht.

2.1.7.5. Immissionen

Nach DONAUBAUER (1994) ist ein großer Teil der österreichischen Wälder den Einflüssen von erhöhter Schadstoffkonzentration in der Luft und den Depositionen potenziell schädlicher Stoffe ausgesetzt. Die Quantitäten sind jedoch häufig in einem Bereich, der keine oder wenige Schäden nach sich zieht.

Weiters deutet DONAUBAUER aber auf lokale Immissionsgebiete wie Ranshofen hin, das nordöstlich des Weilharthforstes liegt und somit auf das Untersuchungsgebiet Einfluss haben könnte. Vor allem in der Zeit vor verpflichtender Filterung sind stärkere Einträge von Schwefeldioxid, Fluorwasserstoff und alkalische Stäuben wahrscheinlich.

SMIDT (2004) erwähnt vor allem Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ozon und Einträge von Stickstoff und Schwermetallen als bedeutende Luftverunreinigungen mit giftiger Wirkung für Pflanzen. Dabei ist neben der Giftigkeit für die Pflanze vor allem die Menge und Konzentration des Stoffes entscheidend.

Entstehende Schäden können sich auf den Ertrag der Pflanze durch den Verlust von Blattmasse oder gestörtes Wurzelwachstum auswirken.

Die Auswirkung von Ozon auf sekundäre Fichtenwälder in tief- und mittelmontanen Höhenstufen beurteilt SMIDT (2005) sehr kritisch. Nicht die Seehöhe ist für die Aufnahme von Ozon entscheidend, sondern Faktoren wie Wasserdampfdefizit, Lichtintensität und Naturnähe von Fichtenbeständen, bzw. die genetische Anpassung an Ozon.

GENSSLER (2000) weist darauf hin, dass vor allem der immissionsbedingt steigende Stickstoffeintrag eine Überversorgung der Bäume zur Folge haben kann. Schädliche Auswirkung dieser Überversorgung sind verminderte Verholzung der Triebe und dadurch verstärkte Frostgefahr, weiters eine Verschiebung der Elementverhältnisse in den Blättern und damit des Ernährungsgleichgewichtes. GENSSLER vermutet, dass gerade bei Beständen mit Phosphor- bzw. Magnesiumunterversorgung eine Überversorgung mit Stickstoff einen negativen Einfluss auf die Belaubung haben könnte.

ENGLISCH (1992) weist auf die Gefahr der Auswaschung von Kalzium, Magnesium und Kalium bei erhöhtem Stickstoffeintrag auf sauren Böden hin. Weiters kann es aufgrund der Verschiebung des Spross- Wurzelverhältnisses zu einem Verdünnungseffekt von anderen Nährstoffen in der zusätzlich gebildeten oberirdischen Pflanzenmasse kommen.

2.2. Die Stieleiche

Umfangreiche Beschreibungen zu Verbreitung und Biologie der europäischen Eichenarten findet man bei KRAHL-URBAN (1959). Die Stieleiche ist die am weitesten verbreitete Eichenart Europas und kommt beinahe in ganz Europa vor. Ausnahmen bilden der Süden der Iberischen Halbinsel, Sizilien, der Süden Griechenlands, das nördliche Skandinavien und der Norden Russlands.

Im Gebirge steigt die Stieleiche regional sehr unterschiedlich stark an; die Werte reichen im Allgemeinen von 500m -1000m Seehöhe, in den südlichen Gebirgen Europas sogar bis zu 1500m. Nach BURGER (1926 in KRAHL-URBAN 1959) scheint es keine Regel für die Höhenverbreitung der Baumart zu geben. Entscheidender seien die physiologisch wirksamen Eigenschaften des Bodens, die „Temperaturumkehr“ im Gebirge und der Konkurrenzdruck der im Gebirge wachsenden Baumarten.

Die Ansprüche an den Boden sind nicht sehr groß, die Bandbreite reicht von leichten bis zu schweren, von lockeren bis zu dichten, von nährstoffreichen bis zu nährstoffarmen und von basischen bis zu sauren Böden. Die Holzgüte nimmt mit der Qualität des Bodens zu.

Bevorzugt werden jedoch Böden mit reicher konstanter Durchfeuchtung, nach SCHOPFHAUSER (1992) zeigt sie eine Vorliebe für schwere Lehm- und Schlickböden und erträgt eine Bandbreite von 300-2000 mm Jahresniederschlag.

Nach BUKSNOWITZ (2003) ist Eichenverjüngung am häufigsten auf frischen Standorten anzutreffen, am konkurrenzstärksten ist sie auf nassen und mäßig trockenen Standorten.

Laut PICHLER (1994) kann die tiefwurzelnde Stieleiche besonders auf stark sauren Böden einen wichtigen Beitrag zur Wiederherstellung eines Nährstoffkreislaufes beitragen, auch wenn nicht unbedingt eine hohe Wertleistung auf diesen Standorten zu erwarten ist.

Der Wasserbedarf der Stieleiche ist verglichen mit anderen Baumarten relativ gering, klimatisch gesehen ist sie jedoch eine Baumart mit relativ hohem Wärmeanspruch.

GAYER (1898) bezeichnet die Eichen als „Wärme fordernde Holzart“. Besonders die Stieleiche erträgt und verlangt hohe Sommertemperatur.

SCHOPFHAUSER (1992) beschreibt die Stieleiche als weniger kälte- und wärmeempfindlich als die verwandte Traubeneiche, jedoch als wärmebedürftiger.

Die Stieleiche wird von den meisten Autoren als Lichtbaumart beschrieben, Unterschiede im Lichtbedürfnis hängen aber auch von standörtlichen und genetischen Faktoren ab, vom Alter, Baumernährung, von der Art der Blätter, usw.

VON LÜPKE (1995) hat bei Schattierungsversuchen bei Eichenverjüngung die Auswirkung von künstlicher Beschattung und Beschattung der Verjüngung unter Altholzschirm von Buche und Kiefer untersucht. Gemessen wurden unter anderem der Höhenzuwachs und die Trockensubstanzproduktion der Jungbäume bei differenzierter Beschattung.

Laut seinen Ergebnissen steigt der Höhenzuwachs bei Beschattung erst an, sinkt erst bei 30 - 50% der Freiland-Strahlungsintensität ab und zeigt einen drastischen Rückgang bei 10%. Die Trockensubstanzproduktion hingegen sinkt schon bei geringer Beschattung ab. VON LÜPKE schließt daraus, dass es durchaus zweckmäßig ist, auf Beschattung mit verstärktem Höhenzuwachs zu reagieren, um die Konkurrenz zu überwachsen. Er reiht die Stieleiche in die „Schatten vermeidenden“ Arten ein.



Abb.4: Verbreitung der Stieleiche in Europa: (<http://de.wikipedia.org/wiki/Stieleiche> ; abgerufen am 9.01.2008)

Das Erscheinungsbild der Stieleiche ist sehr unterschiedlich, die Blätter variieren punkto Größe, Form, Lappung, Struktur und Farbe sehr stark, ebenso unterscheidet sich die Frucht in Stiellänge, Größe und Form des Fruchtblachers und der Eichel.

Die Stieleiche ist laut WILLKOMM (1875-87, in KRAHL-URBAN 1959) „die formenreichste unter allen Laubbaumarten Europas.“

Aufgrund dieses Formenreichtums ist die Unterscheidung zur verwandten Traubeneiche nicht immer leicht – wie auch andere Autoren spricht VON LÜPKE (1995) von einer möglichen Hybridisierung der beiden Eichenarten - jedoch gibt es einige wichtige Merkmale: die Früchte der Stieleiche sitzen im Allgemeinen zu wenigen am langen Stielen, die Eicheln sind meist länger und schwerer als bei der Traubeneiche. Die Blätter zeigen oft ein kurzgestieltes Wachstum mit herzförmiger Blattbasis, im mittleren Spreitenbereich enden die

Blattnerven auch in den Buchten. Zumeist sind die Knospen der Stieleiche dicker als die der Traubeneiche.

Wipfelschäftigkeit ist bei der Stieleiche wesentlich seltener anzutreffen als bei der Traubeneiche. Die Schaffform kann jedoch nach Provenienz und Standort stark unterschiedliche Qualität besitzen.

NUTTO (1999) kommt zu dem Schluss, dass die Astreinigung sehr stark vom standortsabhängigen Höhenwachstum beeinflusst wird und somit nur geringfügig durch waldbauliche Eingriffe gesteuert werden kann.

Die Stieleiche besitzt ein ausgesprochen tief reichendes Wurzelsystem, das von einer jugendlichen Pfahlwurzel ausgehend sich bald den jeweiligen Bodenverhältnissen anpasst. Handelt es sich um lockeren Boden, entwickelt sich die Pfahlwurzel dementsprechend weiter, ist der Boden jedoch sehr dicht, bleibt die Pfahlwurzel im Wuchs zurück und der Baum bildet Seitenwurzeln aus, die das Bestreben zeigen, schräg in die Tiefe zu wachsen. Neben der Sturmsicherung und der Nutzbarmachung tiefer liegender Nährstoffquellen findet auch eine Vertikaldrainierung statt, die für eine ausreichende Durchlüftung des Bodens sorgt (KRAHL-URBAN 1959, BERGMANN 2001) und damit den Boden auch für Baumarten mit höheren Durchlüftungsansprüchen erschließt.

2.3. Das Projekt

2.3.1. Die Waldwirtschaftsgemeinschaft „Weilhart“

Die Waldwirtschaftsgemeinschaft „Weilhart“ (kurz WWGW), betreut von D.I. Markus SOMMERAUER, hat sich zum Ziel gesetzt, bei künftiger Waldbewirtschaftung vermehrt den Schwerpunkt auf ökologische Aspekte zu setzen. Dabei sollen die ökonomischen Ziele der Kleinwaldbesitzer jedoch nicht unberücksichtigt bleiben.

Information und Weiterbildung sind wichtige Instrumente, um das Bewusstsein der Waldbesitzer auf die gegenwärtige Lage und Risiken hinzuweisen.

Dazu kommt der finanzielle Anreiz von Förderungen des Landes Oberösterreich, die im Falle einer Bestandesumwandlung von instabilen, sekundären Nadelwäldern in Bestände, deren Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft entsprechen, ausbezahlt werden.

Die aktuellen Förderungssätze des LANDESFORSTDIENST OBERÖSTERREICH (2008) betragen auf Eichenzwangsstandorten - unter 600m Seehöhe; ebene und schlecht durchlüftete, staunasse Böden – für Eichen-Hainbuchenkulturen bis zu 4000€ je Hektar.

Aufgrund der hohen Anfälligkeit der sekundären Fichten- und Kiefernbeständen gegenüber Insektenkalamitäten, zyklisch extremen Nassschnee- und Windwurfereignissen und flächigem Absterben von Kiefern kam die WWGW zu dem Schluss, dass bei bevorstehenden Verjüngungen die potenziell natürliche Waldgesellschaft berücksichtigt werden muss. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf jenen Baumarten liegen, für die bereits wissenschaftlich abgesicherte und praxisnahe Pflegemodelle ausgearbeitet wurden. Ein weiteres wichtiges Kriterium war die Bereitschaft der Waldeigentümer, die nötigen Pflegemaßnahmen auch wirklich durchzuführen.

TIEFENBACHER (in FISCHER 2007) spricht sich im hohen Maße für intensive Pflege von Laubholzbeständen aus, mittels der ein ungleich höherer Wertzuwachs als bei Nadelhölzern erzielt werden kann. Vor allem die Krümmung, der bei Laubholz wesentlichste Holzfehler, lässt sich in ca. 4/5 aller Fälle auf mangelnde Pflege zurückführen.

So einmal mit der Pflege begonnen wurde, sollte sie auch konsequent durchgeführt werden, um am Ende auch das gewünschte Ergebnis zu liefern, angefangen vom Zurückschneiden von Schlingpflanzen bis zur Entfernung von Steilästen und Zwieseln bei der Wertastung.

Anlässlich eines größeren Sturmereignisses wurde im Winter 1998 für 8 Mitglieder der WWGW ein Verjüngungsplan erstellt, wovon 2 Teilnehmer eine Naturverjüngung von Buche anstrebten und die übrigen 6 Teilnehmer im Frühjahr 1999 auf Kleinkahlschlägen Stieleichenkulturen anlegten.

2.3.2. Zielsetzung

Um auch für zukünftige Aufforstungsprojekte der WWGW Empfehlungen abgeben zu können, sollte das Stieleichenprojekt von einer Studie der Universität für Bodenkultur begleitet werden.

Die verschiedenen Eichenherkünfte, die gesetzt wurden, sollten miteinander in den Punkten Höhenzuwachs, Durchmesserzuwachs und Wuchsform verglichen werden, um eine Aussage auf dem wirtschaftlichen Sektor der Wertholzproduktion tätigen zu können.

Weiters sollte untersucht werden, ob es limitierende Faktoren wie Lichtregime und Ernährung der Pflanzen gibt, die eine Aufforstung mit Stieleiche ausschließen.

Eine weitere Herausforderung bestand darin, Aussagen über ein geeignetes Pflanzverfahren zu machen.

Es ist zu bedenken, dass die vier Jahre, in denen die Flächen beobachtet wurden, einen relativ kurzen Zeitraum im Lebenszyklus einer Stieleiche darstellen. Dennoch galt es, Entwicklungstendenzen der Jungeichen herauszulesen und ein passendes Versuchsdesign zu kreieren, um die relativ heterogenen Flächen bestmöglich miteinander vergleichbar zu machen.

2.3.3. Herkünfte

Das genetische Potenzial einer Provenienz kann für die spätere Qualität des Holzes entscheidend sein. KRAHL-URBAN (1959) beschreibt ausführlich das unterschiedliche Wuchsverhalten der verschiedenen Ökotypen und empfiehlt Provenienz-Versuche, um sich Klarheit über die Güte der Eichen zu verschaffen.

Er selbst legt 1950 einen Versuch im Forstamt Bramwald an, der 115 deutsche und 2 österreichische Bestände umfasst – 65 Traubeneichenbestände und 52 Stieleichenbestände aus 53 verschiedenen Forstämtern, wovon manche Gebiete mit einem Bestand und andere mit bis zu 16 Beständen vertreten sind.

KLEINSCHMITT und SVOLBA (1995) berichten über die damals 40 jährigen Eichen des KRAHL-URBAN - Versuches folgendes: Die Mittelhöhe im Alter 40 reichte von 10,2m bis 15,8m ohne signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen Stieleiche und Traubeneiche, aber mit signifikanten Unterschieden zwischen den Herkünften innerhalb der Arten und zwischen Beständen innerhalb der Herkünfte.

Die Variation in der Stammform ist extrem groß, manche Herkünfte können bis zu 60% Individuen umfassen, die als gerade oder sehr schlank eingestuft werden, andere hingegen weisen 0% auf. Das Merkmal der Stammform ist für die Erzeugung von Wertholz sehr wichtig.

Da für die WWGW eine unbefriedigende Ausgangssituation betreffend der Variabilität der vorhandenen anerkannten Stieleichen-Erntebestände vorlag, entschloss sich die WWGW zu einem Experiment.

Es wurde Pflanzenmaterial von 4 verschiedenen Erntebeständen gekauft.

Die genauen Bezeichnungen lauten:

14(V/3/-3) Oberösterreich Linz – Urnenhain, 2/0; (wird in weiterer Folge dieser Arbeit unter der Kurzbezeichnung „**Urnenhain**“ geführt)

7(V/1/3-6) Oberösterreich – Taufkirchen, 3/0; (wird in weiterer Folge dieser Arbeit unter der Kurzbezeichnung „**Landesforstgarten**“ geführt)

6(V/1/3-6) Oberösterreich – Geinberg, 3/0; (wird in weiterer Folge dieser Arbeit unter der Kurzbezeichnung „**Gadermaier**“ geführt)

Bayern / Freilassing – Aichet, 3/0; (wird in weiterer Folge dieser Arbeit unter der Kurzbezeichnung „**Laufen**“ geführt)

Die Herkunft **Urnenhain** wurde von jedem der 6 Waldbesitzer gepflanzt, die Herkunft **Landesforstgarten** von 4, die Herkunft **Gadermaier** von 3, die Herkunft **Laufen** dagegen nur von einem einzigen Waldbesitzer.

Die Vergleichbarkeit der Herkünfte und der Flächen wurden durch diese nicht einheitliche Herkunftswahl und Vertretung derselben auf den Probeflächen erheblich erschwert.

Eine genaue Aufschlüsselung, welche Herkunft von welchem Waldbesitzer gepflanzt wurde, findet sich in der folgenden Tabelle:

X....Reihenpflanzung O.... Nesterpflanzung -....Nicht gepflanzt

Herkunft Waldbesitzer	Urnenhain	Landesforstgarten	Gadermaier	Laufen
Meindl	X	X	-	-
Helmberger	X	-	X	-
Dechant	O	O	O	O
Lechner	X	X	-	-
Winter	X	X	-	-
Pöttinger	X	-	X	-

Tab.1: Bei den einzelnen Waldbesitzern gepflanzte Herkünfte

2.3.4. Pflanzverfahren

Als Schlagflächenvorbereitung wurde auf zwei Flächen mittels Stockfräse gemulcht. Dabei werden die nach dem Kahlschlag übrigen Baumstöcke und der Schlagabraum zerkleinert.



Abb.5: Stockfräse im Einsatz (<http://www.somcon.com> - abgerufen am 12.12.2007)

Der Vorteil dieser Maßnahme liegt in der Erleichterung der Pflanz- und Pflegearbeiten, ist jedoch kostspieliger als die herkömmliche Aufforstung.

Da die Nährstoffumsetzung durch dieses Verfahren beschleunigt wird, galt es zu beobachten, ob die jungen Eichen das zusätzliche Angebot an Nährstoffen nutzen konnten oder ob dadurch vor allem die Unkrautentwicklung beschleunigt wurde.

Denn verdämmende Schlagflächenvegetation ist gerade in den ersten Jahren einer Eichenkultur ein nicht zu unterschätzendes Risiko.

KÄTZEL et al (2000) kommt bei einem Eichenaufforstungsversuch zu dem Ergebnis, dass die durch Pflügen und Stockfräse vorbereitenden Flächen nach 2 Jahren noch nicht die Vegetationsdeckung der unbearbeiteten Flächen erreicht haben. Die Deckungsgrade der Kraut- und Moosschicht erreichen maximal 80%.

Um für die Pflanzung eine geeignete Lochgröße zu erreichen, wurde von den Waldbesitzern für diese und künftige Eichenkulturen eigens ein Pflanzlochbohrer angeschafft.

Dadurch soll ein bestmögliches Anwachsen des Pflanzgutes ermöglicht werden. Die eigentlichen Pflanzungen erfolgten bei Regenwetter oder kurz danach. Wenn dies nicht möglich war, wurden die Löcher kurz vor dem Pflanzen gegossen.

Eine Ausnahme wurde bei der Fläche des Waldbesitzers **Dechant** gemacht. Hier wurde aufgrund eines differenzierten Pflanzverfahrens mittels einer hydraulischen Anbauschaufel am Traktor eine maschinelle Spaltpflanzung durchgeführt.



Abb.6: Pflanzlochbohrer im Einsatz (<http://www.somcon.com> - abgerufen am 12.12.2007)

Auf den Flächen der Waldbesitzer **Meindl, Helmberger, Lechner, Winter und Pöttinger** wurde mittels klassischer Reihenkultur aufgeforstet. Der Reihenabstand betrug 2 m zwischen den Reihen und 80 cm innerhalb der Reihe. Jede dritte Reihe wurde mit Hainbuche im Abstand von 1,5 m aufgeforstet.

Die Hainbuchen sollen in späteren Bestandesstadien dienende Wirkung haben, vor allem sollen sie die Bildung so genannter Wasserreiser an den Eichen verhindern.

Nach GAYER (1898) erreicht die Eiche im Reinbestand selbst unter sehr günstigen Wuchsbedingungen nicht die gerade und schlanke Schaffform, wie sie die Eichen im Mischbestand erreichen kann.

KRISO (1958) bestätigt nach zahlreichen Untersuchungen an Eichen-Hainbuchenbeständen den waldbaulichen Wert der Hainbuche für die Eichenproduktion. Sowohl im Stammraum als auch im durchwurzeltten Bodenbereich sei sie die ideale Ergänzung zur Eiche.

Auf der Fläche des Besitzers **Dechant** wurde mittels Teilflächenkultur - so genannter „Nesterpflanzung“ - aufgeforstet.

Dabei wurden im Abstand von 8m Nester mit einer Fläche von 2m² und je 20 Stieleichen angelegt.

Als Füllholz wurden Hainbuche, Rotbuche und Kirsche verwendet.

Nach SZYMANSKI (1986, in GOCKEL 1994, in KÜHNE 2004 und in NUTTO 1999) wurde die Begründung der Eichenbestände in Nestkulturen schon 1911 durch OGIJEWSKI bekannt. Die klassische Methode bestand aus der Anlage von 200 Plätzen pro Hektar. Auf den 2m x 1m großen Plätzen wurden entweder 50 – 100 Eicheln ausgesät oder 25 - 30 zweijährige Eichen gepflanzt.

SZYMANSKI verwendet zwei unterschiedlich große Anpflanzungsformen, wobei er zu dem Schluss kommt, dass in den kleineren Gruppen mit 21 Eichen eine stärkere Differenzierung nach Stärken der Eichen auftritt und im Alter von 20 Jahren zumindest 5 gut gestaltete Eichen vorhanden sein sollen. Im Alter von 30 Jahren bleibt schließlich nur eine Eiche von sehr guter Qualität übrig.

Auch auf natürliche Art und Weise können ganz ähnliche Verjüngungsmuster und Wuchsverhältnisse beobachtet werden. Die Verbreitung durch verschiedene vorratanlegende Kleinsäuger und Vögel, wie das Eichhörnchen und ganz besonders der Eichelhäher haben, so die Vorräte nicht abgeholt wurden, ein nestweises Aufkommen von Jungpflanzen zur Folge.

Ebenso schafft das Aufwühlen des Bodens unter Eichen durch Wildschweine kleinflächig sehr gute Bedingungen für die Keimung von Eichel, deren Engstand die Verunkrautung innerhalb des Saatplatzes verhindert. (BERGMANN 2001)

NUTTO (1999) bezweifelt eine Steigerung der Holzqualität durch die Nesterpflanzung, laut seinen Aussagen überleben in den überwiegenden Fällen Bäume der Nestränder und nicht die Bäume im Inneren des Nestes. Pflanzen mit ausreichender Vitalität konnten selbst bei Eingreifen des Menschen nur in den äußeren Bereichen des Nestes herausgepflegt werden. Die Nutz- und Schutzfunktion der außen stehenden Pflanzen auf die inneren konnte somit nicht nachgewiesen werden.

GOCKEL (1994) führt jedoch einige Vorteile der Trupppflanzung auf. Neben deutlich geringerer Pflanz- und Pflegekosten wird die Auswahl der Z- Bäume erleichtert und die Schäden durch Fällung und Rückung werden reduziert.

Weiters bietet sich die Möglichkeit, eine Baumart mit einer niedrigeren Umtriebszeit als die Eiche in den Lücken zwischen den Nestern zu pflanzen, um eine zusätzliche Wertsteigerung zu erzielen, ohne die Eichen dabei unter zu starken Konkurrenzdruck zu setzen – ein Vorgehen, wie es auch auf der Fläche des Waldbesitzers **Dechant** gemacht wurde.

Ungefähr einen Monat nach den Pflanzungen wurden die Eichenkulturen begutachtet und ein Anwuchsprozent von über 99% festgestellt.

Um einem Verbiss durch Rehwild vorzubeugen, wurden die Aufforstungsflächen rehwildsicher gezäunt. Dies ist auch fixer Bestandteil des Fördervertrags.

Zusätzlich wurde seitens der WWGW versucht, mit den Jagdausübungsberechtigten eine Vereinbarung über eine periodische Kontrolle der Wildschutzzäune zu machen.

2.4. Versuchsdesign

Es muss darauf hingewiesen werden, dass das Versuchsdesign an die bereits bestehenden Aufforstungsflächen angepasst werden musste. Dadurch ergibt sich eine suboptimale Ausgangslage, um die einzelnen in dem Projekt zu erfassenden Parameter miteinander zu vergleichen. Nicht jeder der 6 Waldbesitzer hat die gleichen Herkünfte gepflanzt, die Aufforstungsflächen haben unterschiedliche Größe und Ausrichtung.

Natürlich wurde mit dem Design versucht, möglichst aussagekräftige Informationen zu beschaffen. Man muss aber den Tatsachen ins Auge blicken und eingestehen, dass diese nicht unumstößlich sind.

Wie jedoch auch NOPP (1995) bemerkt, sind völlig korrekte Versuchsanordnungen auch in der Literatur nicht immer anzutreffen; die Möglichkeit einer Untersuchung ergibt sich oft erst nach zustande gekommener Aufforstung oder nach durchgeführter Maßnahme.

Dennoch lassen sich aus den Ergebnissen des Projektes brauchbare Hinweise und Schlussfolgerungen ableiten.

2.4.1. Die Flächen / Probeflächen

Die 6 Aufforstungsflächen wurden aus Gründen der Merkbarkeit nach ihren Besitzern benannt und werden in dieser Arbeit folgendermaßen bezeichnet

Fläche 1: **Meindl**

Fläche 2: **Helmberger**

Fläche 3: **Dechant**

Fläche 4: **Lechner**

Fläche 5: **Winter**

Fläche 6: **Pöttinger**

Alle Flächen befinden sich in den Randgebieten des Weilhartforstes (Sh. Abb.7). Die Fläche **Lechner** befindet sich in der Nähe von Hochburg und liegt auf einer der Schotterterrassen, deren Boden sehr grobskelettreich ist, und unterscheidet sich damit von den anderen auf Endmoränenwällen gelegenen Flächen, die sich in der Nähe von Tarsdorf befinden.

Auf jeder der 6 Aufforstungsflächen wurden 2 Probeflächen ausgeschieden, eine repräsentative „Lichtfläche“ mit einem Maximum an Sonneneinstrahlung und eine „Schattenfläche“ mit möglichst langer Beschattung durch die anliegenden Altbestände.

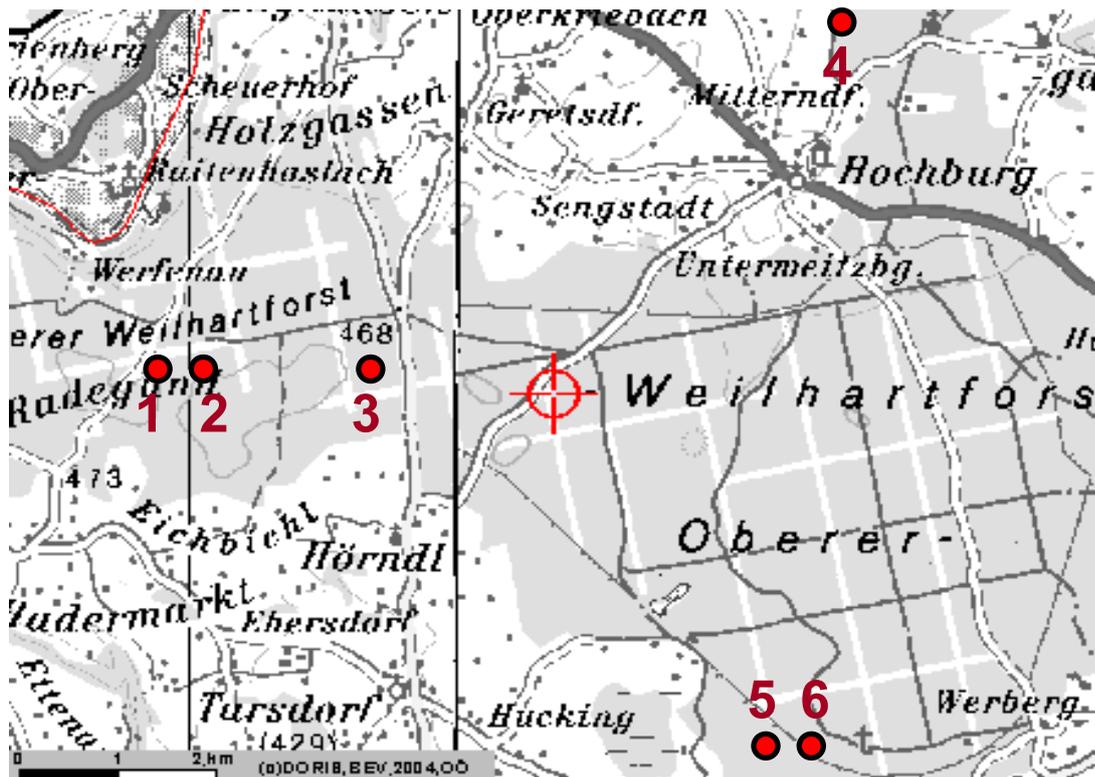


Abb.7: Die Lage der 6 Aufforstungsflächen im Weilhartforst

Da die einzelnen Flächen der Waldbesitzer zum Teil sehr heterogen sind, war es nicht leicht, vergleichbare Teilflächen mit Rücksichtnahme auf die Eichenherkünfte zu finden.

Die Tabelle 2. soll die Unterschiede der Fläche verdeutlichen.

Der flächig sehr starke Brombeerbewuchs der Fläche **Meindl** ist vermutlich auf die starke Nährstoffumsetzung aufgrund der Mulchung zurückzuführen. Da die Brombeeren nicht zurück geschnitten wurden und schließlich eine Höhe von ca. 1 – 1,3 m erreichten, wurde ein beträchtlicher Teil der gepflanzten Hainbuchen überwuchert, was zu einem Absterben der Jungpflanzen führte. Um einer späteren Wasserreiserbildung vorzubeugen, wäre ein Nachbessern mit Hainbuche empfehlenswert.

Die Fläche **Lechner**, die ebenfalls gemulcht wurde, zeigt geringeren Brombeerbewuchs, vermutlich eine Folge des trockenen Standortes der Schotterterrasse.

Die Fläche **Dechant** ist sehr stark mit Brombeeren bewachsen, diese werden aber regelmäßig von ihrem Besitzer zurückgeschnitten.

Auf der Fläche **Helmberger** ist flächige Vergrasung mit Landreitgras zu beobachten. Des Weiteren wurde bei einigen Versuchspflanzen Verbisspuren von Rehwild gefunden, eine Folge der nicht vollständig intakten Wildschutzzäunung um die Fläche.

Die Waldbesitzer **Helmberger** und **Pöttinger** dehnten ihre Pflegemaßnahmen leider auf die mit Pflöcken und Schnüren abgegrenzten Probeflächen aus und so wurden auch Seitenäste etlicher Probebäume geschnitten.

Aufgrund des unregelmäßigen Reliefs und der Lage der Fläche **Winter** zum Altbestand war es sehr schwierig, eine Probefläche „Schatten“ auszuscheiden. Die Wahl fiel hier auf einige Pflanzstreifen, die zwar die zum Vergleich benötigten Herkünfte beinhalteten und auch schattig gelegen waren, es handelte sich jedoch um einen leichten Muldenstandort, dessen dichter Sphagnumbewuchs auf Staunässe schließen lässt.

Fläche	1	2	3	4	5	6
Besitzer	Meindl	Helmberger	Dechant	Lechner	Winter	Pöttinger
Politische Gemeinde	Tarsdorf	Tarsdorf	Tarsdorf	Hochburg	Franking	Geretsberg
Größe des Kahlschlags	0,5 ha	0,4 ha	1 ha	1 ha	1 ha	0,3 ha
geologischer Untergrund	Moräne	Moräne	Moräne	Schotterterrasse	Moräne	Moräne
Pflanzverband	Reihen	Reihen	Nester	Reihen	Reihen	Reihen
Gemulcht	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
Zäunung	Intakt	Rehwild auf der Fläche gesehen	Intakt	Intakt	Intakt	Intakt
Verbiss	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
Eingriff des Besitzers	Nein	2001 wurden Seitenäste geschnitten	Brombeeren wurden regelmäßig geschnitten	Nein	Nein	2001 wurden Seitenäste geschnitten
Besonderheiten der Fläche	Sehr starker Brombeerbewuchs zeigt Auswirkung auf die Hainbuchen	Vergrasung mit Calamagrostis epigeios, Schnitt, Verbiss	Nesterpflanzung	Schotterterrasse	Probefläche "Schatten" liegt in einer Mulde	kleinste Fläche, Schnitt
Anzahl der Probepflanzen Licht / Schatten	14 / 12	15 / 16	16 / 16	14 / 14	14 / 13	16 / 16
Anzahl der Bodenproben pro Fläche Licht / Schatten	3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 2	3 / 3
Anzahl der Blattproben pro Fläche Licht / Schatten	2 / 2	2 / 2	4 / 4	2 / 2	2 / 2	2 / 2

Tab.2: Heterogenität der Flächen

2.4.2. Kennzeichnung

Um die Auffindbarkeit der insgesamt 12 Probeflächen zu verbessern, wurden die ausgewählten Teilflächen mit Pflöcken und Schnüren von der übrigen Aufforstung getrennt.

Die Breite der einzelnen Probeflächen variierte zwischen 4 m und 8 m, die Länge zwischen 10 m und 15 m.

Pro Probefläche „Licht“ und pro Probefläche „Schatten“ wurden zwischen 12 und 16 vital beurteilte Bäume ausgewählt, wobei darauf geachtet wurde, keine Bäume mit abnormen Wachstum zu inkludieren, d.h. somit, dass Vorwüchse und Dürrlinge ausgeschlossen wurden.

Um möglichst repräsentative Aussagen auf Ebene der Herkünfte treffen zu können, wurden möglichst gleich viele Bäume der einzelnen auf den Flächen vertretenen Herkünfte ausgewählt.

Die Probebäume wurden mit Metallplättchen markiert, auf denen ein 4-stelliger Zahlencode eingraviert war.

Die erste Ziffer des Codes steht für die jeweilige Aufforstungsfläche, und ist einem der Waldbesitzer zugeordnet: 1 **Meindl**; 2 **Helmberger**; 3 **Dechant**; 4 **Lechner**; 5 **Winter** und 6 **Pöttinger**.

Die zweite Ziffer steht für die Teilfläche in der sich der Baum befindet:

0 Schattenfläche; 1 Lichtfläche.

Die dritte und vierte Ziffer steht für den Probebaum, der somit eindeutig wieder erkennbar ist.

Zwei Beispiele wären: 3012: Fläche **Dechant**, Schattenfläche, Baum Nr. 12

6107: Fläche **Pöttinger**, Lichtfläche, Baum Nr. 7

Um die einzelnen Bäume leichter wieder aufzufinden, wurde im Feld händisch für jede Fläche eine Lageskizze angefertigt.

Die folgende schematische Grafik soll die Abgrenzung der Probeflächen und die Auswahl der Probebäume am Beispiel **Pöttinger** ein wenig anschaulicher machen.

Die unregelmäßige grüne Fläche zeigt den Altbestand aus der Vogelperspektive. Die Rechtecke zeigen die verpflockten Probeflächen. Die parallelen Linien symbolisieren die Pflanzenreihen der einzelnen Herkünfte, zwei Reihen **Urnenhain**, gefolgt von einer Hainbuchenreihe und zwei Reihen **Gadermaier**. Die kleinen schwarzen Kreise stellen die ausgewählten Probebäume dar und die großen roten Kreise markieren die Aufnahmepunkte für die Bodenproben und die Lichtmessungen.

Die Probefläche „Schatten“ wurde nah am Rand des Altbestandes gewählt, da hier am Nachmittag der geringste Lichtgenuss festzustellen war. Die Lichtfläche hingegen hat sowohl am Vormittag als auch am Nachmittag starke Sonneneinstrahlung.

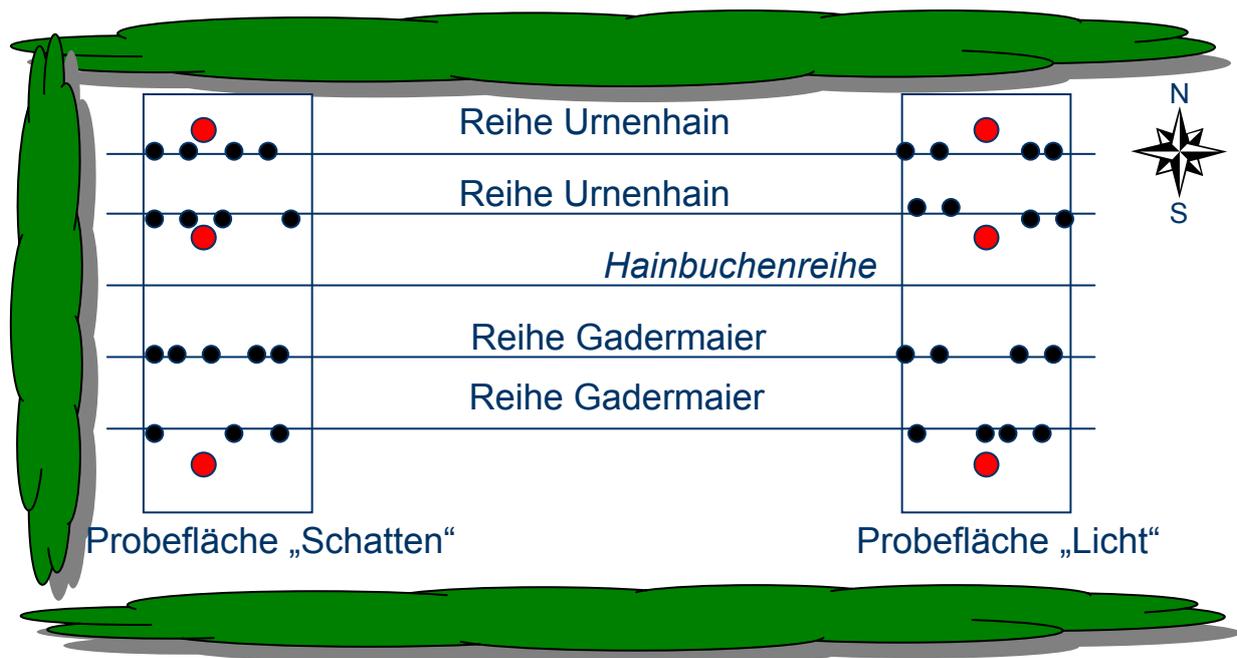


Abb.8: Die Probeflächen der Fläche **Pöttinger**

2.4.3. Pflanzenzahl

Insgesamt wurden 176 Bäume zu Beginn der Messungen ausgewählt.

Ein Baum ist abgestorben, bei 5 Bäumen ist die Markierung abhanden gekommen.

Die 170 übrig gebliebenen Probebäume verteilen sich folgendermaßen:

Herkunft	Gadermaier	Laufen	Landesforstgarten	Urnenhain
Anzahl der Probebäume 2003	44	7	47	72

Tab.3: Verteilung der Probebäume nach Herkunft

Tab.3 und Abb.9 zeigen die stark unterschiedliche Vertretung der Herkunft. Grund dafür ist Entscheidung der Waldbesitzer für bestimmte Herkunft. So wurde die Herkunft Laufen nur auf der Fläche Dechant gepflanzt und ist somit unterrepräsentiert.

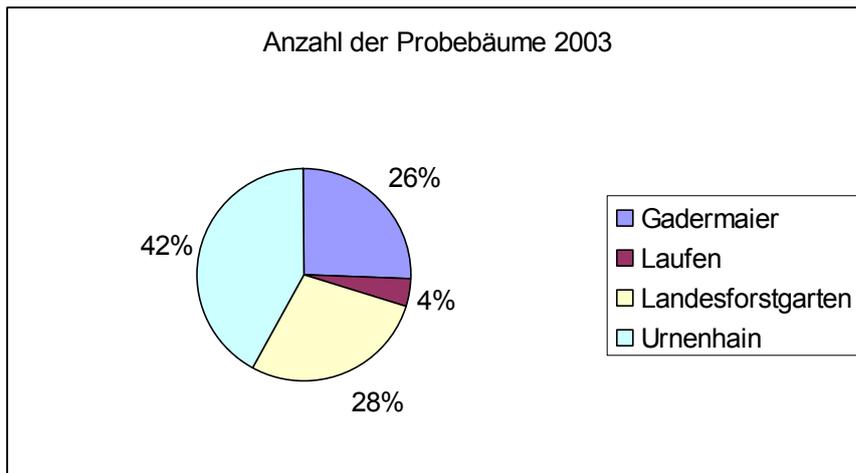


Abb.9: Prozentuelle Verteilung der Probebäume nach Herkünften

Etwa 2 / 3 der Pflanzen befindet sich auf ungemulchten Flächen.

Aufforstungsfläche	Gemulcht	Nicht gemulcht
Anzahl der Probebäume 2003	53	117

Tab.4: Verteilung der Probebäume nach Aufbereitung der Aufforstungsfläche

Die Fläche **Lechner** befindet sich als einzige Fläche auf einer Hochschotterterrasse.

Standort	Moräne	Schotterterrasse
Anzahl der Probebäume 2003	142	28

Tab.5: Verteilung der Probebäume nach der Geologie des Standorts

Der Waldbesitzer **Dechant** ist die einzige, der sich für die Nesterpflanzung als Pflanzverband entschieden hat.

Pflanzverband	Reihen	Nester
Anzahl der Probebäume 2003	140	30

Tab.6: Verteilung der Probebäume nach Pflanzverband

2.5. Datenaufnahme und Probenahme

2.5.1. Messungen an den Probebäumen

2.5.1.1. Zuwachsmessungen

Es wurden in den Jahren 2000, 2001, 2002 und 2003 Messungen an allen markierten Probebäumen vorgenommen.

Höhenmessungen

Die Höhe wurde vom Wurzelhals bis zur Terminaltriebknospe auf cm genau gemessen. In den ersten 2 Jahren mittels eines Maßbandes, im Jahr 2002 und 2003 mit einer skalierten Messlatte.

Triebblängenmessungen

Es wurden in den Jahren 2000, 2001 und 2002 die Längen des Terminaltriebes mit einem Maßband auf cm genau gemessen.

Ebenso wurden die Seitentriebe a, b, c und d gemessen, das sind die nach dem Terminaltrieb oberst gelegenen Triebe.

Besondere Schwierigkeit dabei war die genaue Abgrenzung des Jahreszuwachses, da die Triebe der einzelnen Bäume stark unterschiedliche Wüchsigkeit aufwiesen und die Stieleiche gelegentlich Johannistriebe ausbildet. Das sind Triebe, die aufgrund der Witterungseinflüsse nicht erst im darauf folgenden Jahr austreiben, sondern schon im selben Jahr in einem zweiten Wachstumsschub entwickelt werden.

Die Bildung von Johannistrieben tritt bevorzugt bei frei stehenden und sonnenexponierten Bäumen auf (CHAAR et al 1997, GRUBER und HÜPFER 1999, ROLOFF 2001, in VOSS 2005), bei sehr starker Strahlung bis zu 3 Triebe pro Vegetationsperiode.

Der Übergang von Ersttrieb des jeweiligen Jahres zum Johannistrieb lässt sich am Narbengewebe, das der Ersttrieb nach Abschluss des Wachstums an der Triebbasis bildet, erkennen. Da der Johannistrieb beträchtliche Länge erreichen kann, spielt er eine entscheidende Rolle für das jährliche Längenwachstum.

Die Triebblängenmessungen wurden nach den Messungen von 2002 eingestellt, da viele Bäume schon eine beträchtliche Höhe erreicht hatten und somit eine aussagekräftige Messung nicht mehr möglich war.

Durchmesserzuwachs

Um Aussagen über das Dickenwachstum treffen zu können, wurde bei allen Probestämmen in den Jahren 2000 – 2003 der Wurzelhalsdurchmesser (wird in weiterer Folge als WHD bezeichnet) gemessen.

Das verwendete Messgerät war eine Schublehre mit Noniuskala, mit der auf mm genau gemessen wurde. Der Wurzelhals befindet sich über dem Erdniveau – dort, wo die Wurzel in den Spross übergeht.

2.5.1.2. Wuchsform

Die Bewertung der Wuchsform war neben der Aussage über das Pflanzenwachstum ein wesentliches Kriterium für weitere Empfehlungen, die aus dem Projekt hervorgehen sollten, da der Betriebserfolg bei der Eichenwertholzproduktion entscheidend vom Anteil der gut ausgeformten Pflanzen abhängt.

Da von den Kleinwaldbesitzern im Allgemeinen keine stark ausgeprägte Bereitschaft zur intensiven Pflege im Kulturstadium erwartet wird, ist die zu erwartende Pflegeintensität der Eichenkulturen daher ein wichtiger Faktor.

Die Wuchsform wurde sinnvoller Weise nur einmal gegen Ende der Untersuchungen im Oktober 2003 aufgenommen.

Die Kronen- und Stammform wurde nach einem Schema von GOCKEL (1994) beurteilt. Dabei wurden die Kronen der Probestämme okular begutachtet und einem der 6 Kronentypen zugeordnet. Das Beurteilungskriterium des Kronentyps beruht auf der Art der Kronenverzweigung und der zu erwartenden Wuchstendenz.

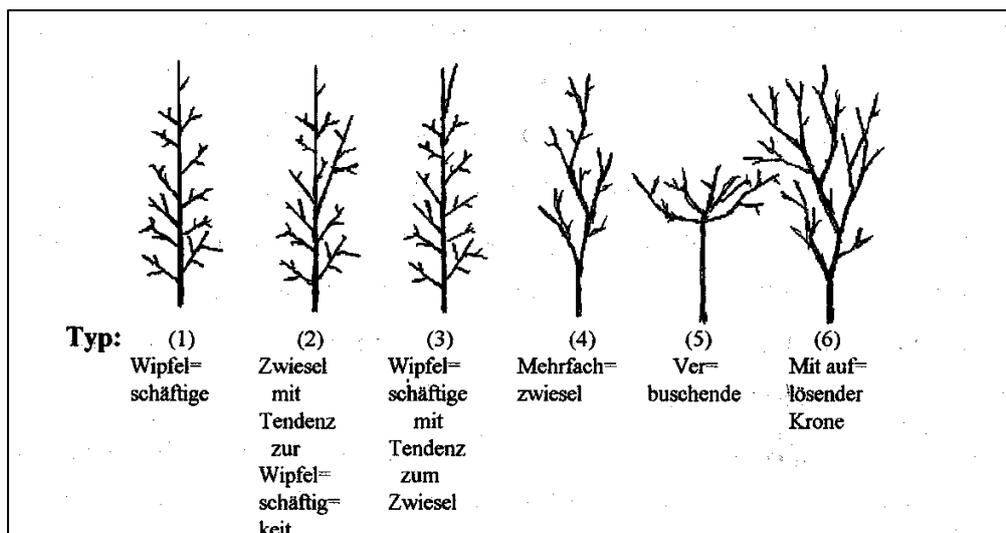


Abb.10: Kronentypen nach GOCKEL (1994)

Ebenso wurde die Stammform okular beurteilt und einem Stammformtyp zugewiesen. Die durch Frühfröste entstehende Stammform 3b wurde mit der Stammform 3a aus Gründen der besseren Beurteilbarkeit zusammengefasst.

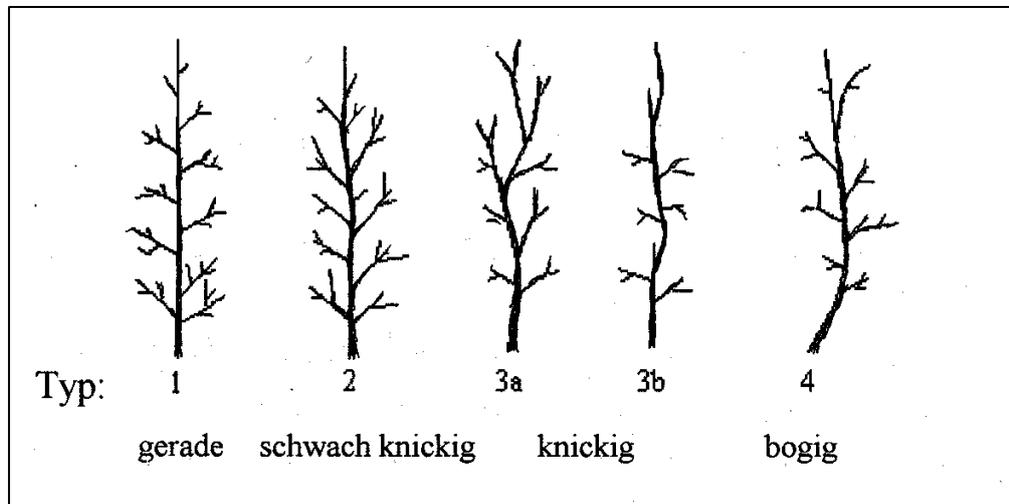


Abb.11: Stammformen nach GOCKEL (1994)

Nach getrennter Aufnahme der beiden Faktoren Kronentyp und Stammform wurden diese zu dem Kriterium „Wuchsform“ zusammengefasst. Dabei wurde das arithmetische Mittel beider Werte verwendet. Je niedriger der Wert umso besser ist die Wuchsform.

2.5.2. Probenahme bezüglich der Ernährung

2.5.2.1. Vegetation und Auflagehumus

Auf jeder der 12 Probeflächen wurden 3 **Aufnahmepunkte** gewählt, die gleichmäßig über der Fläche verteilt lagen. Eine Ausnahme bildet hier die Fläche **Winter Schatten**, auf der - ihrer relativ geringen Größe wegen - nur 2 Aufnahmepunkte eingerichtet wurden (Insgesamt also 35 Aufnahmepunkte).

Die Vorgehensweise bei jedem Aufnahmepunkt war folgendermaßen:

Zuerst wurde ein mit 30 x 30 cm genormter Aufnahmerahmen aus Metall in die Richtung geworfen, in der der Aufnahmepunkt ungefähr liegen sollte. Dies wurde deshalb gemacht, um subjektiv beeinflusste Präferenzen bei der Standortwahl auszuschließen.

Der Aufnahmerahmen, der auf der unteren Innenseite eine scharfe Kante hatte, wurde tief in den Boden gedrückt, um die Untersuchungsfläche klar abzugrenzen. Danach wurde mit einem Messer an der Innenseite des Metallrahmens entlang geschnitten, um Vegetation, die unter dem Metallrahmen lag, klar von der 30 x 30 cm Fläche abzugrenzen.

Daraufhin wurde die Vegetation der definierten Fläche eingesammelt, in Plastiksäcken eingepackt und nach dem Inhalt, Probefläche und Aufnahmepunkt beschriftet.

z.B.: Veg. 2 S 1: Vegetation der Probefläche „**Helmberger Schatten**“, Aufnahmepunkt 1

Danach wurde die gesamte Streuauflage (L-, F-, und H-Horizont; Lagen, die nach dem Zersetzungsstadium der toten organischen Substanz unterschieden werden) der 30 x 30 cm Fläche bis zum Mineralboden händisch abgetragen und ebenso verpackt und beschriftet.

z.B.: Streu 4 L 3: Auflagehumus der Probefläche „**Lechner Licht**“, Aufnahmepunkt 3

Um Austrocknen und Pilzbefall zu verhindern, wurden Vegetation und Auflagehumus nach den Aufnahmearbeiten schnellstmöglich in eine Kühlkammer gebracht, wo sie bis zur Weiterverarbeitung im Labor gelagert wurden.

2.5.2.2. Bodenproben

Direkt nach dem Entfernen des Auflagehumus wurde auf jedem Aufnahmepunkt ein Bodenprofil geworben. Dabei wurde ein hohler Kernbohrer auf den Mineralboden aufgesetzt und mit einem Vorschlaghammer (mit Hartplastikkopf) tief in den Boden hineingeschlagen. Um den Bohrer wieder aus dem Loch zu bekommen, wurde eine Metallstange durch Löcher unterhalb des Bohrerkopfs geschoben und der Bohrer langsam herausgedreht.

Im Idealfall sollte dadurch das Profil bis zum Bohrerende erhalten bleiben. Es ließ sich jedoch bei skelettreichen und/oder wenig bindigen Böden nicht verhindern, dass der Bohrkern manchmal weiter im Inneren abriss und ein Teilstück in der Erde verblieb. War das verbleibende Profil für die Untersuchungszwecke ungeeignet, weil es zu kurz war, musste ein weiteres Profil in direkter Nähe erworben werden.

Sobald der Bohrer aus dem Loch war, wurde der Bohrerkopf abgenommen und das Bodenprofil mit einer Plastikstange, die dem Durchmesser des Bohrers entspricht, aus dem Bohrer herausgedrückt, und zwar vom unteren Ende aus.

Um ein Zerfallen des Profils zu verhindern, wurde es direkt aus dem Bohrer in eine spezielle Styroporhülle für Bodenproben geschoben.

Diese wurde mit Klebeband versiegelt und wie bei den Auflageproben in ein Kühlhaus gebracht, um Austrocknen und Verpilzung der Probe bis zur Aufarbeitung zu verhindern. Auch hier war die Beschriftung enorm wichtig, da eine spätere Zuordnung beinahe unmöglich ist.

z.B.: 6 L 2 : Profil der Probefläche „**Pöttinger Licht**“, Aufnahmepunkt 2

Bei DRAHORD (1923) finden sich zahlreiche Hinweise auf die korrekte Entnahme einer Bodenprobe. Unter anderem bemerkt er, wie wichtig ein ausreichend großer Durchmesser des Bohrers ist. Bei zu kleinen Durchmessern würden das Profil beim Einschlagen des Bohrers gestaucht und dabei das Porenvolumen verändert werden.

Direkt neben der erworbenen Vegetations-, Auflagehumus- und Bodenprobe wurde ein roter Pflock in den Boden geschlagen, um das Auffinden des Aufnahmepunktes jederzeit zu ermöglichen, was vor allem dann wichtig ist, wenn fragliche Ergebnisse zustande kommen, deren Überprüfung dringend notwendig ist.

2.5.2.3. Blattproben

Um Rückschlüsse auf die Ernährung der Probepflanzen zu bekommen, wurden Ende August 2001 Blattproben von den einzelnen Herkünften der Probeflächen genommen.

Es wurde in etwa 100 Gramm Blattgewicht von jeder Herkunft auf jeder der 12 Probeflächen entnommen.

Um die Unterschiede von Licht- und Schattenblättern zu berücksichtigen, wurden alle Blattproben aus dem oberen Teil der Krone entnommen und waren somit Lichtblätter. Im Besonderen wurde darauf geachtet, das Blattmaterial von mehreren Bäumen jeder Herkunft zu beziehen, um die Stichprobe nicht durch Außergewöhnlichkeiten einzelner Bäume zu beeinträchtigen.

Die Blätter wurden wieder in Plastiksäcken verpackt und beschriftet:

z.B.: Blätter 3 L UH: Blätter der Probefläche „**Dechant Licht**“ der Herkunft **Urnenhain**.

2.5.3. Messungen bezüglich der Lichtökologie

Hemiviewaufnahmen

Auf jeder Probefläche wurden 3 Hemiviewaufnahmen gemacht, jeweils über den 3 roten Aufnahmepflöcken der Bodenproben.

Diese Fotos dienen dazu, die Sonneneinstrahlung über den Aufnahmestellen zu ermitteln.

Verwendet wurde eine Spiegelreflexkamera (Nikon F 801), deren Fischaugenobjektiv (Firma Sigma mit Polarprojektion) hemisphärische Aufnahmen ermöglichen.

Da das Objektiv einen Blickwinkel von 180° hat, wird die obere Halbkugel (Hemisphäre) abgebildet.

Um die gemachten Fotos später auswerten zu können, muss die obere Kante der Kamera, welche sich an einem Metallrahmen hängend auf einem Stativ befindet, exakt nach Norden zeigen.

Der Rahmen selbst muss mittels Gewichten und Libellen exakt waagrecht ausgerichtet sein, damit die Filmebene Richtung Zenit weist.

Besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, die Kamera oberhalb der umgebenden Jungeichen zu positionieren, um eine spätere Auswertung der lokalen Gegebenheiten nicht durch aufgenommene Jungpflanzen zu verfälschen.

Bei gelungener Aufnahme werden der Himmel und der Altbestand rund um den Aufnahmepunkt dargestellt.

Um eine direkte Sonneneinstrahlung während der Aufnahme zu vermeiden, wurde in der Morgen- oder Abenddämmerung gearbeitet.

Für die Aufnahmen wurde generell ein Schwarz-Weiß-Film mit einer Lichtempfindlichkeit von 400 ASA verwendet, wobei die Kamera auf 800 ASA eingestellt war, um später bei der Entwicklung einen höheren Kontrast zu erzielen.

Sobald die Fotos entwickelt und eingescannt waren, wurden sie mit Hilfe des Computerprogramms „Hemiview“ der Firma Delta-T Devices Ltd. bearbeitet.

Jeder Pixel bekommt den Wert „Loch“ (Lichteinfall, Gap, Weiß) oder „Bedeckung“ (Ast, Cover, Schwarz) zugeordnet.

Das Programm teilt das kreisrunde Bild in Sektoren ein und legt Sonnenbahnen darüber, die beurteilen lassen, ob und in welchen Monaten es zu direktem Lichteinfall kommt.

Weiters lässt sich der Anteil der direkten und indirekten Strahlung auf dem Aufnahmepunkt berechnen.

Für weitere Details zu den Hemiviewaufnahmen, deren Auswertungen und Ergebnissen möchte ich auf die Diplomarbeit meiner Kollegin Martina SCHULLER (2004) verweisen, da diese parallel durchgeführte Diplomarbeit sich im Speziellen mit der Lichtökologie der Stieleiche befasst.

2.6. Probeaufbereitung und Laborarbeiten

2.6.1. Laborarbeiten Vegetation

Die frischen Vegetationsproben wurden gewogen, im Ofen bei 105 °C getrocknet und erneut gewogen. Danach wurden sie vermahlen und im Labor des Institutes für Waldökologie auf die Mineralstoffgehalte an Aluminium (Al), Kalzium (Ca), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Kalium (K), Magnesium (Mg), Mangan (Mn), Natrium (Na), Phosphor (P), Schwefel (S), Zink (Zn), Stickstoff (N) und Kohlenstoff (C) untersucht.

Die verwendeten Analyseverfahren für das organische Material der Konkurrenzvegetation, waren folgende:

- C- Bestimmung mittels Wösthoff-Carmhomat
- N- Bestimmung nach Kjeldahl
- S- Bestimmung mittels Leco-Analysator
- Gesamtaufschluss im Salpetersäure / Perchlorsäuregemisch: Analyse von P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Al, Mn, Cu, Zn mittels AAS- Flammentchnik

2.6.2. Laborarbeiten Auflagehumus

Die frischen Humusproben wurden nach totem organischen Material, Wurzeln und Steinen getrennt gewogen. Der organische Teil wurde im Ofen bei 105 °C getrocknet und erneut gewogen. Danach wurden sie vermahlen und vom Labor auf Mineralstoffgehalte an Aluminium (Al), Kalzium (Ca), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Kalium (K), Magnesium (Mg), Mangan (Mn), Natrium (Na), Phosphor (P), Schwefel (S), Zink (Zn), Stickstoff (N) und Kohlenstoff (C) untersucht.

Die verwendeten Analyseverfahren für das organische Material des Auflagehumus waren die gleichen wie bei der Untersuchung der Bodenvegetation (sh. 2.6.1.)

2.6.3. Laborarbeiten Bodenproben

Bei den Bodenprofilen wurden Mischproben gemacht. Dabei wurden die 3 Einzelprofile einer Probefläche nach geometrischen Horizonten getrennt.

Die Horizonte erstreckten sich von

1. 0 (Bodenniveau) - 5 cm
2. 5 cm - 10 cm
3. 10 cm - 20 cm
4. 20 cm - 30 cm
5. 30 cm – Rest

Die drei Horizonte gleicher Tiefe wurden miteinander gemischt und mit einem 2 mm Metallsieb gesiebt. Dadurch entstand pro Probefläche für jeden geometrischen Horizont eine Mischprobe.

Bei jeder der 5 Mischproben der einzelnen Probeflächen wurden Steine und Wurzeln entnommen und gewogen, wobei die Wurzeln vor dem Wiegen getrocknet wurden und die Steine gewaschen und getrocknet wurden.

DRAHORAD (1923) empfiehlt die Entfernung der Wurzeln, da sie stark wasserhaltig sind und dadurch den Wassergehalt und das Porenvolumen verfälschen können. Ebenso ist für eine korrekte Bestimmung des Porenvolumens die Entfernung der Steine nötig.

Der frische Boden wurde gewogen, danach wurde ein Papiersäckchen mit 20g einer Teilprobe befüllt und im Ofen bei 105 °C (otro) getrocknet, um den Umrechnungsfaktor für ofentrockene Proben zu ermitteln.

Weiters wurde ein Becher der Bodenprobe gewogen, luftgetrocknet (lutro) und wieder gewogen - das Verhältnis „Lufttrocken / Frisch“ ist für die spätere Berechnung der Nährstoffwerte von Bedeutung.

Mit diesen luftgetrockneten Bodenproben wurden die weiteren Nährstoffanalysen durchgeführt.

In den Proben wurden die Gehalte an Aluminium (Al), Kalzium (Ca), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Kalium (K), Magnesium (Mg), Mangan (Mn), Natrium (Na), Phosphor (P), Schwefel (S), Zink (Zn), Stickstoff (N) und Kohlenstoff (C) nach den unten beschriebenen Analyse- bzw. Extraktionsmethoden untersucht.

Mit einem Teil der restlichen frischen Bodenprobe wurde der pH- Wert auf zwei verschiedene Arten bestimmt.

Eine Messung erfolgte in einer Suspension aus Boden und destilliertem Wasser, die andere Messung in einer Suspension aus Boden und 0,01m Kalziumchloridlösung.

Folgende Analyseverfahren wurden beim Mineralboden angewandt:

- C- Bestimmung mittels Wösthoff-Carmhomat
- N- Bestimmung nach Kjeldahl
- S- Bestimmung mittels Leco-Analysator
- BaCl- Extrakt zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren K, Ca, Mg, Na, Mn, Al, Fe
- Salpetersäure- bzw. Königswasseraufschluss zur Bestimmung des langfristig durch chemische und physikalische Verwitterung freisetzbaren P, K, Ca, Mg, Fe, Al, Cu, Mn, Zn

Porenvolumen, Feinbodenanteil und Grobskelettanteil wurden nicht durch Pyknometrierung bestimmt, sondern nach einem Standardverfahren mit einer Feststoffdichte von $2,65 \text{ g/cm}^3$ berechnet.

2005 erfolgten eine Gesamtmineralanalyse, eine Tonmineralanalyse und eine Korngrößenanalyse mittels Röntgendiffraktometrie – verwendet wurde der Philips Röntgendiffraktometer PW 1710 mit Bragg Brentano Geometrie.

Die Untersuchungen erfolgten an den lufttrockenen Bodenproben der Mischprofile des geometrischen Horizontes von 20 - 30cm.

2.6.4. Laborarbeiten Blattproben

Die Blätter wurden gewogen, im Ofen getrocknet und vermahlen. Auch hier wurden die einzelnen Proben vom Labor auf die Nährstoffe und Spurenelemente Aluminium (Al), Kalzium (Ca), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Kalium (K), Magnesium (Mg), Mangan (Mn), Natrium (Na), Phosphor (P) Schwefel (S), Zink (Zn), Stickstoff (N) und Kohlenstoff (C) untersucht. Die verwendeten Analyseverfahren für Blattproben waren die gleichen wie bei der Untersuchung der Bodenvegetation (sh. 2.6.1.)

2.7. Endauswertung der Daten

2.7.1. Auswertung der Zuwachsmessungen

Die Ergebnisse der Durchmesser- und Längenmessungen wurden jährlich in den Computerprogrammen EXCEL und ACCESS abgespeichert und weiterverarbeitet.

Teilweise wurde das Statistikprogramm SPSS für weitergehende Datenanalyse verwendet.

Die Höhen, die Triebblängen a, b, c, d und die Wurzelhalsdurchmesser (WHD) der Probebäume wurden nach den Aufnahmejahren 2000 - 2003 aufgelistet. Weiters wurden die jährlichen Zuwächse für Höhe und WHD berechnet.

Aufgrund der großen Datenmenge wurden Mittelwerte gebildet, um den Informationswert der Daten zu steigern.

Folgende Mittelwerte wurden errechnet:

- Die Parameter Höhe, Trieblänge, WHD und Zuwächse wurden für jedes Aufnahmejahr nach **Flächen** gemittelt
(z.B.: Mittlere Baumhöhe der Probefläche „**Pöttinger**“ im Jahr 2002)
- Die Parameter Höhe, Trieblänge, WHD und Zuwächse wurden für jedes Aufnahmejahr nach **Probeflächen** gemittelt
(z.B.: Mittlere Baumhöhe der Probefläche „**Pöttinger Licht**“ im Jahr 2002)
- Die Parameter Höhe, Trieblänge, WHD und Zuwächse wurden für jedes Aufnahmejahr nach **Herkünften** gemittelt
(z.B.: Mittlere Baumhöhe der Herkunft „**Urnenhain**“ im Jahr 2002)
- Die Parameter Höhe, Trieblänge, WHD und Zuwächse wurden für jedes Aufnahmejahr nach **Herkünften** für die **Licht- und Schattenflächen** getrennt gemittelt
(z.B.: Mittlere Baumhöhe der Herkunft „**Urnenhain**“ auf den „**Lichtflächen**“ 2002)
- Die Parameter Höhe, Trieblänge, WHD und Zuwächse wurden für jedes Aufnahmejahr nach **Herkünften** für die **Flächen** getrennt gemittelt
(z.B.: Mittlere Baumhöhe der Herkunft „**Urnenhain**“ auf der Fläche „**Pöttinger**“ 2002)
- Die Parameter Höhe, Trieblänge, WHD und Zuwächse wurden für jedes Aufnahmejahr nach **Herkünften** für die **Probeflächen** getrennt gemittelt
(z.B.: Mittlere Baumhöhe der Herkunft „**Urnenhain**“ auf der Probefläche „**Pöttinger Licht**“ 2001)

Um die Anschaulichkeit der berechneten Daten weiter zu steigern, wurden im Programm EXCEL Grafiken erstellt.

2.7.2. Auswertungen der Wuchsform

Die Daten der Kronentypen- und Stammformaufnahmen wurden ebenso in die Programme EXCEL und ACCESS übertragen und weiterbearbeitet.

Zuerst wurde die Wuchsform aus dem arithmetischen Mittel der beiden Parameter für jeden Baum berechnet.

Danach wurden folgende Mittelwerte gebildet:

- Mittlere Wuchsform je Herkunft
- Mittlere Wuchsform je Fläche
- Mittlere Wuchsform je Herkunft und Fläche

Um ein Ranking der Mittelwerte anschaulicher zu machen, wurden wieder Grafiken in EXCEL erstellt.

2.7.3. Auswertungen der Nährstoffanalysen

2.7.3.1. Blattspiegelwerte

Die Ergebnisse der Blattanalysen wurden im Programm EXCEL weiterbearbeitet.

Um eine Aussage über den Ernährungszustand der Eichen treffen zu können, wurden Grenzwerte der Blattspiegelwerte von BERGMANN, W(1986), HARTMANN(1988) und FLÜCKIGER (1987) für die wichtigsten Nährstoffe herangezogen.

Weitere Vergleichswerte (von ELLENBERG et al, PERTLIK, HORAK in PERTLIK, GLATZEL et al in BERGER, FIEDLER et al in BERGER, BLINKEY und BERGER) finden sich in SCHOPFHAUSER (1992)

Die von den Autoren angegebenen Nährstoffgehalte, ab denen Mangelerscheinungen auftreten können, sind sehr unterschiedlich.

	N mg/g	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mg mg/g	Mn µg/g
Bergmann von	20,0	1,5	10,0	3,0	1,5	35,0
Bergmann bis	30,0	3,0	15,0	15,0	3,0	150,0
Bergmann Mitte	25,0	2,3	12,5	9,0	2,3	92,5
Hartmann Mangel	16,0	0,6	4,0		0,7	41,0
Flückiger unterversorgt	16,0	1,2	8,0	2,4	1,2	28,0
Flückiger Mangel	12,0	0,9	6,0	1,8	0,9	21,0

Tab.7: Angaben zur Nährstoffversorgung von BERGMANN (1986) , HARTMANN (1988), FLÜCKIGER (1987)

Die untere Versorgungsgrenze nach BERGMANN diene – da sie höhere Werte ansetzt als andere Literaturangaben – als Richtlinie für die geforderte Mindestversorgung der Eichen. Der in den Blättern gefundene Gehalt der 6 Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Kalzium (Ca), Magnesium (Mg) und Mangan (Mn) wurden mit den von BERGMANN angegebenen Werten in ein Verhältnis gesetzt und in dieser Form in einem Nährstoffversorgungs- Polygon („Netzdiagramm“) dargestellt.

Der relative Nährstoffgehalt wurde nach der folgenden Formel transformiert:

Nährstoff „Blatt“ / Nährstoff „Bergmann VON“ *100

Die gemessenen Werte drücken sich in also in Prozent der von Bergmann angegebenen Werte aus.

Bsp.: N – Wert für „Bergmann VON“ ist 20mg/g

N – Wert für Herkunft „**Urnenhain**“ auf der Probefläche „**Meindl Licht**“ beträgt

34,642mg/g

$34,642 / 20 * 100 = 173,21 \%$

Um die Ergebnisse anschaulicher zu machen, wurden die Nährstoffe in Netzdiagrammen abgebildet.

Folgende Diagramme wurden erstellt:

- Die 6 Nährstoffe für jede Herkunft in Abhängigkeit von den Flächen
- Die 6 Nährstoffe für jede Herkunft in Abhängigkeit von den Gruppen Licht / Schatten

2.7.3.2. Auflage und Konkurrenzvegetation

Da jeweils drei Proben pro Probefläche genommen wurden, erfolgte eine Mittelwertberechnung der Nährstoffe der einzelnen Proben. Danach wurden die Mittelwerte der 30 x 30 cm großen Flächen auf ganze m² hochgerechnet und in g/m² bzw. mg/m² ausgedrückt.

Weiters erfolgte eine Gesamtberechnung der Vorräte in kg/ha.

Sowohl für Auflage als auch für Konkurrenzvegetation wurden die Kohlenstoff-Stickstoffverhältnisse (C / N) berechnet.

2.7.3.3. Bodenproben

Die Laboranalyse lieferten folgende Ergebnisse für Nährstoffe im Mineralboden:

- Die Nährstoffgehalte im Barium-Chlorid Extrakt
- Die absoluten Nährstoffgehalte nach dem Säureaufschluß

Um den ausschlaggebenden Nährstoffgehalt einer ofentrockenen Probe zu bekommen, müssen mehrere Rechenschritte vollzogen werden.

Zuerst wird der Umrechnungsfaktor für den Wert einer frischen Probe ermittelt.

Dieser ergibt sich aus dem Verhältnis des luftgetrockneten Bodens – der für die Analysen verwendet wurde - zum frischen Boden.

Wurde dieser Schritt vollzogen, wird der frische Boden auf ofentrockenen Boden umgerechnet.

Der Umrechnungsfaktor folgt aus dem Gewichtsverlust des im Ofen getrockneten Säckchens mit 20g Frischerde.

Folgende Berechnungen wurden für alle Bodenhorizonte und Probeflächen durchgeführt:

- Der Nährstoffgehalt der ofentrockenen Bodenprobe wurde berechnet
- Das Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis (C / N) wurde berechnet
- Die pH-Werte wurden für jede Probefläche gemittelt
- Die gesamte Feinbodenmasse jedes Bodenhorizontes wurde
 - auf Trockenmasse umgerechnet
 - auf $\text{g} / \text{m}^2 * \text{cm}$ umgerechnet
- Die gesamte Grobbodenmasse jedes Bodenhorizontes wurde auf $\text{g} / \text{m}^2 * \text{cm}$ umgerechnet
- Die gesamte Wurzeltrockenmasse jedes Bodenhorizontes wurde auf $\text{g} / \text{m}^2 * \text{cm}$ umgerechnet
- Der Anteil an Feinboden (FB %), Grobboden (GB %) und Porenvolumen (P - Vol. %) wurde berechnet
- Die Gehalte in „mg/g“ für die Stoffe Kalium (K), Kalzium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Aluminium (Al), Mangan (Mn) und Eisen (Fe) wurden in Vorräte in „g / $\text{m}^2 * \text{cm}$ “ und Gehalte in „mmol / 100g“ umgerechnet
- Die Kationen- Austausch- Kapazität (in weiter Folge als KAK bezeichnet) wurde berechnet, indem die „mmol / 100g“ – Angaben für die Kationen Kalium (K), Kalzium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Aluminium (Al), Mangan (Mn) und Eisen (Fe) aufsummiert wurden
- Der S-Wert wurde berechnet, indem die „mmol / 100g“ –Angaben für die basischen Kationen Kalium (K), Kalzium (Ca), Magnesium (Mg) und Natrium (Na) aufsummiert wurden

- Die Basensättigung (in weiterer Folge BS %) wurde berechnet, indem der S-Wert durch die KAK dividiert und mit 100 multipliziert wurde
- Der prozentuelle Anteil der Stoffe Kalium (K), Kalzium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Aluminium (Al), Mangan (Mn) und Eisen (Fe) an der KAK wurde ebenfalls berechnet.
- Der „mg/g“- Gehalt der Stoffe Kalium (K), Kalzium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Aluminium (Al), Mangan (Mn) und Eisen (Fe) wurde für jede Probefläche bis in 30 cm Bodentiefe gemittelt
- Der „g / m² * cm“ - Gehalt der Stoffe Kalium (K), Kalzium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Aluminium (Al), Mangan (Mn) und Eisen (Fe) wurde für jede Probefläche bis in 30 cm Bodentiefe aufsummiert

Um die Daten anschaulicher zu gestalten, wurden Diagramme erstellt, die die Tiefenverläufe

- der Nährstoffe
- des pH- Wertes
- der KAK
- der Verteilung von Porenvolumen, Feinboden und Grobskelett auf den Flächen darstellen.

3. Ergebnisse und Diskussion

Ziel der Arbeit war es, eine Empfehlung über die Eignung der Herkünfte abgeben zu können und limitierende Faktoren auf den Flächen aufzuzeigen. Zu diesem Zweck wurden zuerst die berechneten Mittelwerte miteinander verglichen, um festzustellen, welche Pflanzen bei möglichst geringem Licht die höchsten, stärksten und bestgeformten waren.

In einem weiteren Schritt wurde versucht, die Ursachen für diese Ergebnisse zu finden.

Die in den folgenden Kapiteln angeführten Mittelwerte sind im Detail im Anhang zu finden (Sh. Descriptive Statistik)

3.1. Entwicklung des Höhenwachstums

3.1.1. Vergleich des Höhenwachstums auf den Probeflächen

Bei einem Ranking auf den Flächen nach der Endhöhe im Jahr 2003 weist eindeutig die Fläche **Pöttinger** mit einer durchschnittlichen Probebaumhöhe von über 3,5 m die größten Höhen auf.

Den 2. Platz erringt die geografisch am nächsten gelegene Fläche **Winter** mit über 2,7 m.

Die Fläche mit der geringsten durchschnittlichen Höhe der Probebäume 2003 ist die Fläche **Lechner** mit fast 2,3m. Der Höhenunterschied der Probebäume auf der Fläche **Pöttinger** zu denen auf der Fläche **Winter** ist somit wesentlich größer als der Höhenunterschied der Probebäume auf der Fläche **Winter** zu denen auf der Fläche **Lechner**.

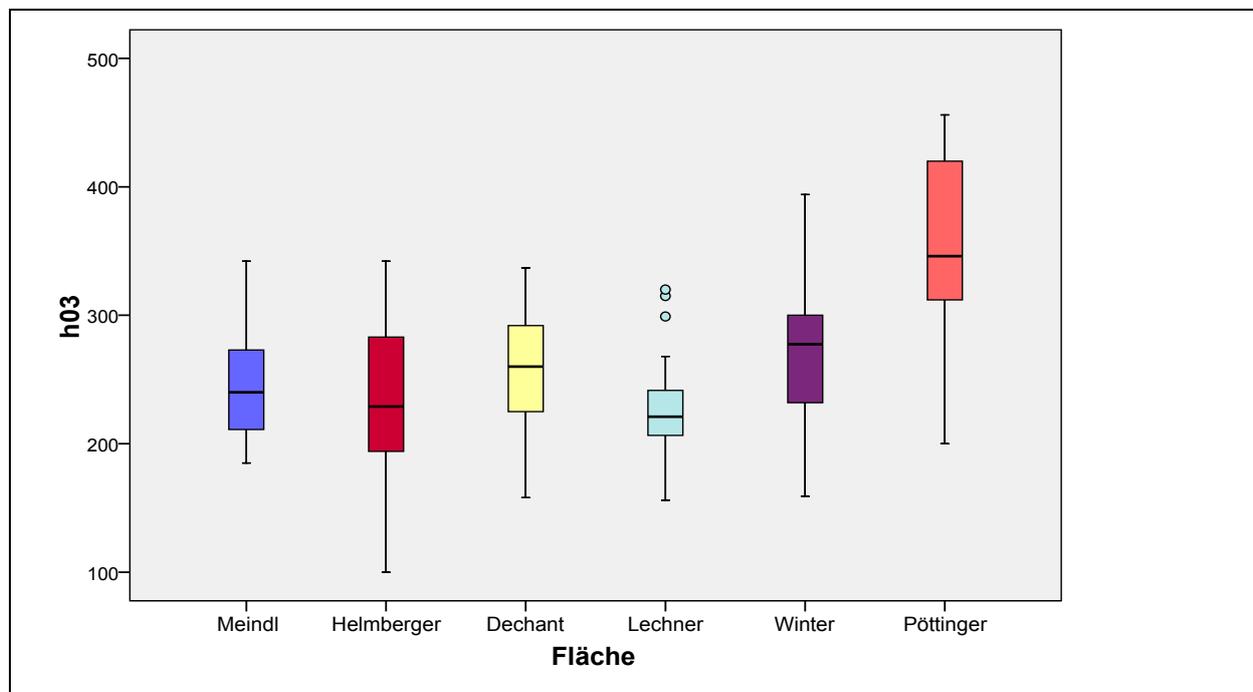


Abb.12: Ein Vergleich der Versuchspflanzen über alle Flächen nach der 2003 gemessenen mittleren Endhöhe. **Die Balken reichen von der 25.Perzentille bis zur 75.Perzentille, die dunklen Trennstriche stellen jeweils den Median dar**

Ein Vergleich der Höhenentwicklung zeigt diesen Trend schon seit Beginn der Messungen im Jahr 2000. Sowohl auf der Probefläche **Pöttinger Licht** als auch auf der Probefläche **Pöttinger Schatten** sind die Pflanzen um ca. ½ m höher als auf den meisten anderen Flächen.

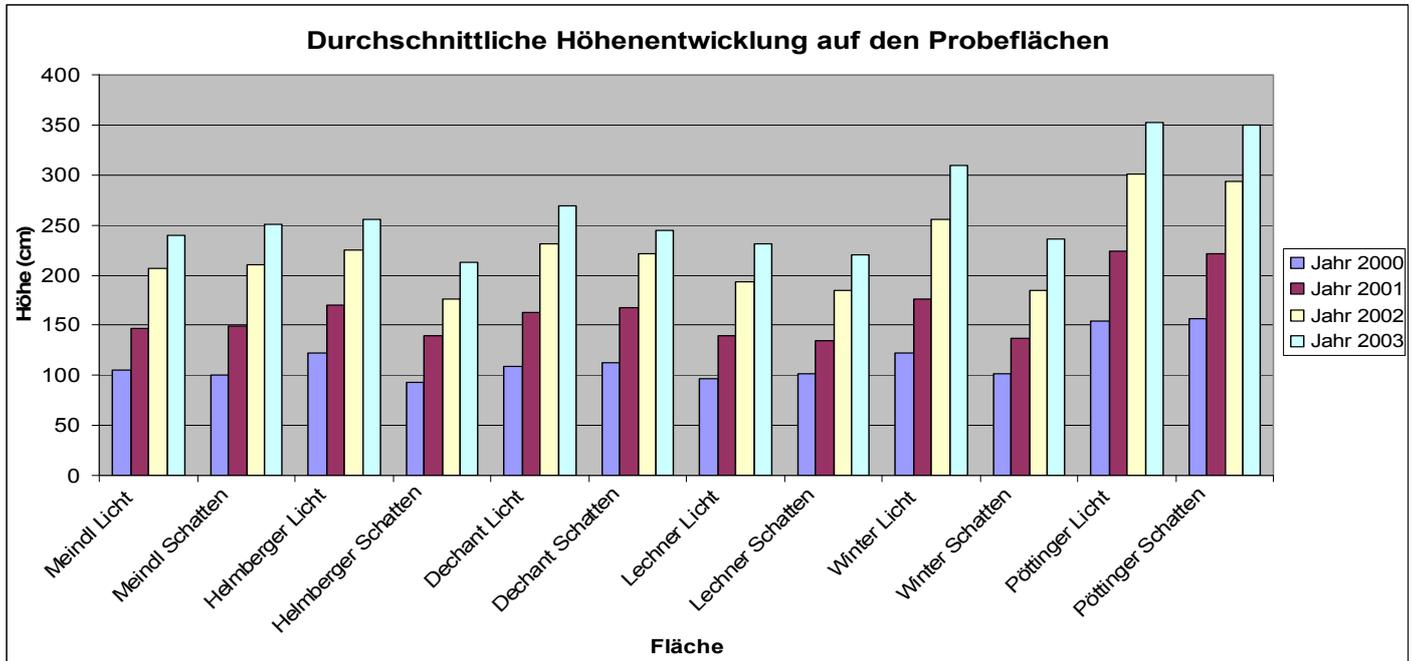


Abb.13: Durchschnittliche Höhenentwicklung auf den Probeflächen für die Jahre 2000– 2003
Die berechneten Höhenzuwächse der Jahre 2001, 2002 und 2003 waren jeweils auf der Fläche **Pöttinger** größer als auf den anderen Flächen. In den Jahren 2002 und 2003 ist auf der Fläche **Winter** der zweitgrößte Zuwachs zu finden, im Jahr 2001 liegt die Fläche **Dechant** auf dem 2.Platz.

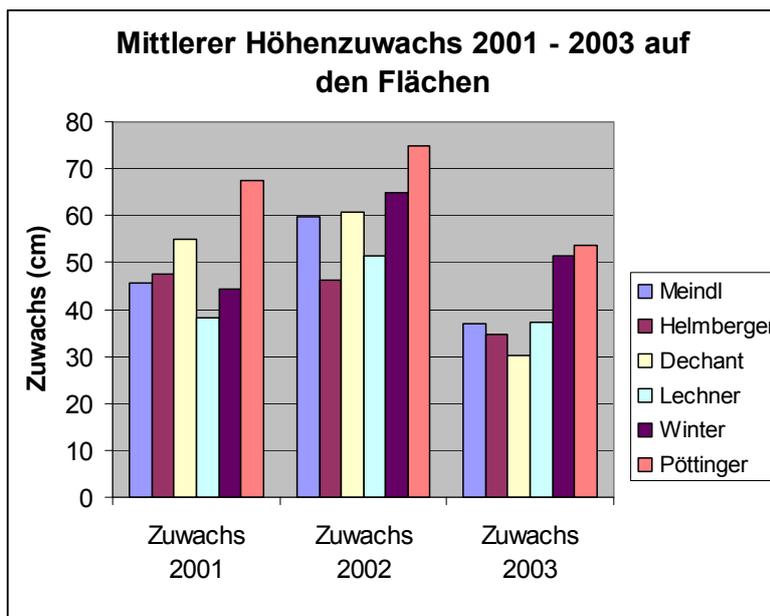


Abb.14: Ein Vergleich der Höhenzuwächse über alle Herkünfte für die Jahre 2001 - 2003 auf den verschiedenen Versuchsflächen

Nach Aussagen von DI SOMMERAUER erfolgte die Beschaffung des Pflanzgutes für alle 6 Waldbesitzer gemeinschaftlich, die Jungpflanzen waren im Frühjahr 1999 alle gleich groß. Der Waldbesitzer der Fläche **Pöttinger** beteuert, keinerlei Düngung durchgeführt zu haben. Die Nährstoffanalysen bestätigen diese Aussage, es wurden weder im Auflagehumus noch in den Bodenproben Rückstände eines Düngemittels gefunden.

Der Formschnitt, den Hr. **Pöttinger** 2001 bedauerlicherweise durchgeführt hat, scheidet als Ursache für den Wachstumsvorsprung zumindest teilweise aus, da ja bereits 2000 größere Baumhöhen zu verzeichnen waren.

Da die Wüchsigkeit der Herkünfte, die auf der Fläche **Pöttinger** gepflanzt wurden, ein möglicher Grund für dieses Ergebnis sein könnte, wurden die Höhen 2003 der Herkunft **Urnenhain** - die auf allen 6 Aufforstungsflächen gepflanzt worden war – miteinander verglichen, um den Faktor Herkunft auszuschließen.

Für die Herkunft Urnenhain ergab sich die beste Wuchsleistung auf der Fläche **Pöttinger**, gefolgt von der Fläche **Winter**. Der Rückstand der Wuchsleistung auf den übrigen Flächen zur Fläche **Pöttinger** beträgt ca. 1/2m.

Somit wird die Fläche **Pöttinger** ein weiteres Mal als die Fläche mit der größten Höhenwuchsleistung bestätigt.

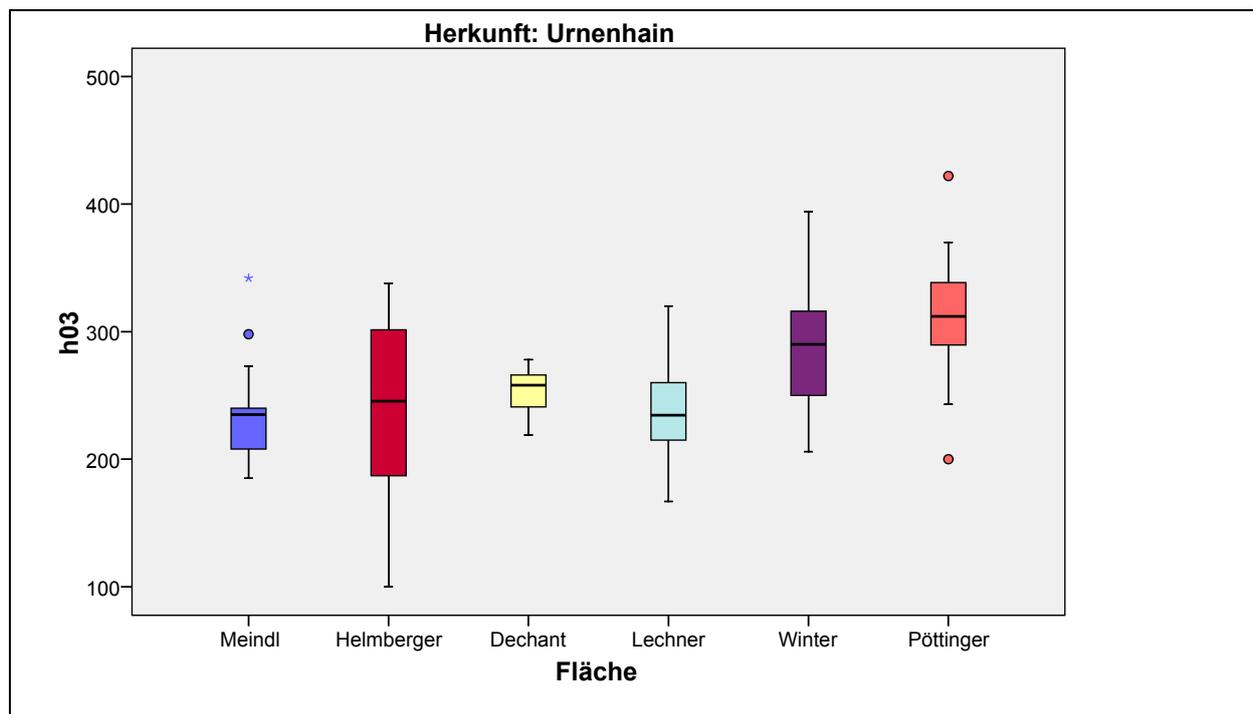


Abb.15: Ein Vergleich der mittleren Höhen 2003 der Herkunft **Urnenhain** auf den verschiedenen Flächen

3.1.2. Vergleich des Höhenwachstums der Herkünfte

Nach Betrachtung der Flächen erfolgte ein Ranking nach der Höhe der Herkünfte. Die Herkunft **Gadermaier** geht mit knappem Vorsprung von nur 5 cm vor der Herkunft **Laufen** aus diesem Ranking als Herkunft mit der größten durchschnittlichen Höhe 2003 hervor. **Urnenhain** belegt den 3. Platz mit einem Abstand von fast 30 cm, **Landesforstgarten** hat einen Abstand von über einem 1/2 m zu **Gadermaier**. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass dieses Ergebnis maßgeblich von der herausragenden Wuchsleistung auf der Fläche **Pöttinger** beeinflusst wird – zumal die Herkunft **Gadermaier** auch auf der Fläche **Pöttinger** gepflanzt wurde (Sh. auch Abb.29) Weitere Hinweise dafür finden sich bei Betrachtung des Medians der Höhe 2003 (Sh. Abb.16). Die Herkunft **Gadermaier** liegt hinter der Herkunft **Laufen** zurück, das bedeutet, dass der Großteil der Pflanzen der Herkunft **Gadermaier** eine geringere Höhe aufweist als der Pflanzen der Herkunft **Laufen**.

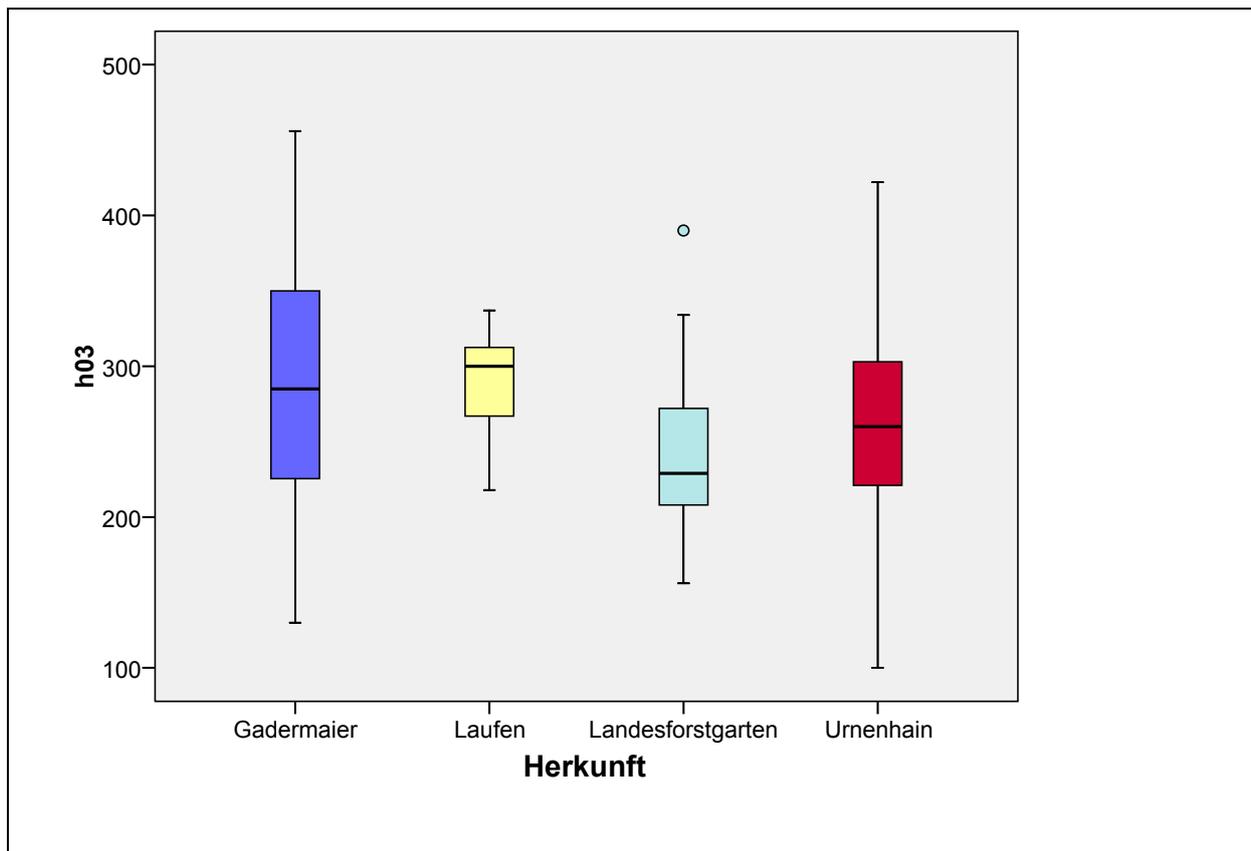


Abb.16: Vergleich der Versuchspflanzen über alle Herkünfte nach der 2003 gemessenen mittleren Endhöhe

Aus diesem Grund wurde die Fläche **Dechant** einer genaueren Betrachtung unterzogen, da auf dieser Fläche als einzige alle 4 Eichenherkünfte vertreten waren. Die Verteilung sieht auch diesmal etwas anders aus; **Laufen** geht eindeutig in Führung, gefolgt von **Gadermaier** und **Urnenhain**. Der Höhenunterschied zwischen Gadermaier und Urnenhain beträgt nicht einmal 1/3 des Vorsprungs aus dem Gesamtranking; die Wuchsleistung der Herkunft **Gadermaier** wird somit relativiert.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Herkunft **Laufen** nur sehr schwach vertreten ist (Sh. Abb. 9).

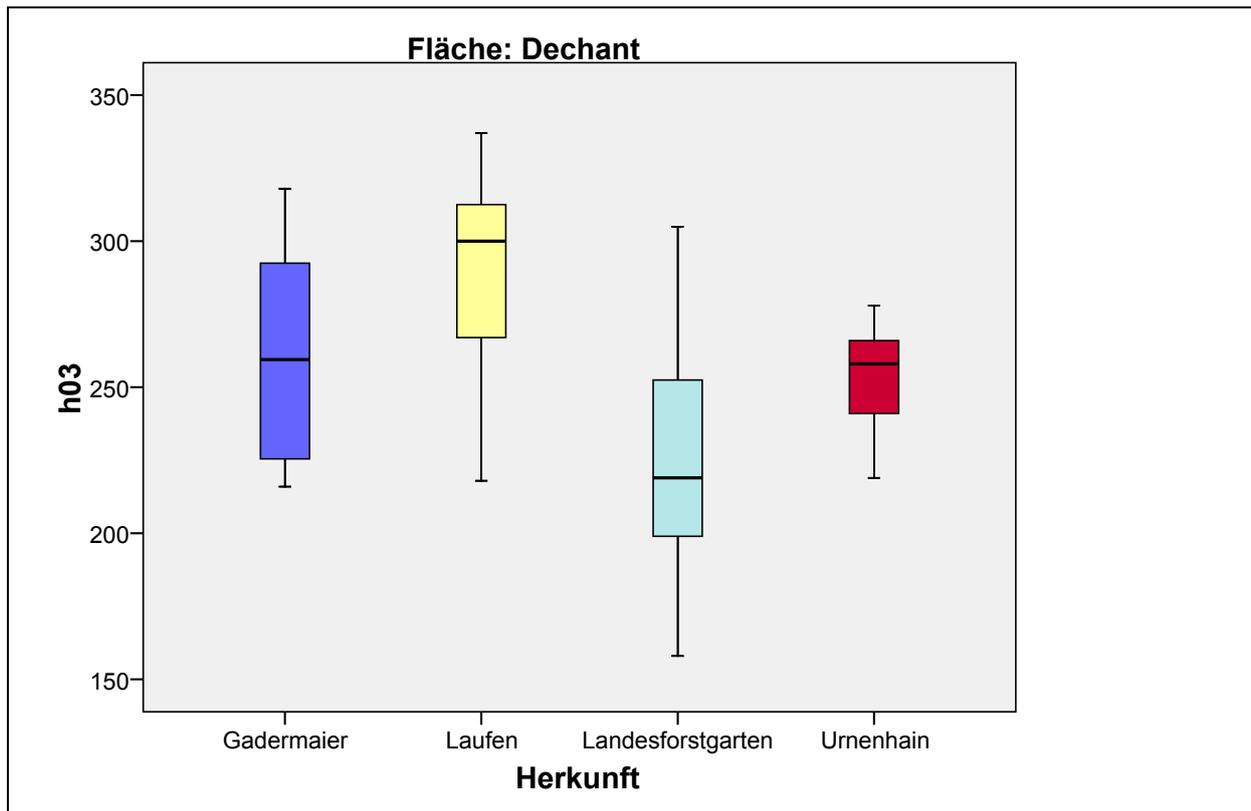


Abb.17: Ein Vergleich der mittleren Höhe 2003 der Herkünfte auf der Fläche **Dechant**

3.2. Entwicklung des Dickenwachstums

3.2.1. Vergleich des Dickenwachstums auf den Probeflächen

Bei einem Ranking der Versuchspflanzen nach dem Wurzelhalsdurchmesser des Jahres 2003 liegen an erster Stelle die Pflanzen der Fläche **Pöttinger** mit einem durchschnittlichen WHD von 52 mm.

Die Pflanzen der Fläche **Winter** liegen wie beim Höhenranking an zweiter Stelle, diesmal jedoch wesentlich knapper hinter den Pflanzen der Fläche **Pöttinger** mit nur 4 mm Rückstand. Die Pflanzen der Fläche **Helmberger** erreichen einen durchschnittlichen WHD von 39 mm, die Pflanzen der Fläche **Lechner** diesmal an vierter Stelle mit 37 mm und an letzter Stelle die Pflanzen der Flächen **Meindl** und **Dechant** mit jeweils 33 mm.

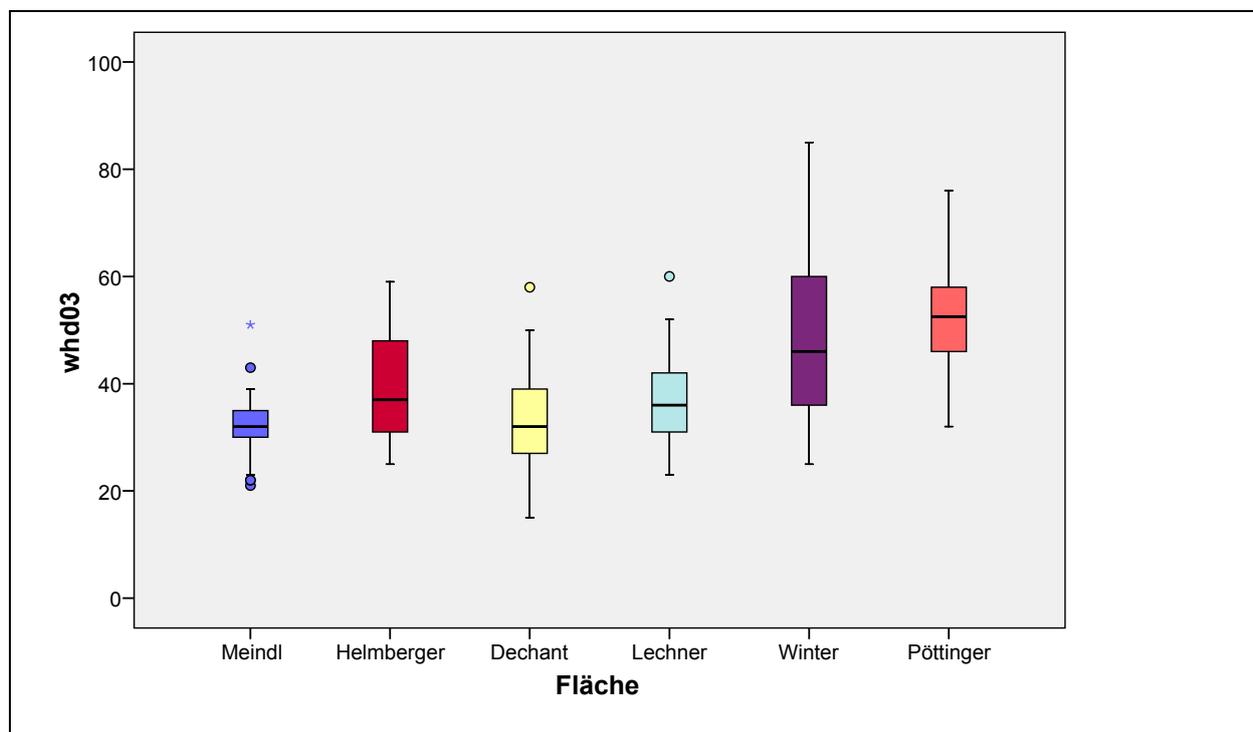


Abb.18: Ein Vergleich der Versuchspflanzen über alle Flächen nach dem 2003 gemessenen mittleren End - WHD

Vergleicht man die Entwicklung der WHD miteinander, so ergibt sich ein etwas differenziertes Bild. Die Pflanzen der Probefläche **Winter Licht** haben den größten mittleren WHD 2003 mit fast 59 mm, ein Wert der im Gesamtranking also von der Schattenfläche gemindert wird. Ein möglicher Grund für die schlechtere Wuchsleistung auf der Schattenfläche könnte deren zur Staunässe neigender Muldenstandort sein.

Eine weitere Ursache könnte der nach SCHULLER (2004) sehr unterschiedliche Global Site Factor (GSF) sein, den die 2 Probeflächen **Winter** aufweisen. Auf keiner der anderen Flächen unterscheiden sich die Teilflächen so stark bezüglich ihres Lichtgenusses.

Nach den Pflanzen Fläche **Winter Licht** folgen die Pflanzen der Probeflächen **Pöttinger Licht** und **Pöttinger Schatten** mit den größten durchschnittlichen WHD.

Die tendenzielle Entwicklung der Jungeichen scheint schon im Jahr 2000 erkennbar zu sein.

Die Pflanzen der Probeflächen mit einem starken WHD 2000 sind auch im 2003 im vorderen Feld.

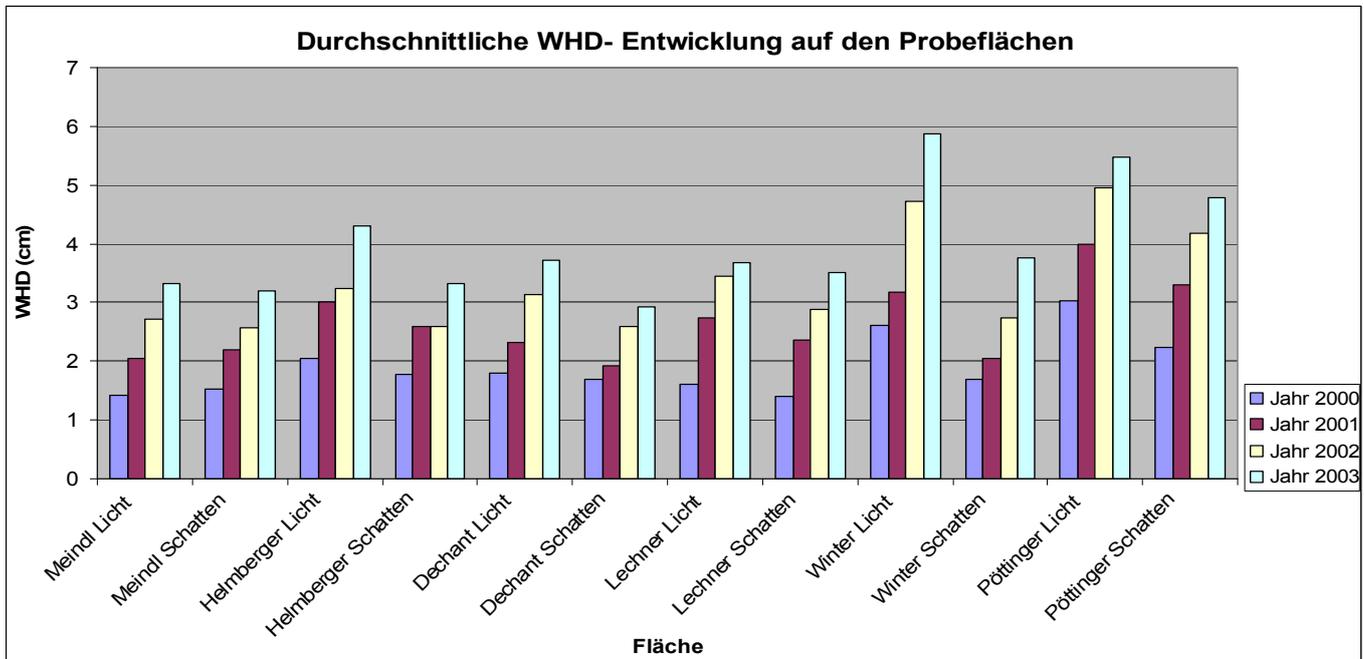


Abb.19: Durchschnittliche Entwicklung der WHD auf den Probeflächen für die Jahre 2000 – 2003

Eine genauere Betrachtung der durchschnittlichen Zuwächse der WHD auf den Flächen lässt jedoch keine exakte Beurteilung der Tendenzen zu.

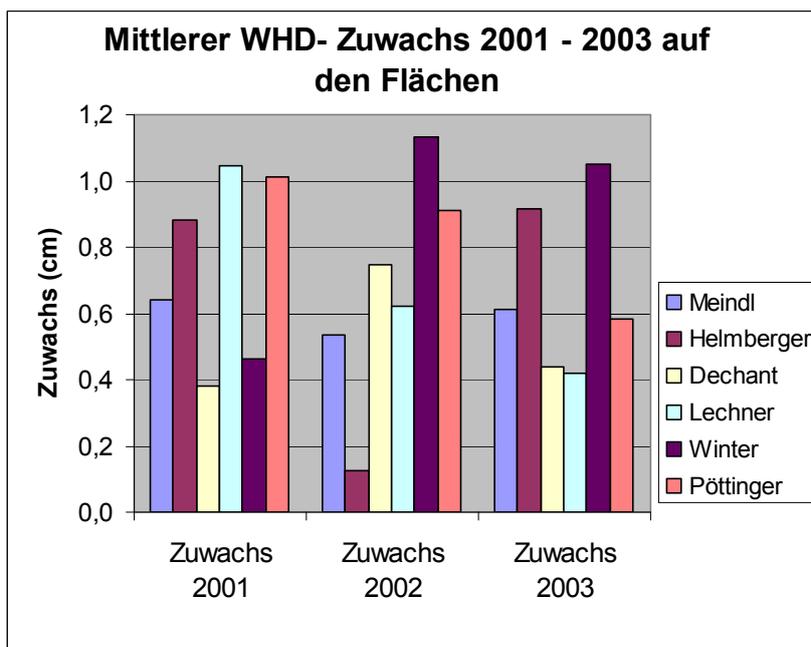


Abb.20: Ein Vergleich der Zuwächse des WHD über alle Herkünfte für die Jahre 2001 - 2003 auf den verschiedenen Versuchsflächen

Die mittleren WHD für die Herkunft **Urnenhain** auf den Flächen zeigen in ihrer Verteilung ein ähnliches Bild wie das Gesamtranking, es führt jedoch diesmal die Fläche **Winter** knapp vor der Fläche **Pöttinger**.

Ein Grund für den Wechsel der Platzierung liegt möglicherweise an der Wahl der weiteren gepflanzten Herkünfte der Besitzer **Pöttinger** und **Winter**. Herr Winter hat neben der Herkunft Urnenhain auch die Herkunft Landesforstgarten gepflanzt, die keine besonders gute Wuchsleistung zeigt (Sh. Abb. 22 - 23).

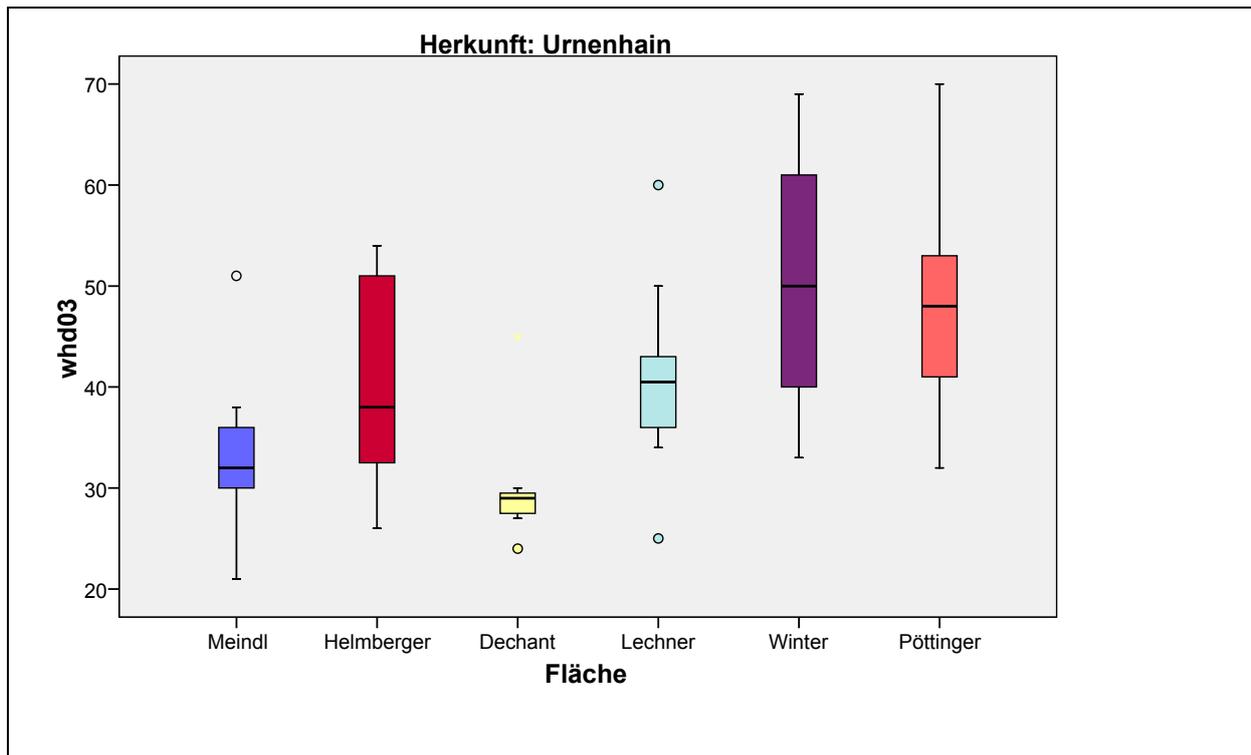


Abb.21: Ein Vergleich der mittleren WHD 2003 der Herkunft **Urnenhain** auf den verschiedenen Flächen

3.2.2. Vergleich des Dickenwachstums der Herkünfte

Beim Vergleich der mittleren WHD 2003 der Herkünfte liegt die Herkunft **Gadermaier** mit 44 mm vor den Herkünften **Urnenhain** mit 41mm, **Laufen** mit 37 mm und **Landesforstgarten** mit 36 mm.

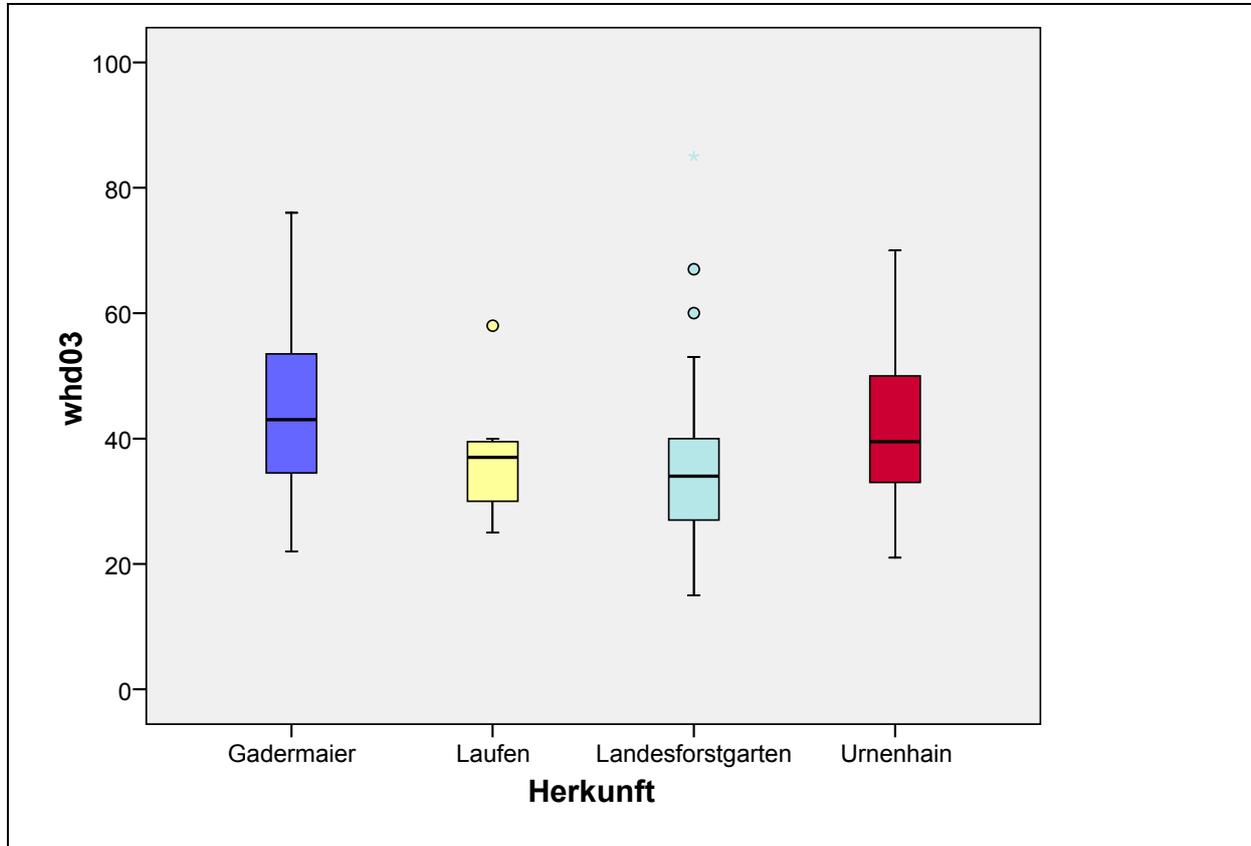


Abb.22: Vergleich der Versuchspflanzen über alle Herkünfte nach der 2003 gemessenen mittleren WHD

Doch wie auch schon bei der Höhe 2003 kann auch diesmal nicht ausgeschlossen werden, dass dieses Ergebnis sehr stark von den Eigenschaften der Flächen - auf denen die Herkünfte gepflanzt wurden - abhängt.

Die Herkunft **Gadermaier** wurde unter anderem auch auf der stark wüchsigen Fläche **Pöttinger** gepflanzt.

Der Vergleich der mittleren WHD der Herkunft **Urnenhain** (Sh. Abb.21) zeigt stark unterschiedliche Wuchsleistung auf den Flächen.

Vergleicht man die verschiedenen Herkünfte nach dem WHD 2003 auf der Fläche **Dechant** zeichnet wieder ein etwas differenziertes Bild.

Die Herkünfte **Gadermaier** und **Laufen** liegen mit 37 mm vorne, danach folgen **Urnenhain** mit 30 mm und **Landforstgarten** mit 28 mm.

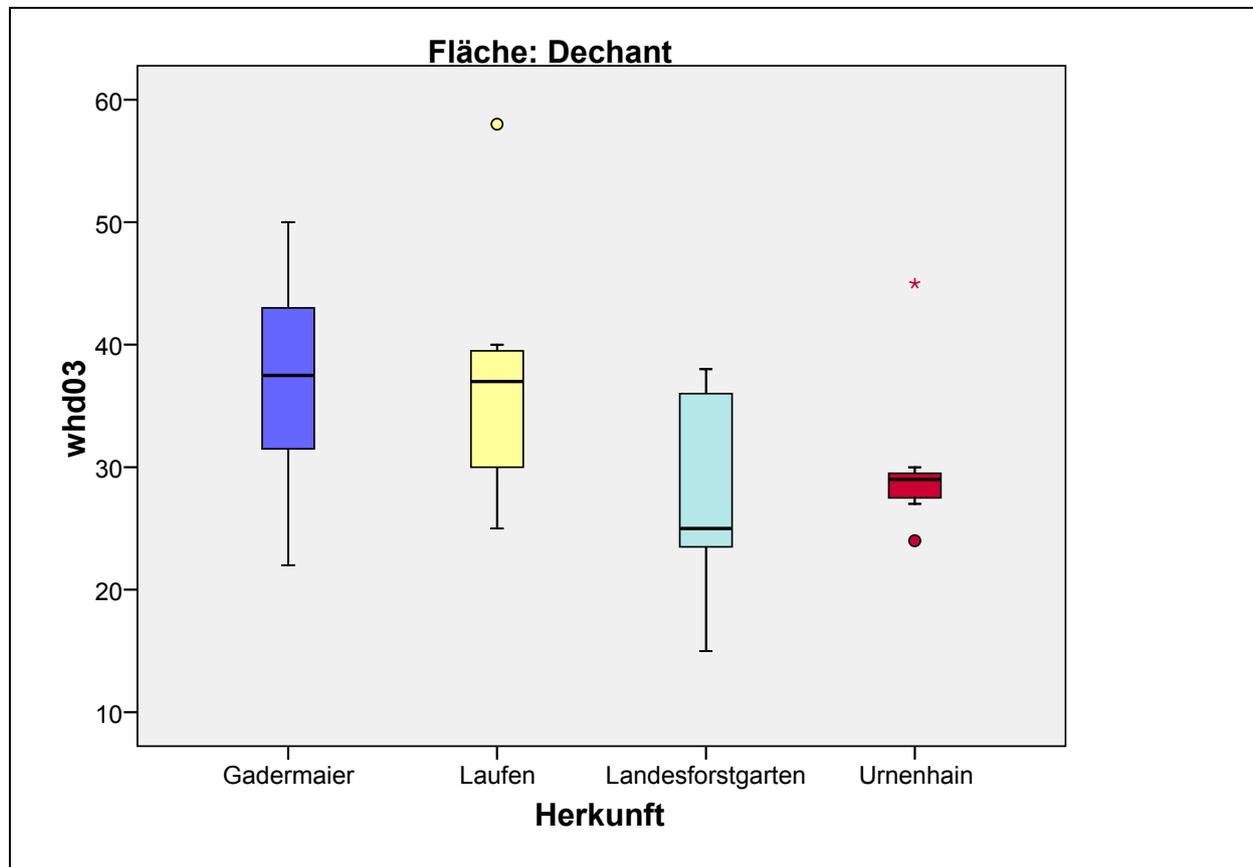


Abb.23: Ein Vergleich der mittleren WHD 2003 über alle Herkünfte auf der Fläche **Dechant**

3.3. Wuchsform

3.3.1. Vergleich der Wuchsform der Probeflächen

Das Ranking der Flächen nach der gemittelten Wuchsform ergibt folgendes:

Die Versuchspflanzen auf der Fläche **Pöttinger** haben mit 2,1 den niedrigsten Wert und damit die beste Wuchsform. (Auch der Median in Abb. 24 zeigt deutlich die gute Wuchsform der Fläche **Pöttinger**). Danach folgen die Versuchspflanzen auf den Flächen **Dechant** mit 2,5, **Meindl** und **Helmberger** mit 2,6, **Winter** mit 2,9 und **Lechner** mit fast 3.

Da auf der Fläche **Pöttinger** die höchsten, stärksten und bestgeformten Bäume stehen, scheint ein Zusammenhang zwischen diesen Parametern zu bestehen.

Die Versuchspflanzen der Fläche **Dechant** haben weder beim Höhenwachstum noch beim Dickenwachstum herausragende Eigenschaften, dennoch liegen sie beim Gesamtranking der Wuchsform an 2. Stelle. Möglicherweise liegt dies an der Nesterpflanzung, die ja nur auf der Fläche **Dechant** angewandt wurde.

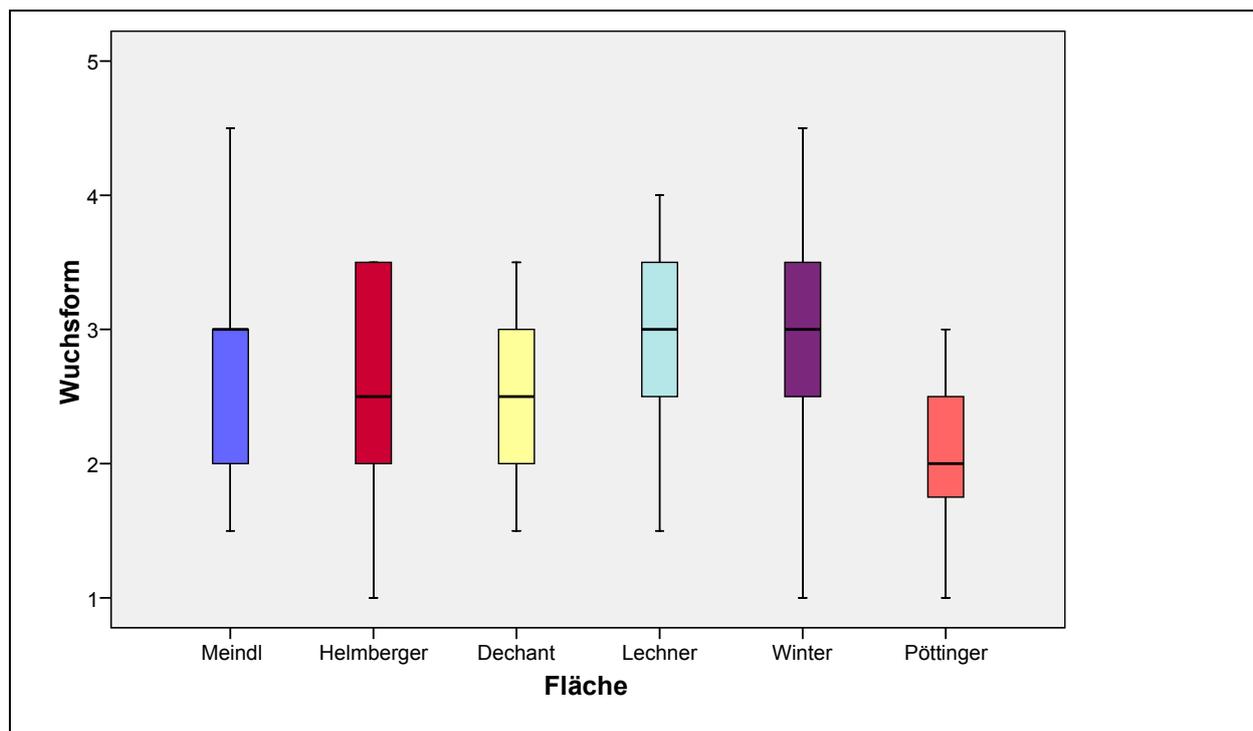


Abb.24: Ein Vergleich der Versuchspflanzen über alle Flächen nach der gemittelten Wuchsform 2003

In der Gegenüberstellung von Höhe und Wuchsform ist der Vorsprung der Fläche **Pöttinger** deutlich zu erkennen.

Die Pflanzen der Fläche **Pöttinger** liegen verteilt in den Wuchsformklassen von 1-3, weiters weisen sie die größten Höhen auf.

Der Großteil der Pflanzen der Fläche **Winter** - die im Gesamtranking der Höhen 2003 an zweiter Stelle liegt – liegt in den Wuchsformklassen von 2-4 und ist somit wesentlich schlechter geformt.

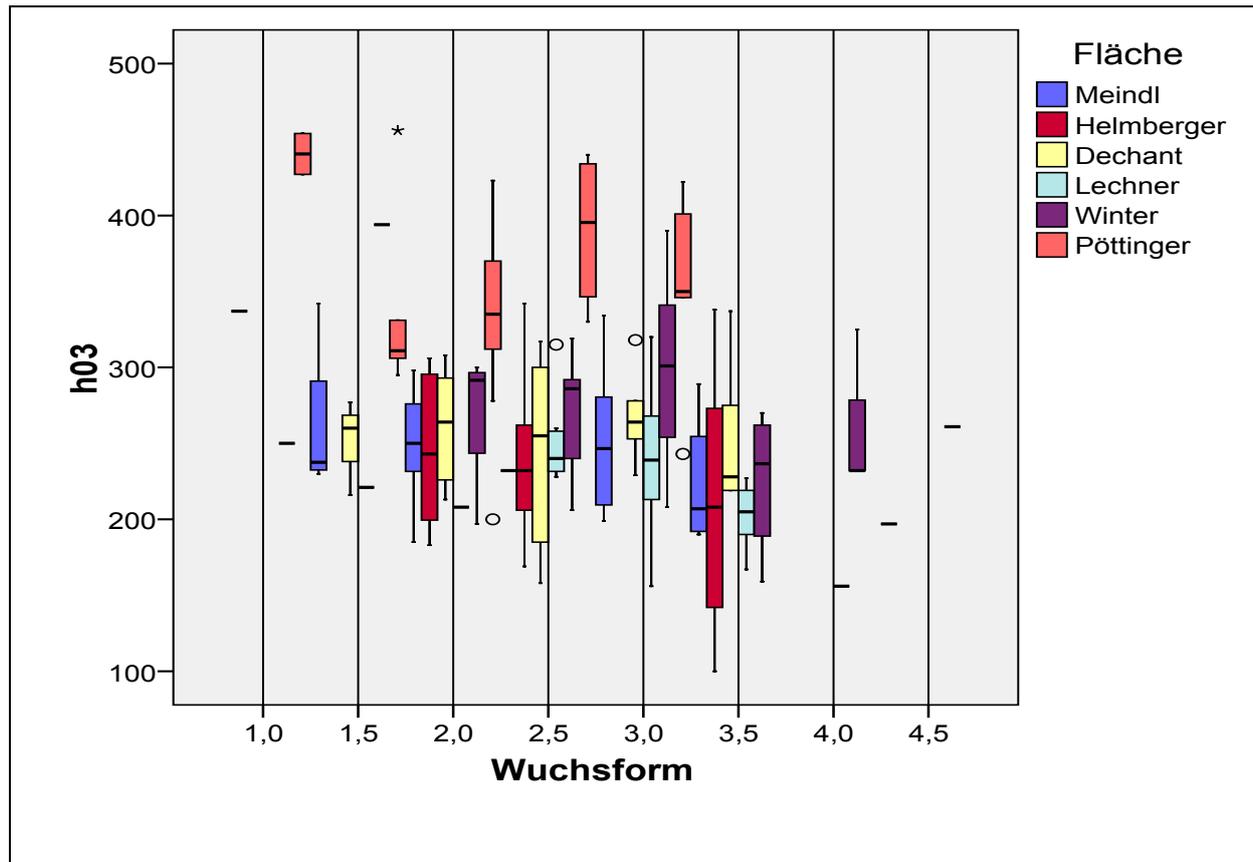


Abb.25: Gegenüberstellung der Versuchspflanzenhöhe 2003 und der Wuchsformwerte auf den Flächen

Beim Vergleich der Wuchsform für die Herkunft **Urnenhain** über alle Versuchsflächen liegen die Pflanzen der Fläche **Pöttinger** mit 2,1 immer noch vorne. An 2. Stelle liegen aber die Pflanzen der Fläche **Meindl** mit einer Wuchsform von 2,4 , gefolgt von den Pflanzen der Fläche **Winter** mit 2,5 , den Pflanzen der Fläche **Dechant** mit 2,7 , den Pflanzen der Fläche **Helmberger** mit 2,8 und denen der Fläche **Lechner** mit 3.

Die Versuchspflanzen auf der Fläche **Winter** haben somit eine bessere Wuchsform, wenn die Herkunft **Urnenhain** alleine betrachtet wird, die Herkunft **Landesforstgarten**, die ebenfalls auf dieser Fläche gepflanzt wurde, scheint jedoch die Gesamtwertung der Wuchsformen maßgeblich zu beeinflussen.

Ähnliches gilt auch für die Fläche **Meindl**, auf der ebenfalls die Herkünfte **Urnenhain** und **Landesforstgarten** gepflanzt wurden.

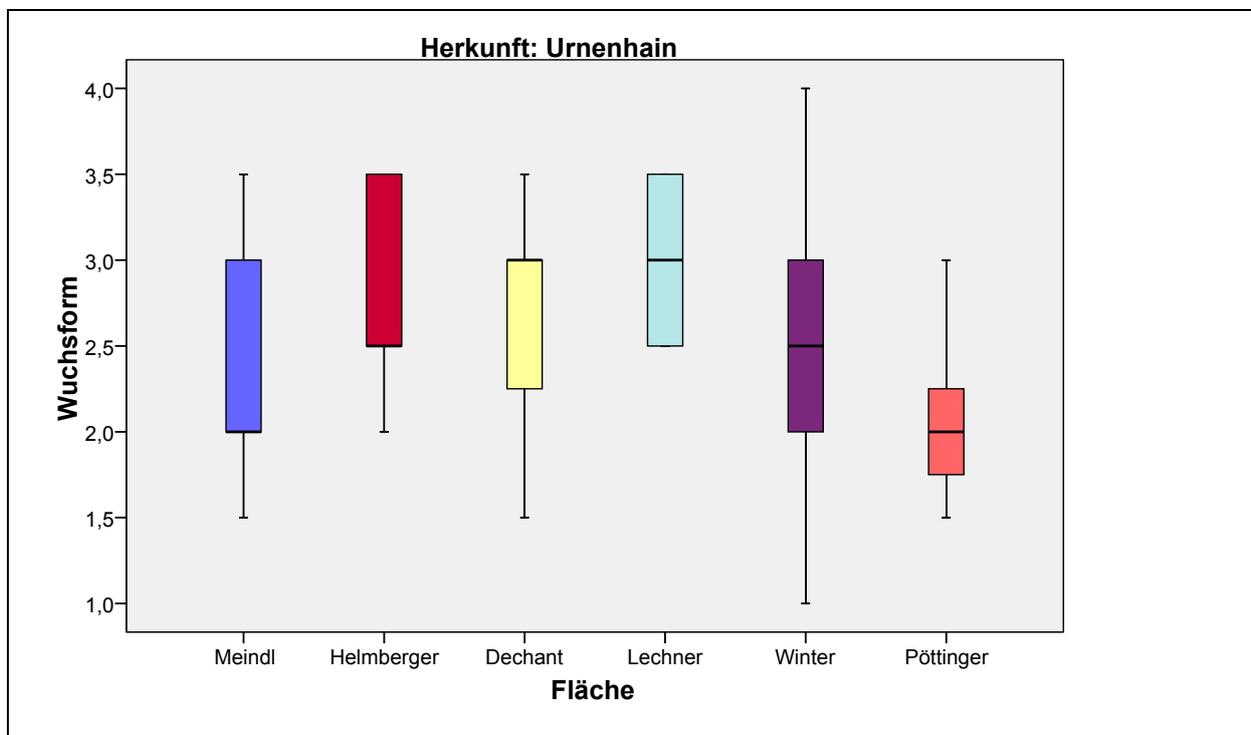


Abb.26: Ein Vergleich der gemittelten Wuchsform für die Herkunft **Urnenhain** auf allen Flächen

Bei der detaillierten Gegenüberstellung der Höhen der Versuchspflanzen im Jahr 2003 und Wuchsformwertung für die Herkunft **Urnenhain** zeigt sich folgendes:

Die Höhen der Versuchspflanzen auf der Fläche **Pöttinger** liegen 2003 deutlich über den Höhen auf den anderen Flächen; die Wuchsform ist ebenfalls besser.

Die übrigen Flächen zeigen entweder gute Höhenentwicklung oder gute Wuchsform, es sticht jedoch keine besonders hervor.

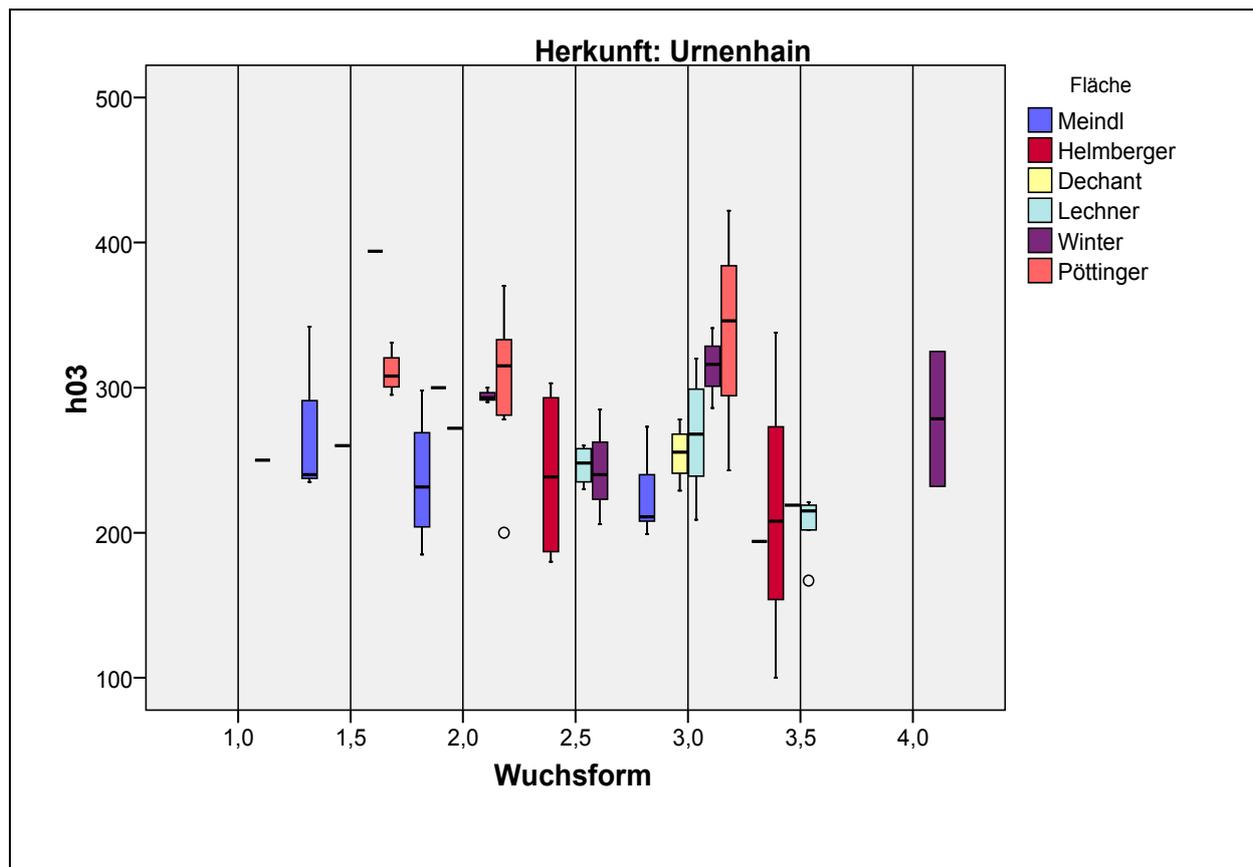


Abb.27: Gegenüberstellung der Versuchspflanzenhöhe 2003 und Wuchsformwerte für die Herkunft **Urnenhain** über alle Flächen

3.3.2. Vergleich der Wuchsform der Herkünfte

Im Rankings der Herkünfte nach mittleren Wuchsformwerten liegt die Herkunft **Gadermaier** mit einem Wert von 2,3 klar in Führung, danach folgen die Herkünfte **Urnenhain** und **Laufen** mit 2,6 , **Landesforstgarten** liegt an letzter Stelle mit einer Wuchsform von 2,9.

Die Herkunft **Gadermaier** weist somit die Bäume mit dem größten Höhenwachstum, dem größten Dickenwachstum und der besten Wuchsform auf. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass dieses Ergebnis sehr stark von der Wuchsleistung und auch der Wuchsformwertung auf der Fläche **Pöttinger** beeinflusst wird.

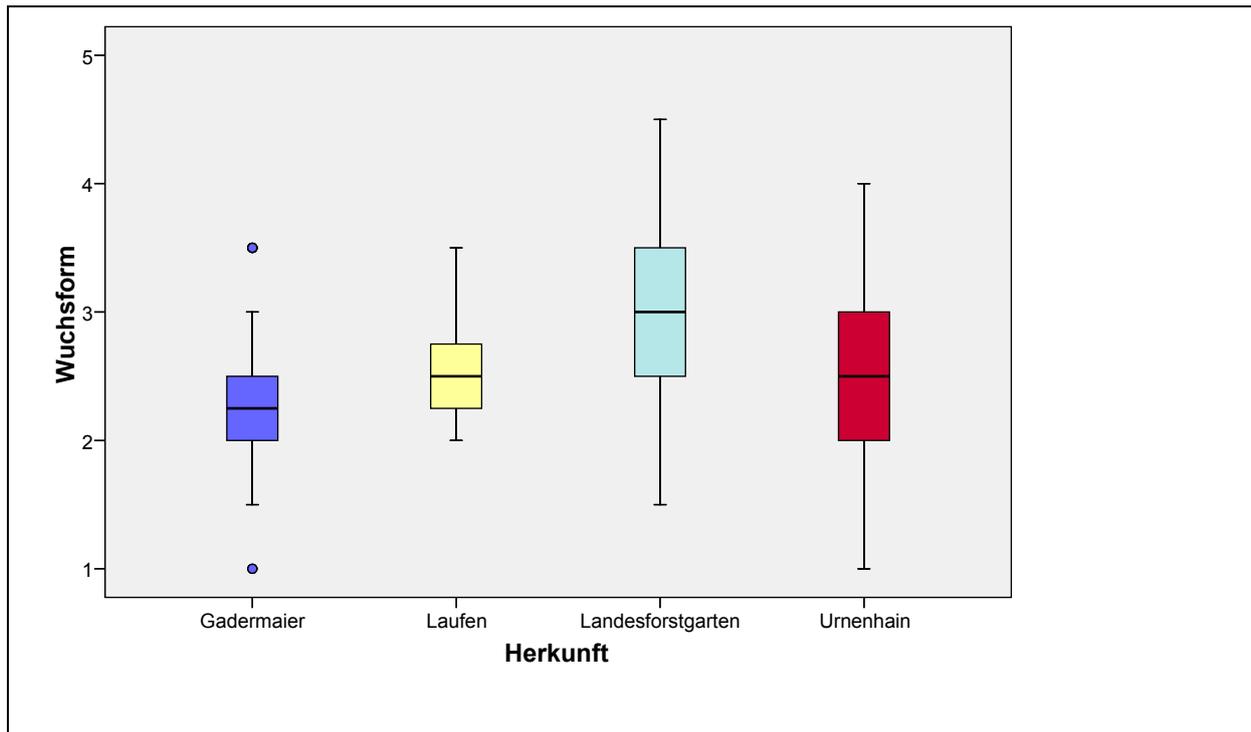


Abb.28: Vergleich der Versuchspflanzen über alle Herkünfte nach der mittleren Wuchsformwertung 2003

Stellt man die Wuchsleistung der Wuchsform gegenüber, wird deutlich, dass die Herkunft **Gadermaier** auf den Flächen **Helmberger** und **Dechant** bei weitem hinter der Fläche **Pöttinger** zurückliegt

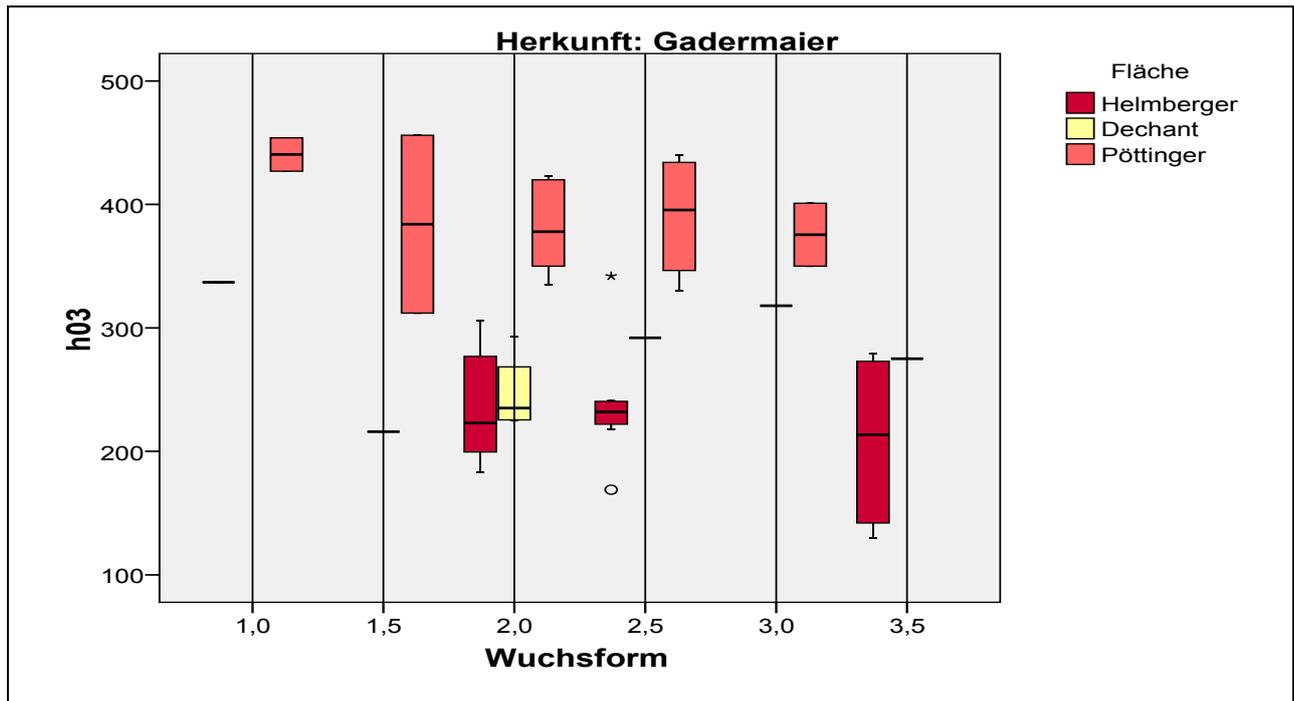


Abb.29: Gegenüberstellung der Höhe 2003 und Wuchsformwertung für die Herkunft **Gadermaier** auf drei Versuchsflächen

Dennoch hat beim Vergleich der mittleren Wuchsformwertung für alle Herkünfte auf der Fläche **Dechant** die Herkunft **Gadermaier** die beste Wuchsform und liegt auch bei den Parametern Höhe 2003 und WHD 2003 im Spitzenfeld.

Interessanterweise fällt die Herkunft **Urnenhain** bei der Wuchsform auf den letzten Platz zurück und die Herkunft **Landesforstgarten** erreicht die zweitbesten Ergebnisse.

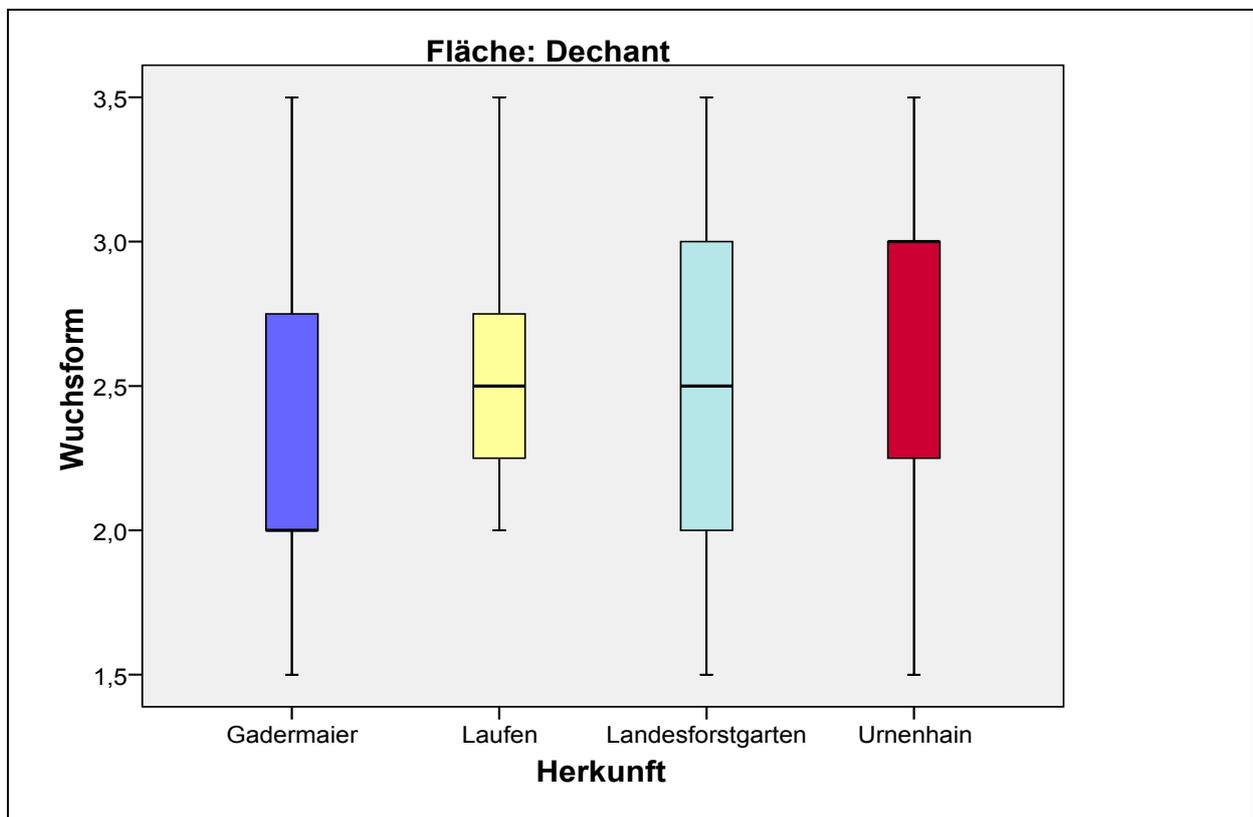


Abb.30: Vergleich der mittleren Wuchsformwertung für alle Herkünfte auf der Fläche **Dechant**

3.4. Ergebnisse der Nährstoffanalysen

Da die Wuchsleistung von Jungpflanzen nicht nur durch den Lichtgenuss oder die Wasserversorgung, sondern auch durch die Mineralstoffernährung entscheidend bestimmt wird, soll in dieser Arbeit durch die Analyse von Nährstoffen in den Eichenversuchspflanzen sowie durch die Analyse der Nährstoffverhältnisse in den Böden der Versuchsfelder versucht werden, weitere Gründe für unterschiedliche Wuchsleistung zu finden.

3.4.1. Blattspiegelwerte

Wie bereits im Kapitel „Auswertung der Nährstoffanalysen“ erwähnt, wurden die wichtigsten gemessenen Pflanzennährstoffe der Blätter in % der unteren Normalversorgungsgrenze nach BERGMANN (1986) ausgedrückt, um einen Hinweis auf den Pflanzenernährungsstatus zu bekommen und Engpässe zu erkennen.

Die einzelnen Nährstoffe und ihre Bedeutung für die Pflanze nach ENGLISCH (1992) und MUTSCH (1992):

- Stickstoff (N): Beeinflusst sehr stark die Wuchsleistung der Pflanze; verglichen mit anderen Nährstoffen ist der Bedarf an N am Größten
- Phosphor (P): Sehr wichtig für den Aufbau der Zelle und deren Energiehaushalt
- Kalium (K): Hat Einfluss auf den Wasserhaushalt (wirkt quellfördernd) und die Photosynthese
- Kalzium (Ca): Hat eine antagonistische Wirkung zu Kalium und wirkt entquellend
- Magnesium (Mg): Ist ein wichtiger Bestandteil des Chlorophylls und somit bedeutend für die Photosynthese
- Mangan (Mn): Wichtiges Spurenelement für Enzyymbildung

Die innersten Sechsecke der nachfolgenden Grafiken stellen mit 100 % die „Bergmann VON“- Werte dar.

Nach FLÜCKIGER (1987) stellt ein Wert von 60 – 80% eine Unterversorgung dar; ab einem Wert von unter 60% wird von einem Mangel gesprochen.

Zwecks der besseren Darstellbarkeit der Grafiken wurden die Werte für Kalzium (Ca) halbiert und die Werte für Mangan (Mn) durch 100 geteilt.

Folgender Trend ist auf allen Flächen zu erkennen (Sh. dazu auch Abb. 31-42):

- Die Pflanzen sind ausreichend mit Stickstoff (N) versorgt; die Werte der Herkünfte auf den Flächen liegen in einem Bereich von 116 – 181 % der „Bergmann VON“- Werte
- Die Pflanzen sind ausreichend mit Phosphor (P) versorgt; die Werte der Herkünfte auf den Flächen liegen in einem Bereich von 144 – 273 % der „Bergmann VON“- Werte
- Die Pflanzen sind sehr gut mit Kalzium (Ca) versorgt; die Werte der Herkünfte auf den Flächen liegen in einem Bereich von 145 – 585 % der „Bergmann VON“- Werte

- Die Pflanzen sind extrem stark mit Mangan (Mn) versorgt; die Werte der Herkünfte auf den Flächen liegen in einem Bereich von 7378 – 23550 % der „Bergmann VON“-Werte.

Nach BERGMANN, W. (1986) kann die Konzentration von Mangan in Pflanzen auf Böden mit niedrigem pH- Wert (4,5 – 5,4) um ein Vielfaches höher sein als in Pflanzen auf Böden mit hohem pH- Wert (6.9 – 8).

Konzentrationen von 1000 ppm weisen deutlich auf Mn- Überschuss hin, der sich vor allem toxisch auf den Spross auswirken kann.

In den Blättern der Versuchspflanzen wurden Konzentrationen zwischen 3000 und 8000 ppm gemessen.

MUTSCH (1992) erklärt die hohen Mangangehalte in Pflanzenteilen und Humusauflage auf sauren Böden durch die hohe Mobilität von Mangan bei niedrigem pH- Wert.

Auch die OÖ BODENZUSTANDSINVENTUR (1993) bestätigt das erhöhte Risiko von Manganüberschuss ab einem pH- Wert von < 5 durch bessere Pflanzenverfügbarkeit.

- Die Pflanzen sind nach FLÜCKIGER (1987) mit Magnesium (Mg) teilweise unterversorgt und teilweise ausreichend versorgt; die Werte der Herkünfte auf den Flächen liegen in einem Bereich von 71 – 313% der „Bergmann VON“- Werte
Magnesiummangel tritt nach BERGMANN, W. (1986) vor allem auf sauren, podsoligen Böden mit geringer Kationenaustauschkapazität auf.
- Die Pflanzen sind nach FLÜCKIGER (1987) mit Kalium (K) teilweise mangelhaft versorgt, teilweise unterversorgt und teilweise ausreichend versorgt; die Werte der Herkünfte auf den Flächen liegen in einem Bereich von 56 – 106% der „Bergmann VON“- Werte; der größte Teil der Werte liegt unter 100%

Nach BERGMANN, W. (1986) weist Kaliummangel bei der Pflanze auf saure Böden mit geringer Kationenaustauschkapazität hin.

Das N / K - Verhältnis spielt eine ausgesprochen wichtige Rolle für die Resistenz der Pflanzen gegenüber Krankheiten und Pilzen (wie z.B. den echten Mehltau)

In Kombination mit einer guten Stickstoffversorgung kann Kaliummangel die Resistenz herabsetzen. Auch ein Überangebot von Stickstoff bei durchschnittlichem Kaliumangebot führt zu diesem Effekt.

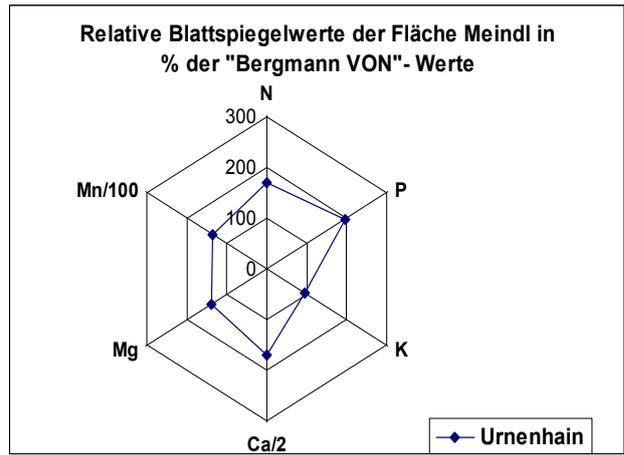
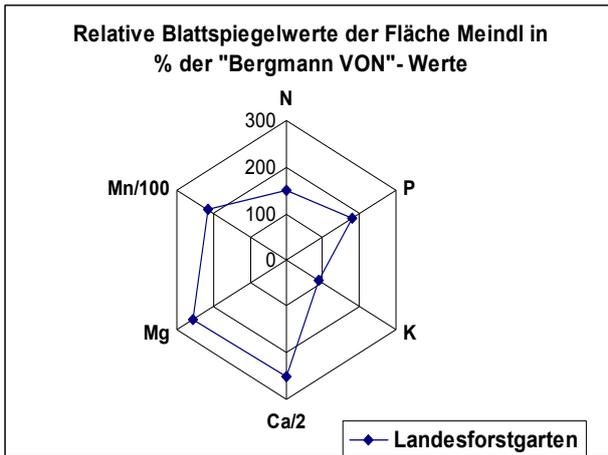


Abb.31: Relative Blattspiegelwerte der Fläche **Meindl** für die Herkünfte **Landesforstgarten** und **Urnenhain**

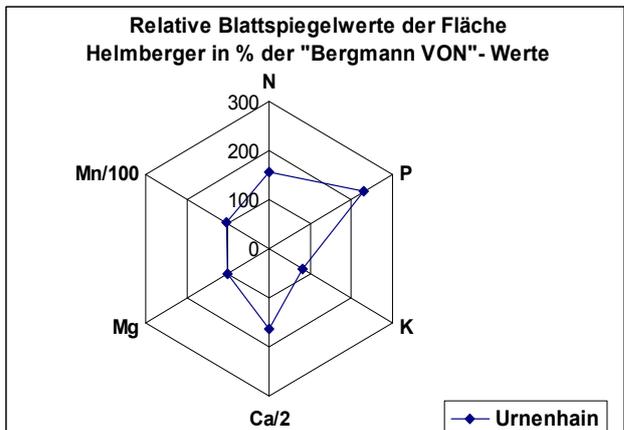
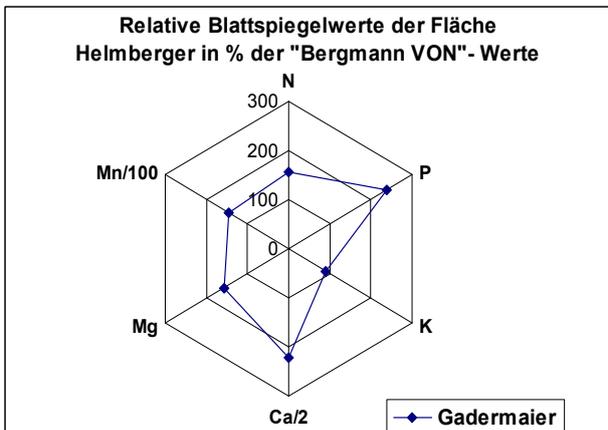


Abb.32: Relative Blattspiegelwerte der Fläche **Helmberger** für die Herkünfte **Gadermaier** und **Urnenhain**

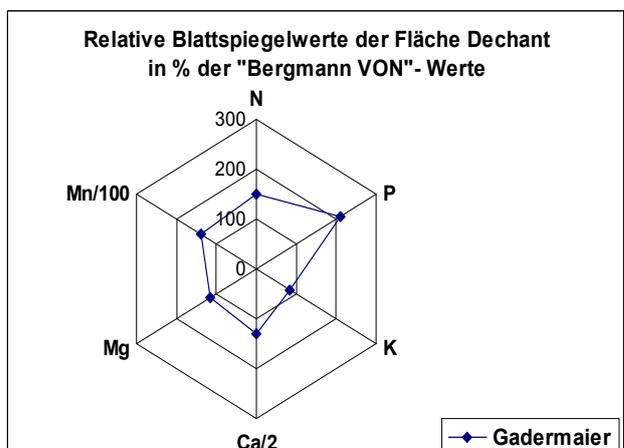
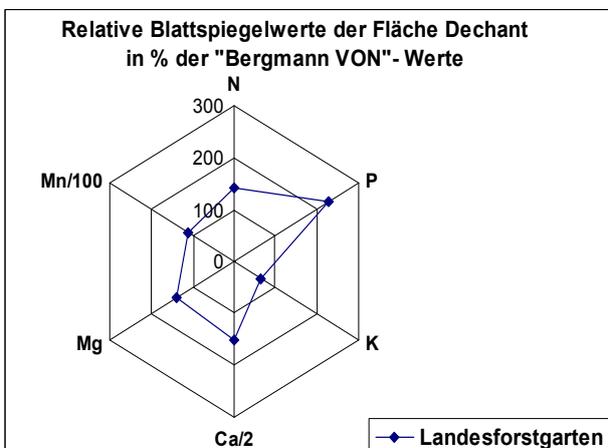


Abb.33: Relative Blattspiegelwerte der Fläche **Dechant** für die Herkünfte **Landesforstgarten** und **Gadermaier**

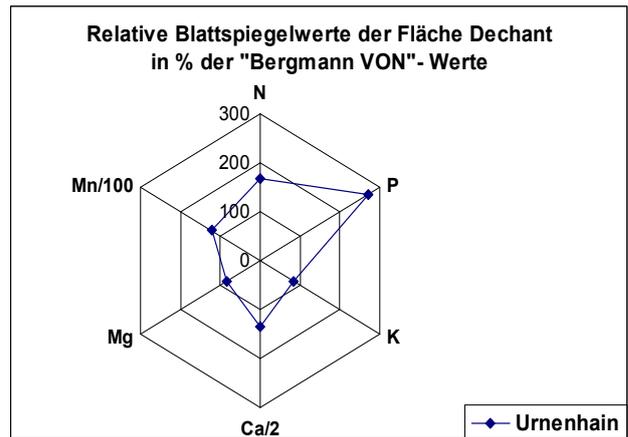
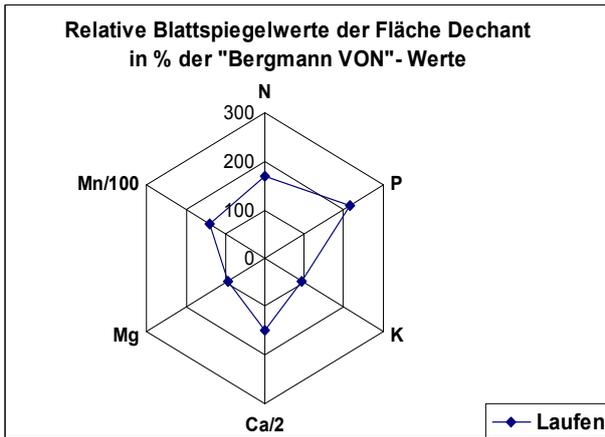


Abb.34: Relative Blattspiegelwerte der Fläche **Dechant** für die Herkünfte **Laufen Landesforstgarten**

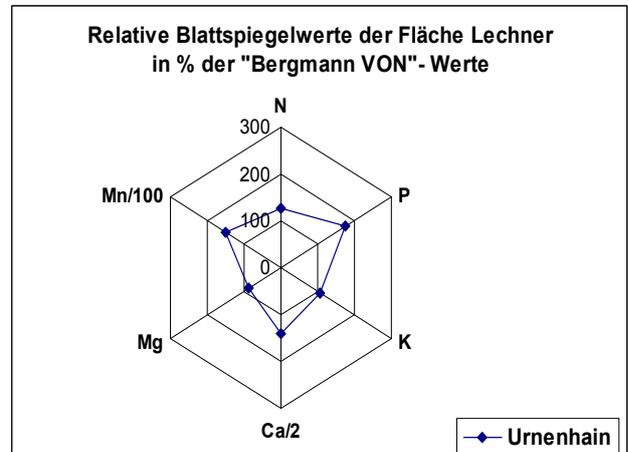
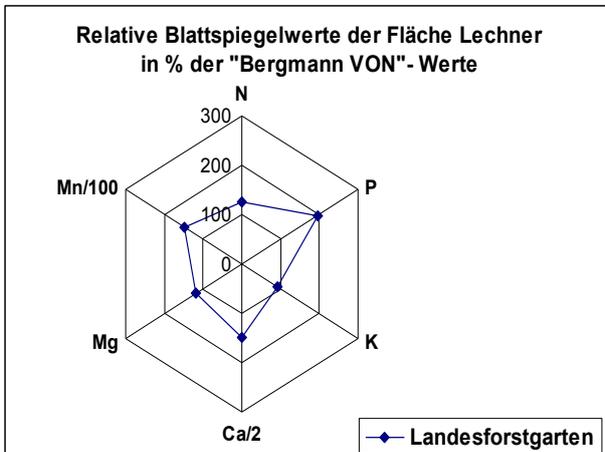


Abb.35: Relative Blattspiegelwerte der Fläche **Lechner** für die Herkünfte **Landesforstgarten** und **Urnenhain**

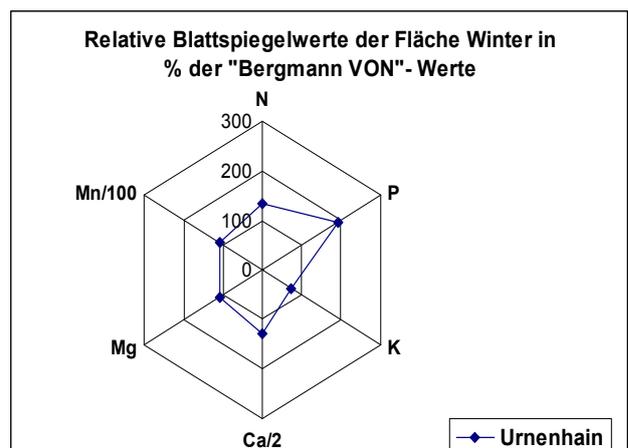
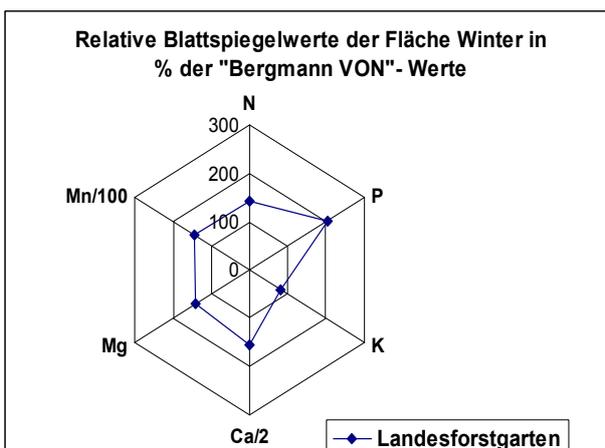


Abb.36 Relative Blattspiegelwerte der Fläche **Winter** für die Herkünfte **Landesforstgarten** und **Urnenhain**

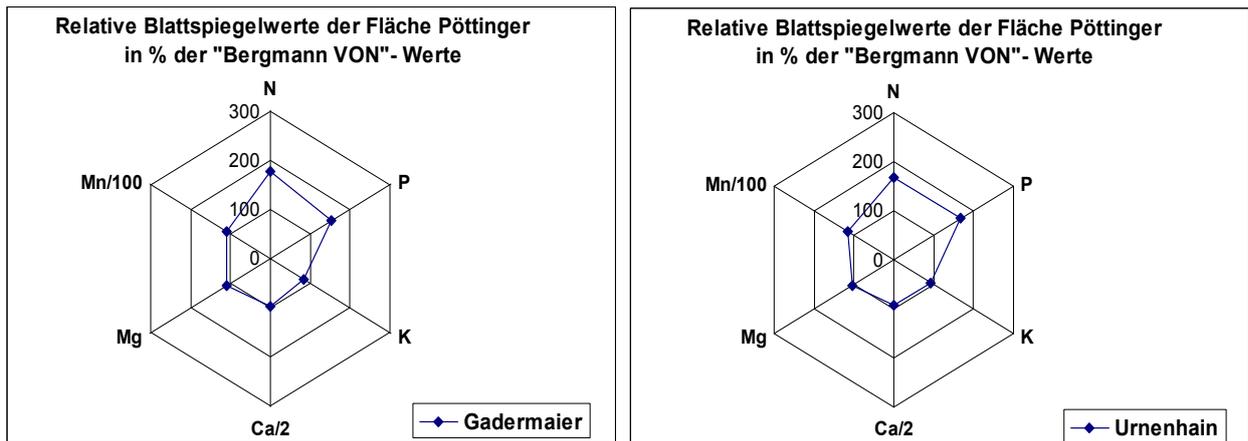


Abb.37: Relative Blattspiegelwerte der Fläche **Pöttinger** für die Herkünfte **Gadermaier** und **Urnehain**

Besonders stark zeigt sich die schlechte Versorgung mit Kalium auf der Probefläche **Dechant Schatten** bei der Herkunft **Landesforstgarten** und auf der Probefläche **Winter Schatten** bei der Herkunft **Urnehain**.

Bei einem Vergleich der Werte auf der Fläche **Dechant** (Tabelle „Relative Blattspiegelwerte in % der „Bergmann VON“- Werte“; siehe Anhang) mit der Wuchsleistung der Herkünfte auf der Fläche **Dechant** scheint eindeutig ein Zusammenhang von schlechter Kaliumversorgung und Wuchsleistung zu bestehen:

- Die Herkunft **Laufen** hat die beste Kaliumversorgung der Fläche und weist die größten Höhen 2003 und gemeinsam mit der Herkunft **Gadermaier** die stärksten WHD 2003 auf
- Die Herkunft **Landesforstgarten** hat die schlechteste Kaliumversorgung und weist die geringsten Höhen 2003 und schwächsten WHD 2003 auf
- Der übrigen Herkünfte liegen bezüglich Kaliumversorgung und Wuchsleistung relativ in der Mitte

Im Gegensatz dazu kann auf der Fläche **Winter** eine schlechtere Wuchsleistung aufgrund mangelnder Kaliumversorgung nicht bestätigt werden.

- Die Herkunft **Urnehain** hat auf der Probefläche **Winter Schatten** eine wesentlich schlechtere Kaliumversorgung als die Herkunft **Landesforstgarten**
- Die Wuchsleistung der Herkunft **Urnehain** auf der Probefläche **Winter Schatten** übersteigt dennoch die Wuchsleistung der Herkunft **Landesforstgarten** bei weitem

Ganz ähnlich zeigt sich die Lage auch auf der Probefläche **Pöttinger Schatten**:

- Die Herkunft **Gadermaier** hat eine wesentlich schlechtere Kaliumversorgung als die Herkunft **Urnehain**

- Die Herkunft **Gadermaier** hat eine wesentlich bessere Wuchsleistung als die Herkunft **Urnenhain**

Insgesamt scheint die Fläche für die Blattspiegelwerte relevanter zu sein als die Herkünfte, von denen die Proben genommen wurden. Vergleicht man die beiden Herkünfte auf der Fläche **Pöttinger** miteinander, ergibt sich ein relativ ähnliches Bild, genauso wie bei den Herkünften auf den Flächen **Lechner** oder **Winter**. Vergleicht man hingegen die Ernährung der Herkunft **Urnenhain** auf den einzelnen Flächen miteinander, so ist das Bild sehr unterschiedlich.

Ein Vergleich der Herkünfte auf den Licht- und Schattenflächen lässt keinen eindeutigen Rückschluss auf die Veränderung der Nährstoffaufnahme bei unterschiedlichem Lichtgenuss zu.

Im Allgemeinen unterscheiden sich die Werte der Licht- und Schattenflächen einer Herkunft nicht sehr stark voneinander; der Einfluss der Fläche, auf der die Herkunft vorkommt, dürfte vorherrschen.

Zu bemerken ist jedoch der höhere Kalziumgehalt auf den Lichtflächen. Kalzium ist ein Indikator für den Transpirationsstrom und deutet daher auf den Flächen mit höherem Lichtgenuss auf erhöhten Wasserumsatz hin.

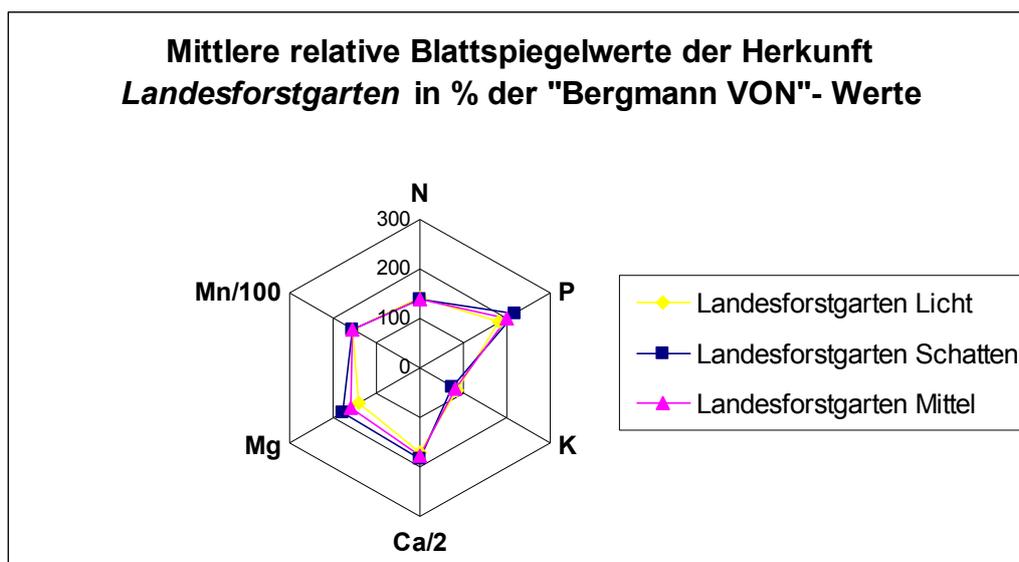


Abb.38: Vergleich der relativen Blattspiegelwerte der Herkunft **Landesforstgarten** auf den Licht- und Schattenflächen

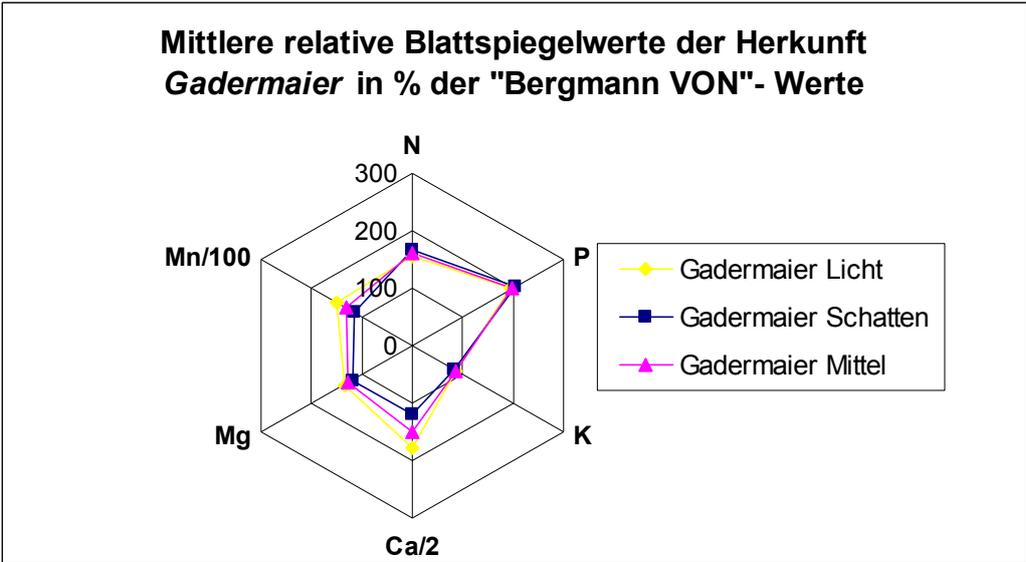


Abb.39: Vergleich der relativen Blattspiegelwerte der Herkunft *Gadermaier* auf den Licht- und Schattenflächen

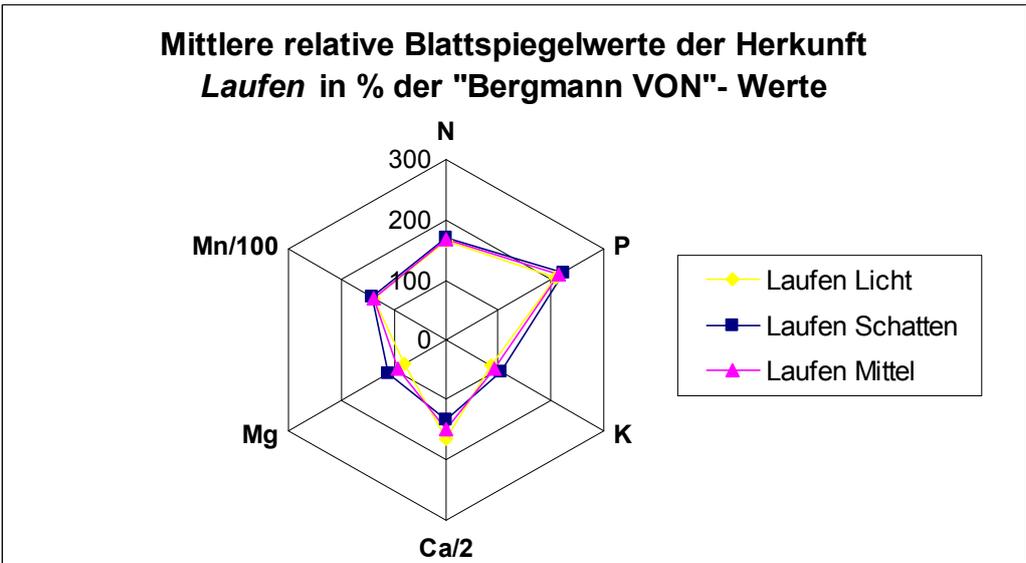


Abb.40: Vergleich der relativen Blattspiegelwerte der Herkunft *Laufen* auf den Licht- und Schattenflächen

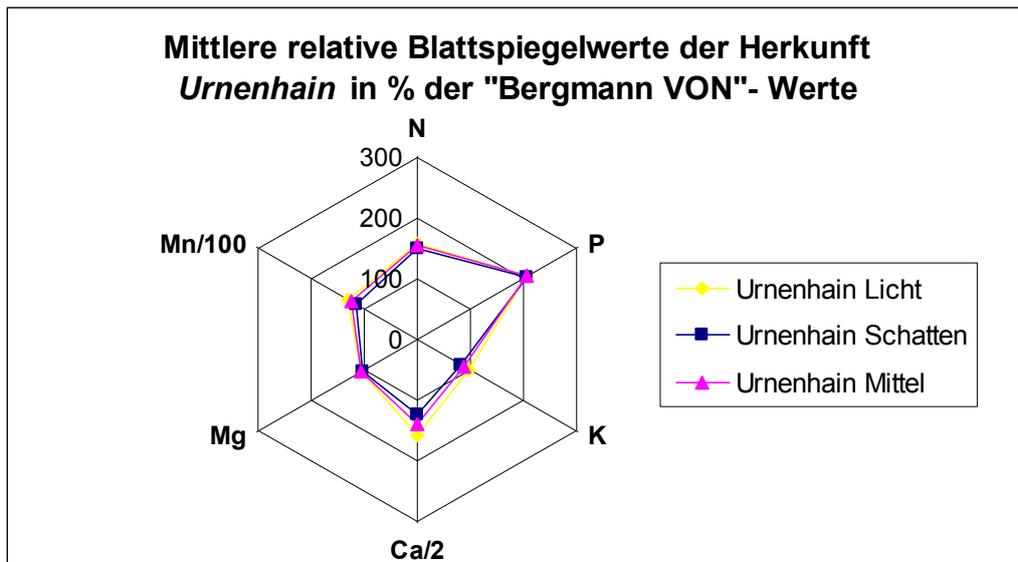


Abb.41: Vergleich der relativen Blattspiegelwerte der Herkunft *Urnenhain* auf den Licht- und Schattenflächen

Die besondere Wachstumsleistung auf der Fläche **Pöttinger** konnte aufgrund der Blattspiegelwerte nicht erklärt werden. Im Allgemeinen sind die Pflanzen gut mit den wichtigsten Nährstoffen versorgt.

Auffällig ist die gute Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff auf Böden, auf denen in den letzten Jahrhunderten massiv Biomasse entzogen wurde.

Ein möglicher Grund dafür könnte der erhöhte Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre sein, den auch GENSSLER (2000) erwähnt.

Wenn Pflanzen besser wachsen und mehr Blattmasse aufbauen, dann bedeutet das auch bei gleichen Nährstoffgehalten pro Blatttrockenmasseneinheit, dass derartige Pflanzen mehr Nährstoffe aufgenommen haben.

Ein durch vermehrten Stickstoffeintrag angeregtes Wachstum kann bei anderen Nährstoffen wie Kalium und Magnesium zu einem Verdünnungseffekt führen. (BERGMANN, W. (1986) ENGLISCH (1992))

Besonders problematisch wirkt sich ein erhöhter Stickstoffeintrag auf sauren Böden aus, da Nährstoffe wie Kalzium, Magnesium und Kalium vermehrt ausgewaschen werden.

3.4.2. Humusaufgabe und Mineralboden

3.4.2.1. Nährstoffe

Der mittels Säureaufschluss ermittelte Gesamtgehalt der Nährstoffe der Humusaufgabe kann relativ schnell durch Humifizierung der Streu für die Pflanzen verfügbar werden.

Der mittels Säureaufschluss ermittelte Gesamtgehalt im Mineralboden wird hingegen sehr langsam, durch fortschreitende Verwitterung, für die Pflanzen verfügbar.

Der mittels Barium Chlorid- Extrakt ermittelte Gehalt an Nährstoffen gibt den momentan pflanzenverfügbaren Teil an Nährstoffen an, wobei die Gehalte im Säureaufschluss wesentlich höher sind.

Vor allem beim Tiefenverlauf der Elemente in den Bodenhorizonten sind folgende Trends gut zu erkennen.

- Die Gehalte der Elemente Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn und Zn sind im BaCl- Extrakt tendenziell in den oberen Bodenhorizonten am höchsten, sinken dann ab und steigen teilweise ab 30 cm Tiefe wieder an
- Die Gehalte der Elemente Al, Fe, K, Mg, Mn, Na sind im Säureaufschluss tendenziell in den oberen Bodenhorizonten am niedrigsten und steigen mit zunehmender Tiefe an
- Die Gehalte der Elemente P im Säureaufschluss, C im Wösthoff Carmhomat, S nach Leco und N nach Kjeldahl sind tendenziell in den oberen Bodenhorizonten am höchsten und sinken mit zunehmender Tiefe ab

Bei MUTSCH et al (2001) finden sich Daten einer im Weilhartforst gelegenen Intensivbeobachtungsfläche. Freundlicherweise wurden mir die Datensätze der Nährstoffuntersuchungen dieser Fläche von Hr. MUTSCH für einen Vergleich zur Verfügung gestellt.

Die Werte der Intensivbeobachtungsfläche zeigen keine wesentlichen Unterschiede zu den Werten der Probeflächen und bestätigen somit die ermittelten Daten.

In den nachfolgenden Grafiken sind die Tiefenverläufe der wichtigsten Nährstoffe dargestellt.

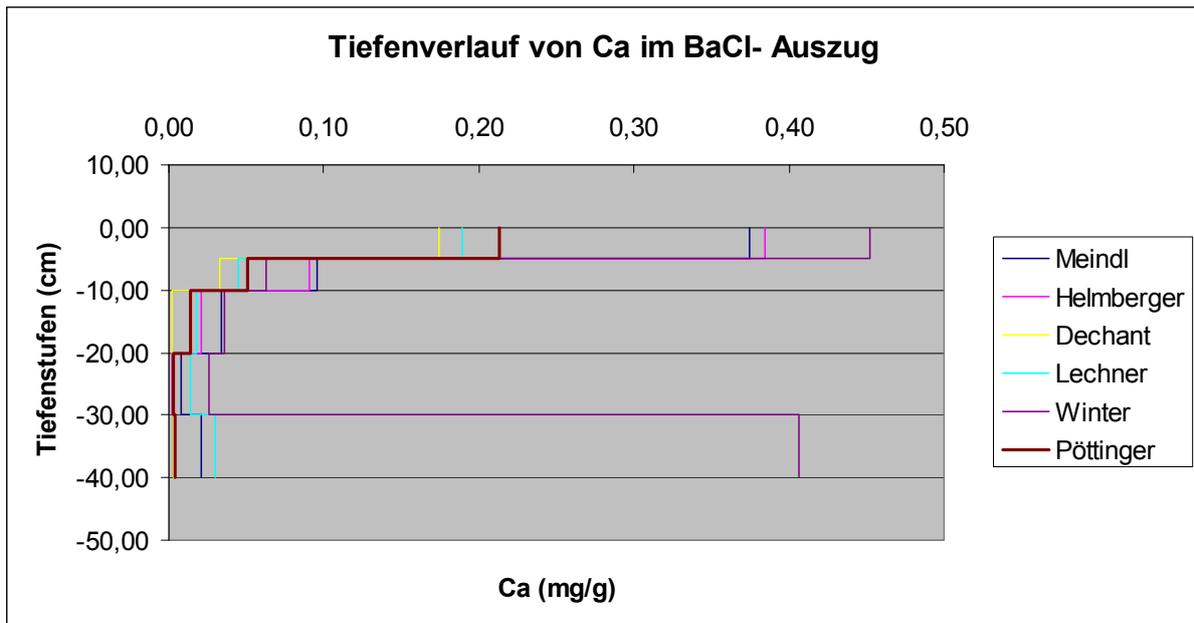


Abb.42: Ca- Gehalte in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen

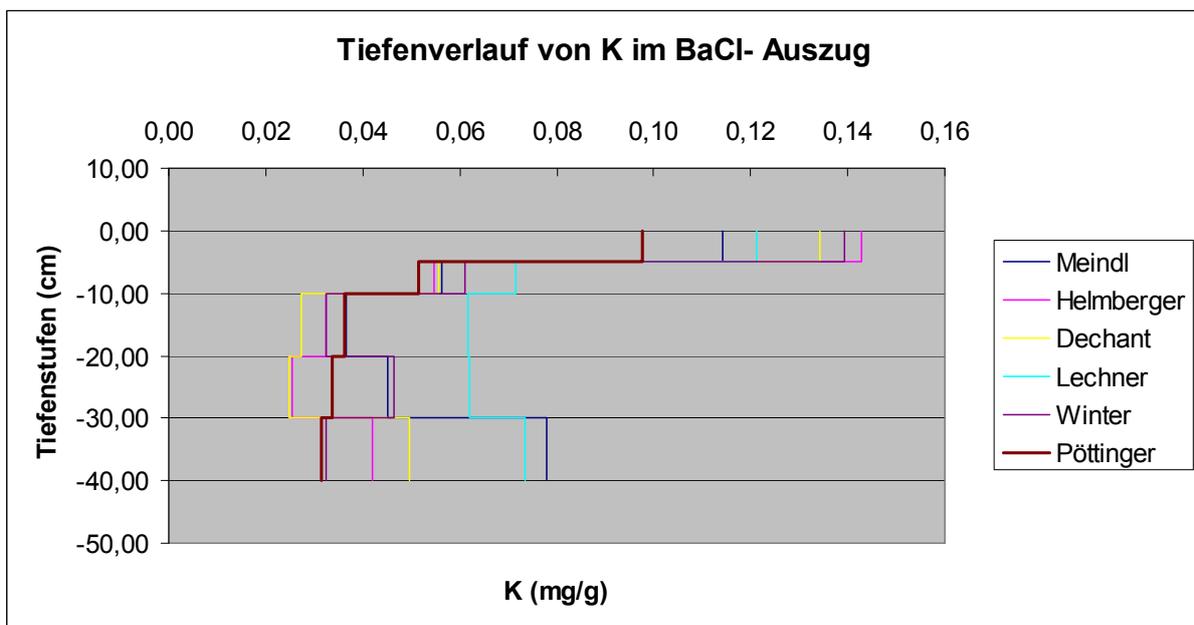


Abb.43: K- Gehalte in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen

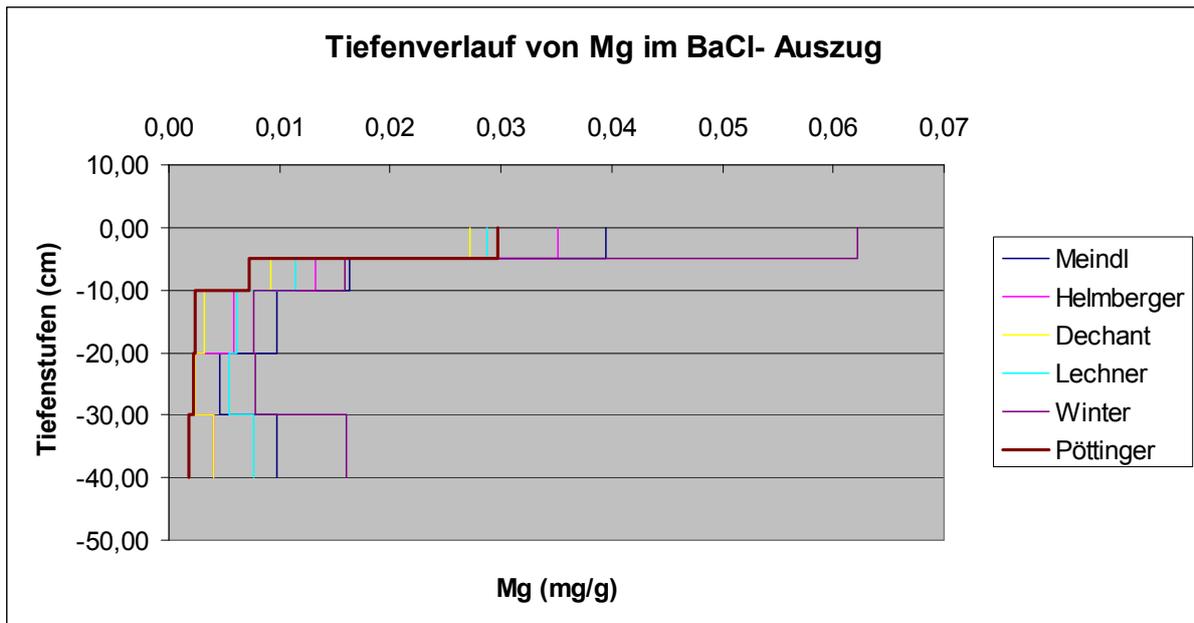


Abb.44: Mg- Gehalte in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen

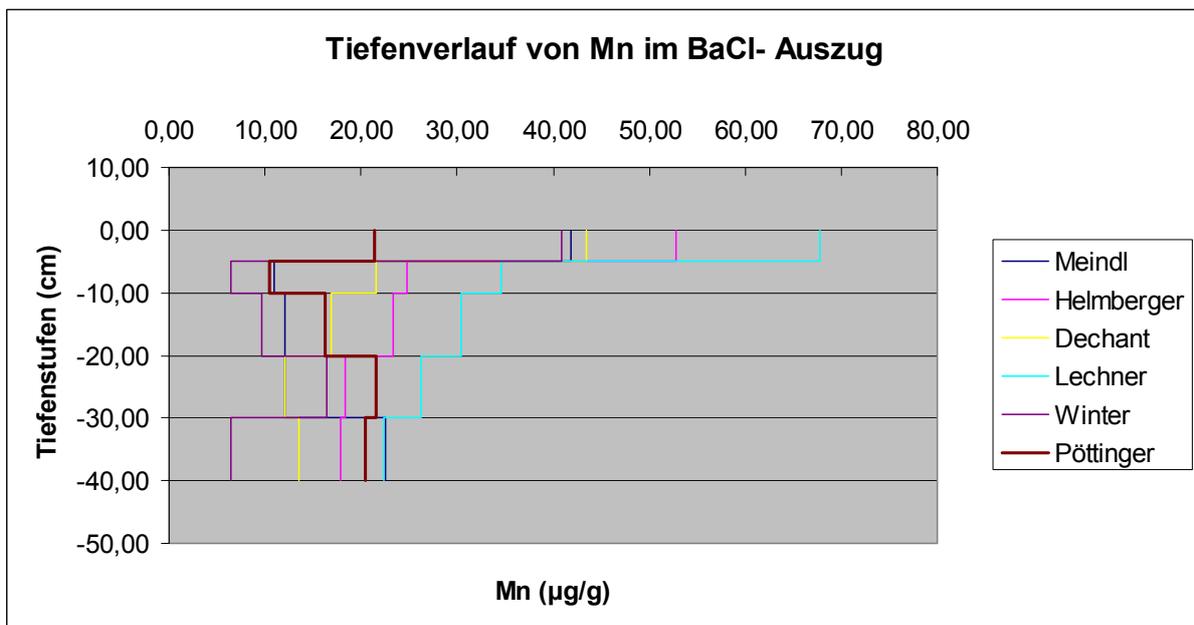


Abb.45: Mn- Gehalte in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen

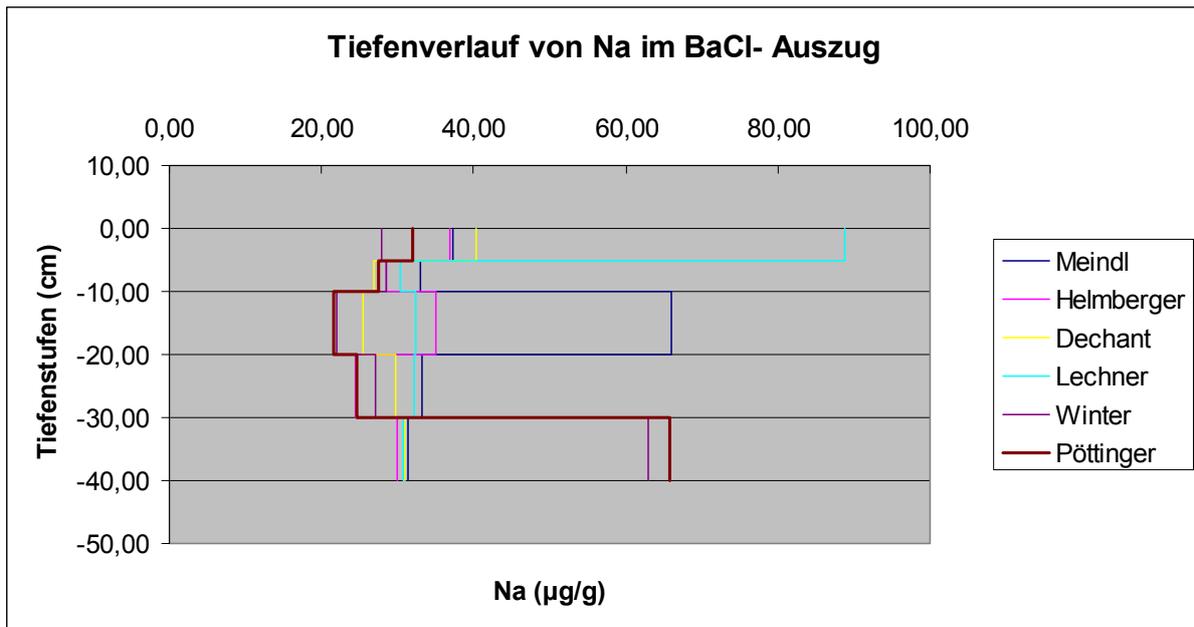


Abb.46: Na- Gehalte in den Bodenhorizonten der Versuchsfächen

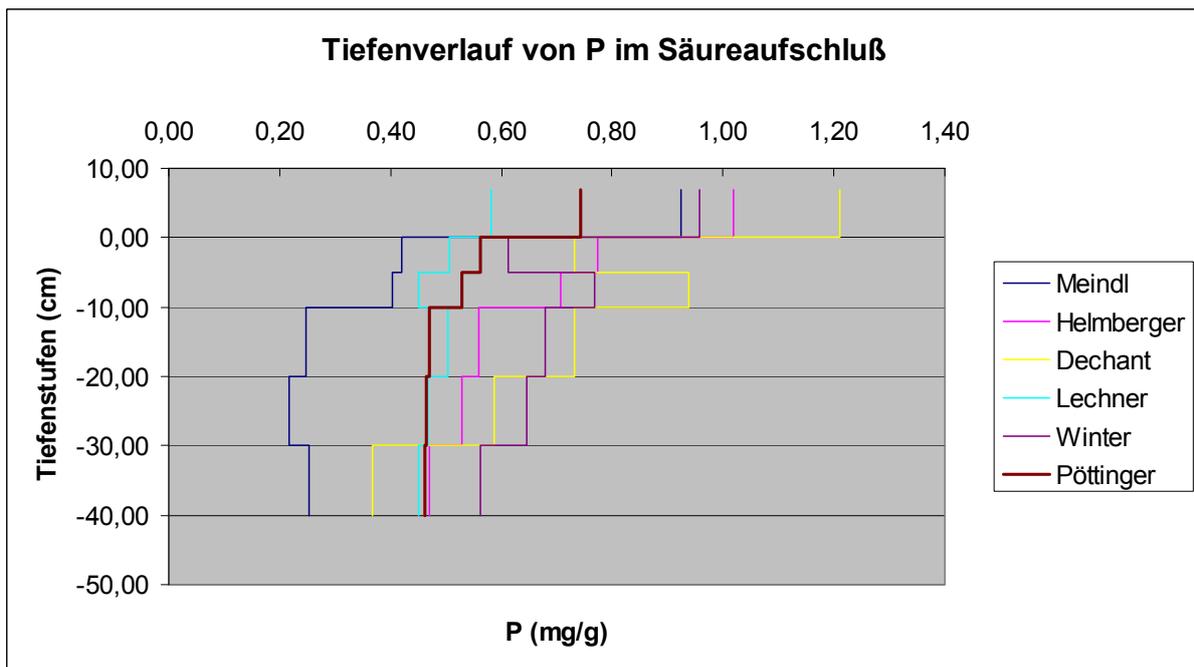


Abb.47: P- Gehalte in der Auflage und in den Bodenhorizonten der Versuchsfächen

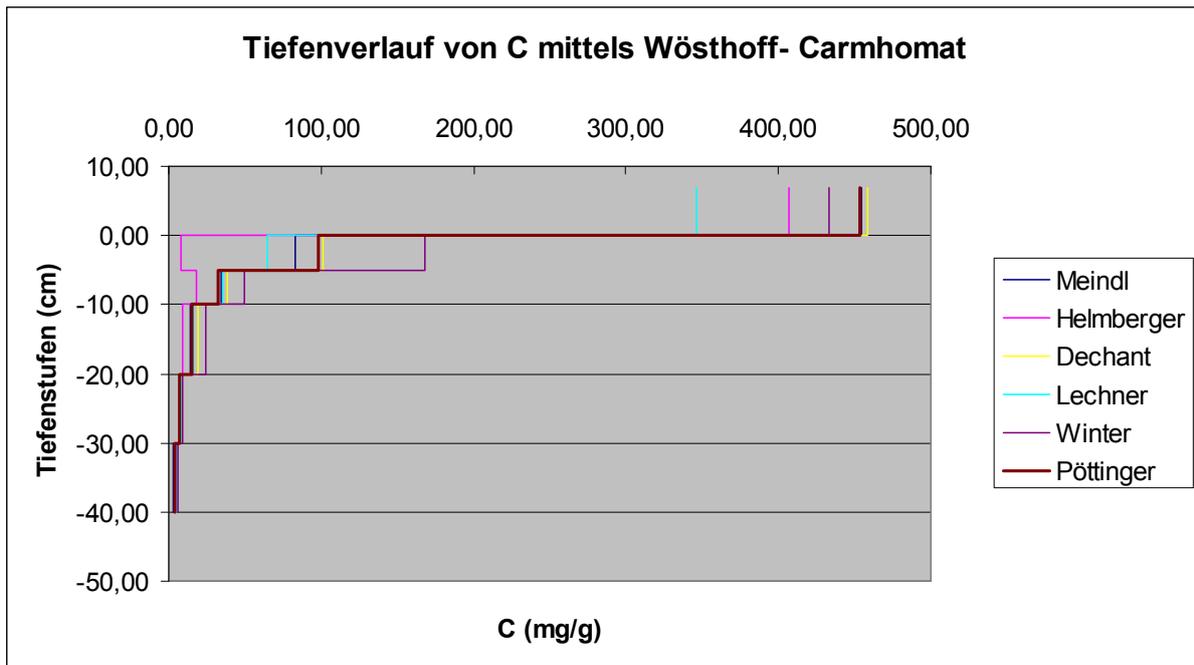


Abb.48: C- Gehalte in der Auflage und in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen

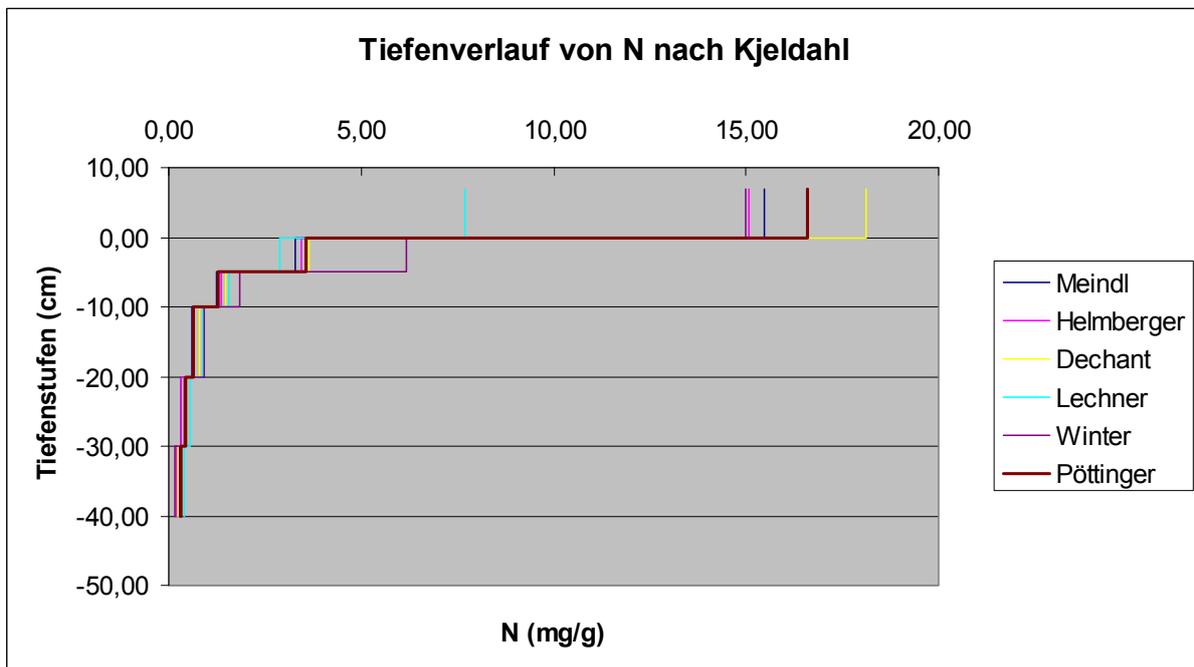


Abb.49: N- Gehalte in der Auflage und in den Bodenhorizonten der Flächen

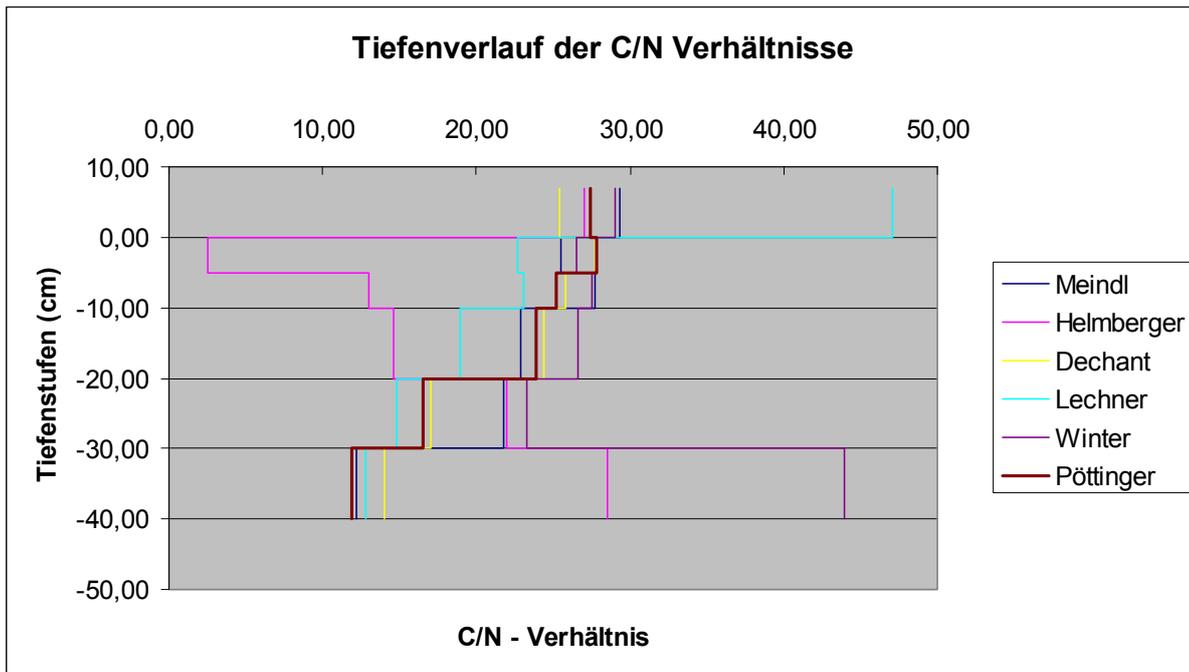


Abb.50: C/N – Verhältnis in den Bodenhorizonten der Flächen

Es sind bei Betrachtung der Tiefenverläufe der Nährstoffe jedoch keine Trends erkennbar, die die bessere Wachstumsleistung auf der Fläche **Pöttinger** erklären. Die Gehalte der Nährstoffe in den Bodenhorizonten der Fläche **Pöttinger** sind meist unterdurchschnittlich.

3.4.2.2. pH-Werte

Nach KILIAN (1992) beschreibt der pH- Wert die Konzentration der freien H-Ionen und lässt daher direkt auf den Säurestatus schließen.

Dabei spiegelt der in H₂O gemessene Wert die Acidität der Bodenlösung wieder und der in CaCl₂ gemessene Wert bietet auch Rückschlüsse auf die am Austauscher sorbierten H⁺-Ionen. Der wesentlich niedrigere pH- Wert in CaCl₂ gibt daher auch Aufschluss darüber, wie weit die Basensättigung des Kationenaustauschers abgenommen hat.

Die Art der Säurepufferung wie auch die Pufferrate des Bodens ist stark abhängig vom pH-Wert (ULRICH, 1981)

- Der Karbonatpufferbereich befindet sich bei einem pH- Wert von über 6,2. Man findet ihn nur in karbonathaltigen Böden, die Pufferwirkung ist sehr groß; Schwankungen im pH- Bereich sind selten.
- der Silikatpufferbereich befindet sich in einem Bereich von 5 bis 6,2. Die Pufferung erfolgt durch Verwitterung des silikatischen Ausgangsmaterials und erfolgt meist langsam; der Puffer ist ebenfalls sehr groß
- der Austauschpuffer befindet sich in einem Bereich von 4,2 bis 5. Dabei werden säurebildende Kationen wie H, Al, Fe und Mn an Tonmineralien und Humus angelagert und verdrängen dabei basische Kationen wie K, Ca, Mg und Na. Die Summe der möglichen Speicherplätze wird dabei als Kationenaustauschkapazität (KAK) bezeichnet. Ist die KAK gering, so reagiert der Boden sehr empfindlich auf Säurezufuhr.
- Der Aluminium- und Aluminium/Eisen- Pufferbereich befindet sich in einem Bereich von 3,2 bis 4,2; der Eisenpufferbereich schließt ab einem Wert von unter 3,2 an. Die Reserven dieser Puffer sind extrem groß, dennoch befindet sich der pH- Wert in einem sehr kritischen Bereich, da toxische Al- Ionen und Fe- Ionen freigesetzt werden.

Die Messung der pH- Werte in der Lösung aus destilliertem Wasser und Boden ergab folgende Ergebnisse:

- Die pH- Werte der Probeflächen befinden sich in einem Bereich von 4 – 5. Die einzige Ausnahme stellt die Probefläche **Winter Licht** mit einem Wert von 7,3 im tiefsten Bodenhorizont dar.
- Die tiefsten pH- Werte mit 4 und 4,1 finden sich in den obersten 3 Bodenhorizonten
- Die Streuung der pH- Werte ist in der obersten 3 Bodenhorizonten am größten
- Die Böden befinden sich also zumindest in den oberen Bereichen teilweise bereits im Al- Pufferbereich, größtenteils aber noch im Austauschpufferbereich

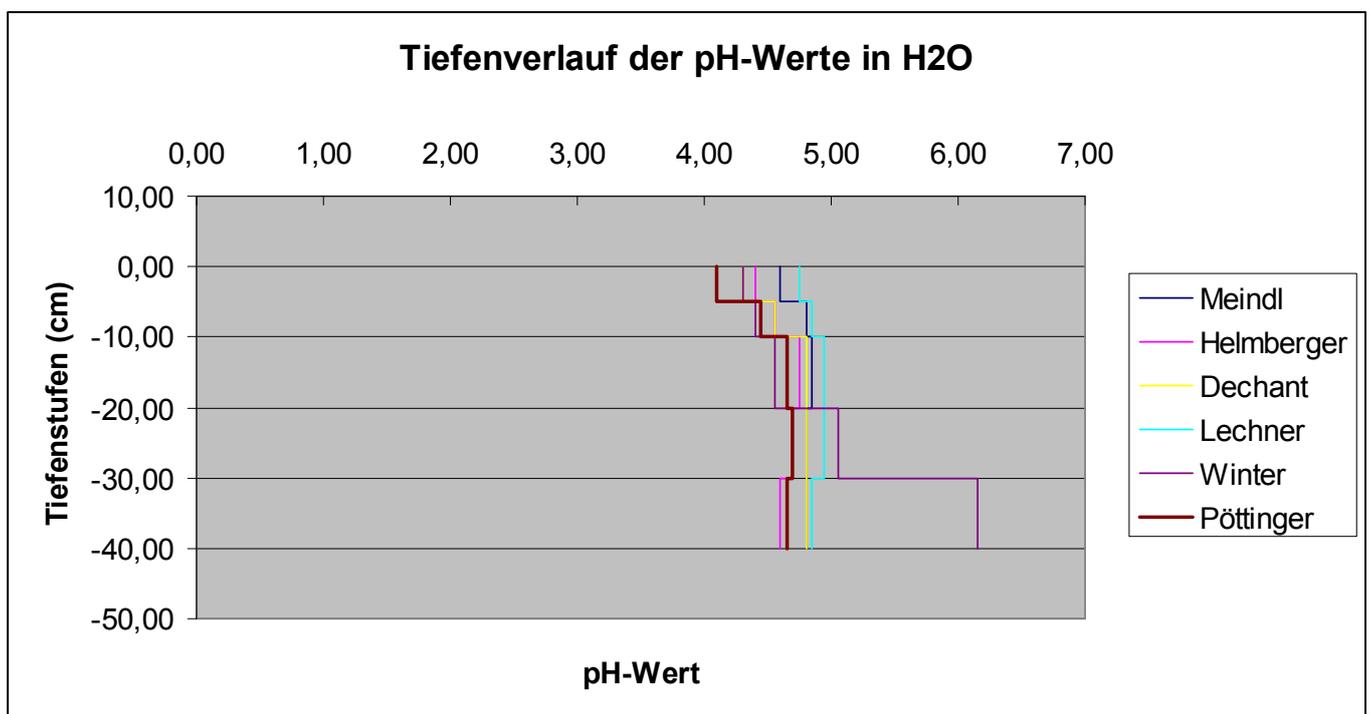


Abb.51: pH- Werte (H₂O) in den Bodenhorizonten der Flächen

KILIAN (1992) bemerkt in der österreichischen Waldbodenzustandsinventur, dass karbonatfreie Böden deutlich niedrigere pH- Werte aufweisen als karbonatbeeinflusste Böden. Besonders im Oberboden von Nadelwaldbeständen wirkt sich säurebildende Streu von Koniferen sehr stark auf den pH- Wert aus.

Hinzu kommt der massive Nährstoffentzug durch Streunutzung und Waldweide, der sich ebenfalls sehr stark auf den Säurehaushalt des Bodens ausgewirkt hat (KRAPFENBAUER (1960))

Die Messung der pH- Werte in der Lösung aus verdünntem Kalziumchlorid und Boden ergab folgende Ergebnisse:

- Die pH- Werte der Probeflächen befinden sich in einem Bereich von 3,2 – 4,4. Die einzige Ausnahme stellt die Probefläche **Winter Licht** mit einem Wert von 6,9 im tiefsten Bodenhorizont dar.
- Die tiefsten pH- Werte mit 3,2 - 3,4 finden sich in den obersten 2 Bodenhorizonten
- Die Streuung der pH- Werte ist in der obersten 2 Horizonten am größten

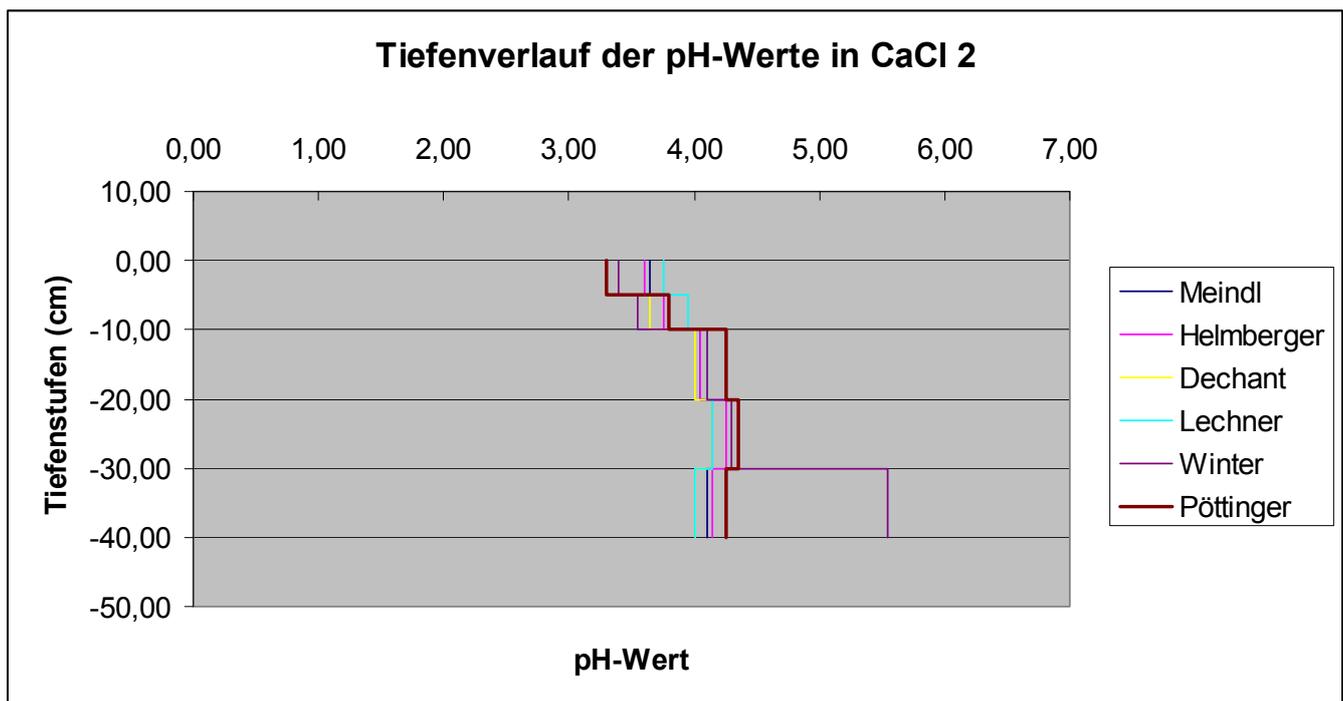


Abb.52: pH- Werte (CaCl₂) in den Bodenhorizonten der Flächen

Die Fläche **Pöttinger** kann keinen überdurchschnittlichen pH-Wert aufweisen, in manchen Horizonten hat sie sogar die tiefsten gemessenen pH- Werte.

Die herausragende Wachstumsleistung auf dieser Fläche kann also auch nicht durch einen besonders günstigen pH- Wert begründet werden.

3.4.2.3. KAK

Die KAK gibt die Menge der im Boden gespeicherten Säuren und Basen an. Die Pufferrate und -kapazität des Austauschpuffers ist relativ gering, Böden mit einem pH- Wert von 4,2 bis 5 reagieren daher sehr empfindlich auf weitere Säurezufuhr.

Der S- Wert gibt die Menge an basischen Kationen an, die Basensättigung entspricht dem prozentuellen Anteil der basischen Kationen an der KAK. Besonders bei einer Basensättigung von unter 12% gilt der Austauschpuffer als beinahe erschöpft KILIAN (1992).

KILIAN erwähnt in der österreichischen Waldbodenzustandsinventur weiters die besonders niedrige Kationenaustauschkapazität der Böden im Weilhartforst.

Die gemessenen Werte der Flächen entsprechen in etwa der 10-Perzentille aller von KILIAN angeführten Werte für karbonatfreie Böden, teilweise liegen sie sogar noch darunter.

Die mittleren Werte der KAK bis in 30 cm Tiefe liegen auf den Flächen zwischen 3,2 und 4,5 mmol/100g. Eine Ausnahme bildet hier die Fläche **Winter Licht** mit 5,7 mmol/100g.

Die Fläche **Pöttinger** liegt mit Werten von 3,5 und 4,1 mmol/100g im Mittelfeld der Flächen.

Die mittleren S- Werte bis in 30 cm Tiefe liegen auf den Flächen zwischen 0,4 und 1,3 mmol/100g.

Die Basensättigung der Flächen liegt zwischen 10,8 und 23,4 %, die Fläche **Pöttinger** weist mit 11,5 und 12,6 % erstaunlich niedrige Mittelwerte auf und liegt teilweise unter dem von KILIAN (1992) angegebenen Grenzwert. Dies bedeutet, dass der Austauschpuffer schon weitgehend erschöpft ist und die Funktion vom Aluminiumpuffer übernommen wird – worauf die pH- Werte ja ebenfalls hingedeutet haben.

Abb. 50- 52 zeigen die unterschiedlichen KAK einiger Probeflächen. Auffällig ist der stark unterschiedliche Anteil an basischen Kationen, der zu den Ergebnissen der Basensättigung führt.

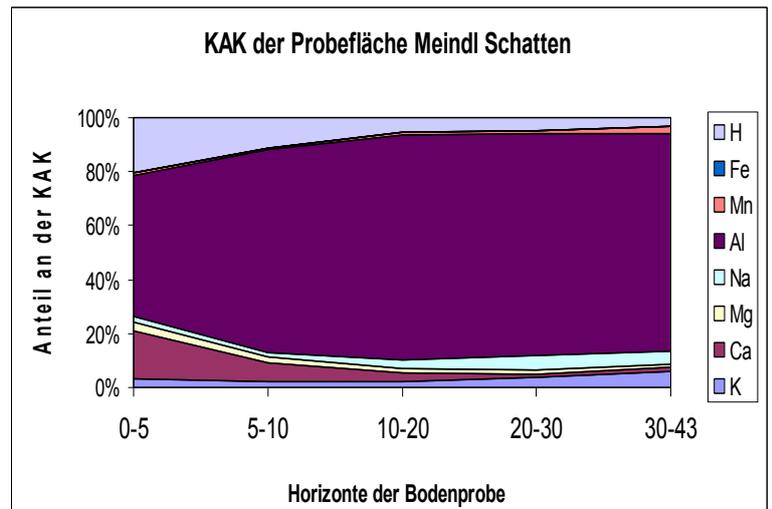
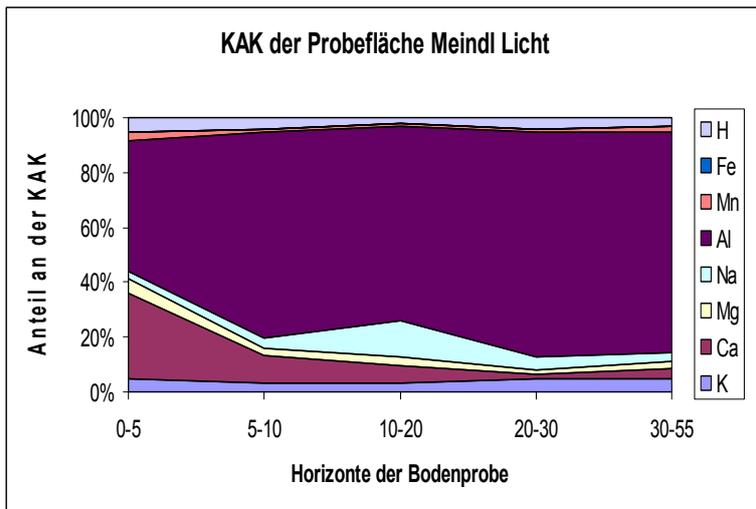


Abb.53: Die KAK in den Bodenhorizonten auf den Probeflächen **Meindl Licht** und **Schatten**

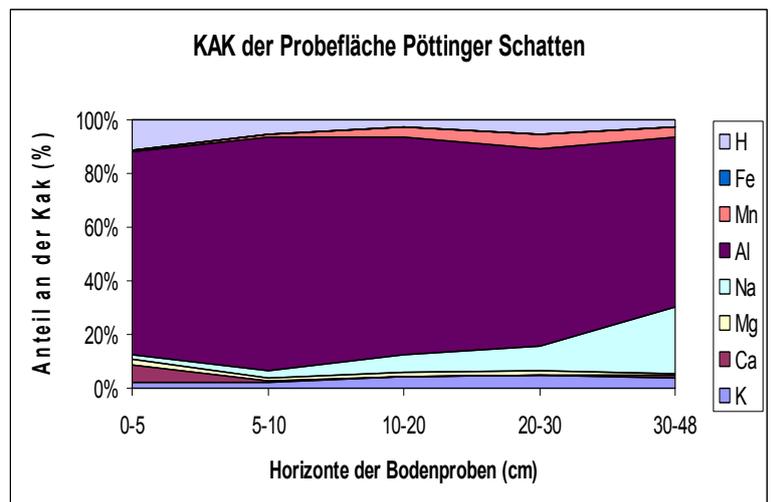
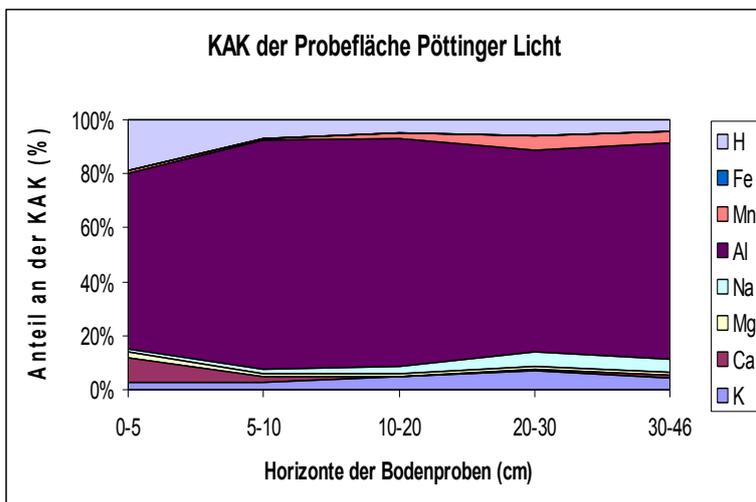


Abb.54: Die KAK in den Bodenhorizonten auf den Probeflächen **Pöttinger Licht** und **Schatten**

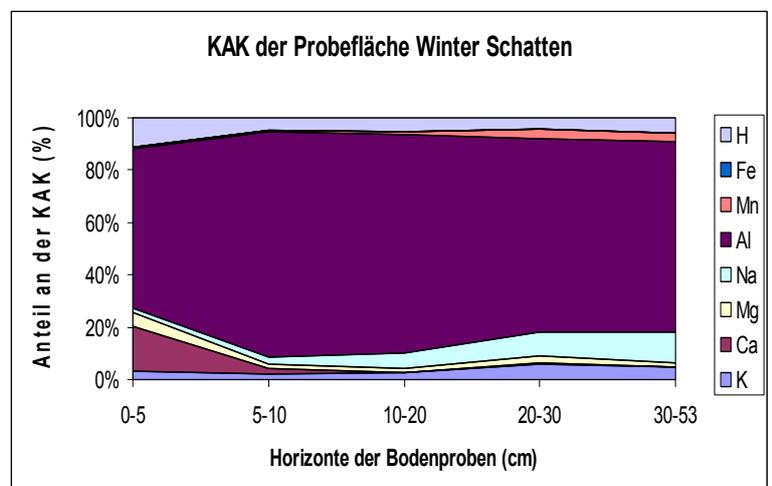
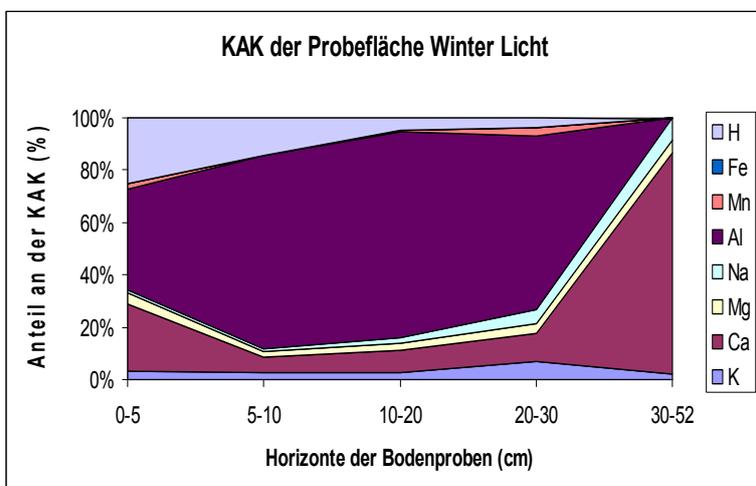


Abb.55: Die KAK in den Bodenhorizonten auf den Probeflächen **Winter Licht** und **Schatten**

3.4.2.4. Porenvolumen, Feinboden und Grobskelett

Sehr interessante Ergebnisse erbrachte die Analyse von Porenvolumen, Feinboden- und Grobbodenanteil.

- Das Porenvolumen der Fläche **Pöttinger** erreicht in den 4 obersten Bodenhorizonten vergleichsweise hohe Werte:
 - Auf den Lichtflächen liegt nur der Wert der Probefläche **Winter Licht** im ersten Bodenhorizont deutlich über dem Wert der Probefläche **Pöttinger Licht**.
 - Auf den Schattenflächen ist dieser Effekt noch deutlicher ausgeprägt als auf den Lichtflächen. In allen 4 Bodenhorizonten liegen die Werte der Probefläche **Pöttinger Schatten** deutlich über den Werten der anderen Probeflächen

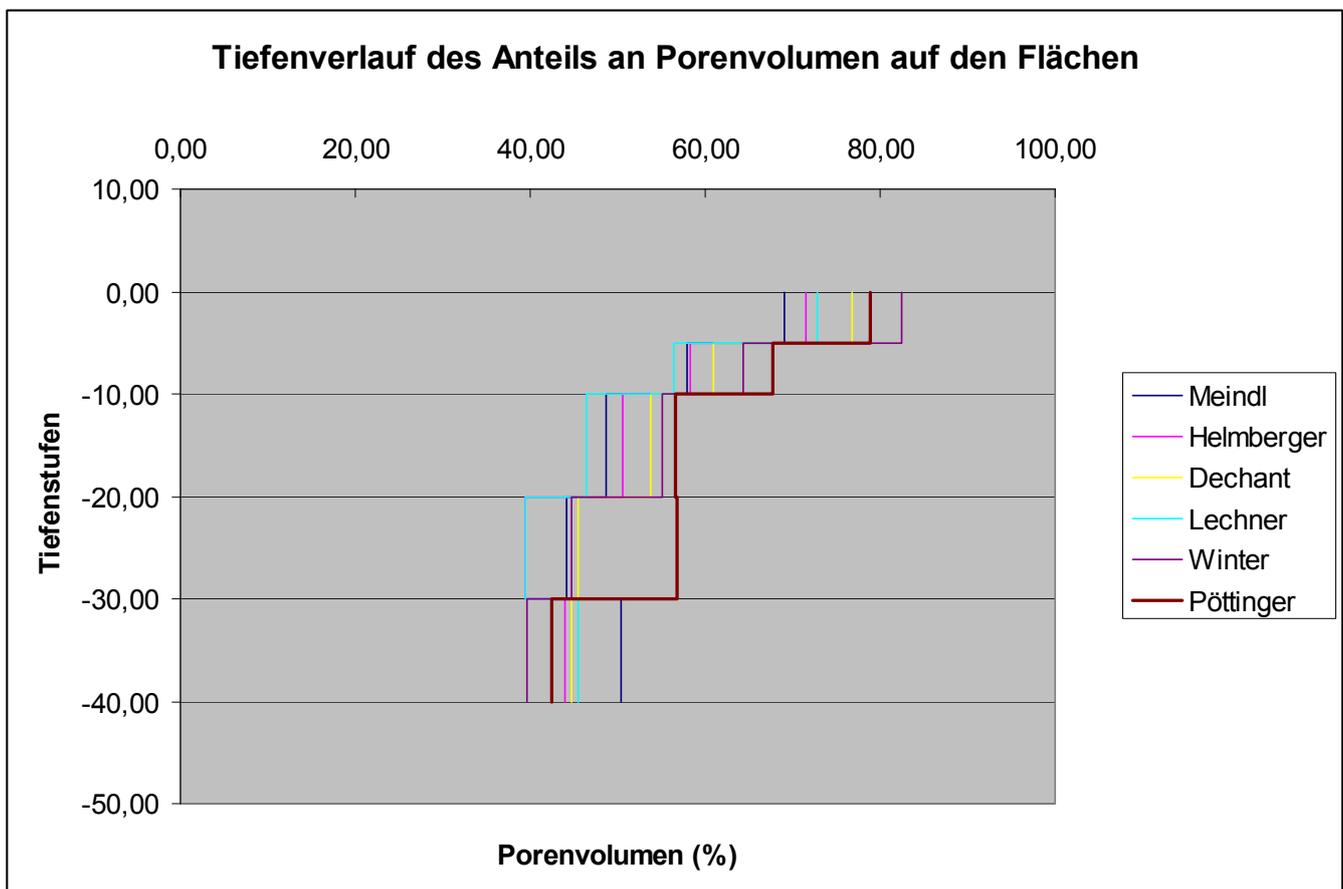


Abb.56: Porenvolumen in den Bodenhorizonten der Flächen

- Der Feinbodenanteil der Fläche **Pöttinger** erreicht in fast allen Bodenhorizonten vergleichsweise hohe Werte:
 - Auf den Lichtflächen liegen nur die Werte der Probefläche **Meindl Licht** im zweiten und vierten Bodenhorizont über den Werten der Probefläche **Pöttinger Licht**
 - Auf der Probefläche **Pöttinger Schatten** ist der Feinbodenanteil im obersten Horizont relativ gering, in den übrigen Bodenhorizonten der Schattenflächen liegen die Werte deutlich über denen der anderen Flächen – nur die Probefläche **Winter Schatten** weist im vierten und fünften Horizont ebenfalls hohe Werte auf

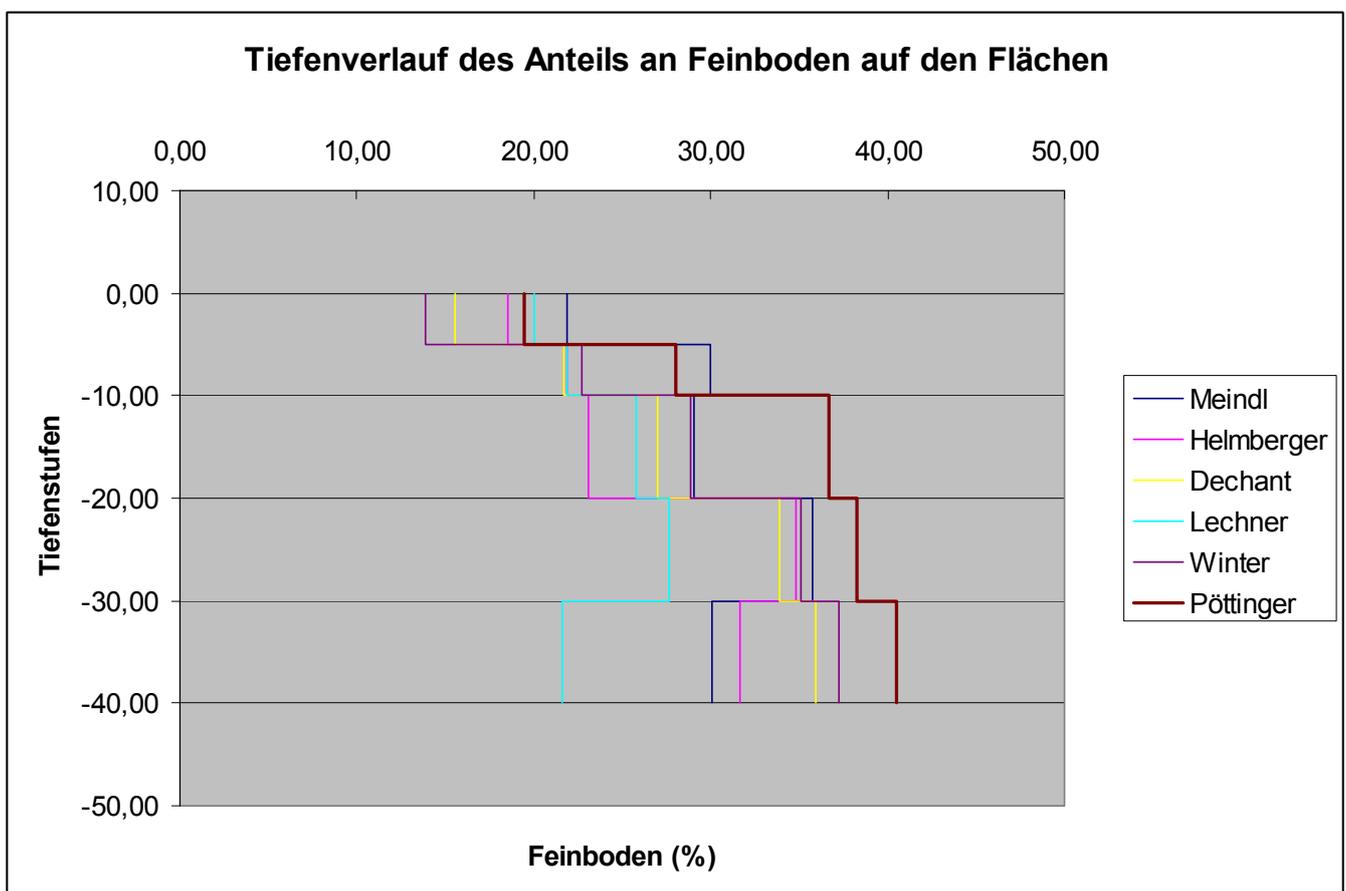


Abb.57: Feinbodenanteil in den Bodenhorizonten der Flächen

- Der Grobskelettanteil der Fläche **Pöttinger** erreicht in fast allen Bodenhorizonten vergleichsweise geringe Werte:
 - In den 4 obersten Bodenhorizonten der Lichtflächen liegt nur der Wert der Probefläche **Winter Licht** im ersten Bodenhorizont über dem Wert der Probefläche **Pöttinger Licht**
 - Auf den Schattenflächen ist dieser Effekt noch deutlicher ausgeprägt als auf den Lichtflächen. In allen Bodenhorizonten liegen die Werte der Probefläche **Pöttinger Schatten** deutlich unter den Werten der anderen Probeflächen

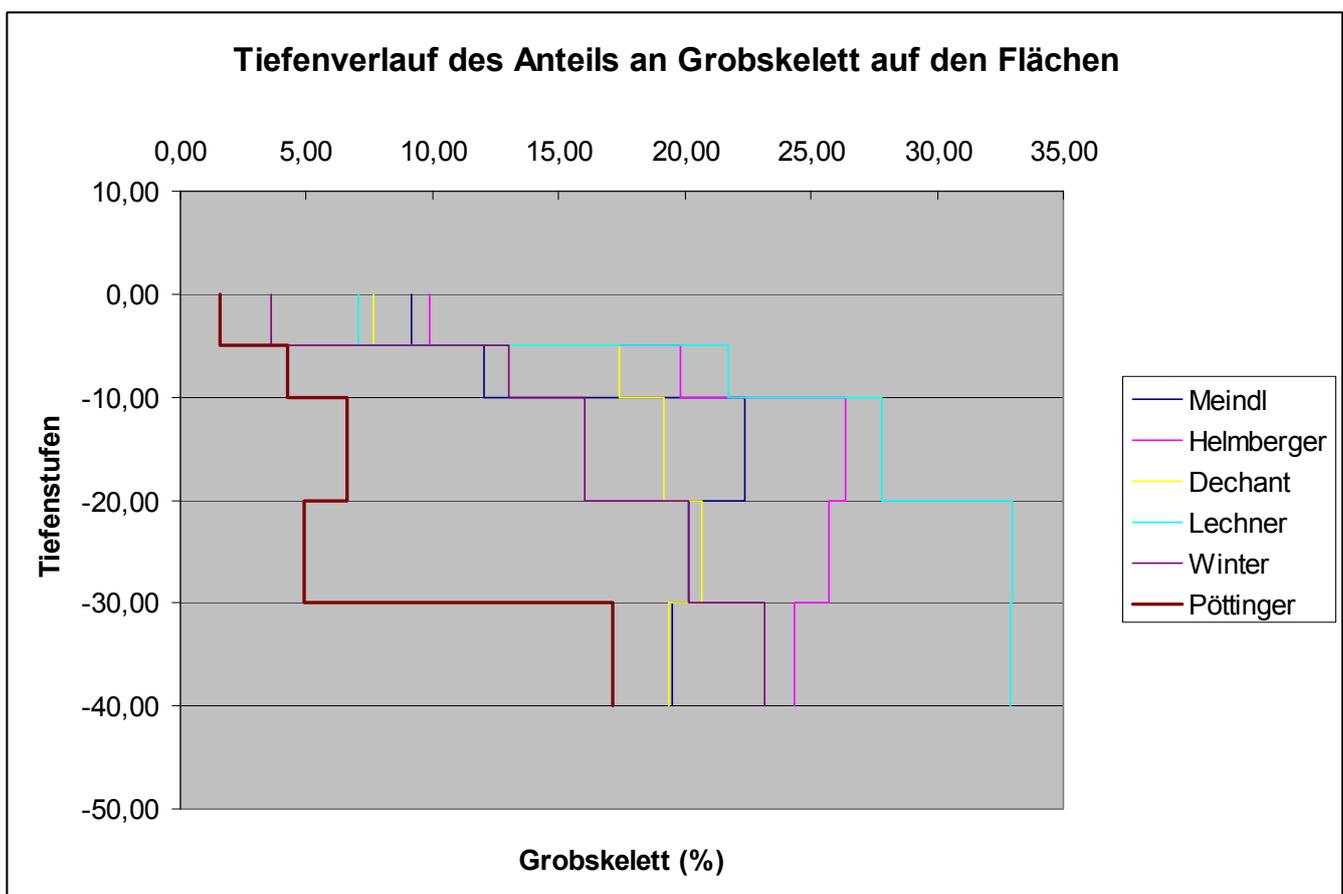


Abb.58: Grobskelettanteil in den Bodenhorizonten der Flächen

Die Fläche **Pöttinger** weist somit einen außergewöhnlich hohen Anteil von Porenvolumen und Feinboden sowie einen außergewöhnlich geringen Anteil an Grobskelett auf.

Dies könnte möglicherweise der Grund für die besondere Wachstumsleistung der Fläche **Pöttinger** sein.

Um diese Hypothese zu überprüfen, wurde die durchschnittliche Höhe 2003 der Flächen in Relation zu ihren Anteilen von Porenvolumen, Feinboden und Grobskelett gesetzt.

Die nachfolgenden Grafiken zeigen die berechneten Werte sowie den potenziellen Verlauf (inklusive Bestimmtheitsmaß) der Beziehung Höhe 2003 und Volumenanteil von Feinporen, Feinboden und Grobskelett.

- Die Flächen mit dem größeren Anteil von Porenvolumen haben auch die größeren Höhen 2003

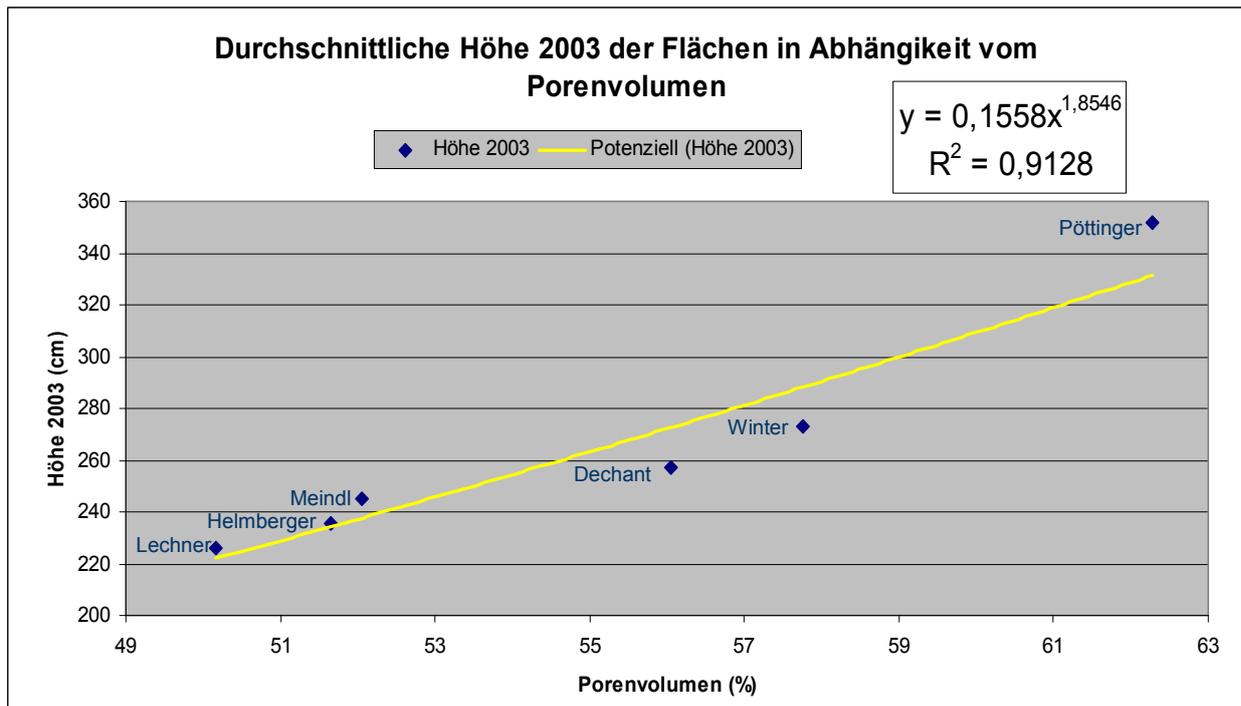


Abb.59: Durchschnittliche Höhe 2003 auf den Flächen in Abhängigkeit vom Porenvolumen

- Die Flächen mit dem größeren Feinbodenanteil haben auch die größere Höhe 2003. Eine Ausnahme bildet hier die Fläche **Meindl**, die zwar einen höheren Feinbodenanteil als die Flächen **Dechant** und **Winter** hat, jedoch geringere Höhen 2003 als diese aufweist.

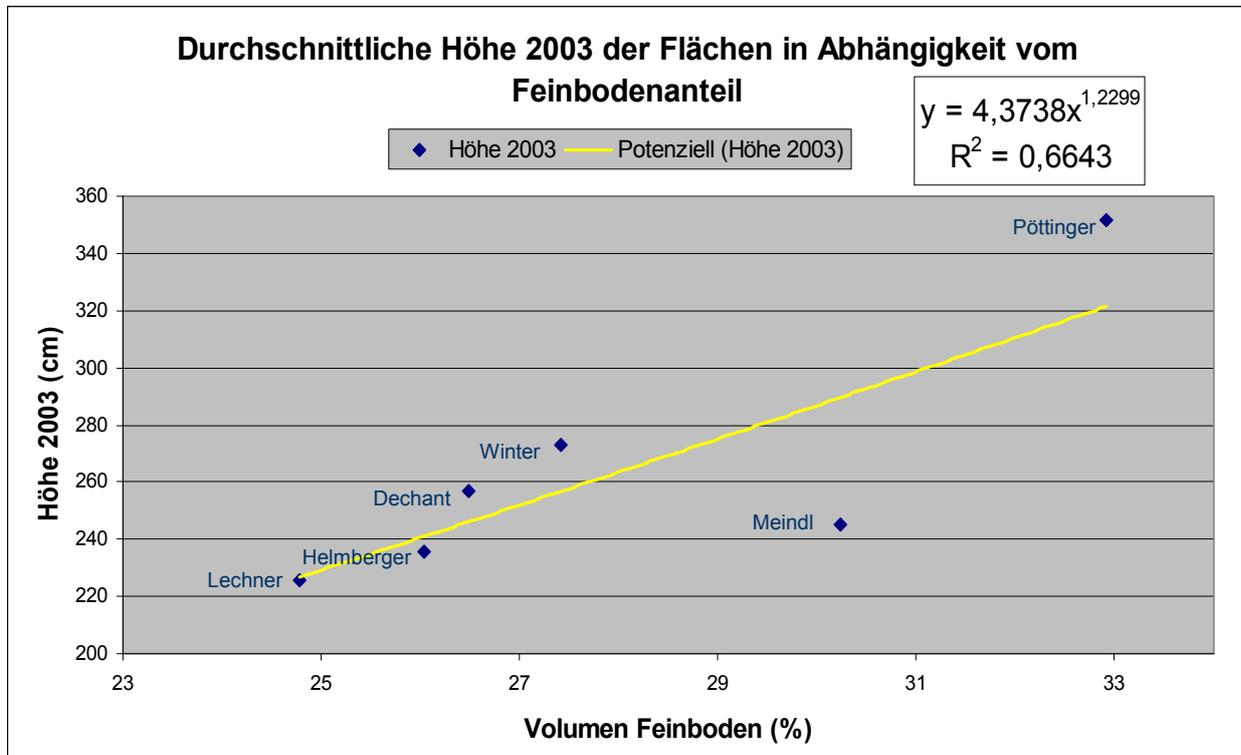


Abb.60: Durchschnittliche Höhe 2003 auf den Flächen in Abhängigkeit vom Feinbodenanteil

- Die Flächen mit dem geringeren Grobskelettanteil haben auch die größeren Höhen 2003.

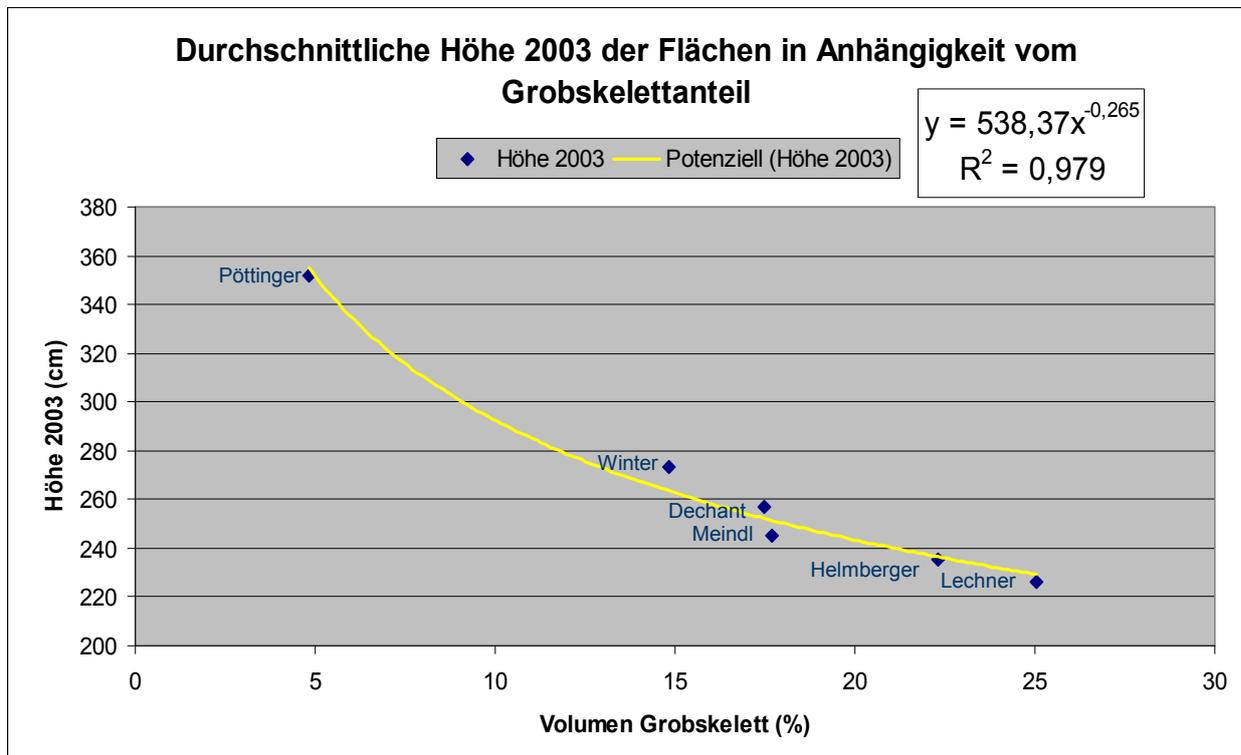


Abb.61: Durchschnittliche Höhe 2003 auf den Flächen in Abhängigkeit vom Grobskelettanteil

Fasst man die Ergebnisse der Relationen Höhe 2003 und Volumen von Feinporen, Feinboden und Grobskelett zusammen, ergeben sich folgende Trends:

- **Die Flächen mit höherem Feinporenanteil, höherem Feinbodenanteil und geringerem Grobskelettanteil haben auch die größeren Höhen**
- Besonders gilt dies für die Flächen **Pöttinger**, **Helmberger** und **Lechner**, mit Vorbehalt auch für die Flächen **Winter** und **Dechant**
- Die Fläche **Meindl** bildet bei der Relation von Feinboden und Höhe eine Ausnahme. Trotz deutlich höherem Feinbodenanteil liegt sie bei den Höhen hinter den Flächen **Winter** und **Dechant** zurück. Da sich die Fläche **Meindl** aber nahtlos in die Relation von Höhe und Feinporenvolumen und von Höhe und Grobskelettanteil einfügt, scheinen die Höhe des Porenvolumens und des Grobskelettanteils ein wesentlich limitierender Faktor zu sein.
- Die Fläche **Lechner**, die auf einer Hochschotterterrasse liegt, weist in allen Belangen die ungünstigsten Relationen auf
- Die Fläche **Pöttinger** hat mit Abstand den höchsten Feinporen- und Feinbodenanteil, den geringsten Grobskelettanteil sowie die größten Höhen zu verzeichnen

3.4.2.5. Mineralanalysen

Aufgrund der bisherigen Ergebnisse wurden 2005 eine Gesamtmineralanalyse, eine Tonmineralanalyse und eine Körngrößenanalyse am Institut für Angewandte Geologie von Prof. F. OTTNER durchgeführt.

Dabei wurde von jeder Probefläche der Horizont von 20 – 30 cm des Mischprofils untersucht.

Die **Gesamtmineralanalyse** erbrachte folgende Ergebnisse:

- In allen untersuchten Proben dominiert eindeutig Quarz. Es sind Mengen um 70-80% der Masse vorhanden
- Stark untergeordnet, aber meistens noch als Hauptbestandteil, tritt Albit (Na-Plagioklas) auf
- Als Nebenbestandteil treten Kalifeldspat, geringe Mengen an Schichtsilikaten und in manchen Proben Hornblenden in sehr geringen Spuren auf
- Karbonatminerale wie Kalzit oder Dolomit konnten in keiner der Proben nachgewiesen werden
- Der Gesamtmineralbestand weist wegen des überwiegenden Quarzgehaltes der Feldspäte auf einen sehr weit fortgeschrittenen Verwitterungszustand hin
- Die Proben sind alle sehr einheitlich, die Unterschiede der Gesamtmineralverteilung sind verschwindend gering

Tonmineralanalyse

- Bei der Tonfraktion aller untersuchten Proben dominiert das nicht quellfähige Tonmineral Chlorit und ist generell der Hauptbestandteil
- Als Nebenbestandteil treten Illit und ein Mixed Layer Material aus Chlorit und Illit auf.
- Der Anteil an Kaolinit ist sehr gering, in einigen Proben tritt Bodenvermikulit auf
- Smektit ist in keiner Probe nachweisbar
- Wie bei der Gesamtmineralverteilung sind auch die Unterschiede in der Tonmineralverteilung sehr gering; eine Differenzierung der Profile ist kaum möglich
- Der hohe Anteil des Chlorits, der fehlende Smektit und der untergeordnete Vermikulit zeigen hauptsächlich physikalische Verwitterung an. Die chemische Verwitterung spielt eine untergeordnete Rolle

Korngrößenanalyse

- Die Verteilung der Korngrößen zeigt eine große Variabilität
- Der Kiesanteil reicht von 5,5 % auf der Probefläche **Pöttinger Schatten** bis zu 54,2 % auf der Probefläche **Lechner Schatten**
- Der Sandanteil liegt bei den meisten Proben zwischen 20 und 30 %, nur auf der Probefläche **Lechner Schatten** liegt der Anteil mit 13,7 % darunter
- Der Schluffanteil reicht von 21,7 % auf der Probefläche **Lechner Schatten** bis zu 44,2 % auf der Fläche **Pöttinger**
- Der Tonanteil reicht von 7 % auf der Probefläche **Helmberger Schatten** bis zu 24 % auf der Probefläche **Pöttinger Schatten**
- Eine detaillierte Auflistung der Ergebnisse der Korngrößenanalyse befindet sich im Anhang

Auch wenn die Gesamtmineralanalyse und die Tonmineralanalyse keine Wachstumsunterschiede begründen konnten, so zeigen sich in der Verteilung der Korngrößen signifikante Unterschiede.

Weniger Grobskelett und mehr Feinboden pro m² bedeutet für die Ernährung der Pflanzen einen größeren Vorrat an Nährstoffen im selben Bodenvolumen, verglichen mit einem Standort, der einen höheren Grobskelettgehalt hat – vorausgesetzt, der austauschbare Nährstoffgehalt pro Masseneinheit Feinboden ist der gleiche.

Dies trifft für die Fläche **Pöttinger** jedoch nicht zu, der Gehalt an Nährstoffen im Boden ist verglichen mit den andern Flächen meist geringer.

In den Bereichen Anteil von Kies, Schluff und Ton wurden für die Fläche **Pöttinger**, besonders für die Teilfläche **Schatten**, jeweils die günstigsten Bedingungen nachgewiesen. Die aus der Korngrößenverteilung resultierende Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen scheint somit der limitierende Faktor für das Höhenwachstum der Eichen zu sein. Auffällig sind weiters die besonders ungünstigen Verhältnisse der Fläche **Lechner**, der einzigen Fläche, die auf der Hochschotterterrasse liegt.

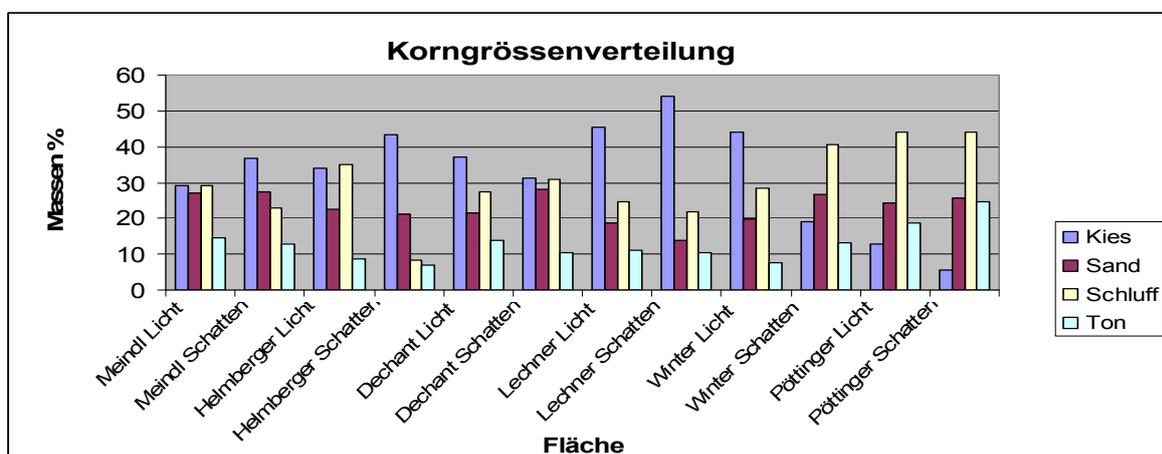


Abb.62: Korngrößenverteilung auf den Probeflächen

3.5. Ergebnisse der statistischen Auswertung

Um die bisherigen Ergebnisse auch statistisch zu bestätigen und weitere Zusammenhänge zu erkennen, wurden Korrelationen nach PEARSON mit dem Statistikprogramm SPSS gerechnet.

Die Korrelationen der Tab.8 ergaben folgende hoch signifikante Zusammenhänge:

- Je höher der Feinporenanteil, je höher der Feinbodenanteil und je niedriger der Grobskelettanteil, desto größer sind die Höhen 2003 – Dieser vermutete Zusammenhang wurde also bestätigt, wobei das Porenvolumen und der Grobskelettanteil besonders starke Korrelationen mit der Höhe 2003 aufweisen. Alle bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Fläche, auf der die Bäume gepflanzt wurden, wesentlich relevanter ist als die Herkunft der Bäume. Das besonders starke Höhenwachstum der Fläche **Pöttinger** kann somit erklärt werden
- Je höher der Feinporenanteil und je niedriger der Grobskelettanteil, desto größer sind die WHD 2003 – Dies erklärt das besonders starke Dickenwachstum der Fläche **Pöttinger**
- Je größer die Höhen 2003, desto besser die Wuchsform – Um Wertholz zu produzieren, wird also ein starkes Höhenwachstum benötigt; das WHD Wachstum scheint für eine gute Wuchsform wenig von Bedeutung zu sein
- Je höher der Feinporenanteil, je höher der Feinbodenanteil und je niedriger der Grobskelettanteil, desto besser ist die Wuchsform – Dieser Zusammenhang folgt logischer Weise aus den vorangegangenen Korrelationen
- Natürlich korrelieren auch die Parameter Feinbodenvolumen, Anteil von Feinboden und Grobskelett sehr stark miteinander

		Fläche	Herkunft	h03	whd03	Wuchsform transformiert	Mittelwert Porenvolumen Prozent	Mittelwert Feinboden Prozent	Mittelwert Grobskelett Prozent
Fläche	Korrelation nach Pearson	1	,054	,467(**)	,494(**)	,112	,638(**)	,286(**)	-,544(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,484	,000	,000	,145	,000	,000	,000
	N		170	167	167	170	170	170	170
Herkunft	Korrelation nach Pearson		1	-,188(*)	-,095	-,131	-,048	-,060	,064
	Signifikanz (2-seitig)			,015	,223	,088	,531	,440	,407
	N			167	167	170	170	170	170
h03	Korrelation nach Pearson			1	,772(**)	,357(**)	,627(**)	,355(**)	-,578(**)
	Signifikanz (2-seitig)				,000	,000	,000	,000	,000
	N				167	167	167	167	167
whd03	Korrelation nach Pearson				1	,068	,489(**)	,099	-,343(**)
	Signifikanz (2-seitig)					,384	,000	,202	,000
	N					167	167	167	167
Wuchsform transformiert	Korrelation nach Pearson					1	,299(**)	,241(**)	-,319(**)
	Signifikanz (2-seitig)						,000	,002	,000
	N						170	170	170
Mittelwert Porenvolumen Prozent	Korrelation nach Pearson						1	,426(**)	-,839(**)
	Signifikanz (2-seitig)							,000	,000
	N							170	170
Mittelwert Feinboden Prozent	Korrelation nach Pearson							1	-,849(**)
	Signifikanz (2-seitig)								,000
	N								170
Mittelwert Grobskelett Prozent	Korrelation nach Pearson								1
	Signifikanz (2-seitig)								
	N								

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab.8: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinbodenanteils (%) und Mittelwert des Grobskelettanteils (%) über alle Flächen und alle Herkünfte

Die Tabellen mit den differenzierten Ergebnissen für die Herkünfte und die Flächen befinden sich im Anhang

Differenzierte Ergebnisse für die Herkünfte

Die Korrelationen für die Herkünfte ergaben folgende Zusammenhänge:

- Die zu erwartenden Zusammenhänge von Höhe 2003 und WHD 2003 sowie die Zusammenhänge von Fläche und Höhe 2003 bzw. WHD 2003 wurden für fast alle Herkünfte bestätigt
- Da die Herkunft **Laufen** nur auf der Fläche **Dechant** gepflanzt worden ist, kann keine Korrelation zu anderen Flächen stattfinden

Die Herkunft **Gadermaier** zeigt folgende hoch signifikante Zusammenhänge:

- Je höher der Feinporenanteil, je höher der Feinbodenanteil und je niedriger der Grobskelettanteil, desto größer sind die Höhen 2003 und der WHD 2003

Die Herkunft **Landesforstgarten** zeigt folgende hoch signifikante Zusammenhänge:

- Je höher der Feinporenanteil, desto größer sind die Höhen 2003 und der WHD 2003

Die Herkunft **Urnenhain** zeigt folgende hoch signifikante Zusammenhänge:

- Je größer die Höhen 2003, desto besser ist die Wuchsform
- Je höher der Feinporenanteil und je niedriger der Grobbodenanteil, desto größer sind die Höhen 2003
- Je höher der Feinporenanteil, desto größer sind die WHD 2003

Differenzierte Ergebnisse für die Flächen

Die Fläche **Helmberger** zeigt folgende hoch signifikante Zusammenhänge:

- Je höher der Feinporenanteil, je höher der Feinbodenanteil und je niedriger der Grobskelettanteil, desto größer sind die WHD

Die Fläche **Winter** zeigt folgende hoch signifikante Zusammenhänge:

- Je höher der Feinporenanteil, je höher der Grobskelettanteil und je niedriger der Feinbodenanteil, desto größer sind die Höhen
- Je höher der Feinporenanteil, je höher der Grobskelettanteil und je niedriger der Feinbodenanteil, desto größer sind die WHD

Die Fläche **Winter** weist bei den beiden zuletzt angeführten Zusammenhängen andere Tendenzen als die übrigen Flächen auf. Die Schattenfläche weist zwar einen geringeren Grobskelettgehalt auf, deren Höhen 2003 und deren WHD 2003 bleiben aber deutlich hinter denen der Lichtfläche zurück.

Dies ist vermutlich auf den bereits erwähnten sehr großen Unterschied im Global Site Factor (GSF d.h. in der Globalstrahlung) der Probeflächen **Winter Licht** und **Winter Schatten** zurückzuführen.

Die Fläche **Pöttinger** zeigt folgenden hoch signifikanten Zusammenhang

- Es besteht ein Zusammenhang zwischen Herkunft und Höhe

Zusammenfassend lassen sich die Ergebnisse der nach Herkunft und Flächen differenzierten Korrelationsanalysen folgendermaßen interpretieren:

- Für die Herkunft gibt es zahlreiche hoch signifikante Zusammenhänge zwischen den Variablen Höhe 2003, WHD 2003 und Wuchsform und der Fläche, auf der sie gepflanzt wurden, bzw. deren Bodenvolumenverteilung
- Auf den Flächen selbst sind wesentlich weniger hoch signifikante Zusammenhänge zu finden, dies deutet auf einen relativ geringen Einfluss der Herkunft und auf geringe Variabilität der Bodenvolumenverteilung auf der Fläche hin

3.6. Empfehlungen

Ein Ziel dieses Projektes war es, Empfehlungen für zukünftige Eichenaufforstungen im Weilhartforst zu machen, mögliche limitierende Faktoren aufzuzeigen und abzuschätzen, ob die Möglichkeit besteht, Eichwertholz zu produzieren.

Die Ausfallsrate der Probepflanzen durch Mortalität war sehr gering; nur eine von 176 Eichen ist abgestorben.

Die Wuchsleistung auf den Flächen ist stark unterschiedlich, die Höhen der 1999 gepflanzten Bäume reichten 2003 durchschnittlich von 2,3 m bis 3,5 m.

Insgesamt ist das Wachstum also mit durchaus zufrieden stellend zu bezeichnen.

Die Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen ist zum größten Teil ausreichend, auch wenn über alle Herkünften und Flächen hinweg teilweise ein Kaliummangel und leichter Magnesiummangel bei den Versuchspflanzen festgestellt werden konnte. Der Säurehaushalt der Böden befindet sich in sehr schlechtem Zustand, der Austauschpuffer ist beinahe erschöpft. Gezielte Maßnahmen der Bodenmelioration sollten in Erwägung gezogen werden.

Der das Wachstum am stärksten beeinflussende Faktor ist die Volumenverteilung von Feinporen, Feinboden und Grobskelett im Boden.

Maßgeblich für die Wertholzproduktion ist die Qualität der Schaffform und der Krone. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Bäume mit den größeren Höhen auch die bessere Wuchsform zeigen.

Somit kann daraus geschlossen werden, dass auf Standorten mit vor allem hohem Feinporenanteil und niedrigem Grobskelettanteil das Ziel der Wertholzproduktion am ehesten erreicht werden kann, vorausgesetzt, alle notwendigen Pflegemaßnahmen werden durchgeführt.

Eine Empfehlung, welche Herkunft gepflanzt werden sollte, kann jedoch nicht abgegeben werden. Das Wachstum der Herkunft **Gadermaier** wird zu stark von den Eigenschaften der Flächen überlagert, die Herkunft **Laufen** ist stark unterrepräsentiert.

Auffällig schlecht ist die Wuchsleistung der Herkunft **Landesforstgarten**, dies könnte sich aber noch ändern. So bemerken KLEINSCHMIT UND SVOLBA (1995), dass etwa das Eichelgewicht das Wachstum der Pflanzen über einen Zeitraum von 10 Jahren hinweg beeinflusst und es danach zu Änderungen der Rangordnung kommen kann.

Ihre Empfehlung ist es, die verschiedenen Herkünfte erst nach 40 Jahren zu beurteilen, um zu eindeutigen Ergebnissen zu kommen.

Bei den Aufforstungen wurden verschiedene Pflanzverbände angewandt. 5 Waldbesitzer wählten die Reihenpflanzung, der Waldbesitzer Dechant forstete mittels Nesterpflanzung auf. Bei dieser ungleichen Verteilung ist es schwierig, eine statistisch gesicherte Aussage über eine bessere Eignung eines Pflanzverbandes zu treffen, zumal die Flächen ja wesentlichen Einfluss auf das Wachstum haben.

Über die Eichen der Nesterpflanzung ist zu sagen, dass sie eine überdurchschnittlich gute Wuchsform haben, die Höhe 2003 dem Durchschnitt entspricht, der WHD 2003 jedoch hinter den anderen Flächen zurückbleibt.

Da diese Tendenzen dem Ziel der Wertholzproduktion nicht im Weg stehen, die Pflanzkosten und der Pflegeaufwand der Nesterpflanzung jedoch wesentlich geringer sind und weitere positive Effekte wie geringe Fällungs- und Rückeschäden zu erwarten sind, kann die Nesterpflanzung für zukünftige Aufforstungen durchaus empfohlen werden.

4. Zusammenfassung

1999 haben sich 6 Mitglieder der Waldwirtschaftsgemeinschaft Weilhart dazu entschlossen, auf Kleinkahlschlägen Stieleichen aufzuforsten. Das Pflanzgut entstammte aus vier verschiedenen Herkünften, die in weiterer Folge auf den 6 Aufforstungsflächen unterschiedlich stark vertreten waren. Ziel dieser Arbeit war es, das Wuchsverhalten der Jungpflanzen bezüglich Höhe, Durchmesser und Wuchsform zu erfassen. Weiters sollten der Ernährungszustand und die standörtlichen Gegebenheiten untersucht werden, um diesbezügliche Engpässe und limitierende Faktoren festzustellen.

Zunächst wurden auf den Aufforstungsflächen jeweils zwei Probeflächen ausgeschieden und verpflockt und Probebäume gekennzeichnet, wobei folgende Kriterien für die Ausscheidung der Probefläche wichtig waren:

- Großer Unterschied in den Lichtverhältnissen
- Alle gepflanzten Herkünfte der Fläche mussten auf den Probeflächen repräsentiert sein

An 3 Aufnahmepunkten der Probefläche wurden Humus- und Mineralbodenproben genommen und hemisphärische Fotos gemacht, um die lichtökologischen Gegebenheiten der Probeflächen zu ermitteln – die Ergebnisse der lichtökologischen Untersuchungen sind bei SCHULLER (2004) zu finden. Weiters wurden von allen Herkünften auf allen Flächen Blattproben genommen, um den Ernährungszustand der Pflanzen zu bestimmen.

An den Probebäumen wurden in den Jahren 2000-2004 die Höhen und die Wurzelhalsdurchmesser gemessen und gegen Ende der Untersuchungen die Wuchsform bestimmt.

Die Aufarbeitung und Analyse der Bodenproben und der Blattproben erfolgte im Labor des Instituts für Waldökologie an der Universität für Bodenkultur, die Endauswertung der Daten erfolgte mit den Computerprogrammen EXCEL, ACCESS, SPSS.

Die Wuchsleistung der Flächen und der Herkünfte wurden anschließend miteinander verglichen.

Beim Vergleich der Flächen in den Bereichen Höhe 2003, WHD 2003 und Wuchsform konnte die Fläche **Pöttinger** einen deutlichen Vorsprung vor den anderen Flächen aufweisen.

Anhand der Herkunft **Urnenhain**, der einzigen Herkunft, die auf allen 6 Flächen aufgeforstet wurde, zeigte sich ebenfalls die Überlegenheit der Fläche **Pöttinger**, vor allem in den Bereichen Höhe 2003 und Wuchsform.

Beim Vergleich der Herkünfte schien die Herkunft **Gadermaier** in den drei Bereichen die besten Wuchsleistungen zu erzielen.

Es konnte aber nachgewiesen werden, dass das überdurchschnittlich gute Ergebnis der Herkunft **Gadermaier** nur der Fläche **Pöttinger** zu verdanken war, auf der die Herkunft unter anderem gepflanzt worden war. Auf den anderen Flächen war ihre Wuchsleistung nur mittelmäßig.

Auf der Fläche **Dechant**, der einzigen Fläche auf der alle 4 Herkünfte vertreten waren, konnte der Einfluss der Fläche auf die Herkünfte eliminiert werden.

Hier war es die Herkunft **Laufen**, die bei der Höhe 2003 und dem WHD 2003 die besten Wuchsleistungen hatte. Es muss aber angemerkt werden, dass nur 4% der Probepflanzen dieser Herkunft entsprechen, da sie nur der Waldbesitzer **Dechant** gepflanzt hat - die Herkunft **Laufen** ist somit stark unterrepräsentiert.

Überdurchschnittliche schlechte Wuchsleistung wies die Herkunft **Landesforstgarten** auf, und zwar in den Bereichen Höhe 2003, WHD 2003 und Wuchsform – sowohl im Gesamtranking als auch auf der Fläche **Dechant**.

Als nächstes galt es herauszufinden, warum die Fläche **Pöttinger** so gute Wuchsleistung erbracht hatte.

Nach Auswertung der Blattproben konnte eine überdurchschnittlich gute Versorgung der Pflanzen auf der Fläche **Pöttinger** ausgeschlossen werden.

Generell zeigte sich über alle Flächen und Herkünfte hinweg eine zumindest teilweise Mangelversorgung mit Kalium und in geringerem Ausmaß mit Magnesium.

Auch die Auswertungen von Nährstoffen im Auflagehumus und im Mineralboden konnte keine Erklärung für die Wuchsleistung der Fläche **Pöttinger** erbringen.

Die pH- Werte auf den Flächen waren im Allgemeinen sehr niedrig, die Kationenaustauschkapazität und die Basensättigung sehr gering, eine Folge der Jahrhunderte dauernden Streunutzung und unbedachter Bewirtschaftung durch den Menschen. Die Fläche **Pöttinger** gehörte in diesem Bereich zu den Flächen mit sehr ungünstigen Eigenschaften.

Der Gehalt von Porenvolumen, Feinboden und Grobskelett im Boden zeigte jedoch eine auffallend günstige Verteilung auf der Fläche **Pöttinger**.

Es ergab sich ein sehr starker Zusammenhang der drei Parameter mit der Wuchsleistung, der auch statistisch durch eine Korrelationsanalyse nach Pearson nachgewiesen werden konnte.

Vor allem das Porenvolumen und der Grobskelettanteil haben maßgeblichen Einfluss auf Höhen- und Dickenwachstum und - da die Bäume mit den größten Höhen auch am besten geformt waren – auf die Wuchsform.

Eine Analyse der Korngrößenverteilung bestätigt ebenfalls die sehr günstigen Eigenschaften der Fläche **Pöttinger**, die vor allem bei der Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen eine wesentliche Rolle spielen.

5. Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Lage des Weilhartforstes anhand einer Karte der forstlichen Wuchsgebiete Quelle: forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien, (http://bfw.ac.at/300/1203.html , abgerufen am 12.03.2008)	11
Abb.2: Klimadiagramm aus den mittleren Niederschlagssummen von Ostermiething und den mittleren Lufttemperaturen von Ranshofen (1961-1990) nach den Daten von AUER ET AL (1998a)	13
Abb.3: Geomorphologische Karte des Weilhartforstes nach KRAPFENBAUER (1961) Quelle: KRAPFENBAUER (1961) in SCHULLER (2004)	14
Abb.4: Verbreitung der Stieleiche in Europa Quelle: (http://de.wikipedia.org/wiki/Stieleiche ; abgerufen am 9.01.2008)	22
Abb.5: Stockfräse im Einsatz Quelle: SOMMERAUER, M. (1999) WWG Weilhart setzt auf Eichen, ÖFZ JG: 110; 7/99 S:12-13; http://www.somcon.com (abgerufen am 12.12.2007)	27
Abb.6: Pflanzlochbohrer im Einsatz Quelle: SOMMERAUER, M. (1999) WWG Weilhart setzt auf Eichen, ÖFZ JG: 110; 7/99 S:12-13; http://www.somcon.com (abgerufen am 12.12.2007)	28
Abb.7: Die Lage der 6 Aufforstungsflächen im Weilhartforst Quelle: Land Oberösterreich (2003), ergänzt	31
Abb.8: Die Probeflächen der Fläche Pöttinger	34
Abb.9: Prozentuelle Verteilung der Probestämme nach Herkunft	35
Abb.10: Kronentypen nach GOCKEL (1994)	37
Abb.11: Stammformen nach GOCKEL (1994)	38
Abb.12: Ein Vergleich der Versuchspflanzen über alle Flächen nach der 2003 gemessenen mittleren Endhöhe	50
Abb.13: Durchschnittliche Höhenentwicklung auf den Probeflächen für die Jahre 2000 – 2003	51
Abb.14: Ein Vergleich der Höhenzuwächse über alle Herkunft für die Jahre 2001 - 2003 auf den verschiedenen Versuchsflächen	51
Abb.15: Ein Vergleich der mittleren Höhen 2003 der Herkunft Urnenhain auf den verschiedenen Fläche	52
Abb.16: Vergleich der Versuchspflanzen über alle Herkunft nach der 2003 gemessenen mittleren Endhöhe	53
Abb.17: Ein Vergleich der mittleren Höhe 2003 der Herkunft auf der Fläche Dechant	54
Abb.18: Ein Vergleich der Versuchspflanzen über alle Flächen nach dem 2003 gemessenen mittleren End - WHD	55
Abb.19: Durchschnittliche Entwicklung der WHD auf den Probeflächen für die Jahre 2000 – 2003	56
Abb.20: Ein Vergleich der Zuwächse des WHD über alle Herkunft für die Jahre 2001 - 2003 auf den verschiedenen Versuchsflächen	56

Abb.21: Ein Vergleich der mittleren WHD 2003 der Herkunft Urnenhain auf den verschiedenen Flächen	57
Abb.22: Vergleich der Versuchspflanzen über alle Herkünfte nach der 2003 gemessenen mittleren WHD	58
Abb.23: Ein Vergleich der mittleren WHD 2003 über alle Herkünfte auf der Fläche Dechant	59
Abb.24: Ein Vergleich der Versuchspflanzen über alle Flächen nach der gemittelten Wuchsform 2003	60
Abb.25: Gegenüberstellung der Versuchspflanzenhöhe 2003 und der Wuchsformwerte auf den Flächen	61
Abb.26: Ein Vergleich der gemittelten Wuchsform für die Herkunft Urnenhain auf allen Flächen	62
Abb.27: Gegenüberstellung der Versuchspflanzenhöhe 2003 und Wuchsformwerte für die Herkunft Urnenhain über alle Flächen	63
Abb.28: Vergleich der Versuchspflanzen über alle Herkünfte nach der mittleren Wuchsformwertung 2003	64
Abb.29: Gegenüberstellung der Höhe 2003 und Wuchsformwertung für die Herkunft Gadermaier auf drei Versuchsflächen	65
Abb.30: Vergleich der mittleren Wuchsformwertung für alle Herkünfte auf der Fläche Dechant	65
Abb.31: Relative Blattspiegelwerte der Fläche Meindl für die Herkünfte Landesforstgarten und Urnenhain	68
Abb.32: Relative Blattspiegelwerte der Fläche Helmberger für die Herkünfte Gadermaier und Urnenhain	68
Abb.33: Relative Blattspiegelwerte der Fläche Dechant für die Herkünfte Landesforstgarten und Gadermaier	68
Abb.34: Relative Blattspiegelwerte der Fläche Dechant für die Herkünfte Laufen Landesforstgarten	69
Abb.35: Relative Blattspiegelwerte der Fläche Lechner für die Herkünfte Landesforstgarten und Urnenhain	69
Abb.36 Relative Blattspiegelwerte der Fläche Winter für die Herkünfte Landesforstgarten und Urnenhain	69
Abb.37: Relative Blattspiegelwerte der Fläche Pöttinger für die Herkünfte Gadermaier und Urnenhain	70
Abb.38: Vergleich der relativen Blattspiegelwerte der Herkunft Landesforstgarten auf den Licht- und Schattenflächen	71
Abb.39: Vergleich der relativen Blattspiegelwerte der Herkunft Gadermaier auf den Licht- und Schattenflächen	72
Abb.40: Vergleich der relativen Blattspiegelwerte der Herkunft Laufen auf den Licht- und Schattenflächen	72
Abb.41: Vergleich der relativen Blattspiegelwerte der Herkunft Urnenhain auf den Licht- und Schattenflächen	73
Abb.42: Ca- Gehalte in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen	75

Abb.43: K- Gehalte in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen	75
Abb.44: Mg- Gehalte in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen	76
Abb.45: Mn- Gehalte in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen	76
Abb.46: Na- Gehalte in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen	77
Abb.47: P- Gehalte in der Auflage und in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen	77
Abb.48: C- Gehalte in der Auflage und in den Bodenhorizonten der Versuchsflächen	78
Abb.49: N- Gehalte in der Auflage und in den Bodenhorizonten der Flächen	78
Abb.50: C/N – Verhältnis in den Bodenhorizonten der Flächen	79
Abb.51: pH- Werte (H ₂ O) in den Bodenhorizonten der Flächen	81
Abb.52: pH- Werte (CaCl ₂) in den Bodenhorizonten der Flächen	82
Abb.53: Die KAK in den Bodenhorizonten auf den Probeflächen Meindl Licht und Schatten	83
Abb.54: Die KAK in den Bodenhorizonten auf den Probeflächen Pöttinger Licht und Schatten	83
Abb.55: Die KAK in den Bodenhorizonten auf den Probeflächen Winter Licht und Schatten	83
Abb.56: Porenvolumen in den Bodenhorizonten der Flächen	84
Abb.57: Feinbodenanteil in den Bodenhorizonten der Flächen	85
Abb.58: Grobskelettanteil in den Bodenhorizonten der Flächen	86
Abb.59: Durchschnittliche Höhe 2003 auf den Flächen in Abhängigkeit vom Porenvolumen	88
Abb.60: Durchschnittliche Höhe 2003 auf den Flächen in Abhängigkeit vom Feinbodenanteil	89
Abb.61: Durchschnittliche Höhe 2003 auf den Flächen in Abhängigkeit vom Grobskelettanteil	90
Abb.62: Körngrößenverteilung auf den Probeflächen	92
Tabellenverzeichnis	
Tab.1: Bei den einzelnen Waldbesitzern gepflanzte Herkünfte	26
Tab.2: Heterogenität der Flächen	32
Tab.3: Verteilung der Probebäume nach Herkünften	34
Tab.4: Verteilung der Probebäume nach Aufbereitung der Aufforstungsfläche	35
Tab.5: Verteilung der Probebäume nach der Geologie des Standorts	35
Tab.6: Verteilung der Probebäume nach Pflanzverband	35
Tab.7: Angaben zur Nährstoffversorgung von BERGMANN (1986) , HARTMANN (1988), FLÜCKIGER (1987)	46
Tab.8: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinbodenanteils (%) und Mittelwert des Grobskelettanteils (%) über alle Flächen und alle Herkünfte	94
Tab.9: Blattspiegelwerte der Herkünfte auf den Flächen	110
	104

Tab.10: Relative Blattspiegelwerte in % der „Bergmann VON“-Werte für die wichtigsten Pflanzennährstoffe	110
Tab.11:Nährstoffgehalt im Auflagehumus	111
Tab.12:Nährstoffvorrat im Auflagehumus	111
Tab.13:Porenvolumen, Feinboden, Grobskelett und andere Parameter in den Bodenhorizonten der Probeflächen	112
Tab.14:Nährstoffgehalte der Bodenproben nach dem BaCl– Auszug	113
Tab.15:Nährstoffgehalte der Bodenproben nach dem Säureaufschluss	114
Tab. 16: Korngrößenverteilung auf den Flächen	115
Tab.17: Descriptive Statistik	116
Tab. 18: Descriptive Statistik für die Herkünfte	116
Tab.19: Descriptive Statistik für die Flächen	117
Tab.20: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über alle Flächen für die Herkunft Gadermaier	118
Tab.21: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über alle Flächen für die Herkunft Laufen	118
Tab.22: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über alle Flächen für die Herkunft Landesforstgarten	119
Tab.23: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über alle Flächen für die Herkunft Urnenhain	120
Tab.24: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche Meindl	120
Tab.25: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche Helmberger	121
Tab.26: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche Dechant	122
Tab.27: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche Lechner	122
Tab.28: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche Winter	123
Tab.29: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche Pöttinger	124

5.3. Literaturverzeichnis

AMANN, G. (2003) Die Kerfe des Waldes, 12. Auflage; Verlag Neumann- Neudamm, Melsung; S.343

AMT DER OÖ LANDESREGIERUNG (1993) Oberösterreichischer Bodenkataster – Bodenzustandinventur; Landesverlag Linz; S. 127 - 132

AUER, I., BÖHM, R., DOBESCH, H., HAMMER, N., KOCH, E., LIPA, W., MOHNL, H., POTZMANN, R., RETITZKY, C., RUDEL, E., SVABIK, O. (1998a) Klimatographie und Klimaatlas von Oberösterreich, Band 2, Klimatographische Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. OÖ Musealverein – Gesellschaft für Landeskunde. Linz / Wien, S. 599

BRAWENZ, CH., BUTTER, F., FRANK, G., KNIELING, A., KREHAN, H., MOSER, O., SEKOT, W., WEIDINGER, H., WEISS, G. (1996), Waldeswert – Der Wert des Waldes für die Gesellschaft, Österreichischer Forstverein, Wien. S. 70ff.

BERGER, T. (1990), Die Messung des Schadstoffeintrages und Bodenzustandes in einem Eichenwaldökosystem des Weinviertels; Diplomarbeit ausgeführt am Institut für Forstökologie der Universität für Bodenkultur, Wien, S. 78 - 80

BERGMANN, J (2001) Die natürliche und künstliche Verjüngung der Eichenarten *Quercus robur* und *Quercus petraea*; Shaker Verlag, Aachen, S. 32ff.; 91ff.

BERGMANN, W. (1986) Farbatlas – Ernährungsstörung bei Kulturpflanzen, Fischer Verlag, Jena S. 82 - 85; 135; 168 – 171; 271; 285; 381

BUKSNOWITZ, C. (2003) Ökogramme für die Verjüngung ausgewählter Baumarten anhand von vegetations- und standortkundlichen sowie bodenchemischen Daten der Österreichischen Waldboden-Zustandinventur, Diplomarbeit am Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur, Wien S.115ff.

DONAUBAUER, E., BOBEK, H. (1994) Österreichs Wald – Vom Urwald zum Wirtschaftswald / 2. völlig überarbeitete Auflage, Verleger Autorengemeinschaft „Österreichs Wald“, Wien, S. 269ff.

DUCHIRON, M (2000) Strukturierte Mischwälder – Eine Herausforderung für den Waldbau unserer Zeit; Parey Buchverlag, Berlin S. 51 - 53

DRAHORAD, F. (1923) Zur Methodik der Entnahme von Bodenproben in natürlicher Lagerung; Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien, S. 13 - 19

EBNER, S. und SCHERER, A. (2001) Die wichtigsten Forstschädlinge: Insekten, Pilze, Kleinsäuger; Leopold Stocker Verlag, Stuttgart, S. 199

ELLENBERG, H. (1986) Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht; 4. Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart S. 80 f.

ENGLISCH, M. (1992) Atmogene Hauptnährstoffe; IN Österreichische Walzustandsinventur – Ergebnisse Band 1, Waldbodenbericht; Forstliche Bundesversuchsanstalt in Wien, Österreichischer Agrarverlag Wien, S. 45 - 55

FISCHER, A (2007), Wozu mehr Laubholz erziehen - Die ersten Jahre sind entscheidend ÖFZ JG: 118; 8/07, S. 8-11

FLÜCKIGER, W. (1987) Untersuchungen über den Ernährungszustand von Buchen (*fagus sylvatica*) und Fichten (*picea abies*) und den Nährstoffgehalt von Böden in festen Beobachtungsflächen in der Schweiz. IN GLATZEL, G. (Hrsg.) Möglichkeiten und Grenzen der Sanierung Immissionsgeschädigter Waldökosysteme, Univ. f. Boku, Wien S. 65 - 81

GAYER, K. (1898), Der Waldbau; Parey Verlag, Berlin, S.626

- GENSSLER, L. (2000), Ernährungslage von Eichen- und Buchen aus Sicht der immissionsökologischen Waldzustandserhebung (IWE); Bericht über den ökologischen Zustand des Waldes, LÖBF Recklinghausen
- GLATZEL, G. und STÖHR, D. (1984), Waldbodenversauerung in Österreich – Veränderung der PH-Werte von Waldböden während der letzten Dezennien; Institut für Forstökologie, Universität für Bodenkultur, Wien, S. 159 - 161
- GOCKEL, H.A. (1994) Soziale und qualitative Entwicklung sowie Z-Baumhäufigkeiten in Eichenjungbeständen – Entwicklung eine neues Pflanzschemas „Die Trupppflanzung“. Dissertation der Georg-August-Universität, Göttingen, S. 168
- GRABHERR, G. (1998) Hemerobie österreichischer Waldökosysteme; Wagner Verlag, Innsbruck S. 493
- HARTMANN, G. (1988) Farbatlas Waldschäden – Diagnosen von Baumkrankheiten, Ulmer, Stuttgart, S. 256
- HERMAN, F. und SMIDT, S. (2005) Evaluation of the ozone-related risk for Austrian forests, BFW, Springer Verlag; (http://www.waldwissen.net/themen/umwelt_landchaft/luftverunreinigungen/index abgerufen am 18.03.2008)
- KÄTZEL, R. (2002) Forschungsprojekt: Ermittlung der ökosystemaren Potentiale und Grenzen zum Unterbau von Kiefern- Reinbeständen durch Voranbau von Buche und Eiche im Nordostdeutschen Tiefland; Landesforstanstalt Eberswalde, Abteilung Waldökologie
- KLEINSCHMIT, J. und SVOLBA, J. (1995) Interspezifische Variation von Wachstum und Stammform bei *Quercus robur* und *Quercus petraea*; In: Autorenkollektiv (1995): Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten; Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland Pfalz Nr.34/95, S. 75 ff.
- KILIAN, W. (1992) Säurehaushalt- Austauschbare Kationen; IN Österreichische Walzustandsinventur – Ergebnisse, Waldbodenbericht; Forstliche Bundesversuchsanstalt in Wien, Österreichischer Agrarverlag Wien, S. 89 - 142
- KILIAN, W., MÜLLER, F., STARLINGER, F. (1994) Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs, Forstliche Bundesversuchsanstalt Waldforschungszentrum, Wien
Auch abzurufen unter <http://bfw.ac.at/300/1027.html> (abgerufen am 18.03.2004)
- KRAHL-URBAN, J. (1959) Die Eichen; Verlag Paul Parley, Hamburg und Berlin, S. 288
- KRAPFENBAUER, A. (1960) Standortsuntersuchungen als Grundlage für die Planung forstlicher Düngungsmaßnahmen; Habilitationsschrift, Wien, S. 9 - 16; 36 - 47
- KRISO, K. (1958) Entstehung, Aufbau und Leistung von Eichen-Hainbuchenbeständen in Süddeutschland; Verlag Paul Parley, Hamburg, S.78
- KÜHNE, C. (2004) Verjüngung der Stieleiche (*Quercus robur* L.) in oberrheinischen Auenwäldern, Sierke Verlag & Consulting, Göttingen, S.186
- LANDESFORSTDIENST OBERÖSTERREICH (2008),
<http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/> (abgerufen am 18.03.2008)
- LANDESGESETZBLATT FÜR OÖ (2004) Nr.74; Verordnung der Oö Landesregierung über den Abschussplan und die Abschussliste
http://www.jagdverb-ooe.at/Jagdrecht/PDF/AP_VO_NEUob_2004_074.pdf (abgerufen am 18.03.2008)
- LEIBUNDGUT, H. (1975) Wirkung des Waldes auf die Umwelt des Menschen; Rentsch- Verlag, Erlenbach Zürich, S. 186
- LEXER, M., SEIDL, M. (2007), Der Klimawandel kommt, was nun? ÖFZ Jg. 118; 10/07, S.:16-17

MINISTERKONFERENZ (1998): Beschlüsse und Resolutionen der Dritten Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa. Lissabon, Juni 1998, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Druckerei Starzengruber Ges.m.b.H, S. 50

MOSER, O (2007), Die Fichte im Zwielight; ÖFZ JG: 118; 10/07, S. 34 - 35

MUTSCH, F. (1992) Lithogene Hauptnährstoffe; IN Österreichische Walzustandsinventur – Ergebnisse Band 1, Waldbodenbericht; Forstliche Bundesversuchsanstalt in Wien, Österreichischer Agrarverlag Wien; S. 59 - 86

MUTSCH, F. (1992) Schwermetalle; IN Österreichische Walzustandsinventur – Ergebnisse Band 2, Waldbodenbericht; Forstliche Bundesversuchsanstalt in Wien, Österreichischer Agrarverlag Wien; S. 150 - 154

MUTSCH, F., NEUMANN, M., SCHNABEL, G., GÄRTNER, M., STARLINGER, M., FÜRST, A., ENGLISCH, M., SCHMIDT, S., JANDL, R., GARTNER, K. (2001) Waldzustandsmonitoring in Österreich – Ergebnisse der Intensivbeobachtungsfläche (Level 2); forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, S. 131- 139

NOPP, U. (1995), Eine standörtliche und qualitative Beurteilung von 17- bis 20- jährigen Eichenaufforstungen der Forstverwaltung Wieselburg; Diplomarbeit ausgeführt am Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur, Wien, S. 106

NUTTO, L. (1999), Neue Perspektiven für die Begründung und Pflege von jungen Eichenbestände – Ergebnisse einer Untersuchung zur Kronenentwicklung, Astreinigung und Dickenwachstum junger Stiel- und Traubeneichen in Europa (*Quercus robur* L. und *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.); Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg; Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden Württemberg, S. 124 - 132

PETIT, R. (1995) Genetische Differenzierung in lokalen und kontinentalen Ausmaß bei europäischen Eichenarten: Die Bedeutung geschichtlicher Faktoren; In: Autorenkollektiv (1995): Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten; Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland Pfalz Nr.34/95 S.22 ff

PICHLER, M. (1994) Baumartenempfehlung aus der Standortskartierung unter Verwendung des GIS – am Beispiel des Reviers Holzöster der Castell-Castell'schen Forstverwaltung, Diplomarbeit, durchgeführt am Inst. für Waldbau an der Universität für Bodenkultur, Wien, S. 3 - 8; 14 - 15; 56

SCHOPFHAUSER, W. (1992) Biomassen- und Nährstoffhaushalt eines Eichen- und Fichtenwaldes im Weinviertel – Niederösterreich; Diplomarbeit durchgeführt am Institut für Forstökologie an der Universität für Bodenkultur, Wien, S. 78 - 81

SCHÜTE, G. (1995) Kontrollierte Kreuzungen und Entwicklung der Hybriden von Stiel- und Traubeneichen (*Quercus robur* L. und *Quercus petraea*); In: Autorenkollektiv (1995): Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten; Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland Pfalz Nr.34/95 S.38 ff

SCHULLER, M. (2004) Lichtökologie von Stieleichenaufforstungen nach Kleinkahlschlägen auf sekundären Fichtenwäldern, Diplomarbeit durchgeführt am Institut für Waldökologie an der Universität für Bodenkultur, Wien, S. 47

SCHUME, H. (1992) Vegetations- und standortkundliche Untersuchungen in Eichenwäldern des nordöstlichen Niederösterreich unter Zuhilfenahme multivariater Methoden; Diplomarbeit durchgeführt am Institut für Waldökologie der Universität für Bodenkultur, Wien, S. 106ff; 116

SMIDT, S. (2004) Broschüre Waldschädigende Luftverunreinigungen, Eigenschaften, Nachweis, Monitoring, Waldschadensforschung, Immissionsschutz. BFW- Dokumentation 2/2004, Redaktion BFW, A (http://www.waldwissen.net/themen/umwelt_landschaft/luftverunreinigungen/index ,abgerufen am 18.03.2008)

SOMMERAUER, M. (2004) Die Waldwirtschaftsgemeinschaft „Weilhart“; <http://www.somcon.com> (abgerufen am 12.12.2007)

SOMMERAUER, M. (1999) WWG Weilhart setzt auf Eichen, ÖFZ JG: 110; 7/99 S. 12 - 13; <http://www.somcon.com> (abgerufen am 12.12.2007)

SOMMERAUER, M. (2004) Die kleine Fichtenblattwespe; <http://www.somcon.com> (abgerufen am 12.12.2007)

TZSCHUPKE, W. (1998) Ökonomische Aspekte naturnaher Forstwirtschaft - ein Erfahrungsbericht aus deutscher Sicht. IN SEKOT, W (Hrsg.) Beiträge zur Forstökonomik; Eigenverlag des Instituts für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft, Wien, S. 265ff.

ULRICH, B. (1981) Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Zustand; Z.Pflanzenährung und Bodenkunde 144 : S. 289 - 305

VON LÜPKE, B (1995) Überschirmungstoleranz von Stiel - und Traubeneichen als Voraussetzung für Verjüngungsverfahren unter Schirm; In: Autorenkollektiv (1994): Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten; Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland Pfalz Nr.34/95, S.141ff.

VOSS, S. (2005) Biomassenproduktion und morphologische Plastizität junger Eichen bei Konkurrenzbelastung durch unterschiedlich dichte Altholzschirme; Dissertation an der Fakultät für Forstwissenschaft und Waldökologie der Georg-August-Universität, Göttingen, S. 36ff.

6. Anhang

Blattspiegelwerte																
Probefläche		Herkunft	C mg/g	N mg/g	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mg mg/g	Mn µg/g	Al mg/g	Cu µg/g	Fe mg/g	Na µg/g	S mg/g	Zn µg/g	C/N
Meindl	Licht	Urnenhain	486,8	34,642	2,921	9,679	12,533	2,034	5122,3	0,072	12,457	0,153	196,29	2,7672	69,02	14,1
Meindl	Licht	Landesforstg.	483,6	31,724	2,545	9,845	13,917	2,911	6903,1	0,071	13,358	0,146	180,84	2,5767	80,17	15,2
Meindl	Schatten	Landesforstg.	479,1	28,140	2,875	7,359	16,218	4,695	8242,3	0,105	11,020	0,142	127,09	2,3965	59,62	17,0
Meindl	Schatten	Urnenhain	491,8	32,427	2,875	8,949	7,787	2,056	4177,1	0,099	12,946	0,207	191,92	2,4225	68,95	15,2
Helmberger	Licht	Gadermaier	481,0	30,460	4,001	8,291	17,540	2,930	6718,9	0,160	13,491	0,119	114,88	2,5096	104,17	15,8
Helmberger	Licht	Urnenhain	502,8	35,648	3,721	9,461	12,559	1,748	4108,5	0,075	15,725	0,087	156,64	2,6163	61,72	14,1
Helmberger	Schatten	Gadermaier	489,3	31,813	3,204	9,653	8,958	1,842	3481,6	0,083	10,961	0,101	110,60	2,4803	69,54	15,4
Helmberger	Schatten	Urnenhain	504,9	26,858	3,244	6,426	7,070	1,261	3247,6	0,111	11,335	0,106	217,12	2,0062	46,11	18,8
Dechant	Licht	Gadermaier	507,0	28,952	2,660	8,248	7,159	1,372	4527,3	0,132	10,551	0,116	80,14	2,2952	22,49	17,5
Dechant	Licht	Landesforstg.	500,6	28,926	3,098	7,044	9,842	1,726	5129,2	0,176	11,402	0,154	180,51	2,0844	72,25	17,3
Dechant	Licht	Laufen	505,1	32,872	3,087	8,433	9,846	1,186	4835,2	0,106	12,067	0,129	140,14	2,2914	59,45	15,4
Dechant	Licht	Urnenhain	484,9	35,710	4,106	9,785	8,886	1,151	4724,1	0,177	12,712	0,131	139,33	2,6696	61,29	13,6
Dechant	Schatten	Gadermaier	477,6	31,250	3,676	8,511	8,365	2,097	5127,2	0,132	11,555	0,144	103,42	2,2961	80,57	15,3
Dechant	Schatten	Landesforstg.	499,7	28,028	3,716	5,853	8,163	2,417	2582,4	0,114	10,045	0,086	83,95	2,2243	59,44	17,8
Dechant	Schatten	Laufen	477,8	34,202	3,350	10,336	8,025	1,619	4905,9	0,149	10,910	0,168	139,39	2,6012	68,04	14,0
Dechant	Schatten	Urnenhain	483,8	31,005	3,958	7,185	7,424	1,393	3820,6	0,139	10,607	0,116	98,97	2,3017	52,05	15,6
Lechner	Licht	Landesforstg.	501,1	25,333	2,841	9,761	8,750	1,634	5981,4	0,138	8,527	0,098	193,93	1,9843	59,33	19,8
Lechner	Licht	Urnenhain	489,3	23,357	2,610	10,571	8,669	1,539	5156,2	0,114	7,808	0,109	189,72	1,9537	80,62	20,9
Lechner	Schatten	Landesforstg.	492,5	25,309	3,014	8,749	9,165	1,866	4473,6	0,161	8,833	0,104	181,50	2,0163	70,81	19,5
Lechner	Schatten	Urnenhain	491,4	27,393	2,697	10,429	8,152	1,069	5444,4	0,143	8,466	0,130	73,47	2,1033	25,43	17,9
Winter	Licht	Landesforstg.	499,2	27,166	2,593	7,968	8,269	2,260	3788,2	0,091	9,580	0,162	68,63	2,0171	32,23	18,4
Winter	Licht	Urnenhain	492,4	26,355	2,724	8,922	8,009	1,409	4471,8	0,090	10,559	0,110	121,62	2,1291	41,27	18,7
Winter	Schatten	Landesforstg.	484,2	29,873	3,460	8,068	10,339	1,927	6265,4	0,096	11,761	0,092	209,48	2,2291	70,09	16,2
Winter	Schatten	Urnenhain	502,6	27,519	2,998	5,600	7,541	1,852	3116,2	0,076	10,781	0,119	128,23	1,9347	52,69	18,3
Pöttinger	Licht	Gadermaier	499,6	34,615	2,172	9,539	7,194	1,821	4423,9	0,121	9,787	0,151	221,50	2,6182	54,63	14,4
Pöttinger	Licht	Urnenhain	501,4	32,097	2,443	8,839	5,398	1,537	4077,9	0,119	9,824	0,162	209,47	2,2782	53,40	15,6
Pöttinger	Schatten	Gadermaier	508,6	36,210	2,382	7,141	4,371	1,468	3261,4	0,177	14,343	0,169	124,30	2,6619	42,01	14,0
Pöttinger	Schatten	Urnenhain	504,0	34,544	2,600	9,770	5,718	1,513	4027,5	0,247	12,552	0,192	162,07	2,4826	52,33	14,6

Tab.9: Blattspiegelwerte der Herkünfte auf den Flächen

Relative Blattspiegelwerte in % der "Bergmann VON"- Werte			N	P	K	Ca/2	Mg	Mn/100
Probefläche		Herkunft	%	%	%	%	%	%
Meindl	Licht	Urnenhain	173,21	194,74	96,79	208,88	135,59	146,35
Meindl	Licht	Landesforstg.	158,62	169,65	98,45	231,95	194,06	197,23
Meindl	Schatten	Landesforstg.	140,70	191,69	73,59	270,30	313,01	235,50
Meindl	Schatten	Urnenhain	162,14	191,66	89,49	129,78	137,04	119,35
Helmberger	Licht	Gadermaier	152,30	266,72	82,91	292,33	195,35	191,97
Helmberger	Licht	Urnenhain	178,24	248,06	94,61	209,31	116,56	117,39
Helmberger	Schatten	Gadermaier	159,07	213,60	96,53	149,31	122,82	99,47
Helmberger	Schatten	Urnenhain	134,29	216,29	64,26	117,84	84,04	92,79
Dechant	Licht	Gadermaier	144,76	177,32	82,48	119,32	91,45	129,35
Dechant	Licht	Landesforstg.	144,63	206,56	70,44	164,03	115,08	146,55
Dechant	Licht	Laufen	164,36	205,79	84,33	164,09	79,07	138,15
Dechant	Licht	Urnenhain	178,55	273,72	97,85	148,09	76,72	134,97
Dechant	Schatten	Gadermaier	156,25	245,09	85,11	139,42	139,77	146,49

			N	P	K	Ca/2	Mg	Mn/100
Dechant	Schatten	Landesforstg.	140,14	247,74	58,53	136,05	161,16	73,78
Dechant	Schatten	Laufen	171,01	223,36	103,36	133,76	107,91	140,17
Dechant	Schatten	Urnenhain	155,03	263,88	71,85	123,74	92,83	109,16
Lechner	Licht	Landesforstg.	126,67	189,40	97,61	145,84	108,92	170,90
Lechner	Licht	Urnenhain	116,79	174,02	105,71	144,49	102,58	147,32
Lechner	Schatten	Landesforstg.	126,55	200,91	87,49	152,74	124,42	127,82
Lechner	Schatten	Urnenhain	136,97	179,77	104,29	135,87	71,28	155,56
Winter	Licht	Landesforstg.	135,83	172,87	79,68	137,81	150,65	108,23
Winter	Licht	Urnenhain	131,78	181,61	89,22	133,48	93,93	127,77
Winter	Schatten	Landesforstg.	149,37	230,64	80,68	172,31	128,50	179,01
Winter	Schatten	Urnenhain	137,60	199,86	56,00	125,69	123,45	89,03
Pöttinger	Licht	Gadermaier	173,08	144,82	95,39	119,90	121,40	126,40
Pöttinger	Licht	Urnenhain	160,49	162,89	88,39	89,97	102,45	116,51
Pöttinger	Schatten	Gadermaier	181,05	158,79	71,41	72,84	97,88	93,18
Pöttinger	Schatten	Urnenhain	172,72	173,33	97,70	95,29	100,89	115,07

Tab.10: Relative Blattspiegelwerte in % der „Bergmann VON“-Werte für die wichtigsten Pflanzennährstoffe

Auflage Probestfläche	Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Zn	N	C
Gehalt in	[mg/g]	[mg/g]	[µg/g]	[mg/g]	[mg/g]	[mg/g]	[µg/g]	[µg/g]	[mg/g]	[mg/g]	[µg/g]	[mg/g]	[mg/g]
Meindl Licht	2,619	4,437	11,958	2,447	3,281	0,976	1598,816	189,555	1,093	1,566	85,777	15,363	443,667
Meindl Schatten	2,892	4,338	13,794	2,530	1,308	0,612	623,408	226,568	0,756	1,739	79,932	15,588	465,267
Helmberger Licht	5,605	4,170	14,176	4,334	3,292	1,204	1235,187	223,652	1,127	1,429	84,144	14,912	392,000
Helmberger Schatten	4,234	4,638	13,923	3,497	1,717	0,821	859,217	196,675	0,910	1,674	73,001	15,214	421,467
Dechant Licht	2,502	4,178	10,793	2,033	7,104	2,039	1700,418	158,127	1,541	1,470	116,624	18,843	454,500
Dechant Schatten	2,611	2,913	13,642	2,512	1,252	0,722	587,183	206,991	0,877	1,692	83,233	17,366	461,950
Lechner Licht	10,266	1,375	19,140	8,288	2,007	1,442	369,225	244,791	0,469	0,495	73,060	5,652	308,000
Lechner Schatten	6,072	2,569	13,454	5,325	1,804	1,060	601,767	156,910	0,692	0,889	61,449	9,721	384,600
Winter Licht	2,469	4,504	10,982	2,245	1,048	0,645	745,815	124,565	0,755	1,521	69,116	14,761	473,433
Winter Schatten	4,177	2,876	12,411	3,596	2,474	1,193	821,505	141,529	1,163	1,401	49,923	15,184	393,800
Pöttinger Licht	3,212	2,888	10,208	2,686	1,061	0,600	452,066	129,104	0,703	1,714	47,069	16,076	464,367
PöttingerSchatten	4,163	2,260	11,877	2,958	1,171	0,594	294,715	177,635	0,783	1,735	79,040	17,103	443,367

Tab.11:Nährstoffgehalt im Auflagehumus

Auflage Probestfläche	Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Zn	N	C
Vorrat in	[kg/ha]												
Meindl Licht	98,6	167,1	0,5	92,2	123,6	36,7	60,2	7,1	41,1	59,0	3,2	578,6	16708,2
Meindl Schatten	224,8	337,2	1,1	196,7	101,7	47,6	48,5	17,6	58,8	135,2	6,2	1211,6	36163,3
Helmberger Licht	203,4	151,3	0,5	157,3	119,5	43,7	44,8	8,1	40,9	51,8	3,1	541,1	14223,8
Helmberger Schatten	236,4	258,9	0,8	195,2	95,9	45,8	48,0	11,0	50,8	93,5	4,1	849,3	23528,8
Dechant Licht	6,5	10,8	0,0	5,3	18,4	5,3	4,4	0,4	4,0	3,8	0,3	48,8	1176,7
Dechant Schatten	110,2	122,9	0,6	106,0	52,8	30,5	24,8	8,7	37,0	71,4	3,5	732,6	19489,2
Lechner Licht	264,7	35,5	0,5	213,7	51,8	37,2	9,5	6,3	12,1	12,8	1,9	145,8	7943,0
Lechner Schatten	297,6	125,9	0,7	261,0	88,4	51,9	29,5	7,7	33,9	43,6	3,0	476,5	18851,8
Winter Licht	85,4	155,7	0,4	77,6	36,2	22,3	25,8	4,3	26,1	52,6	2,4	510,4	16370,3
Winter Schatten	49,1	33,8	0,1	42,3	29,1	14,0	9,7	1,7	13,7	16,5	0,6	178,6	4631,5
Pöttinger Licht	200,8	180,5	0,6	167,9	66,3	37,5	28,3	8,1	43,9	107,1	2,9	1004,8	29024,6
PöttingerSchatten	110,9	60,2	0,3	78,8	31,2	15,8	7,8	4,7	20,9	46,2	2,1	455,5	11808,3

Tab.12:Nährstoffvorrat im Auflagehumus

		Horizont					ges							1 Profil [g/m² cm]						
Probefläche		von	bis	[cm]	Anz	pH H2O	pH CaCl2	pH BaCl	fri_ otro	Wurzel tro	mgb_ ges	Mfb_ fri	mfb_ otr	mgb	Wurzel tro	db [g/cm³]	PVoI [%]	FB [%]	GB [%]	
Meindl	Licht	0	5	5	3	4,8	4,0	3,7	0,747	4,86	157,1	392,3	5076,5	2721,4	84,19	0,57	70,6	19,2	10,3	
Meindl	Licht	5	10	5	3	4,9	4,1	4,0	0,811	0,29	149,9	668,5	9391,7	2596,7	5,02	1,04	54,8	35,4	9,8	
Meindl	Licht	10	20	10	3	4,9	4,2	4,4	0,848	0,00	809,9	945,3	6939,1	7014,9	0,00	0,94	47,3	26,2	26,5	
Meindl	Licht	20	30	10	3	4,8	4,2	4,2	0,864	0,01	602,2	1459,4	10915,1	5216,0	0,09	1,36	39,1	41,2	19,7	
Meindl	Licht	30	55	25	3	4,8	4,1	4,1	0,847	0,00	1100,0	3175,0	9311,5	3811,1	0,00	1,09	50,5	35,1	14,4	
Meindl	Schatten	0	5	5	3	4,4	3,3	3,1	0,742	1,75	123,4	505,8	6501,4	2137,7	30,32	0,71	67,4	24,5	8,1	
Meindl	Schatten	5	10	5	3	4,7	3,5	3,4	0,747	0,75	219,0	502,4	6496,8	3793,7	12,99	0,76	61,2	24,5	14,3	
Meindl	Schatten	10	20	10	3	4,8	3,9	4,0	0,838	0,65	560,2	1163,3	8443,6	4852,2	5,63	1,03	49,8	31,9	18,3	
Meindl	Schatten	20	30	10	3	4,8	4,1	4,2	0,863	0,10	629,8	1077,1	8051,2	5455,0	0,87	1,01	49,0	30,4	20,6	
Meindl	Schatten	30	43	13	3	4,8	4,1	4,3	0,829	0,00	1003,3	1234,0	6645,4	6517,6	0,00	0,88	50,3	25,1	24,6	
Helmberger	Licht	0	5	5	3	4,5	3,7	3,5	0,696	7,50	131,9	373,5	4500,0	2284,9	129,92	0,49	74,4	17,0	8,6	
Helmberger	Licht	5	10	5	3	4,7	3,9	3,8	0,778	0,32	291,1	443,4	5975,8	5042,7	5,54	0,74	58,4	22,6	19,0	
Helmberger	Licht	10	20	10	3	4,9	4,2	4,2	0,823	0,22	795,2	896,1	6383,9	6887,6	1,91	0,86	49,9	24,1	26,0	
Helmberger	Licht	20	30	10	3	4,8	4,3	4,4	0,852	0,56	665,5	1292,0	9534,4	5764,2	4,85	1,22	42,3	36,0	21,8	
Helmberger	Licht	30	52	22	3	4,7	4,2	4,3	0,851	0,00	1673,0	2463,4	8125,5	6488,4	0,00	1,08	44,9	30,7	24,5	
Helmberger	Schatten	0	5	5	3	4,3	3,5	3,3	0,791	3,20	170,3	389,9	5339,2	2950,1	55,43	0,60	68,7	20,1	11,1	
Helmberger	Schatten	5	10	5	3	4,4	3,6	3,6	0,813	0,63	315,5	398,0	5601,8	5465,4	10,91	0,71	58,2	21,1	20,6	
Helmberger	Schatten	10	20	10	3	4,6	3,9	4,0	0,831	0,62	818,7	815,1	5866,8	7091,2	5,37	0,80	51,1	22,1	26,8	
Helmberger	Schatten	20	30	10	3	4,6	4,2	4,3	0,873	0,00	907,7	1179,9	8916,7	7862,0	0,00	1,27	36,7	33,6	29,7	
Helmberger	Schatten	30	51	21	3	4,5	4,1	4,2	0,872	0,00	1532,5	2368,0	8654,1	6422,8	0,00	1,14	43,1	32,7	24,2	
Dechant	Licht	0	5	5	3	4,6	3,4	3,6	0,743	1,09	138,3	256,9	3306,6	2395,8	18,88	0,36	78,5	12,5	9,0	
Dechant	Licht	5	10	5	3	4,8	3,7	3,9	0,768	0,46	196,2	439,0	5836,7	3398,8	7,97	0,67	65,1	22,0	12,8	
Dechant	Licht	10	20	10	3	5,0	4,0	4,2	0,804	0,96	563,4	1004,7	6992,2	4879,9	8,32	0,86	55,2	26,4	18,4	
Dechant	Licht	20	30	10	3	4,8	4,1	4,4	0,836	0,09	686,7	1170,0	8472,0	5947,8	0,78	1,09	45,6	32,0	22,4	
Dechant	Licht	30	51	21	3	4,8	3,9	4,2	0,850	0,00	928,5	2894,1	10309,9	3891,4	0,00	1,21	46,4	38,9	14,7	
Dechant	Schatten	0	5	5	3	4,0	3,2	3,1	0,670	1,97	96,2	423,5	4915,3	1666,5	34,13	0,52	75,2	18,5	6,3	
Dechant	Schatten	5	10	5	3	4,3	3,6	3,5	0,771	0,13	335,8	422,7	5645,6	5817,1	2,25	0,72	56,7	21,3	22,0	
Dechant	Schatten	10	20	10	3	4,6	4,0	4,2	0,820	0,27	610,3	1033,0	7336,8	5286,1	2,34	0,92	52,4	27,7	19,9	
Dechant	Schatten	20	30	10	3	4,8	4,2	4,4	0,852	0,33	577,9	1283,6	9466,9	5005,5	2,86	1,17	45,4	35,7	18,9	
Dechant	Schatten	30	48	18	3	4,8	4,1	4,1	0,860	0,00	1347,3	2145,4	8716,8	6365,3	0,00	1,15	43,1	32,9	24,0	
Lechner	Licht	0	5	5	3	5,0	3,7	3,9	0,729	0,72	139,0	404,3	5105,7	2407,9	12,47	0,56	71,6	19,3	9,1	
Lechner	Licht	5	10	5	3	5,0	3,9	4,0	0,799	0,12	389,7	377,9	5230,5	6750,8	2,08	0,70	54,8	19,7	25,5	
Lechner	Licht	10	20	10	3	5,0	4,0	4,3	0,821	0,05	849,3	976,5	6944,0	7356,2	0,43	0,96	46,0	26,2	27,8	
Lechner	Licht	20	30	10	3	5,0	4,1	4,3	0,825	0,00	952,2	1144,4	8177,6	8247,5	0,00	1,19	38,0	30,9	31,1	
Lechner	Licht	30	49	19	3	4,8	3,9	4,1	0,832	0,00	2001,5	1523,7	5679,5	8966,9	0,00	0,86	44,7	21,4	33,8	
Lechner	Schatten	0	5	5	3	4,5	3,8	3,8	0,718	3,53	76,6	443,3	5513,7	1326,9	61,15	0,58	74,2	20,8	5,0	
Lechner	Schatten	5	10	5	3	4,7	4,0	4,2	0,760	0,23	275,6	482,8	6356,3	4774,2	3,98	0,78	58,0	24,0	18,0	
Lechner	Schatten	10	20	10	3	4,9	4,2	4,3	0,799	0,00	851,5	968,4	6701,8	7375,3	0,00	0,93	46,9	25,3	27,8	
Lechner	Schatten	20	30	10	3	4,9	4,2	4,3	0,830	0,00	1064,9	900,0	6470,1	9223,6	0,00	0,99	40,8	24,4	34,8	
Lechner	Schatten	30	46	16	3	4,9	4,1	4,3	0,862	0,00	1535,7	1208,7	5760,3	8490,3	0,00	0,85	46,2	21,7	32,0	
Winter	Licht	0	5	5	3	4,0	3,3	2,8	0,544	2,91	13,0	278,7	2624,0	225,2	50,41	0,26	89,2	9,9	0,8	
Winter	Licht	5	10	5	3	4,1	3,4	3,2	0,721	0,00	180,4	415,3	5187,0	3125,1	0,00	0,59	68,6	19,6	11,8	
Winter	Licht	10	20	10	3	4,1	4,0	4,0	0,776	0,00	609,4	968,4	6508,9	5278,3	0,00	0,81	55,5	24,6	19,9	
Winter	Licht	20	30	10	3	5,0	4,3	4,3	0,837	0,00	861,2	1094,1	7931,9	7459,3	0,00	1,10	41,9	29,9	28,1	
Winter	Licht	30	52	22	3	7,3	6,9	7,1	0,841	0,00	1689,3	2660,6	8677,9	6551,6	0,00	1,15	42,5	32,7	24,7	
Winter	Schatten	0	5	5	2	4,6	3,5	3,3	0,536	1,11	64,4	341,0	4749,3	1673,4	28,84	0,51	75,8	17,9	6,3	
Winter	Schatten	5	10	5	2	4,7	3,7	3,9	0,691	0,10	145,0	381,0	6836,0	3767,7	2,60	0,80	60,0	25,8	14,2	
Winter	Schatten	10	20	10	2	5,0	4,2	4,3	0,741	0,00	248,2	913,7	8796,4	3224,7	0,00	1,00	54,6	33,2	12,2	
Winter	Schatten	20	30	10	2	5,1	4,3	4,5	0,784	0,00	249,0	1045,7	10651,4	3235,1	0,00	1,21	47,6	40,2	12,2	
Winter	Schatten	30	53	23	2	5,0	4,2	4,4	0,821	0,00	1011,9	2381,9	11039,7	5716,0	0,00	1,41	36,8	41,7	21,6	
Pöttinger	Licht	0	5	5	3	4,0	3,2	3,0	0,609	1,18	27,9	514,4	5422,3	483,3	20,44	0,55	77,7	20,5	1,8	
Pöttinger	Licht	5	10	5	3	4,3	3,6	3,6	0,714	0,00	70,4	585,2	7238,1	1219,5	0,00	0,76	68,1	27,3	4,6	
Pöttinger	Licht	10	20	10	3	4,4	4,2	4,2	0,770	0,00	241,8	1479,6	9868,0	2094,3	0,00	1,07	54,9	37,2	7,9	
Pöttinger	Licht	20	30	10	3	4,6	4,3	4,3	0,800	0,00	206,3	1424,6	9865,2	1786,9	0,00	1,06	56,0	37,2	6,7	
Pöttinger	Licht	30	46	16	3	4,5	4,2	4,3	0,832	0,00	1041,9	2331,3	10500,1	5640,3	0,00	1,33	39,1	39,6	21,3	
Pöttinger	Schatten	0	5	5	3	4,2	3,4	3,2	0,589	1,30	21,0	480,4	4901,6	363,8	22,52	0,50	80,1	18,5	1,4	
Pöttinger	Schatten	5	10	5	3	4,6	4,0	3,9	0,693	0,00	59,6	633,9	7604,4	1032,5	0,00	0,79	67,4	28,7	3,9	

Probefläche		von	bis	[cm]	Anz	pH	pH	pH	fri_	Wurzel	mgb_	Mfb_	mfb_	mgb	Wurzel	db	PVol	FB	GB
						H2O	CaCl2	BaCl	otro	tro	ges	fri	otr		[g/cm³]	[%]	[%]	[%]	
Pöttinger	Schatten	10	20	10	3	4,9	4,3	4,6	0,767	0,37	163,9	1445,5	9596,7	1419,6	3,20	1,01	58,4	36,2	5,4
Pöttinger	Schatten	20	30	10	3	4,8	4,4	4,4	0,793	0,90	92,0	1517,4	10415,8	796,9	7,80	1,07	57,7	39,3	3,0
Pöttinger	Schatten	30	48	18	3	4,8	4,3	4,5	0,808	0,00	729,5	2869,0	10952,0	3446,5	0,00	1,26	45,7	41,3	13,0

Tab.13:Porenvolumen, Feinboden, Grobskelett und andere Parameter in den Bodenhorizonten der Probeflächen

Gehalt der Bodenproben	Nach BaCl Auszug	Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Zn
Fläche	Probe	mg/g	mg/g	µg/g	µg/g	mg/g	mg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Meindl	1L 0-5	0,3229	0,4736	1,0819	0,1366	0,1320	0,0481	61,87	38,45	5,9935
Meindl	1L 5-10	0,3112	0,0928	2,3097	0,0576	0,0537	0,0167	12,54	34,48	
Meindl	1L 10-20	0,2158	0,0454		0,0048	0,0396	0,0134	11,72	103,14	
Meindl	1L 20-30	0,2188	0,0097			0,0547	0,0051	12,81	32,99	
Meindl	1L 30-Rest	0,3460	0,0351			0,0916	0,0151	25,48	32,73	
Meindl	1S 0-5	0,3659	0,2751	2,7671	0,1181	0,0963	0,0308	21,91	36,07	2,5498
Meindl	1S 5-10	0,4657	0,0984		0,0990	0,0588	0,0158	9,41	31,61	0,0609
Meindl	1S 10-20	0,2701	0,0223		0,0065	0,0332	0,0062	12,38	28,93	
Meindl	1S 20-30	0,1900	0,0069			0,0359	0,0042	11,32	33,59	
Meindl	1S 30-Rest	0,1948	0,0066			0,0642	0,0045	19,66	29,80	
Helmberger	2L 0-5	0,3056	0,4893	0,3120	0,1005	0,1995	0,0454	78,76	46,71	3,1127
Helmberger	2L 5-10	0,3423	0,1120		0,0329	0,0625	0,0149	39,12	25,93	
Helmberger	2L 10-20	0,1677	0,0156			0,0284	0,0049	25,29	35,46	
Helmberger	2L 20-30	0,0917	0,0010			0,0242	0,0026	16,45	24,17	
Helmberger	2L 30-Rest	0,1760	0,0007			0,0379	0,0037	16,54	25,14	
Helmberger	2S 0-5	0,3907	0,2787	1,0819	0,1154	0,0860	0,0248	26,94	26,82	1,4194
Helmberger	2S 5-10	0,3941	0,0702	2,3097	0,0701	0,0467	0,0117	10,44	30,94	
Helmberger	2S 10-20	0,2650	0,0261		0,0073	0,0363	0,0067	21,54	34,60	
Helmberger	2S 20-30	0,1156	0,0020			0,0267	0,0022	20,35	24,74	
Helmberger	2S 30-Rest	0,2129	0,0053			0,0458	0,0045	19,29	34,55	
Dechant	3L 0-5	0,3946	0,1470	2,7671	0,0584	0,1383	0,0271	63,81	50,37	1,6508
Dechant	3L 5-10	0,3440	0,0310		0,0193	0,0533	0,0100	37,36	30,00	
Dechant	3L 10-20	0,1754	0,0024			0,0255	0,0036	18,50	28,50	
Dechant	3L 20-30	0,1163	0,0030			0,0218	0,0020	14,66	28,54	
Dechant	3L 30-Rest	0,2951	0,0020			0,0531	0,0035	12,35	33,10	
Dechant	3S 0-5	0,4454	0,2009	0,4931	0,1114	0,1301	0,0272	23,22	30,13	4,7351
Dechant	3S 5-10	0,4917	0,0349	0,1464	0,0881	0,0581	0,0085	5,76	23,72	
Dechant	3S 10-20	0,2119	0,0010			0,0292	0,0028	15,25	22,33	
Dechant	3S 20-30	0,1622	0,0020			0,0279	0,0027	9,58	31,12	
Dechant	3S 30-Rest	0,2645	0,0043			0,0464	0,0046	14,82	28,71	
Lechner	4L 0-5	0,3468	0,2387	0,7689	0,0155	0,1310	0,0341	108,17	145,27	3,3502
Lechner	4L 5-10	0,3031	0,0398		0,0008	0,0663	0,0116	35,55	25,24	
Lechner	4L 10-20	0,1992	0,0116			0,0667	0,0058	31,11	26,09	
Lechner	4L 20-30	0,1761	0,0074			0,0726	0,0050	30,57	30,76	
Lechner	4L 30-Rest	0,3571	0,0232			0,0892	0,0077	28,10	29,59	
Lechner	4S 0-5	0,4857	0,1405	0,7047	0,0961	0,1112	0,0235	27,26	32,25	2,7443
Lechner	4S 5-10	0,4073	0,0501	0,2374	0,0269	0,0767	0,0113	33,60	35,48	0,1196
Lechner	4S 10-20	0,2458	0,0240			0,0567	0,0065	29,84	38,88	
Lechner	4S 20-30	0,2001	0,0206			0,0516	0,0059	22,00	33,70	
Lechner	4S 30-Rest	0,2531	0,0371			0,0578	0,0076	16,71	31,85	
Winter	5L 0-5	0,4329	0,6371	3,4191	0,1145	0,1615	0,0628	67,85	29,73	10,1419

Gehalt der Bodenproben	Nach BaCl Auszug	Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Zn
Winter	5L 5-10	0,5785	0,1049		0,1341	0,0834	0,0214	7,67	29,08	1,9567
Winter	5L 10-20	0,2956	0,0726		0,0176	0,0454	0,0122	11,56	18,90	
Winter	5L 20-30	0,1383	0,0488			0,0628	0,0114	19,08	26,22	
Winter	5L 30-Rest		0,8246			0,0419	0,0296	0,14	93,16	
Winter	5S 0-5	0,4950	0,3026	5,3480	0,1368	0,1173	0,0617	13,91	26,16	3,7102
Winter	5S 5-10	0,3854	0,0240		0,0555	0,0389	0,0102	5,22	27,80	
Winter	5S 10-20	0,1357	0,0001			0,0196	0,0031	7,71	25,29	
Winter	5S 20-30	0,0882	0,0020		0,0074	0,0300	0,0042	13,61	27,97	
Winter	5S 30-Rest	0,0826	0,0012			0,0227	0,0024	12,59	32,84	
Pöttinger	6L 0-5	0,5850	0,1767	0,0270	0,1207	0,1122	0,0303	26,16	26,11	1,8360
Pöttinger	6L 5-10	0,4882	0,0243	0,7858	0,0783	0,0703	0,0089	7,80	28,74	
Pöttinger	6L 10-20	0,1858	0,0020			0,0445	0,0021	14,67	16,78	
Pöttinger	6L 20-30	0,1041	0,0020			0,0427	0,0018	21,72	19,84	
Pöttinger	6L 30-Rest	0,1506	0,0040			0,0361	0,0020	23,01	23,68	
Pöttinger	6S 0-5	0,6890	0,1334		0,1389	0,0832	0,0292	16,69	37,76	1,4296
Pöttinger	6S 5-10	0,3347	0,0073		0,0129	0,0325	0,0056	13,08	26,28	
Pöttinger	6S 10-20	0,1248	0,0008			0,0281	0,0028	18,00	26,36	
Pöttinger	6S 20-30	0,0914	0,0010			0,0250	0,0025	21,30	29,50	
Pöttinger	6S 30-Rest	0,1084	0,0040			0,0267	0,0016	17,73	107,98	

Tab.14:Nährstoffgehalte der Bodenproben nach dem BaCl - Auszug

Gehalt der Bodenproben	nach Säure - aufschluss	Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Zn	C	N	C/N
Fläche	Probe	[mg/g]	[mg/g]	[µg/g]	[mg/g]	[mg/g]	[mg/g]	[µg/g]	[µg/g]	[mg/g]	[mg/g]	[µg/g]	[mg/g]	[mg/g]	
Meindl	1L 0-5	15,273	1,718	21,171	9,782	3,459	1,693	198,609	290,033	0,405	0,481	40,174	84,210	3,666	22,971
Meindl	1L 5-10	20,573	1,195	6,586	17,702	4,075	2,869	138,328	309,718	0,285	0,180	78,551	27,411	1,013	27,065
Meindl	1L 10-20	21,849	1,117	8,438	17,542	4,142	3,213	252,759	345,007	0,185	0,107	46,159	11,418	0,594	19,232
Meindl	1L 20-30	24,697	1,110	12,629	19,869	4,814	3,728	311,075	391,689	0,155	0,107	59,379	5,264	0,238	22,093
Meindl	1L 30-Rest	32,114	0,879	20,742	28,931	6,246	5,164	469,480	411,962	0,193	0,136	64,443	2,603	0,245	10,642
Meindl	1S 0-5	14,970	1,823	34,428	10,286	3,269	1,504	108,771	308,350	0,437	0,390	27,572	81,013	2,892	28,009
Meindl	1S 5-10	18,326	1,359	8,174	14,565	3,673	2,242	140,440	333,753	0,521	0,249	41,438	41,746	1,473	28,333
Meindl	1S 10-20	19,981	1,273	10,171	15,501	3,729	2,884	237,109	362,213	0,309	0,127	40,987	16,470	0,619	26,612
Meindl	1S 20-30	21,482	1,257	9,465	17,041	4,157	3,180	371,551	399,685	0,280	0,113	43,605	8,368	0,391	21,417
Meindl	1S 30-Rest	26,365	1,265	12,941	20,932	5,255	3,982	563,800	437,105	0,313	0,102	48,422	4,398	0,319	13,787
Helmberger	2L 0-5	15,973	2,045	20,262	11,899	3,210	1,797	290,691	282,915	0,910	0,679	50,416	8,880	4,353	2,040
Helmberger	2L 5-10	18,608	1,418	20,267	13,079	3,202	2,051	282,094	329,624	0,813	0,233	42,526	33,628	1,458	23,068
Helmberger	2L 10-20	21,684	1,344	7,421	16,312	3,540	2,813	612,745	308,163	0,599	0,149	42,596	16,208	0,644	25,181
Helmberger	2L 20-30	22,077	1,375	8,363	17,008	3,647	2,873	766,167	337,864	0,582	0,154	46,729	6,955	0,289	24,077
Helmberger	2L 30-Rest	21,906	1,321	8,512	16,490	3,669	2,899	641,059	288,274	0,580	0,152	44,698	3,427	0,205	16,688
Helmberger	2S 0-5	13,572	1,708	17,759	10,151	2,540	1,417	166,098	334,399	0,638	0,475	34,001	7,521	2,527	2,976
Helmberger	2S 5-10	13,696	1,659	31,924	10,279	2,561	1,525	140,779	203,230	0,602	0,430	34,231	3,597	1,262	2,851
Helmberger	2S 10-20	18,620	1,413	6,962	14,520	3,159	2,445	340,279	272,444	0,521	0,198	42,234	2,699	0,657	4,108
Helmberger	2S 20-30	20,658	1,697	9,597	16,289	3,552	2,891	768,666	309,068	0,475	0,144	46,002	7,139	0,358	19,932
Helmberger	2S 30-Rest	24,269	1,243	14,440	20,802	4,559	3,594	567,794	351,018	0,362	0,161	47,636	6,747	0,167	40,345
Dechant	3L 0-5	15,207	0,831	14,157	11,486	2,586	1,784	365,233	311,863	0,764	0,529	51,176	79,185	2,834	27,937
Dechant	3L 5-10	34,848	0,802	8,181	31,287	3,229	5,103	442,339	251,527	0,878	0,274	39,612	33,396	1,400	23,851
Dechant	3L 10-20	17,804	0,798	9,418	16,164	3,383	2,577	629,161	385,483	0,730	0,174	66,917	19,326	0,739	26,145
Dechant	3L 20-30	19,690	0,882	15,652	16,293	3,610	2,786	739,529	264,384	0,618	0,183	51,730	7,337	0,394	18,602
Dechant	3L 30-Rest	25,849	0,496	20,334	22,197	4,919	4,618	419,745	365,121	0,356	0,233	83,891	3,470	0,249	13,927
Dechant	3S 0-5	12,158	0,905	18,408	9,646	2,324	1,298	98,884	225,747	0,703	0,759	33,164	122,862	4,451	27,605

Gehalt der Bodenproben	nach Säure - aufschluss	nach Säure - aufschluss													
		Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Zn	C	N	C/N
Dechant	3S 5-10	17,108	0,746	10,012	15,327	2,748	2,265	177,737	248,432	0,996	0,290	37,060	43,700	1,569	27,859
Dechant	3S 10-20	20,222	0,746	9,121	17,167	3,029	3,045	407,931	268,574	0,733	0,168	49,137	19,239	0,853	22,556
Dechant	3S 20-30	22,483	0,718	12,313	18,794	3,795	3,383	418,241	280,887	0,555	0,124	59,154	6,440	0,417	15,430
Dechant	3S 30-Rest	24,798	0,602	20,557	21,424	3,788	3,746	390,375	337,037	0,377	0,157	63,401	3,688	0,262	14,073
Lechner	4L 0-5	27,027	1,196	36,522	24,509	2,769	4,173	460,410	267,384	0,530	0,521	78,178	64,432	2,595	24,830
Lechner	4L 5-10	19,439	0,822	12,832	16,437	3,426	2,700	449,011	279,129	0,477	0,251	60,382	29,881	1,201	24,890
Lechner	4L 10-20	23,590	0,844	10,907	20,771	3,947	3,453	657,183	301,754	0,566	0,192	58,086	14,105	0,628	22,452
Lechner	4L 20-30	27,402	0,892	18,960	22,495	4,121	3,911	729,650	419,145	0,503	0,208	65,998	7,107	0,482	14,741
Lechner	4L 30-Rest	24,201	0,669	18,129	20,447	3,017	3,713	577,582	419,475	0,483	0,238	72,048	4,780	0,381	12,563
Lechner	4S 0-5	28,623	1,000	27,613	26,372	3,311	4,559	198,889	337,174	0,481	0,529	61,841	64,994	3,159	20,576
Lechner	4S 5-10	26,941	0,878	11,105	22,473	3,749	3,355	383,344	369,955	0,424	0,341	70,103	41,324	1,944	21,262
Lechner	4S 10-20	25,384	0,938	10,177	21,737	3,991	3,364	626,856	311,522	0,444	0,217	66,992	17,329	1,118	15,496
Lechner	4S 20-30	23,016	0,797	11,028	18,934	3,972	3,220	543,686	323,823	0,432	0,165	68,100	9,024	0,610	14,796
Lechner	4S 30-Rest	28,511	0,590	13,402	23,933	4,068	4,173	455,763	235,649	0,419	0,151	51,873	5,944	0,459	12,960
Winter	5L 0-5	12,237	1,959	148,334	8,710	2,017	1,645	185,003	264,802	0,403	1,186	78,852	229,686	7,558	30,388
Winter	5L 5-10	18,102	1,195	13,115	16,344	2,763	2,283	115,016	265,087	0,442	0,415	59,176	58,995	2,353	25,067
Winter	5L 10-20	22,416	1,118	15,479	21,024	3,019	3,643	270,671	290,312	0,401	0,219	74,064	26,178	0,956	27,379
Winter	5L 20-30	25,122	0,996	20,186	22,653	3,629	4,242	587,259	230,977	0,374	0,232	44,833	8,794	0,373	23,556
Winter	5L 30-Rest	24,433	21,910	21,883	22,332	4,092	7,233	712,156	353,750	0,390	0,558	49,109	8,876	0,131	67,667
Winter	5S 0-5	15,193	1,487	52,641	10,687	2,497	1,736	93,020	217,815	0,822	1,013	54,525	107,283	4,758	22,547
Winter	5S 5-10	50,158	1,070	13,177	44,086	2,815	6,932	149,484	317,785	1,093	0,319	52,913	41,041	1,367	30,015
Winter	5S 10-20	14,541	1,112	9,544	14,363	3,231	2,003	587,886	305,938	0,957	0,198	56,027	21,968	0,852	25,793
Winter	5S 20-30	34,433	1,294	10,898	27,080	3,767	4,873	780,060	357,504	0,917	0,240	61,606	10,153	0,442	22,945
Winter	5S 30-Rest	24,258	1,302	16,134	20,666	4,208	4,022	729,749	327,137	0,734	0,230	54,851	3,841	0,190	20,206
Pöttinger	6L 0-5	17,583	1,413	11,918	12,289	3,271	1,789	124,246	364,345	0,549	0,665	36,552	103,100	3,946	26,128
Pöttinger	6L 5-10	19,194	0,654	10,625	17,083	2,524	2,759	195,342	282,531	0,485	0,275	56,675	35,889	1,437	24,982
Pöttinger	6L 10-20	23,231	0,963	15,270	18,659	3,393	3,576	569,937	386,810	0,447	0,203	53,031	17,041	0,639	26,651
Pöttinger	6L 20-30	23,166	0,905	11,627	19,039	3,614	3,716	898,104	456,807	0,409	0,237	67,190	8,666	0,477	18,185
Pöttinger	6L 30-Rest	24,639	0,898	15,389	21,290	4,098	4,216	748,861	306,268	0,361	0,238	58,936	3,787	0,329	11,526
Pöttinger	6S 0-5	19,015	1,045	11,629	15,233	2,779	2,259	118,741	268,405	0,574	0,578	45,958	93,942	3,191	29,443
Pöttinger	6S 5-10	24,035	0,948	15,412	20,739	3,510	3,492	370,297	442,976	0,575	0,263	60,815	29,350	1,151	25,504
Pöttinger	6S 10-20	25,305	0,949	10,384	20,218	3,831	3,838	864,680	324,138	0,493	0,200	55,067	13,164	0,624	21,086
Pöttinger	6S 20-30	25,348	1,009	10,231	20,230	4,160	4,038	868,248	359,549	0,522	0,267	58,944	6,022	0,404	14,903
Pöttinger	6S 30-Rest	26,056	0,916	12,486	21,456	4,018	4,322	852,540	331,592	0,565	0,229	57,731	3,993	0,325	12,283

Tab.15:Nährstoffgehalte der Bodenproben nach dem Säureaufschluss

Korngrößenverteilung, Angaben im Massen %				
Probe	Kies	Sand	Schluff	Ton
Meindl Licht	29,2	27,2	29,0	14,7
Meindl Schatten	36,9	27,5	22,8	12,9
Helmberger Licht	34,0	22,5	35,0	8,5
Helmberger Schatten	43,5	21,3	8,2	7,0
Dechant Licht	37,0	21,6	27,4	14,0
Dechant Schatten	31,1	28,0	30,7	10,3
Lechner Licht	45,4	18,6	24,7	11,2
Lechner Schatten	54,2	13,7	21,7	10,4
Winter Licht	44,0	19,9	28,5	7,6
Winter Schatten	19,2	26,8	40,6	13,3
Pöttinger Licht	12,7	24,3	44,2	18,9
Pöttinger Schatten	5,5	25,8	44,2	24,5

Tab. 16: Korngrößenverteilung auf den Flächen

Descriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard Abweichung
h03	167	100	456	265,75	67,468
whd03	167	15	85	40,46	12,458
Wuchsform	170	1,0	4,5	2,600	,7310
Mittelwert Porenvolumen Prozent	170	51,04	61,86	55,6229	3,37523
Mittelwert Feinboden Prozent	170	23,25	32,81	27,6351	3,47796
Mittelwert Grobboden Prozent	170	5,33	25,46	16,7412	5,78662
Valid N (listwise)	167				

Tab.17: Descriptive Statistik

Descriptive Statistik für die Herkünfte

Herkunft		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard abweichung
Gadermaier	h03	44	130	456	292,66	88,036
	whd03	44	22	76	44,27	12,567
	Wuchsform	44	1,0	3,5	2,341	,6886
	Mittelwert Porenvolumen Prozent	44	51,57	61,86	56,1193	3,77511
	Mittelwert Feinboden Prozent	44	25,95	32,81	28,3964	3,08397
	Mittelwert Grobboden Prozent	44	5,33	22,48	15,4843	6,66637
	Valid N (listwise)	44				
Laufen	h03	7	218	337	287,71	39,970
	whd03	7	25	58	37,00	10,832
	Wuchsform	7	2,0	3,5	2,571	,5345
	Mittelwert Porenvolumen Prozent	7	54,55	58,17	56,1014	1,93497
	Mittelwert Feinboden Prozent	7	26,35	27,23	26,8529	,47038
	Mittelwert Grobboden Prozent	7	15,48	18,22	17,0457	1,46459
	Valid N (listwise)	7				
Landesforstgarten	h03	46	156	390	237,87	50,463
	whd03	46	15	85	35,80	12,811
	Wuchsform	47	1,5	4,5	2,915	,7469
	Mittelwert Porenvolumen Prozent	47	51,04	59,57	54,8038	2,78946
	Mittelwert Feinboden Prozent	47	23,25	31,75	26,6406	3,45571
	Mittelwert Grobboden Prozent	47	13,30	25,46	18,5543	4,17362
	Valid N (listwise)	46				
Urnenhain	h03	70	100	422	264,96	57,374
	whd03	70	21	70	41,47	11,479
	Wuchsform	72	1,0	4,0	2,556	,6999
	Mittelwert Porenvolumen Prozent	72	51,04	61,86	55,8078	3,53182
	Mittelwert Feinboden Prozent	72	23,25	32,81	27,8951	3,75949
	Mittelwert Grobboden Prozent	72	5,33	25,46	16,2963	6,16095
	Valid N (listwise)	70				

Tab. 18: Descriptive Statistik für die Herkünfte

Descriptive Statistik für die Flächen

Fläche	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard Abweichung	
Meindl	h03	25	185	342	244,92	43,108
	whd03	25	21	51	32,52	6,678
	Wuchsform	25	1,5	4,5	2,600	,8036
	Mittelwert Porenvolumen Prozent	25	52,46	55,55	53,9432	1,57560
	Mittelwert Feinboden Prozent	25	27,27	31,42	29,4280	2,11609
	Mittelwert Grobboden Prozent	25	16,12	17,17	16,6240	,53540
	Valid N (listwise)	25				
Helmberger	h03	29	100	342	235,41	62,945
	whd03	29	25	59	39,31	10,372
	Wuchsform	29	1,0	3,5	2,621	,6769
	Mittelwert Porenvolumen Prozent	29	51,57	53,97	52,8114	1,22051
	Mittelwert Feinboden Prozent	29	25,95	26,05	26,0017	,05085
	Mittelwert Grobboden Prozent	29	19,98	22,48	21,1869	1,27137
	Valid N (listwise)	29				
Dechant	h03	29	158	337	257,14	42,853
	whd03	29	15	58	33,24	9,338
	Wuchsform	30	1,5	3,5	2,517	,6363
	Mittelwert Porenvolumen Prozent	30	54,55	58,17	56,3600	1,84094
	Mittelwert Feinboden Prozent	30	26,35	27,23	26,7900	,44752
	Mittelwert Grobboden Prozent	30	15,48	18,22	16,8500	1,39342
	Valid N (listwise)	29				
Lechner	h03	28	156	320	225,89	41,492
	whd03	28	23	60	37,14	8,818
	Wuchsform	28	1,5	4,0	2,982	,5525
	Mittelwert Porenvolumen Prozent	28	51,04	53,21	52,1250	1,10491
	Mittelwert Feinboden Prozent	28	23,25	23,50	23,3750	,12729
	Mittelwert Grobboden Prozent	28	23,54	25,46	24,5000	,97762
	Valid N (listwise)	28				
Winter	h03	26	159	394	273,08	55,917
	whd03	26	25	85	48,15	14,794
	Wuchsform	27	1,0	4,5	2,870	,8273
	Mittelwert Porenvolumen Prozent	27	54,95	59,57	57,3456	2,35239
	Mittelwert Feinboden Prozent	27	23,34	31,75	27,3893	4,28216
	Mittelwert Grobboden Prozent	27	13,30	17,09	15,2652	1,92977
	Valid N (listwise)	26				
Pöttinger	h03	30	200	456	351,60	63,609
	whd03	30	32	76	51,60	10,125
	Wuchsform	31	1,0	3,0	2,081	,5642
	Mittelwert Porenvolumen Prozent	31	59,16	61,86	60,5535	1,37160
	Mittelwert Feinboden Prozent	31	32,37	32,81	32,5971	,22352
	Mittelwert Grobboden Prozent	31	5,33	8,47	6,8494	1,59512
	Valid N (listwise)	30				

Tab.19: Descriptive Statistik für die Flächen

Herkunft Gadermaier		Fläche	h03	whd03	Wuchsform transformiert	Mittelwert Porenvolumen Prozent	Mittelwert Feinboden Prozent	Mittelwert Grobskelett Prozent
Fläche	Korrelations Koeffizient	1	,820(**)	,635(**)	,309(*)	,915(**)	,991(**)	-,977(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,000	,041	,000	,000	,000
	N		44	44	44	44	44	44
h03	Korrelations Koeffizient		1	,824(**)	,377(*)	,800(**)	,814(**)	-,829(**)
	Signifikanz (2-seitig)			,000	,012	,000	,000	,000
	N			44	44	44	44	44
whd03	Korrelations Koeffizient			1	,065	,603(**)	,635(**)	-,635(**)
	Signifikanz (2-seitig)				,676	,000	,000	,000
	N				44	44	44	44
Wuchsform transformiert	Korrelations Koeffizient				1	,335(*)	,312(*)	-,334(*)
	Signifikanz (2-seitig)					,026	,039	,027
	N					44	44	44
Mittelwert Porenvolumen Prozent	Korrelations Koeffizient					1	,888(**)	-,977(**)
	Signifikanz (2-seitig)						,000	,000
	N						44	44
Mittelwert Feinboden Prozent	Korrelations Koeffizient						1	-,966(**)
	Signifikanz (2-seitig)							,000
	N							44
Mittelwert Grobskelett Prozent	Korrelations Koeffizient							1
	Signifikanz (2-seitig)							
	N							

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab.20: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über alle Flächen für die Herkunft **Gadermaier**

Herkunft Laufen		Fläche	h03	whd03	Wuchsform transformiert	Mittelwert Porenvolumen Prozent	Mittelwert Feinboden Prozent	Mittelwert Grobskelett Prozent
Fläche	Korrelations Koeffizient	.(a)	.(a)	.(a)	.(a)	.(a)	.(a)	.(a)
	Signifikanz (2-seitig)	
	N		7	7	7	7	7	7
h03	Korrelations Koeffizient		1	,731	-,329	,342	-,342	-,342
	Signifikanz (2-seitig)			,062	,472	,453	,453	,453
	N			7	7	7	7	7
whd03	Korrelations Koeffizient			1	-,878(**)	,662	-,662	-,662
	Signifikanz (2-seitig)				,009	,105	,105	,105
	N				7	7	7	7
Wuchsform transformiert	Korrelations Koeffizient				1	-,750	,750	,750
	Signifikanz					,052	,052	,052
	N							

	(2-seitig)						
	N				7	7	7
Mittelwert Porenvolumen Prozent	Korrelations Koeffizient				1	-1,000(**)	-1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)					,000	,000
	N					7	7
Mittelwert Feinboden Prozent	Korrelations Koeffizient					1	1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)						,000
	N						7
Mittelwert Grobskelett Prozent	Korrelations Koeffizient						1
	Signifikanz (2-seitig)						
	N						

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab.21: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über alle Flächen für die Herkunft **Laufen**

Herkunft Landesforst garten		Fläche	h03	whd03	Wuchsform transformiert	Mittelwert Porenvolumen Prozent	Mittelwert Feinboden Prozent	Mittelwert Grobskelett Prozent
Fläche	Korrelations Koeffizient	1	-,060	,389(**)	-,179	,253	-,345(*)	,117
	Signifikanz (2-seitig)		,691	,008	,230	,086	,017	,432
	N		46	46	47	47	47	47
h03	Korrelations Koeffizient		1	,744(**)	,221	,471(**)	-,097	-,225
	Signifikanz (2-seitig)			,000	,140	,001	,520	,133
	N			46	46	46	46	46
whd03	Korrelations Koeffizient			1	-,130	,438(**)	-,225	-,099
	Signifikanz (2-seitig)				,390	,002	,132	,514
	N				46	46	46	46
Wuchsform transformiert	Korrelations Koeffizient				1	,005	-,068	,053
	Signifikanz (2-seitig)					,971	,650	,726
	N					47	47	47
Mittelwert Porenvolumen Prozent	Korrelations Koeffizient					1	-,120	-,569(**)
	Signifikanz (2-seitig)						,423	,000
	N						47	47
Mittelwert Feinboden Prozent	Korrelations Koeffizient						1	-,748(**)
	Signifikanz (2-seitig)							,000
	N							47
Mittelwert Grobskelett Prozent	Korrelations Koeffizient							1
	Signifikanz (2-seitig)							
	N							

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab.22: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über alle Flächen für die Herkunft **Landesforstgarten**

Herkunft Urnenhain		Fläche	h03	whd03	Wuchsform transformiert	Mittelwert Porenvolumen Prozent	Mittelwert Feinboden Prozent	Mittelwert Grobskelett Prozent
Fläche	Korrelations Koeffizient	1	,464(**)	,489(**)	,151	,645(**)	,246(*)	-,519(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,000	,205	,000	,038	,000
	N		70	70	72	72	72	72
h03	Korrelations Koeffizient		1	,771(**)	,329(**)	,520(**)	,211	-,427(**)
	Signifikanz (2-seitig)			,000	,005	,000	,080	,000
	N			70	70	70	70	70
whd03	Korrelations Koeffizient			1	,098	,401(**)	-,079	-,181
	Signifikanz (2-seitig)				,421	,001	,514	,135
	N				70	70	70	70
Wuchsform transformiert	Korrelations Koeffizient				1	,415(**)	,311(**)	-,427(**)
	Signifikanz (2-seitig)					,000	,008	,000
	N					72	72	72
Mittelwert Porenvolumen Prozent	Korrelations Koeffizient					1	,427(**)	-,834(**)
	Signifikanz (2-seitig)						,000	,000
	N						72	72
Mittelwert Feinboden Prozent	Korrelations Koeffizient						1	-,855(**)
	Signifikanz (2-seitig)							,000
	N							72
Mittelwert Grobskelett Prozent	Korrelations Koeffizient							1
	Signifikanz (2-seitig)							
	N							

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab.23: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über alle Flächen für die Herkunft **Urnenhain**

Fläche Meindl		Herkunft	h03	whd03	Wuchsform transformiert	Mittelwert Porenvolumen Prozent	Mittelwert Feinboden Prozent	Mittelwert Grobskelett Prozent
Herkunft	Korrelations Koeffizient	1	-,182	,150	,285	-,038	,038	-,038
	Signifikanz (2-seitig)		,384	,475	,168	,855	,855	,855
	N		25	25	25	25	25	25
h03	Korrelations Koeffizient		1	,791(**)	,293	,129	-,129	,129
	Signifikanz (2-seitig)			,000	,156	,539	,539	,539
	N			25	25	25	25	25
whd03	Korrelations Koeffizient			1	,173	-,076	,076	-,076
	Signifikanz (2-seitig)							
	N							

	Signifikanz (2-seitig)				,408	,717	,717	,717
	N				25	25	25	25
Wuchsform transformiert	Korrelations Koeffizient			1		-,031	,031	-,031
	Signifikanz (2-seitig)					,885	,885	,885
	N					25	25	25
Mittelwert Porenvolumen Prozent	Korrelations Koeffizient					1	-1,000(**)	1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)						,000	,000
	N						25	25
Mittelwert Feinboden Prozent	Korrelations Koeffizient						1	-1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)							,000
	N							25
Mittelwert Grobskelett Prozent	Korrelations Koeffizient							1
	Signifikanz (2-seitig)							,000
	N							25

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab.24: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche **Meindl**

Fläche Helmberger		Herkunft	h03	whd03	Wuchsform transformiert	Mittelwert Porenvolumen Prozent	Mittelwert Feinboden Prozent	Mittelwert Grobskelett Prozent
Herkunft	Korrelations Koeffizient	1	,028	,064	-,178	-,021	-,021	,021
	Signifikanz (2-seitig)		,884	,740	,356	,913	,913	,913
	N		29	29	29	29	29	29
h03	Korrelations Koeffizient		1	,806(**)	,348	,349	,349	-,349
	Signifikanz (2-seitig)			,000	,064	,064	,064	,064
	N			29	29	29	29	29
whd03	Korrelations Koeffizient			1	,041	,578(**)	,578(**)	-,578(**)
	Signifikanz (2-seitig)				,832	,001	,001	,001
	N				29	29	29	29
Wuchsform transformiert	Korrelations Koeffizient				1	,084	,084	-,084
	Signifikanz (2-seitig)					,665	,665	,665
	N					29	29	29
Mittelwert Porenvolumen Prozent	Korrelations Koeffizient					1	1,000(**)	-1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)						,000	,000
	N						29	29
Mittelwert Feinboden Prozent	Korrelations Koeffizient						1	-1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)							,000
	N							29
Mittelwert Grobskelett	Korrelations Koeffizient							1

Prozent	Signifikanz (2-seitig) N						
---------	--------------------------------	--	--	--	--	--	--

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab.25: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche **Helmberger**

Fläche Dechant		Herkunft	h03	whd03	Wuchsform transformiert	Mittelwert Porenvolumen Prozent	Mittelwert Feinboden Prozent	Mittelwert Grobskelett Prozent
Herkunft	Korrelations Koeffizient	1	-,223	-,356	-,197	,029	-,029	-,029
	Signifikanz (2-seitig)		,244	,058	,296	,879	,879	,879
	N		29	29	30	30	30	30
h03	Korrelations Koeffizient		1	,799(**)	-,031	,262	-,262	-,262
	Signifikanz (2-seitig)			,000	,871	,169	,169	,169
	N			29	29	29	29	29
whd03	Korrelations Koeffizient			1	-,224	,433(*)	-,433(*)	-,433(*)
	Signifikanz (2-seitig)				,243	,019	,019	,019
	N				29	29	29	29
Wuchsform transformiert	Korrelations Koeffizient				1	-,240	,240	,240
	Signifikanz (2-seitig)					,202	,202	,202
	N					30	30	30
Mittelwert Porenvolumen Prozent	Korrelations Koeffizient					1	-1,000(**)	-1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)						,000	,000
	N						30	30
Mittelwert Feinboden Prozent	Korrelations Koeffizient						1	1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)							,000
	N							30
Mittelwert Grobskelett Prozent	Korrelations Koeffizient							1
	Signifikanz (2-seitig)							
	N							

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab.26: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche **Dechant**

Fläche Lechner		Herkunft	h03	whd03	Wuchsform transformiert	Mittelwert Porenvolumen Prozent	Mittelwert Feinboden Prozent	Mittelwert Grobskelett Prozent
Herkunft	Korrelations Koeffizient	1	,320	,437(*)	-,099	,000	,000	,000
	Signifikanz (2-seitig)		,097	,020	,617	1,000	1,000	1,000
	N		28	28	28	28	28	28

h03	Korrelationskoeffizient	1	,769(**)	,394(*)	-,131	,131	,131
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,038	,508	,508	,508
	N		28	28	28	28	28
whd03	Korrelationskoeffizient		1	,083	-,239	,239	,239
	Signifikanz (2-seitig)			,674	,220	,220	,220
	N			28	28	28	28
Wuchsform transformiert	Korrelationskoeffizient			1	,099	-,099	-,099
	Signifikanz (2-seitig)				,617	,617	,617
	N				28	28	28
Mittelwert Porenvolumen Prozent	Korrelationskoeffizient				1	-1,000(**)	-1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)					,000	,000
	N					28	28
Mittelwert Feinboden Prozent	Korrelationskoeffizient					1	1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)						,000
	N						28
Mittelwert Grobskelett Prozent	Korrelationskoeffizient						1
	Signifikanz (2-seitig)						
	N						

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab.27: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche **Lechner**

Fläche Winter		Herkunft	h03	whd03	Wuchsform transformiert	Mittelwert Porenvolumen Prozent	Mittelwert Feinboden Prozent	Mittelwert Grobskelett Prozent
Herkunft	Korrelationskoeffizient	1	,292	,111	,394(*)	,038	-,038	,038
	Signifikanz (2-seitig)		,148	,588	,042	,849	,849	,849
	N		26	26	27	27	27	27
h03	Korrelationskoeffizient		1	,851(**)	,224	,675(**)	-,675(**)	,675(**)
	Signifikanz (2-seitig)			,000	,270	,000	,000	,000
	N			26	26	26	26	26
whd03	Korrelationskoeffizient			1	,039	,732(**)	-,732(**)	,732(**)
	Signifikanz (2-seitig)				,852	,000	,000	,000
	N				26	26	26	26
Wuchsform transformiert	Korrelationskoeffizient				1	,291	-,291	,291
	Signifikanz (2-seitig)					,141	,141	,141
	N					27	27	27
Mittelwert Porenvolumen Prozent	Korrelationskoeffizient					1	-1,000(**)	1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)						,000	,000
	N						27	27
Mittelwert	Korrelationskoeffizient						1	-1,000(**)

Feinboden Prozent	Koeffizient						
	Signifikanz (2-seitig)						,000
	N						27
Mittelwert Grobskelett Prozent	Korrelations Koeffizient						1
	Signifikanz (2-seitig)						
	N						

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab.28: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche **Winter**

Fläche Pöttinger		Herkunft	h03	whd03	Wuchsform transformiert	Mittelwert Porenvolumen Prozent	Mittelwert Feinboden Prozent	Mittelwert Grobskelett Prozent
Herkunft	Korrelations Koeffizient	1	-,632(**)	-,408(*)	-,024	-,033	-,033	,033
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,025	,896	,859	,859	,859
	N		30	30	31	31	31	31
h03	Korrelations Koeffizient		1	,672(**)	,045	-,017	-,017	,017
	Signifikanz (2-seitig)			,000	,815	,929	,929	,929
	N			30	30	30	30	30
whd03	Korrelations Koeffizient			1	-,361(*)	-,382(*)	-,382(*)	,382(*)
	Signifikanz (2-seitig)				,050	,037	,037	,037
	N				30	30	30	30
Wuchsform transformiert	Korrelations Koeffizient				1	,325	,325	-,325
	Signifikanz (2-seitig)					,075	,075	,075
	N					31	31	31
Mittelwert Porenvolumen Prozent	Korrelations Koeffizient					1	1,000(**)	-1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)						,000	,000
	N						31	31
Mittelwert Feinboden Prozent	Korrelations Koeffizient						1	-1,000(**)
	Signifikanz (2-seitig)							,000
	N							31
Mittelwert Grobskelett Prozent	Korrelations Koeffizient							1
	Signifikanz (2-seitig)							
	N							

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab.29: Korrelationsanalyse nach Pearson mit den Variablen Höhe 2003, WHD 2003, Wuchsform, Mittelwert des Porenvolumen (%), Mittelwert des Feinboden (%) und Mittelwert des Grobskelett (%) über Herkünfte für die Fläche **Pöttinger**