

Lichtökologie von Stieleichenaufforstungen nach Kleinkahlschlägen auf sekundären Fichtenwäldern

**Ein Vergleich von vier Quercus robur Herkünften für die
Waldwirtschaftsgemeinschaft Weilhart**

**Diplomarbeit
durchgeführt am Institut für Waldökologie
an der Universität für Bodenkultur**

eingereicht von Martina Schuller

Juni 2004

INHALT

1. EINLEITUNG	3
1.1 Einleitung	3
1.2 Problemstellung und Literaturüberblick	3
1.2.1 Forstgeschichtliches zum Weilhartsforst	3
1.2.2 Der Waldzustand des Weilhartsforstes	3
1.2.3 Bisherige Bestandesumwandlungen mit Stieleiche	3
1.2.4 Öffentliche Förderung des Landes Oberösterreich	3
1.2.5 Pflanzverbände	3
1.2.6 Pflanzenherkünfte	3
1.3 Zielsetzung	3
2. MATERIAL UND METHODEN	3
2.1 Der Weilhartsforst	3
2.1.1 Klima	3
2.1.2 Geomorphologie	3
2.1.3 Böden	3
2.2 Versuchsdesign	3
2.2.1 Die Flächen und Teilflächen	3
2.2.2 Pflanzverbände	3
2.2.3 Herkünfte und deren Bezeichnung	3
2.2.4 Kennzeichnung der Probebäume	3
2.3 Aufnahmepunkte	3
2.3.1 Messungen an den Probebäumen	3
2.3.1.1 Zuwachsmessung	3
2.3.1.2 Wuchsform	3
2.3.2 Probenwerbungen auf den Teilflächen	3
2.3.2.1 Werbung der Humus- und Bodenproben	3
2.3.2.2 Werbung der Blattproben	3
2.3.4 Ermittlung der Lichtwerte	3
2.3.4.1 Strahlungsschätzung in Wäldern durch hemisphärische Fotos	3
2.3.4.2 Aufnahme der hemisphärischen Fotos	3
2.4 Datenverarbeitung	3

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION	3
3.1 Variabilität der Standorte	3
3.1.1 Variabilität der Lichtverhältnisse	3
3.1.2 Nährstoffvariabilität	3
3.1.3 Manipulation der Wuchsform	3
3.2 Verteilung der Pflanzen	3
3.3 Vergleich der Flächen	3
3.4 Entwicklung der Höhen	3
3.5 Vergleich der Herkünfte	3
3.5.1 Pflanzenhöhe	3
3.5.2 Wurzelhalsdurchmesser	3
3.5.3 Wuchsform	3
3.5.3.1 Wuchsform und Pflanzverband	3
3.5.3.2 Wuchsform und Herkunft	3
3.6 Korrelationen nach Pearson	3
3.6.1 Pflanzenhöhe, -stärke und Wuchsform	3
3.6.2 Korrelation der Wachstumsparameter mit Wuchsform und Lichtangebot	3
3.7 Wuchsform und Pflanzverband	3
3.7.1 Nichtparametrische Korrelationsanalysen	3
3.7.2 Kreuztabellen	3
3.8 Empfehlung	3
4. ZUSAMMENFASSUNG	3
5. VERZEICHNISSE	3
5.1 Abbildungsverzeichnis	3
5.2 Tabellenverzeichnis	3
5.3 Literaturverzeichnis	3

1. EINLEITUNG

1.1 Einleitung

Obwohl HUFNAGL bereits 1970 die langfristige, negative Wirkung von falscher Holzartenwahl („dauernde Fichtenmonokultur“) kennt, sind Bestandesumwandlungen sekundärer Nadelwälder nach wie vor ein aktuelles Thema für die Forstwirtschaft.

In ganz Mitteleuropa sehen sich kleinere und größere Betriebe mit zunehmenden Risiken aus nicht standortsangepassten Nadelwäldern konfrontiert. Die an und für sich gut wachsende Fichte führt außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes, d.h. in zu tiefen Lagen, immer öfter zu Produktionsausfällen oder erhöhtem Schadholzanfall.

Die Gefährdung der Wirtschaftswälder ist umso größer, je naturferner sie sind und je weniger sie durch waldbauliche Maßnahmen stabilisiert werden konnten.

(BURSCHEL, HUSS 1997)

Die Vitalität der Wälder durch naturnahe Forstwirtschaft wiederherzustellen ist ein internationales Anliegen. Dementsprechend bemüht sich die EU, der fortschreitenden Instabilität der Wälder entgegenzuwirken.

Die Waldbewirtschaftungsplanung sollte auf Erhaltung und Steigerung der Gesundheit und Vitalität von Waldökosystemen und Sanierung degradierter Waldökosysteme abzielen, soweit es mit Hilfe waldbaulicher Mittel möglich ist.

(MINISTERKONFERENZ, 1998)

In Österreich, das durch eher kleinflächige Besitzstrukturen gekennzeichnet ist, sind vor allem bäuerliche Kleinwaldbesitzer von den degradierten Böden und den schadanfälligen Beständen betroffen. Immer mehr forstlich interessierte Waldbesitzer schließen sich zu Waldwirtschaftsgemeinschaften zusammen, um ihre Flächen effektiver zu bewirtschaften, aber auch um Erkenntnisse aus der Forschung für die Optimierung der Waldwirtschaft zu erlangen.

Bei vielen dieser Bauern haben neben finanziellen Motiven auch Überlegungen zur Nachhaltigkeit zu dem Wunsch geführt, die Waldflächen naturnäher als bisher zu bewirtschaften. Sie sind sich der menschlichen Fehleinwirkungen der vergangenen Jahrhunderte

bewusst. Baumartenwahl, Streunutzung, überhöhte Wilddichten, und in den letzten Jahren die Immissionseinträge haben die Stabilität der Waldflächen verschlechtert, sodass akuter Handlungsbedarf besteht.

In Kooperation mit der EU und dem Bund strebt das Land Oberösterreich an, die Stabilität der Waldbestände zu erhöhen. Das heißt für Oberösterreich, dass der Laubholzanteil in tiefen Lagen erhöht werden muß, weil dort übermäßiger Fichtenanteil zur Verschlechterung der Bodenertragskraft und der Instabilität der Bestände beiträgt

Aus den Arbeiten von GRABHERR et al (1998), KILIAN et al (1994) u.a. lässt sich für jedes Gebiet Österreichs auf standortsangepasste Baumarten schließen.

Doch auch innerhalb einer Baumart kommt es zu Variabilitäten bezüglich der Wuchskraft und der Wuchsform. Je nach Standort ist zu prüfen, welche Herkunft zu den gewünschten Ergebnissen führt.

Die genetische Qualität des Saatgutes hat wesentlichen Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg oder Misserfolg und die Gesundheit zukünftiger Wälder.

(LANDESFORSTDIENST OBERÖSTERREICH, 2004b)

Selbst Bäume ein und derselben Baumart sind hinsichtlich ihrer genetischen Ausstattung und damit auch hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit und ihrer Wuchsform unterschiedlich.

Um mit der Natur zu wirtschaften, ist es also nicht nur wichtig, die richtige Baumartenzusammensetzung zu wählen, sondern auch auf das jeweilige Pflanzgut zu achten. Somit spielt die Herkunft einer einmal gewählten Baumart eine entscheidende Rolle für erfolgreiches und nachhaltiges Wirtschaften im Wald.

1.2 Problemstellung und Literaturüberblick

1.2.1 Forstgeschichtliches zum Weihartsforst

RUBNER 1956 (zitiert in PICHLER, 1994) berichtet von der ersten Erwähnung des Weihartsforstes im Jahr 899 in einer Schenkungsurkunde des Kaiser Arnulf von Kärnten, wobei die Bezeichnung damals noch „Vuilhart“ lautete. Herrschern, die von Bayern aus regierten (Herzöge, Kurfürsten und Könige), diente der Weihartsforst, ebenso wie der Kobernaußerwald als Jagdgebiet. Seit der Zeit des Herzogsgeschlechts der Arolfinger wechselte das Waldgebiet seine Besitzer. Weit verbreitet war im vorigen Jahrhundert die Nutzung der Streu für die Tierhaltung und nachfolgende Düngung der Felder, sowie das Weidenlassen der Nutztiere im Wald. (Streunutzung und Waldweide). Bevor man die ökologischen Auswirkungen auf das Waldökosystem erkannt hatte, war es bis ins 20. Jahrhundert unter den bayerischen Herzogen üblich, deartige Nutzungsrechte am Wald zu vergeben.

Herzog Willhelm der V von Bayern limitierte die Nutzungsrechte mit 61.380m³ Streu und 16.000 Raummeter jährlich.

1853 löste das kaiserliche Servitutenpaket die Nutzungsrechte durch Grundabtretungen ab. Auf diese Weise sank der Waldbesitz der Geschlechter Lessonitz und Castell von ursprünglich 10.000 ha auf etwa die Hälfte.

In den letzten Jahren belegten zahlreiche Studien, vor allem in der heutigen Forstverwaltung Castell-Castell, aber auch in den Beständen des umliegenden Kleinstprivatwaldes, die bodenversauernde Wirkung der jahrhundertelangen Streunutzungen, sowie Verjüngungshemmnisse durch Waldweide, und fordern eine Bestandesumwandlung im Weihartsforst.

(SOMMERAUER 2004; LANDESFORSTDIENT OÖ, 2004b; PICHLER, 1994; HAGER et al. 1998)

1.2.2 Der Waldzustand des Weihartsforstes

Der Weihartsforst, OÖ, befindet sich auf einer Seehöhe zwischen 430m und 470m und gehört zum Nördlichen Alpenvorland, dem Wuchsgebiet 7.1. Als potentiell natürliche Waldgesellschaft scheiden Kilian et al (1994) submontanen Stieleichen-Hainbuchenwald (*Galio sylvaticum* – *Carpinetum*) aus.

SOMMERAUER (1999) fügt dem hinzu: Die etwas höheren Niederschläge dieses auf kolliner bis tiefsubmontaner Höhenstufe gelegenen Gebietes ermöglichen eine tannenreichere Ausbildung des Eichen- Hainbuchen –Waldtyps.

PICHLER (1994) hat eine differenzierte Baumartenempfehlung für den Weihart, bzw. das in unmittelbarer Nähe der Waldwirtschaftsgemeinschaft Weihart (kurz WWGW) gelegene Revier Holzöster des Forstbetriebs Castell-Castell erstellt. Er kommt zu dem Ergebnis, dass die Stieleiche auf den tiefgründigen und stark pseudovergleyten Standorten des Reviers besonders gut, auf skelettreichen und seichtgründigen Standorten nur mäßig geeignet ist.

Aus der Hemerobiestudie von GRABHERR et al (1998) geht hervor, dass der Weihartsforst das größte zusammenhängende, künstliche (naturfernste) Waldgebiet Österreichs ist. (siehe Abb.1) Die als potentiell natürliche, und damit vermutlich standortsangepasste Waldgesellschaft ist derzeit fast zur Gänze durch Nadelreinbestände ersetzt. Auf den meisten Standorten stocken Fichtenbestände, auf den nährstoffärmeren Böden Weißkiefern.

Da die Fichte ein Baum der montanen bis subalpinen Höhenstufe (600 – 1800 m SH) ist, ist sie im Weihartsforst (429-462m) natürlichen Stressfaktoren ausgesetzt. Der Umstand, dass Fichte nicht nur standortswidrig sondern auch noch in Reinbeständen angebaut wurde, führt langfristig zu Problemen und Degradationen.

Die Auswirkung der degradierenden Bedingungen werden für die Waldbewirtschafter jetzt sicht- und spürbar. Nicht nur die Sturmschäden sind typische Folgen der Fichtenwirtschaft auf ungeeigneten Standorten. In Oberösterreich verursacht die Kleine Fichtenblattwespe (*Pristiphora abietina* [Christ.]) immer wieder großflächige und auch für forstfachliche Laien sehr auffällige Krankheitsbilder.

Der Geschäftsführer der Waldwirtschaftsgemeinschaft Weihart, Dipl.Ing. Markus SOMMERAUER, beschreibt die Ausgangssituation der Waldbesitzer folgendermaßen:

„Die heute vorgefundenen Waldbestände sind anfällig gegen alle Arten biotischer (Insekten, Pilze,...) und abiotischer (Wind, Schnee,...) Schadfaktoren und stocken auf Böden, die zum Teil schon extreme Degradationserscheinungen aufweisen. (es wurden pH – Werte von 2,5 gemessen!). Da jetzt vermehrt biotische Schäden durch die Kleine Fichtenblattwespe (*Pristiphora abietina* [christ.]) auftreten, sowie die Stabilität der Bestände weiter abnimmt, besteht Handlungsbedarf.“

(SOMMERAUER, 2004)

JASSER (1984) errechnete Zuwachsverluste durch *Pristiphora abietina* (christ.) im Stangenholz des oberösterreichischen Alpenvorlandes von 26% bis 38%.

Vor allem in den tiefen Lagen des Alpenvorlandes, wie z.B. dem Weilhartsforst, zeichnet sich keine Erholung der Fichtenbestände ab. Denn nach SCHOPF (1997) können sich unter warmen Klimabedingungen weitaus mehr Arten von Schadinsekten entwickeln als etwa in den montanen und subalpinen Lagen. Zusätzlich kann die Vermehrung aufgrund der höheren Temperatur rascher erfolgen bzw. können mehr Generationen pro Jahr ausgebildet werden.

Neben den in tiefen Lagen günstigeren Klimabedingungen für Forstschadinsekten wie die Kleine Fichtenblattwespe, die sich durch die bereits stattfindende Klimaerwärmung weiter verbessern werden, fördert die Fichtennadelstreu zusätzlich ihre Vermehrung..

(SCHATTEINER, 1996; NETHERER, 1997)

Versauerte Oberböden schaffen günstige Voraussetzungen für die Larven, sich einzuspinnen und zu überwintern, bei gleichzeitigem Zurückdrängen wichtiger Antagonisten.

(POLLI, 1990)

NOPP (1999) erarbeitete im Rahmen ihrer Dissertation umfangreiche Prädispositionsschlüssel für fichtenreiche Bestände gegenüber zahlreichen abiotischen und biotischen Schadfaktoren.

Für reine Fichtenbestände weist der jeweilige Prädispositionsschlüssel im allgemeinen eine höhere Gefährdung gegenüber Sturm, Schnee, Rotwildschäle und Fichtengespinstblattwespe (*Cephalcia abietis*) aus, als für Fichtenwälder mit Laubanteil.

Auch der Prädispositionsschlüssel von NETHERER (1997) besagt, dass Laubholzeinbringung in Fichtenwäldern das Befallsrisiko durch die Kleine Fichtenblattwespe (*Pristiphora abietina* [Christ.]) senken kann.

Vor allem in den oberen Horizonten sind Fichtenbestände im Jahresdurchschnitt trockener als Laubwald. Diese Eigenschaft von Fichtenreinbeständen erhöht wiederum die Qualität des Bestandesbodens als Kokonlagerstätte.

NETHERER (1997)

SCHATTEINER (1996) untersuchte die Böden zweier Standorte im benachbarten Flachgau, Salzburg, (etwa 50 – 70 km vom Weilhartsforst entfernt) die unterschiedlich stark durch die Kleine Fichtenblattwespe befallen waren.

Er stellte fest, dass jene Auflagenbedingungen, wie sie durch reine Nadelstreu entstehen (sauer, trocken, nährstoffarm), für die Entwicklung der Kleinen Fichtenblattwespe, *Pristiphora abietina* (Christ.), nicht nur förderlich, sondern geradezu notwendig sind. Folglich verbessert sich die Situation, wenn durch Einbringung von Laubholzanteil die Streuzusammensetzung geändert wird.

KURAN (1994) erarbeitete Behandlungskonzepte für Bestände, die unter Dauergradationen der Kleinen Fichtenblattwespe leiden. Anhand der Untersuchungen eines Reviers (Hiesberg, südlich von Melk, NÖ), das sich auf einer Seehöhe zwischen 300m und 560m befindet, leitet er Empfehlungen für betroffene Kulturen, Jungwüchse, Dickungen, Stangenholz, Baum- und Altbestände ab. Auch nach KURAN (1994) führt auf langfristiger Ebene kein Weg an einer Bestockungsänderung vorbei.

DONAUBAUER (1994, in SCHATTEINER, 1996) kommt in einer Untersuchung über die Kleine Fichtenblattwespe (*Pristiphora abietina* [Christ.]) in Salzburg zu dem Schluß, dass Fichtenaufforstungen unterhalb von 560 m Seehöhe kalamitätsgefährdet sind.

PRSKAWETZ (2001) nimmt die untere Grenze der Fichte mit 500 m Seehöhe an. Fichtenreinbestände unterhalb dieser Höhenlage hält er schon aus ökonomischen Gründen für umwandlungsnotwendig. Obwohl eine Bestandesumwandlung zur Verbesserung der Standortqualität oftmals nutzen würde, betont er, dass sie bei jungen Beständen dennoch wirtschaftlich nicht vertretbar ist.

SEDLAK (1996) schreibt der Fichtenblattwespe im oberösterreichischen Alpenvorland sogar endemischen (d.h. isoliert nur dort vorkommenden) Charakter zu.

1.2.3 Bisherige Bestandesumwandlungen mit Stieleiche

Die Orkane im Frühjahr 1990 boten schlagartig mannigfaltige Gelegenheit für Bestandesumwandlungen.

VOITLEITHNER (1998) befragte 8750 Kleinwaldbesitzer in Oberösterreich zu ihren Wiederbewaldungsmaßnahmen auf den damals entstandenen Windwurfflächen. Das Bundesministerium für Land und Wald (BMFLUW), damals noch FBVA, gab nach den Sturmereignissen Empfehlungen zur Baumartenwahl nach standörtlichen Kriterien heraus (KILIAN und MÜLLER, 1990). Die FBVA empfahl auf 48% der betroffenen Flächen des nördlichen Alpenvorlandes (NÖ, OÖ, Sbg.) eine Stieleichen – Tannen Mischung und auf 27% der Flächen eine Eichen- Buchen Mischung.

Dennoch war nach VOITLEITHNER im Jahr 1996 auf nur 4% der von ihm untersuchten Flächen Stieleiche im Jungwuchs vorhanden. Bei der Mischungsform dominierten bei *Quercus robur* Einzel-, Trupp- und Horstmischung, wohingegen die Mischungsformen „Reihe“ und „Streifen“ einen deutlich geringeren Flächenanteil an der Gesamtfläche der Stieleichenaufforstungen einnahmen.

Die Bayrische Staatsforstverwaltung hingegen forstete ihre Sturmschadensflächen zu 94% mit Laubbäumen auf, d.h zu 35% mit Eiche, zu 33% mit Buche, zu 26% mit Edel- und anderen Laubbäumen (BURSCHEL und HUSS, 1997).

VOITLEITHNER (1998) hält fest, dass die Kleinwaldbesitzer bezüglich der Baumarten-, aber auch der Herkunfts- und der Pflanzenwahl eine effektivere Beratung benötigt hätten.

Die Fragestellung, wieviele der befragten Kleinbauern in Waldbesitzerverbänden organisiert waren, wurde von VOITLEITHNER (1998) nicht erhoben. Gerade in den Bereichen Beratung und forstfachlicher Wissensvermittlung, wo nach VOITLEITHNERs Ansicht im Jahr 1998 noch Förderungsbedarf bestand, waren Waldwirtschaftsgemeinschaften in den letzten Jahren aktiv.

Im Rahmen eines Sonderthemas der ÖFZ zur Lage des Oberösterreichischen Waldes, bezeichnet KAR im Jahr 1996 den Wissenstand der oberösterreichischen Waldbesitzer als verbesserungswürdig. KAR (1996) berichtet vom beginnenden Zusammenschluß der Waldbesitzer in Waldwirtschaftsgemeinschaften. 1995 wurde die erste oberösterreichische WWG im Bezirk Freistadt gegründet. Inzwischen ist die Zahl auf 72 WWGs in OÖ angewachsen (LANDESFORSTDIENT OÖ, 2004b).

Waldwirtschaftsgemeinschaften werden gegründet, um den Kleinwaldbesitzern unter anderem eine bessere Marktposition zu verschaffen, sodass der einzelne Landwirt mehr Nutzen aus seinem Wald ziehen kann. Gemeinsame Koordination von Maschinen- und Arbeitskrachteinsätzen verringern die Kosten für die Mitglieder. Eine weitere Aufgabe ist die Weitergabe von forstfachlichem Know-How, dass die Mitglieder untereinander austauschen oder von Externen holen. (Berater, Vorträge, Exkursionen, ...) Auch Verjüngungsprojekte, die von anderen Forstbetrieben als problematisch angesehen werden, werden oft von WWGs in Angriff genommen.

Die Naturverjüngung mit Eiche gilt als problematisch, weil eine reichlich angekommene Verjüngung gemäß vielen Erfahrungen schon ab dem zweiten Jahr wieder vergeht. (ZIEGENHAGEN, 1989)

Kleinwaldbesitzer (> 5 ha) sehen sich mit anderen Problemen konfrontiert als Forstbetriebe.

Die Kleinheit der Fläche wird von vielen Forstleuten als Hindernis angesehen.

Da die Stieleiche als Lichtbaumart und die Traubeneiche als Licht- bis Halblichtbaumart gilt (MAYER 1992; BURSCHEL und HUSS 1997), sehen manche Autoren (KRAHL-URBAN 1951, zitiert in MAYER, 1992; HAGER, mündl. Mitteilung) die Flächengröße als Problemfaktor für die erfolgreiche Eichenaufzucht an.

KAZDA (1997) bestätigt nach einer Diplomarbeit von GUTMANN (1994, in KAZDA, 1997), dass Bestandeslücken weit weniger Lichtgenuß haben als Freiflächen. In einer Femellücke von etwa einer Baumlänge wurden nicht einmal 30% der relativen Lichtmenge der Freifläche gemessen. KAZDA gibt 20% Lichtgenuß als Mindestmaß für eine ausreichende Verjüngung an und zeigt, dass dieser Wert nur innerhalb von 10m ab der Saumgrenze erreicht wird.

GUTMANN (1994, in KAZDA, 1997) hatte die Lichtverteilung in einem Fichtenaltbestand der Forstverwaltung Castell-Castell (OÖ) gemessen, also in unmittelbarer Nähe zu den Versuchsflächen, die in der vorliegenden Arbeit untersucht werden.

Demgegenüber bezeichnet JARVIS (1974, zitiert bei ZIEGENHAGEN, 1993) einjährige Traubeneichen als schattentolerant. ZIEGENHAGEN (1989) kommt bei ein- und zweijährigen Stieleichen zu dem gleichen Ergebnis.

IGBOANUGO (1990, zitiert bei ZIEGENHAGEN, 1989) stellt darüberhinaus fest, dass 4-jährige Traubeneichen bei mittleren Lichtintensitäten (49% relative Helligkeit) bessere Holzqualitäten ausbilden.

ZIEGENHAGEN und KAUSCH berichten, dass eine Reduktion der Strahlungsintensität zu einer statistisch gesicherten Verlängerung der Sprosse führt. Von vier verschiedenen Belichtungsgruppen (Stufe 1: unbeschattet; Stufe 2: 50% relative Helligkeit; Stufe 3: 25% relative Helligkeit; Stufe 4: 10% rel. Helligkeit) zeigten die Eichen, die 25% der Lichtmenge der Freifläche erhielten, die größten Sproßlängen und die größte oberirdische Produktivität. Bei stärkerer Beschattung (Stufe 4) zeigten die Eichensämlinge die geringsten Wuchsleistungen. (ZIEGENHAGEN und KAUSCH, 1993)

Über das Wachstum junger Trauben- und Stieleichen unter einem Kiefernaltbestand und unter einem Buchenaltbestand berichtet HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997). Sie hält als Ergebnis fest, dass „Eichenvoranbau unter gut 100-jährigem Kiefernaltholzschirm (Bestockungsgrad 0,8) sehr gut möglich“ ist. Bei der Verjüngung von Eiche unter 150-jährigem Buchenaltholzschirm ist gemäß HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997) eine gezielte Auflichtung zur Verbesserung der Strahlungsverhältnisse notwendig.

Über weitere Beschattungsexperimente mit Eichen, vor allem Stiel- und Traubeneichen, berichten u.a. JARVIS (1963, zitiert bei ZIEGENHAGEN und KAUSCH, 1993), RÖHRIG (1967, zitiert in HAUSKELLER-BULLERJAHN 1997), ZIEGENHAGEN (1989), ROUSSEL (1972, nach ZIEGENHAGEN und KAUSCH, 1993) und LÜBKE (1987, 1995; zitiert in HAGER et al, 1998),

Bei Versuchen zum Laubholzvoranbau in sekundären Nadelbeständen stellen HAGER et al (1998) in Holzöster, OÖ, fest, dass von den untersuchten Laubhölzern Rotbuche (*Fagus sylvatica*), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Traubeneiche (*Quercus petraea*), Vogelkirsche (*Prunus avium*) und Esche (*Fraxinus excelsior*) die Traubeneiche am empfindlichsten auf Beschattung reagiert.

Ein weiteres praxisrelevantes Ergebnis des in unmittelbarer Nähe zu den Flächen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Projektes von HAGER et al (1998) ist, dass es vor allem besser mit Magnesium versorgte Pflanzen sind, die im Bestandesschatten höhere Leistungsfähigkeit zeigen.

1.2.4 Öffentliche Förderung des Landes Oberösterreich

Maßnahmen zur Sanierung der Waldbestände und damit zur Verbesserung der Ertragskraft werden von der Landesregierung und der Europäischen Union empfohlen und unterstützt.

„Da die Fichte bis jetzt bei uns insbesondere deswegen angebaut wurde, weil sie im Vergleich mit anderen Baumarten schneller mehr Masse erzeugte und billiger in der Pflege war, sind durch die von der Kleinen Fichtenblattwespe verursachten Schäden die wirtschaftlichen Vorteile gewissermaßen zunichte gemacht. Die ökologischen Nachteile wie Bodenversauerung und labiles Bestandesgefüge aber bleiben bestehen.

Eine langfristige Sanierung der Fichtenblattwespenproblems kann nur durch eine ökologisch – ökonomisch verantwortungsbewusste Baumartenwahl erfolgen. Da eine Stärkung der Befallsintensität zu erwarten ist, ist der Umbau in laubbaumreichere, krisensichere Mischbestände nicht zu umgehen.“

(LANDESFORSTDIENST OBERÖSTERREICH, 2004a)

Waldbesitzer, die sich zu Neu-, oder Wiederaufforstungen entschließen, sei es nach Katastrophen oder zur Bestandesumwandlung werden nach Angaben des Landesforstdirektors WEILHARTER (2001) mit Förderungen unterstützt.

Die Förderungsrichtlinien sehen vor, dass sich die Baumartenwahl an den potentiell natürlichen Waldgesellschaften orientiert. Seehöhe und Standort werden als maßgebliche Kriterien herangezogen. Eichenzwangsstandorte werden folgendermaßen definiert und deren Verjüngung zu folgenden Sätzen gefördert:

**Tab.1: Förderungssätze je ha für Eichenverjüngungen durch die Waldbesitzer
Oberösterreichs**

Eichenzwangsstandort: Seehöhe unter 600m, ebene und schlecht durchlüftete, staunasse Böden (ausgeprägter Pseudogley)	Förderungssatz je ha
1. Naturverjüngung, die Punkt 2 entspricht	ÖS 12.000,- (€ 872)
2. Aufforstung mit mind. 30% StEi, max. 25% Fi, mind. 60% LH	ÖS 20.000,- (€ 1.453)
3. Aufforstung mit mind. 50% StEi, mind. 80% LH, keine Fi od. Dou	ÖS 35.000,- (€ 2.544)
4. Eichen - (Hainbuchen) Kulturen: mind. 70% StEi, mind. 10% Hbu od. Li, max 10% Ta, mind. 4.000 Stk./ha	ÖS 55.000,- (€ 3.997)

(Quelle: LFD OÖ, 2001)

Die Fördersätze waren gemäß LANDESFORSTDienst OBERÖSTERREICH (2004b) auch im Jahr 2004 noch gültig)

1.2.5 Pflanzverbände

Bezüglich der Pflanzverbände werden heute aus arbeitstechnischen Gründen meistens Reihenverbände angewandt. Seit einigen Jahren werden „geklumpte“ Anordnungen von Pflanzen erprobt und propagiert. Sie werden als „Nester-“, oder als „Trupppflanzung“ bezeichnet und scheinen besonders für Eichenverjüngung vorteilhaft zu sein.

(BURSCHEL, HUSS; 1997, gekürzt)

Trupp- und Nesterpflanzungen sind auch unter dem Namen „Teilflächenkultur“ bekannt, weil eine Kultur nicht prinzipiell flächendeckend, sondern nur dort, wo zukünftig ein Z-Baum (Endbaum) stehen soll, gepflanzt wird.

.

So neu, wie BURSCHEL und HUSS (1997) schreiben, ist diese Form der Eichenverjüngung jedoch nicht! Sie geht auf den russischen Forscher OGJEWSKI zurück, dessen Beobachtungen vom polnischen Waldbauprofessor SZYMANSKI (1986) ins Deutsche übersetzt und

weiterentwickelt wurden. SZYMANSKI erinnert an die Rolle der Wildschweine bei der natürlichen Eichenverjüngung: Die schweren Samen der Eiche fallen zu Boden und bedürfen der Bodenverwundung durch die Wildschweine, um erfolgreich zum Mineralboden gelangen zu können. Auf diese Weise entstehen im Wald unregelmäßig verteilte, dichte Eichengruppen. Diese in der Natur beobachtete Methode wandte OGJEWSKI für die Bestandesverjüngung an. Pro Hektar werden 200 Plätze angelegt, von denen jeder 2m^2 ($1 \times 2 \text{ m}$) groß ist. Auf jedem dieser Plätze werden 50 bis 100 Eicheln gesät (eingestuft) oder 25 bis 50 ein- oder zweijährige Eichenpflanzen gesetzt. Eine erste Läuterung empfiehlt OGJEWSKI (1911, zitiert in SZYMANSKI, 1986) in der etwa 20-jährigen Dickung, wobei die Eichenzahl pro Nest auf die fünf besten Individuen reduziert wird. Im etwa 30-jährigen Stangenholz wird der zweite Eingriff vorgenommen, der nur mehr einen Auslesebaum pro Nest übrig läßt. Die Zahl der Nester entspricht dabei der Zahl der angestrebten Endbäume.

Nach SZYMANSKI stellt sich die Eichenauslese in natürlichen Wäldern ähnlich dar, „wo aus einer Biogruppe von Naturbesamungen ein Auslesebaum wächst, der den Umweltverhältnissen am besten angepaßt ist.“

SZYMANSKI legte bereits im Jahr 1952 in Polen Versuchsflächen zur Nestmethode an. Statt den von OGJEWSKY angewandten $1 \times 2 \text{ m}$ Rechtecken, legt er kreisförmige Nester mit den Durchmessern 1 m und 2 m an. Im kleineren Nest wählte er einen Pflanzverband von $5 \times 5 \text{ m}$, im großen $7 \times 7 \text{ m}$, und erreicht so eine Pflanzenzahl von 21 bzw. 45 Eichen pro Nest.

Nach 20 Jahren kommt SZYMANSKI zu dem Ergebnis, dass die kleinen Nester wesentlich weniger Pflanzen, weniger Pflegeaufwand und weniger Arbeitskosten bei ähnlichen Resultaten bedeuten und verwirft die Groß-Nester-Konzeption.

Nach 30-jährigem Untersuchungszeitraum hält SZYMANSKI (1983, zitiert in SZYMANSKI, 1986) fest, dass „diese Nester nicht die schlimmsten Unkräuter zu fürchten haben: Reitgras (*Calamagrostis epigeios*), Himbeere (*Rubus idaeus*) oder Brombeere (*Rubus fruticosus*) und dass trotz fast vollständigen Verbisses die Pflanzen sich leicht regenerieren, um gutgeformte Eichen zu bilden.“

Im Hinblick auf die aktuellen Walbauprobleme in Österreich erscheint dieses Ergebnis sehr erfreulich und ermutigend.

Weiters betont SZYMANSKI (1986), dass Pflegeaufwand höchstens dann entstehe, wenn neben den Eichennestern noch andere Baumarten gewünscht werden. Die Nester selbst bedürfen, so der Forscher, keiner Pflege. Zur Beimischung empfiehlt er Linde (*Tilia cordata*), Lärche, Rotbuche, Spitzahorn und Douglasie. Erstaunlich ist, dass er die Winterlinde vor allem deshalb als geeignet betrachtet, weil diese, wie er wiederholt bemerkt, nicht verbissen werde.

GUERICKE (1996) und GUSSONE (1996) verneinen die Frage, ob sich Eichennester oder deren Beimischungen im nordwestdeutschen Raum ohne Gatterung vor Wildverbiss schützen können.

Die Empfehlungen zur Pflege der Eichennester modifiziert SZYMANSKI (1994, zitiert bei BERGMANN, 2001) dahingehend, dass er nur mehr einen einzigen Eingriff im Alter 25-30 Jahren vorsieht, wobei eine einzige qualitätsmäßig gute Eiche pro Nest erhalten bleibt.

Durch SZYMANSKI wurde die Nestmethode im deutschsprachigen Raum bekannt gemacht und des öfteren untersucht, doch noch keine der nachfolgenden Forschungen weist einen ähnlich langen Untersuchungszeitraum auf.

1987 legte die Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt eine Versuchsreihe mit Eichennestpflanzungen nach der Methode von SZYMANSKI an. Um eine zentrale Eiche wurden im 25cm Quadratverband zwei Ringe Eichen gepflanzt. Insgesamt wurden rund 200 Stück/ha und 21 Eichen pro Nest (1m^2) gesetzt.

Die Versuchsreihe wurde dreimal untersucht. Nach einem Jahr fand MANGOLD (1988) heraus, dass die zentralen Eichen im Mittel die Eichen des inneren Ringes überragten, und diese wiederum waren im Durchschnitt höher als jene Eichen, die den äußeren Rand der Nester bildeten. GUSSONE und RICHTER (1990, zitiert in GUERICKE, 1996) untersuchten die Flächen nach drei Jahren, und GUERICKE (1996) neun Jahre nach der Begründung. Zwei von den drei ungegatterten Nesteranlagen (Forstamt Rantzau und Knesebeck) fielen durch Rotwildverbiss komplett aus. GUERICKE (1996) berichtet, dass in gegatterten Nestern öfter Zentraleichen ausgefallen seien, als in ungegatterten Anlagen.

Ein wesentlich weiterer Pflanzverband wird von GOCKEL (1994) untersucht. Bei seiner Trupppflanzung werden etwa 19 Eichen auf 12m^2 gepflanzt. Um eine zentrale Eiche wird ein Ring mit 6 und ein weiterer Ring mit 12 Eichen gepflanzt. Ein weiterer Ring besteht aus einer dienenden Schattbaumart (z.B.: Hainbuche, Linde). GOCKEL variiert die Größe der Trupps und die Anzahl der Eichen in den Trupps, um Simulationsprogramme für die relative Z-Baumhäufigkeit zu erstellen.

Er kommt zu dem Ergebnis, dass Trupppflanzungen mit 1.900 Eichen pro ha bezüglich der Z-Baum –Verteilung und der Ausnutzung der Standfläche besser abschneiden als flächige

Reihenpflanzungen im 1 x 2 m Verband (5.000 Eichen pro ha) und 1 x 1 m Verband (10.000 Eichen pro ha).

Zur Ummantelung der Trupps mit Schattbaumarten bemerkt er:

„Gerade die Steuerungsmöglichkeit der dienenden Baumart sind bei der Trupppflanzung günstiger einzustufen als bei Einzelmischung oder bei Reihemischung. [...] Es können Konkurrenten direkt entnommen werden, ohne dass der letzte dienende Baum fällt“

Zwischen den Trupps und Nestern können weitere potentiell natürliche Arten eingebracht werden, um Stabilität, ökologische Diversität oder die Wirtschaftlichkeit der Bestände zu erhöhen. Auf Eichenzwangsstandorten bietet sich die Kirsche als Zeitmischung an (vgl. RUHM, 1999). Aber auch Dauermischungen (Buche, Edellaubbäume, Lärche) können die Flächenproduktivität von „Teil“-flächenkulturen erhöhen und das Betriebsrisiko senken.

RUHM (1999) untersuchte Nester- und Trupppflanzungen in Mauerbach (Flyschzone des vorderen Wienerwaldes) und St. Kathrein (oststeirisches-südburgenländisches Hügelland). Bereits nach zwei Wachstumsperioden konnte er eine beginnende Differenzierung innerhalb der Nesterpflanzungen feststellen. Wie bei MANGOLD (1988) waren die Höhen der Randpflanzen im Durchschnitt etwas niedriger als die der Pflanzen im Zentrum.

Über die Vorteile der Eichen-Nesterpflanzung gegenüber der Reihenpflanzung scheint sich die Literatur einig zu sein. Dass Teilflächenkulturen (Nester oder Trupppflanzungen) eine Verringerung der Kultur- und Pflegekosten, eine günstige Verteilung der Z-Bäume und optimale Ausnutzung der potentiellen Standflächen, sowie zusätzliches Potential durch Beimischung wertvoller Mischbaumarten ermöglichen, bestätigen u.a. SZYMANSKI (1986), GOCKEL (1994), GUERICKE, (1996), FEICHTNER (1999) und RUHM (1999).

Auch die vorliegende Arbeit wird Eichen aus Reihenpflanzungen mit Nesterpflanzungen vergleichen und hofft, einen kleinen Beitrag zur Diskussion zu liefern.

1.2.6 Pflanzenherkünfte

Neben der Baumart und dem Pflanzverband spielt auch die Pflanzenherkunft für erfolgreiche Aufforstungen eine große Rolle.

Das Leistungsvermögen und die Gesundheit neu zu begründender Wälder hängt auch von der Wahl standortgerechter Herkünfte der Baumarten ab.

(BURSCHEL und HUSS, 1997)

Dennoch gibt es im Gegensatz zu den zwei erstgenannten Kriterien kaum wissenschaftliche Untersuchungen zu Eichenprovenienzen. BERGMANN (2001) widmet den Provenienzen in seiner Veröffentlichung über Eichenverjüngung der Stiel- und der Traubeneiche zwar ein eigenes Unterkapitel, führt aber keinen einzigen Herkunftsversuch an.

MAYER (1992) erwähnt, dass Anbauversuche von CIESLAR, OPPERMANN, ENGLER und BURGER verschiedene Standorttrassen in verschiedenen Wuchsgebieten nachweisen konnten, gibt aber keine näheren Literaturangaben an. Die Unterschiede der Eichenrassen betreffen gemäß MAYER Phänologie (Aussehen), Höhen- und Stärkenwachstum, sowie Schaft- und Kronenform.

Für den Weilhartsforst liegen noch keine Untersuchungen über geeignete Stieleichenherkünfte vor. Diese Lücke möchte die vorliegende Arbeit schließen helfen und einen Beitrag zur Lichtökologie von Stieleichenaufforstungen nach Kleinkahlschlägen in sekundären Nadelwäldern liefern.

1.3 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Entwicklung von vier Stieleichenherkünften auf sechs von der Waldwirtschaftsgemeinschaft Weilhart ausgewählten Kleinkahlschlägen zu beobachten, zu dokumentieren und ihr Verhalten auf die verschiedenen Lichtregimes zu untersuchen.

Für die Waldbesitzer wichtig ist die Frage, welche der vier Stieleichenherkünfte auf ihrem Gebiet für ihre waldwirtschaftlichen Ziele (Wertholzproduktion) am besten geeignet sind. Dazu werden die vier Herkünfte hinsichtlich ihrer Höhenentwicklung, ihrer Stärkeentwicklung, und ihrer Wuchsform miteinander verglichen werden. Dadurch, dass sich die Beobachtung über vier Vegetationsperioden erstreckt, sollten sich Entwicklungstrends in der Jugend ablesen lassen.

Auch wenn klar ist, dass vier Jahre im Leben einer Eiche (ob sie nach einer Umtriebszeit von 120-160 Jahren Wertholz liefert oder nicht) natürlich sehr wenig sind, gehen die Interessenten der vorliegenden Untersuchung davon aus, dass die Ergebnisse Anhaltspunkte für die richtige Herkunftswahl liefern.

Weiters ist festzustellen, welche der vielen Faktoren die maßgeblichen für die Eichenwertholzproduktion sind, damit entschieden werden kann, welche Maßnahmen von seiten der Waldbesitzer sinnvoll sind. (Soll gedüngt werden? Soll für Licht gesorgt werden? Reicht es, auf die richtige Herkunft zu achten, oder genügt die richtige Baumart? Ist der Pflanzverband das alles entscheidende Kriterium? ...)

Neben der Herkunftswahl ist das Lichtangebot einer der Faktoren, der waldbaulich leicht zu variieren ist. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist es daher, abzuklären, welche Herkunft auf welchem Lichtregime am besten geeignet ist, wuchskräftige und wirtschaftlich erfolgreiche Eichen hervorzubringen.

Ich hoffe, am Ende dieser Arbeit der WWGW eine Empfehlung abgeben zu können.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 Der Weihartsforst

Der Weihartsforst liegt im äußersten Westen des Innviertels, am Salzachbogen, im Bereich der Innviertler Seenplatte. Er gehört zum Wuchsgebiet 7.1 Nördliches Alpenvorland – Westteil. Das Waldgebiet ist ca. 10.000 ha groß. Der Kernbereich im Ausmaß von etwa 5.000 ha ist Großprivatwald (Castell und Mitbesitzer). Die umliegenden Randbereiche bilden den Kleinwaldbesitz der örtlichen Bauern.

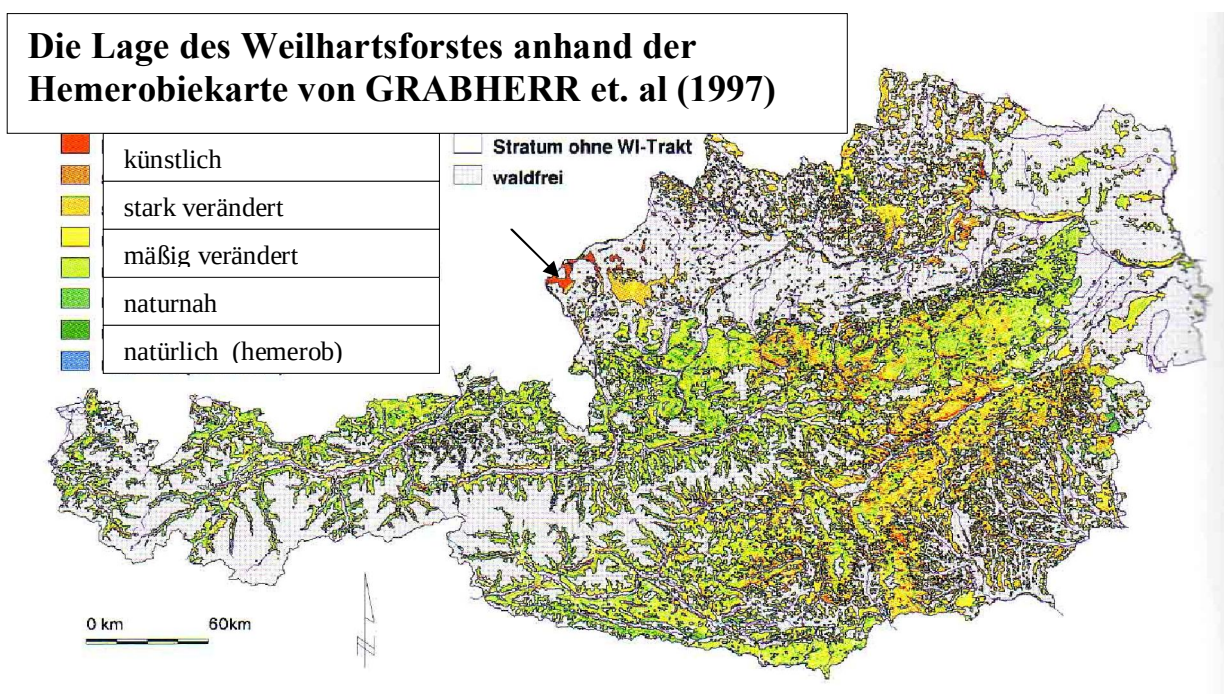


Abb. 1: Die Lage des Weihartsforstes in Österreich

Die Lage des Weihartsforstes anhand der Hemerobiekarte von GRABHERR et al. (1997). Der Pfeil zeigt auf den Weihartsforst, in dem die sechs Versuchsflächen liegen. Der Weihartsforst ist rot eingefärbt und wird damit als künstlich eingestuft. Der Weihartsforst sticht als größte rote Fläche, und damit als am wenigsten natürliches Waldgebiet aus der Karte hervor.

2.1.1 Klima

Der Weilhartsforst liegt im Übergangsbereich von der ozeanischen zur kontinentalen Klimazone. Das ozeanische Klima ist geprägt von milden Wintern und mäßig warmen, feuchten Sommern, während das kontinentale Klima durch kalte Winter und heiße, trockene Sommer gekennzeichnet ist. Im Gebiet des Weilhartsforstes ist der ozeanische Klimacharakter etwas stärker ausgeprägt als der kontinentale. Das langjährige Jahresniederschlagsmittel liegt bei 900 – 1000 mm, wobei das Maximum davon in die Vegetationsperiode fällt.

Im Rahmen dieser Arbeit nicht näher quantifiziert, für die Vegetation jedoch sicherlich bedeutend ist die hohe Nebelhäufigkeit im gesamten Innviertel. (AUER et al, 1998a)

Die Jahresmitteltemperatur beträgt ca. 7,8°C, das Temperaturmittel der Vegetationsperioden werden mit 15°C angegeben. (vgl. auch SOMMERAUER, 2004; KILIAN et al, 1994 und PICHLER, 1994)

Im Klimaatlas von Oberösterreich (AUER et al, 1998a) werden folgende Daten für Niederschlag und Temperatur angegeben.

Die Station „Ranshofen“ befindet sich 10 – 20 km nördlich des Untersuchungsgebietes, mit etwas geringerer Seehöhenlage (382 m), die Station „Ostermiething“ ca 15 km südlich des Gebietes auf 405m Seehöhe.

Tab.2: Mittlere Niederschlagssummen von Ostermiething, mittlere Monatstemperaturen von Ranshofen (1961 – 1990)

Da sich die Stadt Ranshofen in geringere Seehöhe als das Untersuchungsgebiet befindet und die Temperaturen für Oberösterreich stark seehöhenabhängig sind (AUER et al, 1998a) ergibt sich für die Station „Ranshofen“ eine um rd. 1°C höhere mittlere Temperatur als für den Weilhartsforst von PICHLER (1994) und SOMMERAUER (2004) angegeben wurde.

Mittelwerte aus den Jahren 1960 – 1990)	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Mittel
Mittlere Niederschlagssummen Ostermiething [mm]	58	52	57	70	112	134	125	129	79	58	64	66	84 mm
Mittlere Monatstemperatur Ranshofen [°C]	-3,1	-0,6	4,9	9,9	13,5	17	18,8	18,3	14,7	9,6	3,9	-2	8,7 °C

Quelle: Klimaatlas von Oberösterreich (AUER et al, 1998a)

Da weder für Ranshofen noch für Ostermiething beide Parameter erhoben wurden, setzt sich die folgende klimadiagrammähnliche Abbildung aus den Daten zweier Orte zusammen.

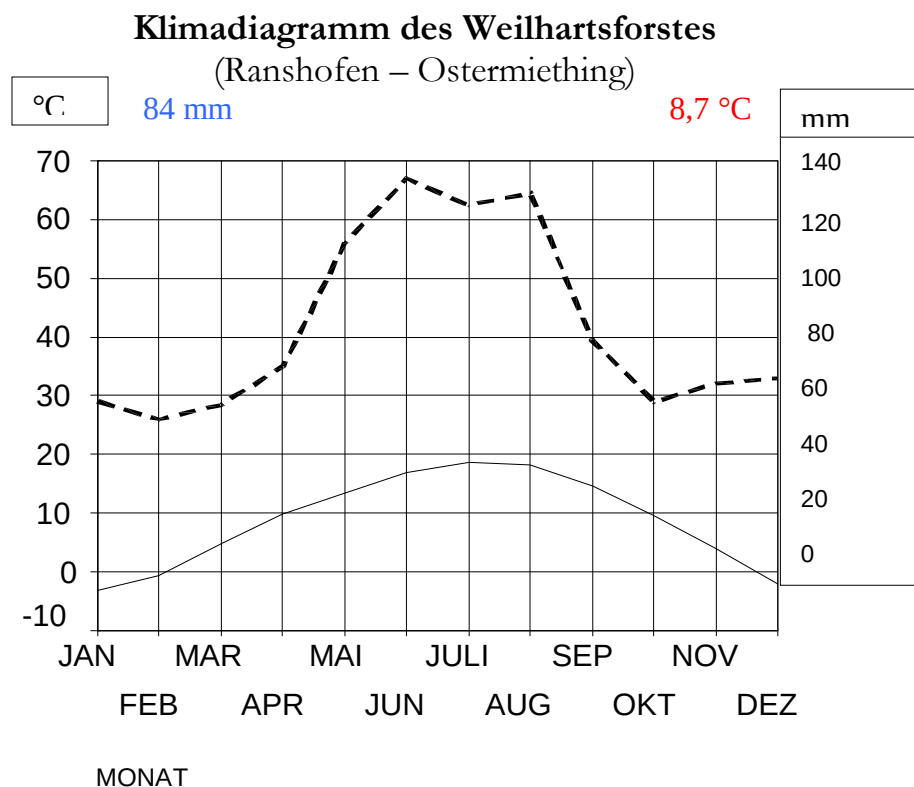


Abb.2: Klimadiagramm aus den mittleren Niederschlagssummen von Ostermiething und den mittleren Lufttemperaturen von Ranshofen (1961 – 1990)

2.1.2 Geomorphologie

Die Information zur Geologie und zur Geomorphologie des Weilhartsforstes wird der Habilitationsschrift von KRAPPENBAUER (1961) entnommen und zusammengefasst. Auch bei SOMMERAUER (2004), PICHLER (1994) und HAGER et al (1998) sind Informationen über Klima und Geologie des Weilhartsforstes zu finden.

Abb.3, die geomorphologische Karte des Gebietes, stammt von WEINBERGER (1955) und wurde von KRAPPENBAUER (1961) in den Anhang aufgenommen und von PICHLER (1994) ausschnittsweise, im Folgenden zur Gänze abgebildet.

Der südliche Teil des Waldgebietes (Oberer Weilhartsforst) liegt, wie in Abb.3 zu erkennen ist, im Bereich der Endmoränen des würmeiszeitlichen Salzachgletschers. (KRAPPENBAUER, 1961) Aus den Endmoränenwällen der Würmeiszeit entstand eine flachwellige Moränenlandschaft. Die Sedimente stammen aus dem Tertiär und weisen quartäre Überlagerungen auf. Die Moränenwälle erstrecken sich hauptsächlich in ostwestlicher Richtung. Zwischen den häufig inselartig gelegenen Wallreihen liegen kleinere Mulden, aber auch ebene Flächen.

Endmoränen und Terrassenschotter sind von unterschiedlich mächtigen Staublehmdecken äolischen Ursprungs bedeckt. Diese Staublehmdecken bilden größtenteils das Ausgangsmaterial für die rezente Bodenbildung.

Fünf der sechs Untersuchungsflächen befinden sich im Bereich der Moränenlandschaft. Das Gebiet um Hochburg gründet auf einer der Schotterterrassen, die entlang des Inn und der Traun vorkommen.

FORSTVERWALTUNG CASTELL – CASTELL
HOCHBURG
GEOLOGISCH-MORPHOLOGISCHE KART
DES OSTTEILES DES SALZACHGLETSCHER-GEBIETES
NACH LUDWIG WEINBERGER

MAßSTAB 1:75.000

Besitzgrenze: ———
Reviergrenzen: - - - - -

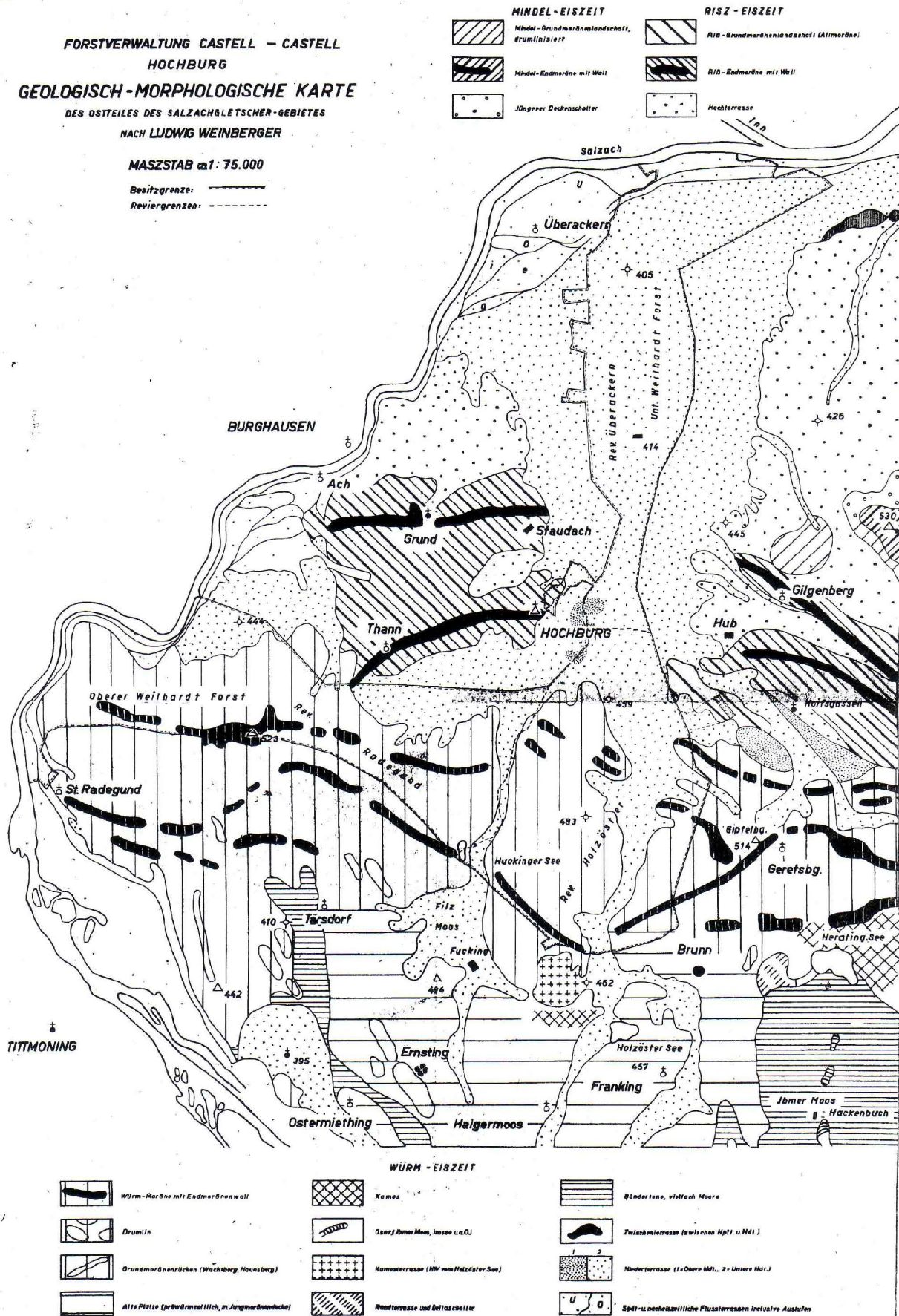


Abb.3: Geomorphologische Karte des Weilhartforstes

Quelle: KRAPFENBAUER (1961)

2.1.3 Böden

Detaillierte Daten zu den Böden der untersuchten Flächen sind der parallel zu dieser, im selben Gebiet erstellten, Diplomarbeit von FOSTEL (unveröff) zu finden. Hier soll nur ein kurzer Einblick in die Einordnung des Wuchsgebietes 7.1 geboten werden.

Gemäß der Beschreibung des Wuchsgebietes nach KILIAN (1994) zeichnen sich die Böden der Moränenlandschaft im allgemeinen durch Grundwasser- und noch mehr durch Tagwassereinfluss aus.

Etwa 1/5 der Böden bestehen aus bindiger Braunerde und Parabraunerde auf Löß, Staublehm und Moräne. Auf Grundmoräne sind sie sehr dicht gelagert. Selbst seichtgründige Böden neigen dort zu Wasserstau. Die Neigung zu wasserstauenden Bedingungen treffen auf die Untersuchungsflächen in großen Ausmaß zu.

Einen großen Anteil des Wuchsgebietes nehmen Pseudogley auf Schlier, Staublehm und älterem Löß, seltener auf Moräne, sowie Grundwassergley ein.

Auf dem Schotter und Sand der Hoch- und Niederterrassen haben sich hauptsächlich Pararendsinen und leichte Braunerden entwickelt. Wie überall in besiedeltem Gebiet stehen die fruchtbaren Böden unter Acker- und Grünlandkultur. Die podsoligen Böden sind dem Wald verblieben.

Ebenfalls zu erwähnen sind die naturgeschützten Niedermoore und Hochmoore, die sich in der Gegend um Holzöster befinden. Der Holzöstersee wird teilweise von braunem, humosem Moorwasser gespeist und erwärmt sich aufgrund der Gewässerfarbe leicht, wodurch er einer der wärmsten Seen Österreichs ist.

2.2 Versuchsdesign

2.2.1 Die Flächen und Teilflächen

Die Bauern der oberösterreichischen Waldwirtschaftsgemeinschaft Weilharts (künftig WWGW) haben sich aufgrund der Lage ihrer Waldflächen, nämlich unter 500m und mehrheitlich auf staunassen Böden, entschlossen, ihre Kleinkahlschläge mit Stieleiche (70%) und Hainbuche aufzuforsten.

Die sechs *Aufforstungsflächen*, auf denen die Entwicklung der Stieleichen über 4 Vegetationsperioden hindurch beobachtet und dokumentiert wurde, werden in der Folge mit *Fläche* bezeichnet und nach ihren Besitzern benannt. In der vorliegenden Arbeit werden die untersuchten Flächen aus Gründen der Einfachheit (und der Memnotechnik) den Namen der Besitzer zugeordnet und in der Folge mit diesen Namen bezeichnet.

Für die Abb.3 gelten folgende Flächenbezeichnungen:

- 1: Meindl
- 2: Helmberger
- 3: Dechant
- 4: Lechner
- 5: Winter
- 6: Pöttinger

Alle Flächen befinden sich im Weilhartsforst, zwischen den Ortschaften Tarsdorf und Hochburg. Die Seehöhe von Tarsdorf beträgt 429m, jene von Hochburg 462m. Das Relief des südlichen Weilhartsforstes ist durch eine flachwellige Moränenlandschaft geprägt. Die Aufforstungsfläche „Lechner“ (Nr. 4, siehe Abb.3) befindet sich im nördlichen Teil des Weilhartsforstes in Hochburg und gründet auf einer höher gelegenen, flachen Schotterterrasse.

Lage der Flächen im Weilhartsforst

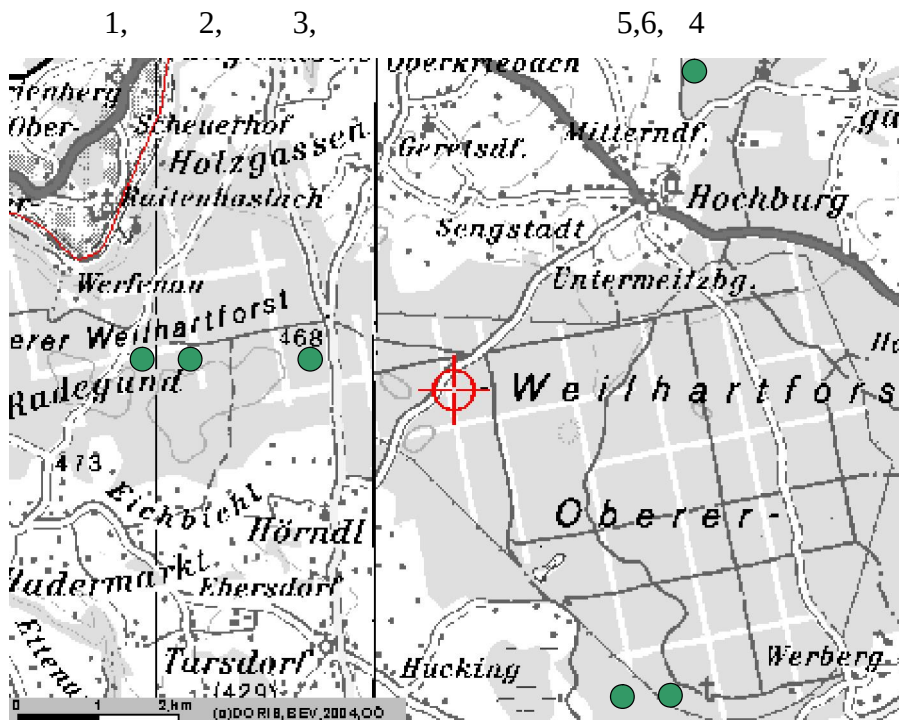


Abb.3: Die Lage der untersuchten sechs Kleinkahlschläge im Weilhartsforst

Quelle: LAND OÖ (2003), ergänzt

Die Lage der Versuchsflächen im Weilhartsforst. Die stark umrandeten Punkte geben die Lage der Fläche an, die Ziffer darüber bezeichnet die jeweilige Nummerierung, mit der die Fläche während der Auswertungen codiert wurde.

Die Flächen „Meindl“ (Nr.1) und „Helmberger“ (Nr.2) sind weniger als 2 km voneinander entfernt. Zwischen den Flächen "Pöttinger" (Nr. 5) und "Winter" (Nr.6) liegen 500 m. Die Fläche "Dechant" (Nr.3) liegt zwischen den beiden Flächenpaaren in Tarsdorf. Der Boden dieser 5 Flächen hat sich, wie ein großer Teil des Weilhartsforstes, aus Endmoränenwällen entwickelt. Der nördliche Teil des Weilharts steht auf Hoch- und Niederterrassenschotter. Die Fläche "Lechner" (Nr.4) in Hochburg gründet auf einer dieser Schotterterrassen. Die wesentlich geringere Seichtgründigkeit und der hohe Grobskelettgehalt im Oberboden dieser Fläche sind bereits okular zu erkennen.

Um die Wachstumsreaktionen der Eichen auf gleicher Fläche bei unterschiedlichem Lichtregime untersuchen zu können, wurden auf jeder der sechs Flächen jeweils zwei **Teilflächen** verpflockt.

Eine der Teilflächen wurde dort angelegt, wo aus gutachtlicher Beurteilung geschlossen werden kann, dass die stockenden Eichen einem möglichst hohen Lichtgenuß ausgesetzt sind (also möglichst in der Mitte des Kleinkahlschlages, möglichst weit weg von jeglicher Beschattung).

Diese Teilfläche wird in der künftigen Auswertung mit **Lichtfläche** bezeichnet.

Demgegenüber wurde die zweite Teilfläche danach ausgesucht, wie lange die Jungpflanzen der täglichen Beschattung durch den Altbestand ausgesetzt sind. Jene Eichen, bei denen aus ihrer Lage vermutet werden kann, dass sie, verglichen mit der gesamten Aufforstung, am wenigsten

Licht bekommen und am längsten vom Altbestand beschattet werden, wurden in der zweiten Teilfläche verpflockt, die künftig als **Schattfläche** bezeichnet werden soll.

Für jede der sechs Aufforstungsflächen wurden somit als Teilflächen je eine Lichtfläche und eine Schattfläche verpflockt.

Die Ausmaße der 12 Teilflächen sind nicht gleich, sondern ergeben sich aus der Wahl der zu markierenden Pflanzen. Als Richtwert für die Größe der Teilfläche kann ein Ausmaß von 4 x 12 m angegeben werden, wobei die Werte 2 m darunter oder darüber liegen können.

Da die einzelnen Aufforstungsflächen teils sehr heterogen sind, wurde darauf geachtet, möglichst standörtlich vergleichbare Teilflächen mit Rücksichtnahme auf die Eichenherkünfte anzulegen.

Die 12 ausgewählten Teilflächen wurden von der übrigen Aufforstung mittels Pflöcken und Schnüren getrennt, um ein Wiederauffinden zu erleichtern.

Weiters wurden auf jeder Fläche Probestämme gewählt und mit Metallpättchen markiert. Die Anzahl der Eichen pro Teilfläche schwankt zwischen 12 und 16. Es wurde darauf geachtet, einerseits von jeder Herkunft ausreichend viele Pflanzen zu wählen, und andererseits extreme Wuchshöhen des Pflanzenkollektivs zu vermeiden. Eichen, die sich bereits bei der Verpflockung der Teilflächen deutlich vom Pflanzenkollektiv unterschieden, (Dürrlinge, Vorwüchse) wurden nicht in die Untersuchung miteinbezogen.

Die 12 Teilflächen werden in der vorliegenden Arbeit folgendermaßen benannt:

Meindl Licht, Meindl Schatten;

Helmberger Licht, Helmberger Schatten;

Dechant Licht, Dechant Schatten;

Lechner Licht, Lechner Schatten;

Winter Licht, Winter Schatten;

Pöttinger Licht, Pöttinger Schatten

Mit dem Begriff **Fläche** (oder Aufforstungsfläche) wird in der vorliegenden Arbeit stets einer der sechs zur Aufforstung herangezogenen Kleinkahlschläge (siehe Abb.3) verstanden.

Wird auf eine der verpflockten Teilflächen (Licht oder Schatten) Bezug genommen, wird der Begriff **Teilfläche** verwendet.

Tab.3: Charakteristik der Flächen

Die sechs Aufforstungsflächen zeichnen sich durch große Heterogenität aus. Die Flächen Meindl und Lechner wurden zu Beginn der Pflanzung gemulcht, wodurch sich die Waldbesitzer Nährstoffvorteile und zeitweilig verringerte Konkurrenz für die Eichen erwarten. Auf der Fläche Meindl gibt es daher auch stärkeren Brombeerbewuchs (bis zu 1m), während auf der Fläche Lechner die Nährstoffumsetzung offensichtlich zu schlecht ist, um Brombeerbewuch aufkommen zu lassen. Auf der Fläche Dechant wurden die Brombeeren regelmäßig geschnitten. Die mit hohem Lichtgenuß versehene Fläche Helmberger weist starke Vergrasung mit Landreitgras (*Calamagrostis epigeios*) auf. 2001 manipulierten Herr Helmberger und Herr Pöttinger ihre Eichen, indem sie deren Seitenäste schnitten, auch jene der markierten Probebäume.

Fettgedruckte Eigenschaften, sind jene, die für die betreffende Fläche besonders zu beachten sind.

Fläche Nr.	1	2	3	4	5	6
Besitzer	Meindl	Helmberger	Dechant	Lechner	Winter	Pöttinger
politische Gemeinde	Tarsdorf	Tarsdorf	Tarsdorf	Hochburg	Franking	Geretsberg
Standort	Moräne	Moräne	Moräne	Schotterterrasse	Moräne	Moräne
gemulcht	Ja	nein	nein	ja	nein	nein
Pflanzverbände	Reihen	Reihen	Nester	Reihen	Reihen	Reihen
Größe des Kleinkahlschlages	0,5 ha	0,4 ha	1 ha	1 ha	1 ha	0,3 ha
Trakte	halbe H.Ü. / Freifläche	volle H.Ü. / halbe H.Ü.	halbe H.Ü. / Freifläche	halbe H.Ü. / Freifläche	volle H.Ü. / halbe H.Ü.	volle H.Ü.
Eingriff des Besitzers während des Untersuchungszeitraums	Keiner	2001 wurden Seitenäste geschnitten	Brombeeren wurden regelmäßig geschnitten	keiner	keiner	2001 wurden Seitenäste geschnitten
Zäunung	Intakt	Rehwild wurde innerhalb bemerkt	intakt	intakt	intakt	intakt
Verbiss	Keiner	festgestellt	keiner	keiner	keiner	keiner
Anzahl der Bodenproben Teilfläche Licht/ Teilfläche Schatten	3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 2	3 / 3
Anzahl Blattproben Licht / Schatten	2 / 2	2 / 2	4 / 4	2 / 2	2 / 2	2 / 2
Anzahl der Probepflanzen Licht/ Schatten	14 / 12	15 / 16	16 / 16	14 / 14	14 / 13	16 / 16
prägendes Merkmal	Starker Brombeerbewuchs	Vergrasung (<i>Calamagrostis epigeios</i>) Verbiss, Schnitt	Nester	Schotterterrasse	Teilfläche „Schatten“ in einer Mulde	kleinste und ebenste Fläche, Schnitt

Abkürzungen:

Landesforstg. ... Landesforstgarten

HÜ... Horizontüberhöhung

2.2.2 Pflanzverbände

Die Aufforstung aller Flächen erfolgte im Jahr 1999. Fünf Versuchsflächen, nämlich Meindl, Helmberger, Lechner, Winter und Pöttinger wurden mittels klassischer Reihenkultur aufgeforstet. Der Abstand zwischen den Reihen beträgt 2 m, der Abstand innerhalb der Reihen 80 cm. Jede dritte Reihe wurde mit Hainbuchen im Abstand von 1,5 m in der Reihe ausgeführt.

Die Fläche Dechant wurde in Teilflächenkultur aufgeforstet. In einem Abstand von 8 m wurden Nester mit jeweils 20 Stieleichen angelegt. Der Durchmesser der Nester beträgt etwa 2 m.

Als Füllholz wurden sowohl Hain- und Rotbuche, als auch Kirsche verwendet.

(vgl. SOMMERAUER, 1999)

2.2.3 Herkünfte und deren Bezeichnung

Die WWGW hat sich entschlossen, verschiedene Herkünfte von *Quercus robur* auf bereits vorhandenen Kleinkahlschlägen zu setzen und deren Wuchskraft zu testen.

Insgesamt handelt es sich um vier Herkünfte von *Quercus robur*, deren Wuchsverhalten untersucht wird. Die Bezeichnungen der Herkünfte lauten:

Freilassing (Bayern) - Aichet, 3/0 in der Folge mit „Laufen“ bezeichnet

14(V/3/-3) Linz – Urnenhain, 2/0 in der Folge mit „Urnenhain“ bezeichnet

7(V/1/3-6) Oberösterreich – Taufkirchen, 3/0 in der Folge mit „Landesforstgarten“ bezeichnet

6 (V/1/3-6) Oberösterreich – Geinberg, 3/0 in der Folge mit „Gadermaier“ bezeichnet.

Aus Gründen der Vereinfachung und auch zur besseren Verständlichkeit bei den Waldbesitzern werden in der weiteren Arbeit die landläufigen Namen für die Bezeichnung der Herkünfte verwendet.

Bei der Verpflockung der Teilflächen wurde darauf geachtet, dass die Herkünfte gleichmäßig auf Licht- und Schattenflächen aufgeteilt wurden. D.h. jede Lichtfläche enthält gleichviele Pflanzen jeder Herkunft wie die zugehörige Schattfläche. Allerdings war nicht jede Herkunft auf jeder Fläche vorhanden. Die folgende Tabelle zeigt, dass die Herkunft Urnenhain auf jeder

Fläche vertreten ist, Laufen hingegen nur auf einer einzigen. Die Herkunft Landesforstgarten wird bei vier Waldbesitzern untersucht, Gadermaier dreimal.

Für die Herkünfte Urnenhain, Landesforstgarten und Gadermaier gilt, dass ihre Reihenpflanzung mindestens einmal wiederholt wurde. Ob sich Unterschiede zur Nesterpflanzung (Fläche "Dechant") ergeben, wird untersucht.

Tab.4: Verteilung der Herkünfte auf die Waldbesitzer

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	-

x ... Reihenpflanzung

o ... Nesterpflanzung

- ... gar nicht gesetzt

2.2.4 Kennzeichnung der Probebäume

Mithilfe einer groben Feldskizze konnte jeder Baum eindeutig einer bestimmten Fläche und einer Herkunft zugeordnet werden. Zum gleichen Zweck wurde die Baumnummer auf den Metallplättchen aus jeweils vier Ziffern zusammengesetzt.

Die erste Ziffer ist eine Zahl von 1 bis 6 und gibt Auskunft darüber, auf welcher Aufforstungsfläche der Probebaum steht:

Die Aufforstungsflächen wurden nach den Waldbesitzern folgendermaßen codiert:

1 Meindl; 2 Helmberger; 3 Dechant; 4 Lechner; 5 Winter; 6 Pöttinger

Die zweite Ziffer ist entweder 0 oder 1 und gibt Auskunft, auf welcher Teilfläche der Probebaum stockt. Dabei wurde 0 als zweite Ziffer für alle Schattflächen und 1 als zweite Ziffer für alle Lichtflächen gewählt. Mit den letzten beiden Ziffern wurden die Bäume jeder Teilfläche durchnummeriert.

1015 bedeutet demgemäß: Besitzer Meindl, Schattfläche, Baum Nr. 15

6104 : Besitzer Pöttinger, Lichtfläche, Baum Nr. 4

2.3 Aufnahmepunkte

Über jede der 12 Teilflächen wurden drei Aufnahmepunkte verteilt. Eine Ausnahme bildet die Teilfläche „Winter Schatten“, wo nur zwei Aufnahmepunkte ausgewählt wurden. (siehe Tab.3)
Jeder Aufnahmepunkt wurde im Februar 2000 mit einem rot lackierten Holzpflöck gekennzeichnet.

2.3.1 Messungen an den Prohebäumen

2.3.1.1 Zuwachsmessung

Nach der Verpflockung wurde in den Jahren 2000, 2001 und 2002 jede Fläche aufgesucht und für jeden markierten Baum folgendes erhoben:

- *) Baumnummer
- *) Höhe, auf cm genau
- *) Terminaltrieb, auf cm genau
- *) Trieb a (cm), d.h. der oberste Seitentrieb unterhalb des Terminaltriebes, oder falls mehrere Triebe aus einem Quirl kamen, jener Trieb, der nach dem Terminaltrieb die größte Wuchskraft besaß
- *) Trieb b (cm), d.h. der zweitoberste Seitentrieb unterhalb des Terminaltriebes, oder falls mehrere Triebe aus einem Quirl kamen, jener Trieb, der nach dem Trieb a die größte Wuchskraft besaß
- *) Trieb c (cm), d.h. der drittoberste Seitentrieb unterhalb des Terminaltriebes, oder falls mehrere Triebe aus einem Quirl kamen, jener Trieb, der nach dem Trieb b die größte Wuchskraft besaß
- *) Trieb d, d.h. (cm), d.h. der viertoberste Seitentrieb unterhalb des Terminaltriebes, oder falls mehrere Triebe aus einem Quirl kamen, jener Trieb, der nach dem Trieb c die größte Wuchskraft besaß
- *) Der Wurzelhalsdurchmesser wurde mit einer Schublehre mit Noniusskala gemessen und auf mm genau notiert

.

Die Messung der Höhe und der Triebe wurde mit einer Messlatte durchgeführt.

Im vierten Beobachtungsjahr, dem Jahr 2003, waren viele Bäume auf einigen Flächen bereits über 3 Meter, einige über 4 Meter hoch gewachsen. Die Messung der einzelnen Triebe war daher nicht immer möglich. Es wurde daher beschlossen, im Sinne einer einheitlichen, für alle Flächen auswertbaren Aufnahme, für das Jahr 2003 ausschließlich Baumhöhe und Wurzelhalsdurchmesser aufzunehmen.

2.3.1.2 Wuchsform

Die Wuchsform wurde zweckmäßigerweise nur einmal, und zwar am Ende der Untersuchung, d.h. im Oktober 2003 durch okulare Anschätzung erhoben.

Die Anschätzung erfolgte nach den drei Kriterien Kronentyp, Stammform und Blattflächendichte.

Für die Beurteilung von Kronen- und Stammformen wurden die Schemata von GOCKEL (1994) herangezogen, der damit 8-jährige Eichentrupps des Forstamtes Rüthen in Lippstadt, (Deutschland) bewertete. Die Abbildungen wurden für geeignet befunden, auch die Eichen der vorliegenden Untersuchung zu beschreiben.

Ausgewiesene Kronentypen

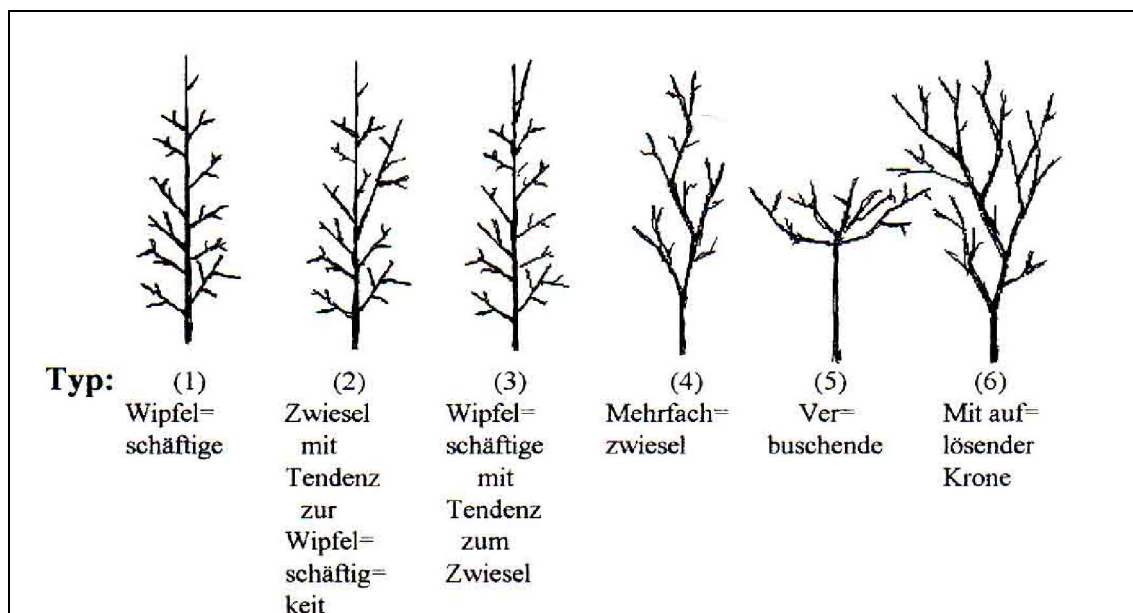


Abb.4.: Ausgewiesene Kronentypen

Quelle: GOCKEL (1994)

Kronentypen, die bei der vorliegenden Untersuchung differenziert wurden. Die sechs ausgewiesenen Kronentypen beruhen allein auf der Art der Beurteilung der Verzweigung

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Stammformen wie folgt differenziert

Ausgewiesene Stammformen

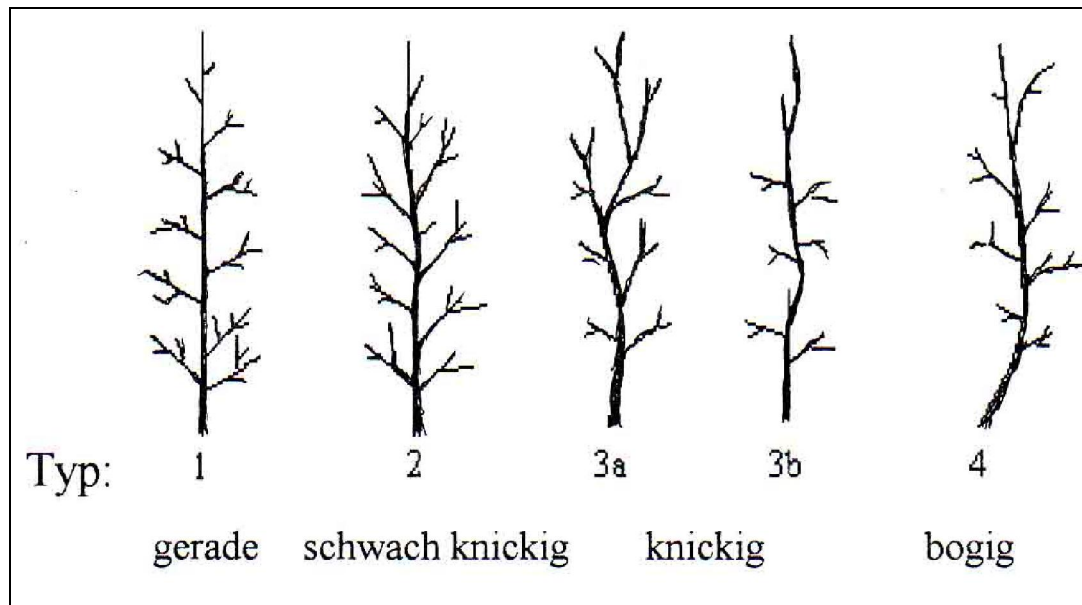


Abb.5: Ausgewiesene Stammformen

Quelle: GOCKEL (1994)

Die Stammform 3b entsteht laut GOCKEL (1994) durch Frühfrost und Absterben des Terminaltriebes. Die Stammformen 3a und 3b wurden zusammengefaßt, sodass insgesamt nur vier verschiedene Bewertungen für die Stammformen vergeben wurden.

Die Ansprache der Blattflächendichte jedes Probebaumes erfolgte nach drei Merkmalsausprägungen: 1 = überdurchschnittlich belaubt, 2 = durchschnittlich belaubt, 3 = unterdurchschnittlich belaubt

Bei der Ansprache im Gelände erwies sich die Blattflächendichte als wenig aussagekräftig. Im Oktober war es schwer festzustellen, ob ein Probebaum über-, unter- oder durchschnittlich belaubt gewesen war, weil sehr viel Laub bereits abgefallen war. Eine Zuordnung der Blätter am Boden zu den entsprechenden Probebäumen wurde versucht, ist jedoch vermutlich mit großen Ungenauigkeiten behaftet.

Für die Ermittlung der Variable „Wuchsform“ für jeden einzelnen Probebaum wurden daher nur die Stammform und der Kronentyp herangezogen. Die Wuchsform ist das arithmetische Mittel dieser beiden Werte.

2.3.2 Probenwerbungen auf den Teilflächen

Auf jeder Teilfläche wurden folgende Aufnahmen durchgeführt:

- *) Werbung der Humusaufgabe
- *) Werbung von Bodenproben
- *) Blattproben
- *) Hemiviewfotos, das sind Fotos durch ein Fischaugenobjektiv zur Ermittlung der Sonneneinstrahlung (siehe Kap.2.3.4)

Das Stativ der Kamera für die Hemiviewfotos wurde direkt über den roten Pflöcken positioniert. Die Boden- und Humusproben wurden in unmittelbarer Nähe zum roten Aufnahmepflock geworben.

Die Blattproben erfolgten getrennt nach Herkünften. Die Blätter wurden aus der oberen Krone entnommen, damit ausschließlich Lichtblätter untersucht werden, und dadurch Konzentrationsunterschiede innerhalb einer Pflanze ausgeschlossen werden können.

2.3.2.1 Werbung der Humus- und Bodenproben

Auf jeder Teilfläche wurden drei Humusproben in jeweils unmittelbarer Nähe zu den Aufnahmepflocken gemacht. Dafür wurde in einem genormten 30 x 30 cm Rahmen die Vegetation und der Auflagehumus (L, F + H) entnommen, in Plastiksäcken verpackt und beschriftet.

Die Bodenprofile wurden an jeweils derselben Stelle, wo kurz zuvor die Humusaufgabe entfernt (geworben) worden war, mit einem Bodenhohlbohrer gezogen und in einer Styroporhülle verpackt.

Die weitere Behandlung der Humus- und Bodenproben ist Gegenstand der Diplomarbeit von FOSTEL (unveröff.).

2.3.2.2 Werbung der Blattproben

Um Rückschlüsse auf die Pflanzenernährung zu bekommen, wurden Ende August 2001 auf jeder Teilfläche Blattproben von den einzelnen Herkünften genommen.

Dabei wurden etwa 100 Gramm frische Blätter von den oberen Kronen entnommen.

Es wurde darauf geachtet, mehrere Bäume von jeder Herkunft zu beproben, damit die Stichprobe nicht durch eventuelle Ausreisser einzelner Bäume beeinträchtigt wird.

Die Baumnummer wurde dabei nicht notiert, weil es sich um eine Mischprobe handelt.

Die Auswahl der Bäume, von denen Blätter zur Probe herangezogen wurden, erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurden die Bäume getrennt nach ihren Herkunft aufgesucht, danach folgte eine zufällige Auswahl aus dem Kollektiv der Sonnenblätter der Probebäume.

Die Blattproben wurden in Plastiksäcken verpackt und beschriftet und bis zur Auswertung kühl gelagert.

Die detaillierte Behandlung der Blattproben für diese Flächen wird von FOSTEL (unveröff.) beschrieben werden.

2.3.4 Ermittlung der Lichtwerte

Um zu lichtökologischen Messwerten zu gelangen, werden in der Literatur verschiedene Methoden beschrieben. BRUNNER (1994) gibt einen Überblick über den auch heute noch im wesentlichen gültigen Stand der lichtökologischen Forschungen und deren Messmethoden. Als interessierenden Bereich des Lichts gibt er die photosynthetisch aktive Strahlung (radiation), PAR, an. Sie wird laut BRUNNER in ökophysiologischen und ökologischen Untersuchungen als Standard verwendet. In den 80er Jahren wurden sog. Luxmeter (oder PAR- Sensoren) verwendet, bis DOHRENBUSCH (1987 und 1995, zitiert in HAGER et. al, 2001) Defizite im fotosynthetisch bedeutsamen roten und blauen Spektralbereich erkannte. Die räumliche und zeitliche Variation der Strahlung ist bei einem Teil der Strahlung (dem direkten Licht) so groß, dass Stichprobenmessungen mit Luxmetern keine reproduzierbaren Ergebnisse liefern können. (HAGER et. al, 2001)

Eine andere Messmethode vergleicht die Strahlungsextinktion im Bestand mit der auf einer angrenzenden Freifläche. In einem nachfolgenden Schritt wird dann der Lückenanteil des Bestandes und der Blattflächenindex des Bestandes geschätzt. Für diese Vorgehensweise hat sich in der Praxis der LAI2000 Plant Canopy Analyzer der Firma Licor durchgesetzt.

Neben der Möglichkeit, die Beleuchtungsverhältnisse mit Luxmeter oder Plant Canopy Analyzer zu schätzen, wird immer öfter eine Methode angewandt, bei der der Lückenanteil gemessen wird. Dieses Verfahren verwendet die Fototechnologie und nimmt den gesamten Bestand mit einem Super-Weitwinkel Objektiv (etwa 180° Blickwinkel, Fisheye Objektiv) auf. Ein Fischaugen-Objektiv ermöglicht eine Abbildung der oberen Halbkugel, Hemisphäre. Daher werden die auf diese Weise erstellten Bilder hemisphärische Fotos genannt.

2.3.4.1 Strahlungsschätzung in Wäldern durch hemisphärische Fotos

Entwickelt wurde die Methode der Schätzung des Lichtangebots mittels sogenannten Fischaugen-Objektiven von EVANS und COOMBE (1959, in BRUNNER, 1994). Dabei wird durch ein Fischaugen (Fish-eye) – Objektiv, also ein Super-Weitwinkel Objektiv, hindurch mit einem Blickwinkel von circa 180 ° ein rundes Gesamtbild aufgenommen. Die Kamera ist dabei genau Richtung Zenit gerichtet.

Seitdem ANDERSON (1964, in BRUNNER 1994) diese Methode aufgegriffen hatte, gab es zahlreiche Bemühungen, sie zu verbessern. Vor allem der Einsatz des Computers ermöglichte verbesserte Auswertungsmöglichkeiten. OLSSON et al (1982, in WAGNER, 1994) setzten digitale Bildverarbeitungsmethoden ein.

Später entwickelten vor allem Forscher aus Amerika eigene Software zur Auswertung der Fotografien. WAGNER (1994) gibt folgende Literaturangaben aus Amerika an: CHAZDON et. al (1987); BECKER et al (1989); RICH (1990); RICH et al. (1993).

Seit dieser Zeit gibt es zahlreiche Untersuchungen, die Abschätzungen des Strahlenhaushaltes mittels hemisphärischer Fototechnologie inkludieren. HAGER et al (1998) berichten über das Wachstum von Laubholzvoranbau in sekundären Nadelholzbeständen im oberösterreichischen Forstbetrieb Castell-Castell. Vergleichende Messungen mit dem Plant Canopy Analyzer zeigen, dass beide Methoden für die Charakterisierung des Lichtregimes verwendet werden können. Die hemisphärischen Fotos bilden die Überschirmungssituation sogar präziser ab, als Plant Canopy Analyzer Messungen. (HAGER et al, 2001) Die Autoren verwendeten die hemisphärischen Fotos, um den Einfluß der Überschirmung auf Voranbaupflanzen zu dokumentieren.

Fischaugen Objektive zur Aufnahme und auch die Software zur Auswertung der hemisphärischen Fotos werden von mehreren Herstellern angeboten (RICH, 1990). Laut HAGER et al, (2001) wurde das erste kommerzielle Software-Programm zur digitalen Auswertung von hemisphärischen Fotos von der Firma Delta-T-Devices, Cambridge, UK auf den Markt gebracht.

2.3.4.2 Aufnahme der hemisphärischen Fotos

Über jede Teilfläche wurden drei Aufnahmepföcke verteilt. Eine Ausnahme bildet die Teilfläche „Winter Schatten“, die aufgrund der Bodengegebenheiten nur eine geringe Größe hat und wo daher nur zwei Aufnahmepföcke angebracht wurden. Direkt über den Aufnahmepföcken wurde jeweils ein hemisphärisches Foto aufgenommen. Diese, mit einer Spiegelreflexkamera (Nikon F 801) und einem Fischaugenobjektiv aufgenommenen, Fotos dienen dazu, die Lichtverhältnisse an der Aufnahmestelle zu ermitteln.

Die hemisphärischen Fotos wurden mit dem Softwareprogramm *HemiView* der Firma Delta-T Devices ausgewertet.

Neben vielen anderen ermittelbaren Faktoren, konzentrierten wir uns auf die Werte für den Indirekten Lichteinfall (ISF), den Direkten Lichteinfall (DSF) und das Gesamtlicht (GSF). Der GSF wird vom Softwareprogramm Hemiview aus ISF und DSF berechnet und gewichtet. Nach HAGER et al (1998) kann jeder dieser drei Kennwerte für eine waldbauliche Charakterisierung der Überschirmungs- und Strahlungsverhältnisse verwendet werden.

Verwendet wurde ein Fischaugenobjektiv der Firma Sigma mit Polarprojektion, das einen Blickwinkel von etwa 180° hat. Bei genauer Ausrichtung der Kamera in Richtung Zenit bildet das Fischaugenobjektiv alles ab, was sich in größerer Höhe als das Objektiv selbst befindet und sichtbar ist, d.h. den Altbestand mit seiner mehr oder weniger lichtdurchlässigen Kronenform.

Wichtig für die spätere Auswertung war, die Kamera exakt einzunorden, sodass die obere Kante der Kamera und des Fotos genau nach Norden zeigt. Eine mit Gewichten und Libellen selbsthorizontierende Aufhängung garantiert, dass die Filmebene exakt Richtung Zenit weist und eine horizontale Ebene bildet. Diese kardanisch gelagerte Halterung wird auf ein Stativ montiert und justiert sich dadurch bei der Aufstellung selbst.

2.3.4.2 .1 Film

Für die Aufnahme hemisphärischer Fotos wird generell ein Schwarz-Weiß Film verwendet, oftmals Dokumentarfilme (CHAN et al, 1986; GREIS et al, 1981, zitiert von WAGNER, 1994) um bei der weiteren Bildauswertung klare Kontraste zwischen Himmel und Bestandesbiomasse zu erhalten.

Auch die Aufnahmen der vorliegenden Arbeit wurden mit einem Schwarz-Weiß -Film gemacht. Nachdem die Fotos eingescannt worden sind, kann dadurch jeder Pixel eindeutig als

„Loch“(Lichteinfall, Gap, Weiss) oder als „Bedeckung“(Cover, Ast, Schwarz) interpretiert werden.

Es wurde ein Film mit der Lichtempfindlichkeit 400 ASA verwendet, die Kamera jedoch auf 800 ASA (ISO) eingestellt. Dies wurde dem Entwicklungsteam bekanntgegeben, das dadurch und mit Hilfe des „Forced Development“ einen höheren Kontrast erzielt. Die Negative wurden einzeln gerahmt. Um die Fotos nach der Entwicklung eindeutig identifizieren zu können, wurde der Databack herangezogen, den die Kamera anbietet. Mit dem Databack kann man auf jedes Foto entweder Aufnahmezeit, -datum oder einen Kurzcode belichten. Für diese Arbeit am hilfreichsten schien ein Kurzcode zu sein, da weder Zeit noch Datum, noch Negativnummer (mehrere Filme) sehr aufschlußreich gewesen wären.

2.3.4.2.2 Scaneinstellungen

Verwendet wurde der Scanner „Super Coolscan 4000“ der Firma Nikon. Die gerahmten Negative passen in den Adapter „Nikon SF-200“. Eine weitere Möglichkeit wäre gewesen, die Negative zu Streifen mit jeweils vier Fotos zu schneiden, um sie mit dem Streifenadapter zu verarbeiten.

Die gerahmten Negative wurden mit dem zugehörigen Programm „Nikon Scan 3, Nikon Super Coolscan 4000 Ed 1.05 “ eingescannt.

Da der Scanner natürlich nicht nur hemisphärische schwarz/weiss Negative, sondern auch eine Fülle anderer Möglichkeiten bietet, werden von der Software des Scanners Informationen abgefragt. Im Sinne der Reproduzierbarkeit der vorliegenden, wissenschaftlichen Arbeit halte ich es für angemessen, auch die von mir vorgenommenen Einstellungen der Software anzugeben, da diese ja maßgeblich zu den Ergebniswerten beitragen. Die folgenden Einstellungen stellten sicher, dass der Scanner zu jedem schwarz/weiss Negativ ein entsprechendes schwarz/weiss Bild mit vorgegebenem Ausmaß herstellt.

Die Information, dass es sich um ein s/w Negativ handelt, wird mit der Einstellung ***Neg Mono*** übermittelt. Da ein digitales s/w Bild als Ergebnis gewünscht ist (und nicht etwa ein Farbbild), lautet die entsprechende Einstellung ***Grayscale***.

Das Ausmaß des digitalen Bildes wird mit ***1300 Pixel/inch*** vorgegeben.

Die Fotos wurden im ***TIFF Format*** gespeichert und in dieser Form in das Software - Programm Hemiview übernommen.

2.3.4.2.3 Hemiview Programm

Nach dem Scannen können die Fotos mit dem Programm „Hemiview“ der Firma Delta-T Devices Ltd. bearbeitet werden.

Dieses teilt das eingescannte Bild in Sektoren ein und legt Sonnenbahnen (Sky Map) oder einen Gitterraster (Grid Map) darüber. Das Bild ist kreisrund, weil es ja durch das Fischaugenobjekt aufgenommen wurde. Das Softwareprogramm Hemiview zeichnet ausserhalb des Bildes einen weiteren Kreis, dessen Schnittpunkt mit seiner oberen horizontalen Tangente Norden anzeigt, unten ist Süden. Voraussetzung dafür ist, dass die Oberkante der Kamera und des Films genau auf Norden ausgerichtet wurde und die Filmebene während der Aufnahme horizontal war.

Für die folgende Auswertung sind weder Sky- noch Gridmap von Bedeutung, die Himmelsrichtungen für die Berechnungen der Lichtwerte jedoch schon. Zur exakten Bestimmung der Himmelsrichtungen auf dem digitalen Bild sind auf der horizontierenden Ebene, die die Kamera in Richtung Zenit ausrichtet, zwei LED Lämpchen angebracht. Nachdem die Fotooberkaante nach Norden ausgerichtet worden ist, weist ein rundes LED Lämpchen exakt nach Osten, ein anderes nach Westen. Während der Belichtung werden beide Lämpchen zum Leuchten gebracht. Dadurch, dass das Objektiv der Kamera Richtung Zenit gerichtet war, sind die Ost- und Westrichtungen am Bildschirm vertauscht. Was für die Richtung Himmel gerichtete Kamera im Westen liegt, befindet sich für den Betrachter des eingescannten Fotos im Osten und vice versa. In Hemiview dreht sich der Azimut also gegen den Uhrzeigersinn.

Die Ansicht wurde so eingestellt, dass das gesamte Bild mit den Leuchten und den Bezeichnungen für die Himmelsrichtungen sichtbar war. Im allgemeinen wurde beim Befehl „Zoom“ – unter dem Menüpunkt „Ansicht/View“ - 50% ausgewählt. Wurde eine andere Zoomeinstellung gewählt, so wurde diese im Hemiview im Sheet „Comments“ vermerkt.

2.3.4.2.3.1 Hemiview Konfiguration

Dass Programm Hemiview verwendet mathematisch-ökologische Modelle, um für jedes hemisphärische Foto lichtökologische Werte zu berechnen. Um diese Modelle anwenden zu können, müssen für jede Auswertung Parameter eingestellt werden. Im Sinne der Reproduzierbarkeit der vorliegenden, wissenschaftlichen Arbeit, gebe ich Auskunft über die Parameter, die für die vorgenommene Untersuchung getroffen wurden:

Zunächst werden Angaben zum Untersuchungsgebiet (Site) gemacht.

Die geographischen Koordinaten des Weilhartsforstes betragen **48.04** Nord und **12.49** Ost.

Wie aus Kapitel 1.2.2 hervorgeht, befindet sich der Weilhartsforst in einem Seehöhenbereich zwischen 430m und 470m. Anstatt für jedes Foto eine andere Seehöhe einzustellen, wurde für die gesamte Auswertung eine Seehöhe von **450 m Altitude** eingestellt.

Da die Magnetische Deklination, also die Abweichung des topographischen Nordpols vom magnetischen Nordpol, für die exakte Bestimmung der Himmelsrichtungen und in weiterer Folge für die Modellierung der Sonnenbahnen und daher für die Ermittlung der lichtökologischen Werte bedeutsam ist, wird der Anwender von HemiView zu einer entsprechenden Angabe veranlasst.

Für das Untersuchungsgebiet wurde die magnetische Deklination mit **1.36 west** angegeben.

(NATIONAL GEOPHYSICAL DATA CENTER, 2003)

Sky Map Division

Die Einteilung des runden Bildes in Azimuthbereiche (Kreise) und Zenithbereiche (Spalten, bzw. Sektoren) kann im Menüpunkt „Output Konfiguration/ Sky Map Division“ vorgenommen werden. Die numerische Angabe bestimmt, wieviele Bereiche für Azimuth oder Zenith ausgeschieden werden. Da eine solche Einteilung im vorliegenden Fall von untergeordneter Bedeutung war, wurde die Defaulteinstellung **Azimuth: 8; Zenith: 8** beibehalten.

Intercepting Surface

Da die Kamera stets auf die Horizontalebene und möglichst genau Richtung Zenit gerichtet war, wurde auch beim Menüpunkt zur Angabe der Winkel der aufnehmenden Fläche (= der photographische Film) die Defaulteinstellung beibehalten: **Azimuth: 0; Zenith: 0; Single Sided**

Lens

Die korrekte Angabe zur aufnehmenden Linse lautet im vorliegenden Fall: **Sigma 8mm**

Solar Model Properties

In HemiView werden mehrere Modelle zur Berechnung der Lichtwerte angeboten, deren Parameter man im Folgenden ändern kann. An Solar-Modellen zur Berechnung der diffusen Himmelsstrahlung stehen das Standard-Overcast-Sky-Modell (SOC) und das Uniform-Overcast-Sky-Modell (UOC) zur Auswahl.

Beim Standard Overcast Sky Modell wird davon ausgegangen, dass weder Sonne noch sonnenbeschienene Wipfel- oder Kronenteile im Bild, aber ein wolkenfreier Himmel abgebildet ist. D.h. die Bilder werden entweder kurz vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang gemacht. (vgl. HAUSKELLER-BULLERJAHN, 1997 und WAGNER, 1994)

Das Uniform-Overcast-Modell dagegen nimmt an, dass der Himmel von einer gleichmäßigen Wolkendecke bedeckt ist. Das hat den Vorteil, dass, sofern entsprechende Bedingungen gegeben sind, auch am Tag fotografiert werden kann.

Aus einer Besprechung mit dem Universitätsprofessor SCHUME (SCHUME, mündliche Mitteilung) ergab sich, dass das Standard Overcast Sky – Modell den Lichtverhältnissen vor Ort am besten entspricht und die zuverlässigsten Ergebnisse liefert.

Daher wurde unter dem Menüpunkt „Diffuse Distribution“ das Modell „**SOC Standard Overcast Sky**“ gewählt.

Drei Parameter für das SOC-Modell können unter dem Menüpunkt "**Solar Transmission**" verändert werden. Für die vorliegende Arbeit wurden die Defaulteinstellungen belassen:

Die Durchlässigkeit der Atmosphäre (**Transmitivity**) wird mit **0.8** angenommen, der Anteil an indirekter Strahlung (**Diffuse Proportion**) mit **0.1**, die externe Strahlenmenge (**External Solar Flux**) mit **1370.0 Wm⁻²**

Als Einheit für die Strahlungsenergie (Energy units) wurde **Wm⁻²** gewählt.

2.3.4.2.3.2 Threshold

Eingescannt wurde ein Schwarzweissbild. Der Betrachter sieht neben den zwei Farben schwarz und weiss aber noch zahlreiche Graustufen. Das Computerprogramm Hemiview verarbeitet diese Farbschattierung nicht, sondern teilt das Bild in zwei Farben ein: reines Schwarz und reines Weiss. Welche Graustufen als schwarz und welche als weiss zu klassifizieren sind bestimmt das Programm anhand der Helligkeit der Bildelemente und mit Hilfe des Thresholds. Die Graustufe (Helligkeit) der einzelnen Bildpixel ist durch das Foto vorgegeben und wird vom Betrachter wie vorhin angesprochen von weiss über hell- bis dunkelgrau bishin zu schwarz gesehen.

Der Threshold ist für jedes Bild auf einer Skala in der Menüleiste von Hemiview einzustellen und bestimmt, ab welcher Graustufe (Helligkeit) ein Pixel nicht mehr als weiss sondern als schwarz klassifiziert wird. Es ergeben sich zwei Ansichten, das Originalfoto in Grautönen und dessen klassifizierte Schwarz-Weiss Interpretation. Zwischen den beiden kann man problemlos hin und herschalten, um den Threshold korrekt einzustellen.

Der Threshold ist ein Wert zwischen 1 und 256.

Bei niederem Threshold werden mehr Felder als weiss interpretiert und das Foto dadurch heller, bei höher eingestelltem Threshold, werden mehr Felder als schwarz klassifiziert und das Bild dadurch dunkler.

Kronen sollen schwarz werden, Himmel und Lücken weiß.

Es gibt nur einen Wert für jedes Bild, und er muß für jedes Bild angepasst werden.

Aus diesem Grund ist es beim Fotografieren wichtig, dass die Sonne keine Kronenteile mehr bescheint, während der Himmel bereits dunkel ist. Sonst würden die von den letzten Sonnenstrahlen beschienen Kronenteile vom Auswerteprogramm „Hemiview“ als hell und damit als Himmel interpretiert werden. Auf der einen Seite können sehr feine Kronenteile, die

viel Licht durchlassen, schnell als weiss klassifiziert werden. Auf der anderen Seite können Bildelemente, die eindeutig Himmel darstellen, oft recht dunkel sein und damit von der Software schnell als schwarz klassifiziert werden.

Dies gilt es beim Einstellen des Thresholds auszugleichen.

Folgende Phänomene machen es unmöglich, für jedes Bild einen einzigen, vollkommen richtigen Threshold einzustellen: Am Waldrand wird es schneller dunkel als im Zenit, im Osten schneller als im Westen. Daher kommt es vor, dass bei ein und demselben Threshold Lücken am Waldrand bereits schwarz werden (Threshold zu hoch!), während exponierte Kronenteile im Zenit noch immer weiss bleiben (Threshold zu niedrig!).

Vor allem bei Fotos auf großen Freiflächen, wie der Fläche „Winter“, tritt das Problem auf. Aus forstwirtschaftlicher Sicht mag die Größe der Aufforstungsfläche Winter, nämlich 1 ha nicht sehr groß sein, für die optimale Einstellung des Thresholds erweist sich diese Größe aber als schwierig zu klassifizieren. Aber auch kleine Flächen können schwierig zu klassifizieren sein, vor allem, wenn sie im Osten oder Westen kaum Waldbedeckung haben,

Die Fläche Pöttinger beispielsweise ist mit 0,3 ha der kleinste untersuchte Kahlschlag. Die auf diesem Kleinkahlschlag verflochte Teilfläche Licht hat aber weder im Osten noch im Westen Bedeckung durch den Altbestand, die Teilfläche Schatten nur im Osten nicht. Hier macht sich die schnelle Verdunkelung im Osten bemerkbar, während die Kronen im Norden noch hell bleiben.

Natürlich wurde versucht, den Threshold bestmöglich einzustellen, das heisst so, dass das Schwarz/Weiss Bild (nur dieses wird für die Berechnung der Lichtwerte herangezogen) dem eingescannten Graustufenbild möglichst entspricht.

2.4 Datenverarbeitung

Die Wachstumsdaten der Probepflanzen wurden händisch aufgenommen und genauso wie die Ergebnisse aus „Hemiview“ in die Programme Excel und SPSS übertragen.

Die Beschriftung der Diagramme aus Excel wurden so gehalten, dass sie weitgehend selbsterklärend sind. Die Parameter, die für eine Reproduktion der Analysen in SPSS notwendig sind, werden bei der Diskussion jeder Statistik angegeben.

Die drei Datensätze pro Teilfläche, die jeweils aus den Ergebnissen der Auswertungen der Software „HemiView“, der Bodenprofile und der Streuuntersuchungen generiert wurden (pro Aufnahmepunkt 1 Datensatz) wurden gemittelt und jedem Probebaum auf dieser Teilfläche zugeordnet.

So war es möglich, die Daten je Probepflanze zusammen mit den Daten je Teilfläche in einem einzigen SPSS-file zu verarbeiten, was die statistische Auswertemöglichkeiten wesentlich verbessert. Ein Probebaum stellt dabei einen Fall dar.

Für statistische Mittelwertsvergleiche wurde das Verfahren „einfaktorielle ANOVA“ (Analysis of Varianz) verwendet; für die Überprüfung der Ergebnisse in den Kreuztabellen (Kap.3.7.2) wurden CHI-Quadrat-Tests durchgeführt. Bei beiden wurden Zusammenhänge zwischen den getesteten Variablen im Falle einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,05 als „signifikant“ und bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,001 als „hoch signifikant“ gewertet. Lag die Irrtumswahrscheinlichkeit über 0,05, wurde die Nullhypothese (kein Zusammenhang zwischen abhängiger Variable und Faktor) beibehalten, ansonsten verworfen.

Für Korrelationen nach Pearson und nach Spearman wurde der HD Wert für jeden einzelnen Probebaum berechnet. Der HD Wert ergibt sich aus der Höhe des Jahres 2003 dividiert durch den Wurzelhalsdurchmesser des Jahres 2003.

Die Interpretationen der Korrelationsanalysen mittels Regressionen nach Pearson und Spearman sind durch die Kennzeichnung der signifikanten (*) und der hoch signifikanten (**) Zusammenhänge selbsterklärend.

Des weiteren waren zu Beginn der Untersuchung alle Variablen wie Höhe, Zuwachs und Wurzelhalsdurchmesser, so kodiert, dass größere Werte stets bessere Ergebnisse bedeuteten. Nur für die Beurteilung der Kronentypen, Stammformen und des Belaubungszustandes waren

im Oktober 2003 Schemata gewählt worden, die den schlechtwüchsigeren Eichen die höheren Ziffern zuordnete (Abb.4 und 5).

Die Variable „Wuchsform“ wurde als Mittelwert aus Kronentyp und Stammform für jeden Probebaum errechnet.

Um grafische Auswertungen so gestalten zu können, dass auch bei der Variable „Wuchsform“ höhere Werte bessere Ergebnisse bedeuten, wurde die Variable mit der Formel

$$\text{„Wuchsform transformiert“} = (7 - \text{„Wuchsform“})$$

transformiert. Da der Datensatz, der diesem Projekt zugrundeliegt, weitere Publikationen nach sich ziehen wird, (SOMMERAUER, FOSTEL, unveröff.), wurde die bisherige Variable nicht ersetzt sondern die neue „Wuchsform transformiert“ hinzugefügt. Mit der Variablen „Wuchsform transformiert“ ist festgelegt, dass höhere Werte bessere Wuchsformen bedeuten.

Bei den Balkendiagrammen in Kap.3 stellt die Höhe der Balken ausnahmslos den arithmetischen Mittelwert der untersuchten Variablen dar. Um die Genauigkeit der Ergebnisse darzustellen, wurden auch Boxplots verwendet.

Der Median teilt den Datensatz (der für den jeweiligen Boxplot maßgeblich ist) in zwei gleich große Gruppen. Unter und über dem Median liegen gleich viele Werte. Damit wird er weniger von Ausreißern beeinflusst als der arithmetische Mittelwert. (PLONER, 2002)

Für Boxplots gilt: Die Größe des Balken wird von der unteren und oberen Quartile begrenzt. Der Median wird durch einen hellen Strich innerhalb des Balkens dargestellt.

Die Striche unter- und oberhalb der Balken gehen bis zum kleinsten bzw. größten Wert, längstens jedoch bis zum 1,5 fachen der Balkenlänge. Werte darunter oder darüber gelten als Extremwerte und werden in der vorliegenden Arbeit aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht angezeigt.

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

3.1 Variabilität der Standorte

Wie in Tabelle 3 dargestellt, wird die statistische Auswertbarkeit und Aussagekraft dadurch eingeschränkt, dass die sechs von der WWGW ausgesuchten Kleinkahlschlagflächen sehr heterogen sind.

Wie aus Tabelle 4 hervorgeht, wurden nicht alle vier Herkünfte auf allen Flächen gesetzt.

Zwei Flächen (Meindl und Lechner) wurden gemulcht, wobei die Fläche Meindl auf Moräne gründet, Lechner hingegen auf Terrassenschotter.

Eine der Flächen weist überdurchschnittlich starke Vergrasung auf.

Der Bewuchs mit Sphagnum und die Muldenlage der Fläche Winter (siehe Tab.3) lässt bereits im Vorfeld Wasserakkumulation als vorrangigen Faktor für das Pflanzenwachstum vermuten. .

Die unterschiedliche Größe, Behandlung, und der unterschiedliche Standort sind statistische Einschränkungen, die bei der Bewertung der Endergebnisse zu berücksichtigen sind.

3.1.1 Variabilität der Lichtverhältnisse

Durch die Verwendung der hemisphärischen Fototechnologie stehen objektive Daten bezüglich der Lichtverhältnisse zur Verfügung: Bei der Betrachtung des Global Sitefaktors (GSF) für alle 12 Teilflächen ergeben sich deutliche Unterschiede in der Sonneneinstrahlung. Es lässt sich erkennen, dass die Teilflächen zu drei Lichtgruppen zusammengefasst werden können. Siehe Tab.5. und Abb.6.

Tab.5: Die Zuordnung der Teilflächen zu den drei Lichtgruppen anhand ihrer Werte für den Global Site Faktor

Lichtgruppe 1	Lichtgruppe 2	Lichtgruppe 3
GSF=	GSF =	GSF =
Winter S 0,424	Helmberger S 0,701	Lechner L 0,942
Meindl S 0,447	Pöttinger S 0,713	Winter L 0,919
Meindl L 0,468	Dechant L 0,732	Helmberger L 0,949
Dechant S 0,515	Pöttinger L 0,772	
	Lechner S 0,807	

S... Schattfläche

L... Lichtfläche

GSF in $[MJ \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}]$

Die Werte für das direkte Licht (Direkt Site Faktor, DSF), verhalten sich so wie der Global Site Faktor. Nur das indirekte Licht (Indirect Site Faktor, ISF), verteilt sich auf einigen wenigen Flächen anders als die anderen beide Werte. Da der GSF das gewichtete Mittel aus ISF und DSF ist, wird in der Folge nur der GSF als maßgebliche Variable für den gesamten Lichtgenuß oder das Lichtregime auf der Teilfläche behandelt.

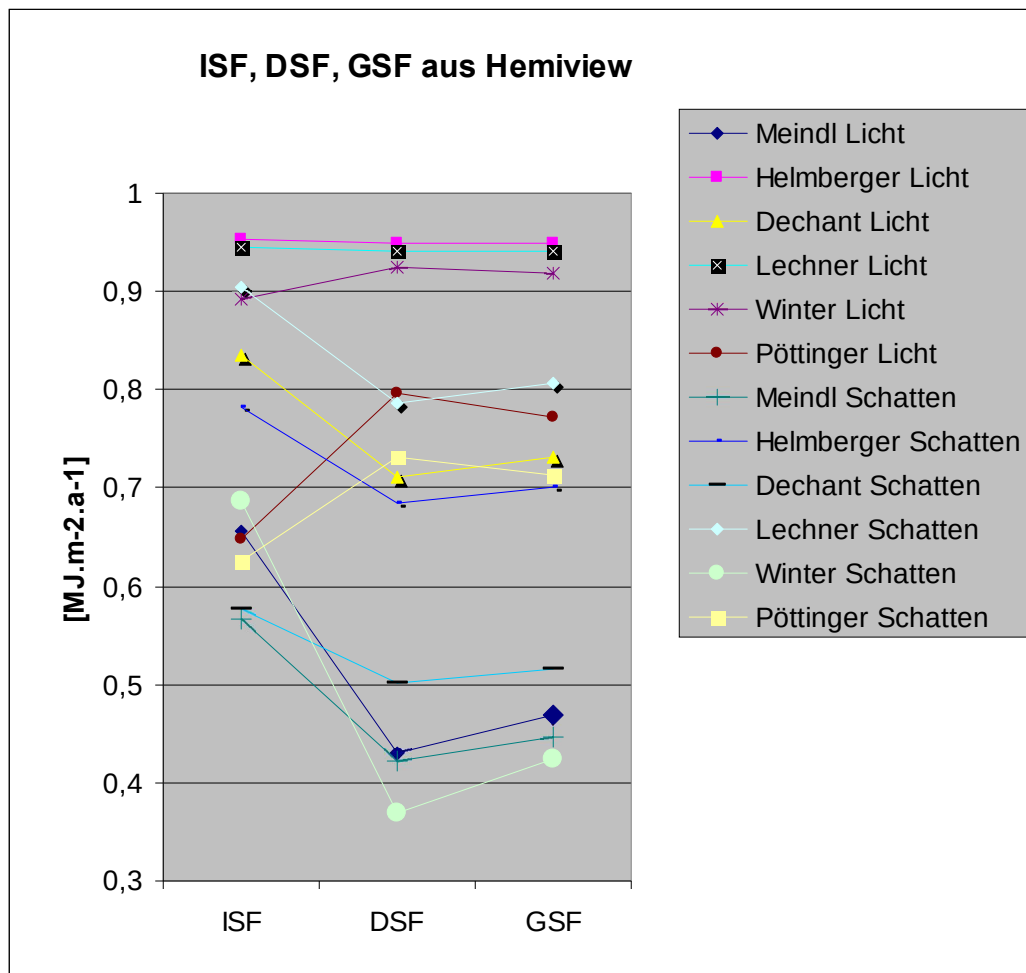


Abb 6: Die Lichtverhältnisse auf den 12 Teilflächen nach den Auswertungen der hemisphärischen Fotos

Die Ergebnisse, die mit dem Computerprogramm HemiView nach Auswertung der hemisphärischen Fotos gewonnen wurden. Indirekter, Direkter und Gesamtlichteinfall für die 12 Probestellen. Die Lichtwerte für die Teilflächen ergeben sich aus den Mittelwerten aller hemisphärischen Fotos auf derselben Teilfläche. Auf einer Teilfläche wurden 2 bis 3 Fotos gemacht.

Wie aus Abb.6 ersichtlich ist, können die 12 Teilflächen anhand ihrer GSF Werte in drei Lichtgruppen eingeteilt werden.

Die vier Teilflächen Dechant Schatten, Meindl Licht, Meindl Schatten und Winter Schatten können nach dem GSF zu einer Gruppe zusammengefaßt werden. Für sie beträgt der GSF weniger als $0,6 \text{ MJm}^{-2}\text{a}^{-1}$. Pflanzen auf diesen Flächen, wachsen auf den dunkelsten Stellen dieser Versuchsreihe. Die entsprechenden Flächen werden zur Lichtgruppe 1 zusammengefasst.

Die Lichtgruppe 2 umfasst GSF Werte zwischen 0,65 und 0,85 MJm⁻²a⁻¹. Das betrifft die Teilflächen Helmberger Schatten, Pöttinger Schatten, Dechant Licht, Pöttinger Licht und Lechner Schatten

Drei Flächen bekommen über 0,9 MJ.m⁻²a⁻¹ an GSF, nämlich Helmberger Licht, Lechner Licht und Winter Licht. Diese hellsten Flächen werden daher zur Lichtgruppe 3 zusammengefasst.

3.1.2 Nährstoffvariabilität

Die Flächen „Meindl“ und „Lechner“ wurden zu Beginn der Pflanzung gemulcht, wodurch sich die Waldbesitzer Nährstoffvorteile und zeitweilig verringerte Konkurrenz für die Eichen erwarten.

Auf der Fläche „Meindl“ zeigte sich auch stärkerer Brombeerbewuchs (1 m), der auf eine sehr gute Nährstoffumsetzung hinweist. Die Hainbuchen wurden von den Brombeeren völlig überwuchert.

Die nicht gemulchte Fläche „Dechant“ wies ebenfalls stärkeren Brombeerbewuchs auf, der von Anfang an regelmässig geschnitten wurden.

Auf der Fläche „Lechner“ sind die Wachstumsbedingungen offensichtlich zu schlecht, um Brombeerbewuchs aufkommen zu lassen. Der bis an die Oberfläche reichende Grobschotter lässt auf Beschränkungen des Wasser- und Nährstoffhaushaltes schliessen.

Die mit hohem Lichtgenuß versehene Fläche Helmberger (siehe Abb.6) ist stark mit Reitgras (*Calamagrostis epigeios*) vergrast.

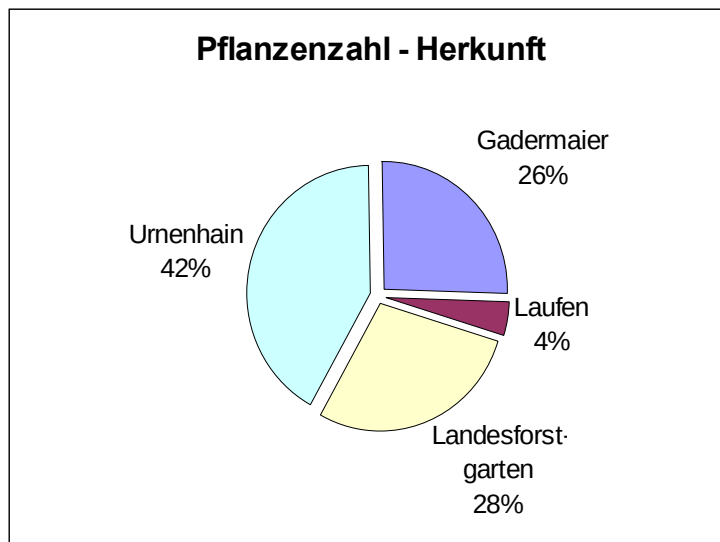
3.1.3 Manipulation der Wuchsform

Bei den Flächen Helmberger und Pöttinger wurden 2001 Seitentriebe auf den Probeflächen geschnitten.

Auf der Fläche Helmberger wurde im Beobachtungsjahr 2001 Verbiß festgestellt und wiederholt Wild innerhalb des gezäunten Kleinkahlschlags bemerkt.

3.2 Verteilung der Pflanzen

Bevor die Höhen- und Durchmesserentwicklung nach Herkunft und Behandlung, sowie die Wuchsform für jede einzelne Herkunft diskutiert wird, soll mit folgenden Diagrammen die Verteilung der gemessenen Pflanzen veranschaulicht werden. Wie aus Tabelle 4 hervorgeht, wurden Eichen der Herkunft Urnenhain, auf allen Flächen gesetzt, jene aus Laufen nur auf einer einzigen



Fläche.

Abb.7: Verteilung der Pflanzenanzahl über die vier Herkunft
Die in Tab.4 dokumentierte ungleiche Verteilung der Herkunft auf die Flächen wirkt sich natürlich auf die untersuchte Pflanzenanzahl in den einzelnen Herkunft aus.

Tab.6: Verteilung der Pflanzenzahlen auf die einzelnen Herkunft

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

Bezüglich der Verteilung der Pflanzen über die Lichtverhältnisse (Abb.8) ergibt sich, dass knapp die Hälfte aller vermessenen Eichen in der mittleren Lichtgruppe steht (zwischen $0,65$ und $0,85 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$ GSF pro Jahr). Fast ein Drittel der Pflanzen hat schlechtere Bedingungen ($> 0,6 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$ GSF), ein Viertel bekommt über $0,9 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$ des Tages direktes Licht ($> 0,9 \text{ GSF in MJ.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$).

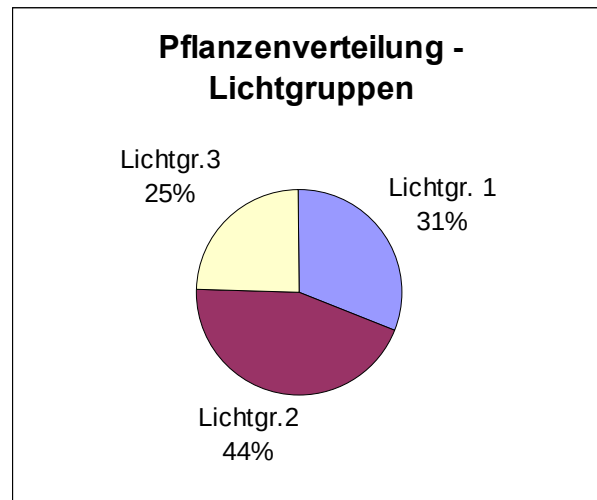


Abb.8: Verteilung des Pflanzmaterials über die drei ausgeschiedenen Lichtgruppen

Tab.7: Verteilung des Pflanzmaterials über die Standorte Schotter und Moräne

Standort	
Schotter	Moräne
17%	83%

Tab.7 quantifiziert den Anteil der Fläche Lechner, die als einzige der sechs Flächen auf einer Schotterterrasse gründet. Diese Fläche wurde gemulcht, genauso wie die Fläche Meindl, die sich auf Moräne befindet.(Tab.8)

Tab.8: Verteilung des Pflanzmaterials über die Mulchvarianten

Mulchung	
Gemulcht	Nicht gemulcht
32%	68%

Der Waldbesitzer Dechant führte als einziger auf seiner Aufforstungsfläche eine Nesterpflanzung (20 Stieleichen in einem Durchmesser von 2 bis 3m) durch. Die anderen fünf Flächen wurden in Reihenkultur (1m Reihenabstand, 0,8 m Abstand innerhalb der Reihen) begründet. Das betrifft 30 von 170 Eichen Vor allem bezüglich der Ergebnisse für die Wuchsform wird dieses Kriterium zu untersuchen sein.

Tab.9: Verteilung des Pflanzmaterials über die Pflanzverbände

Pflanzverbände	
Nester	Reihen
18%	82%

3.3 Vergleich der Flächen

Im folgenden werden die Reaktionen der Stieleichen auf den sechs Flächen untersucht. Als Wert für eine Fläche ist dabei prinzipiell der Mittelwert aller Probestämme auf dieser Fläche zu verstehen. Eine Fläche besteht aus den zwei Teilflächen „Licht“ und „Schatten“. (siehe Kap.2.2.1) Da die Anzahl der Probestämme auf den Teilflächen nicht immer genau gleich war (siehe Tab.3, Ausfall durch Verlust des Markierungsplättchens, etc.) wurde davon abgesehen, das Mittel aus den zwei Werten der Licht- und Schattenfläche zu bilden.

Ein Ausnahme Bilden die Boxplots, deren Mittelstrich den Median darstellt.

Vergleicht man die Mittelwerte der Höhen, die jedes Jahr auf den Flächen gemessen wurden, so kann man die Flächen nach ihrer Wuchseistung reihen: 1.Pöttinger, 2.Winter, 3.Dechant, 4.Meindl, 5.Helmberger, 6.Lechner. (Abb.9) Das entspricht in überwiegendem Maße einer Reihung von West (Moräne) nach Ost (Schotterterrasse).

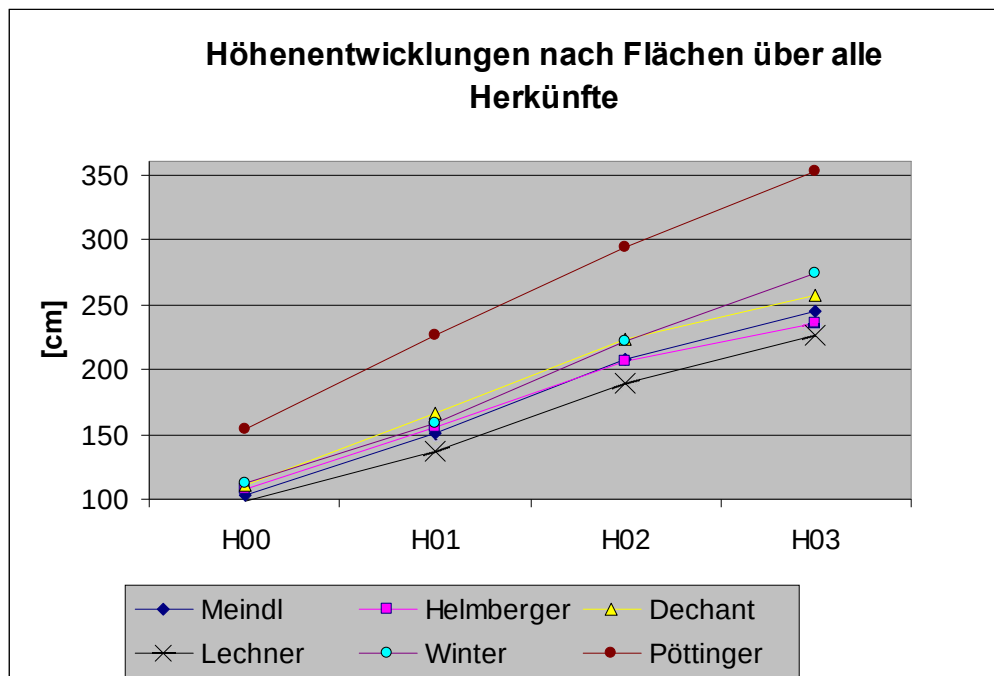


Abb.9: Mittlere Höhenentwicklung 2000 bis 2003 nach Flächen über alle Herkünfte

Die Fläche Pöttinger zeigt atypisches Verhalten. Die folgenden Grafiken sollen darlegen, dass weder geologische noch lichtökologische Faktoren für das Ausreißen dieser Fläche verantwortlich sind.

Die Fläche „Lechner“ wird wegen ihrer Lage auf der Schotterterrasse im folgenden Vergleich nicht berücksichtigt, damit nur Eichen der Moränenstandorte miteinander verglichen werden. Eine genaue Untersuchung des Nährstoffhaushaltes und die Unterschiede in Auflage, Streu oder Mineralboden der betreffenden sechs Flächen wird in der Diplomarbeit von FOSTEL (unveröff.) vorgenommen werden.

Auch die Flächen „Meindl“ und „Winter“, die andere Lichtverhältnisse als „Pöttinger“ aufweisen, werden weggelassen. Somit werden nur Eichen derselben Standortvarietät (Moräne) und derselben Lichtgruppe (2) miteinander verglichen. (Abb.10)

Anschließend werden die Endhöhen (H03) der Flächen aufgetragen, wobei die Zugehörigkeit zur jeweiligen Lichtgruppe (LI_GROUP) berücksichtigt wird. (Abb.11)

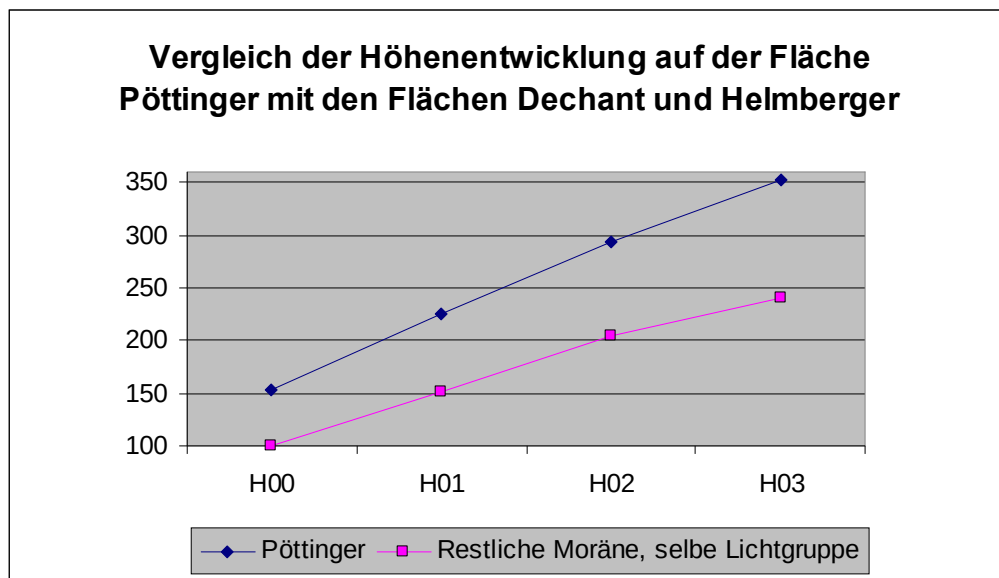
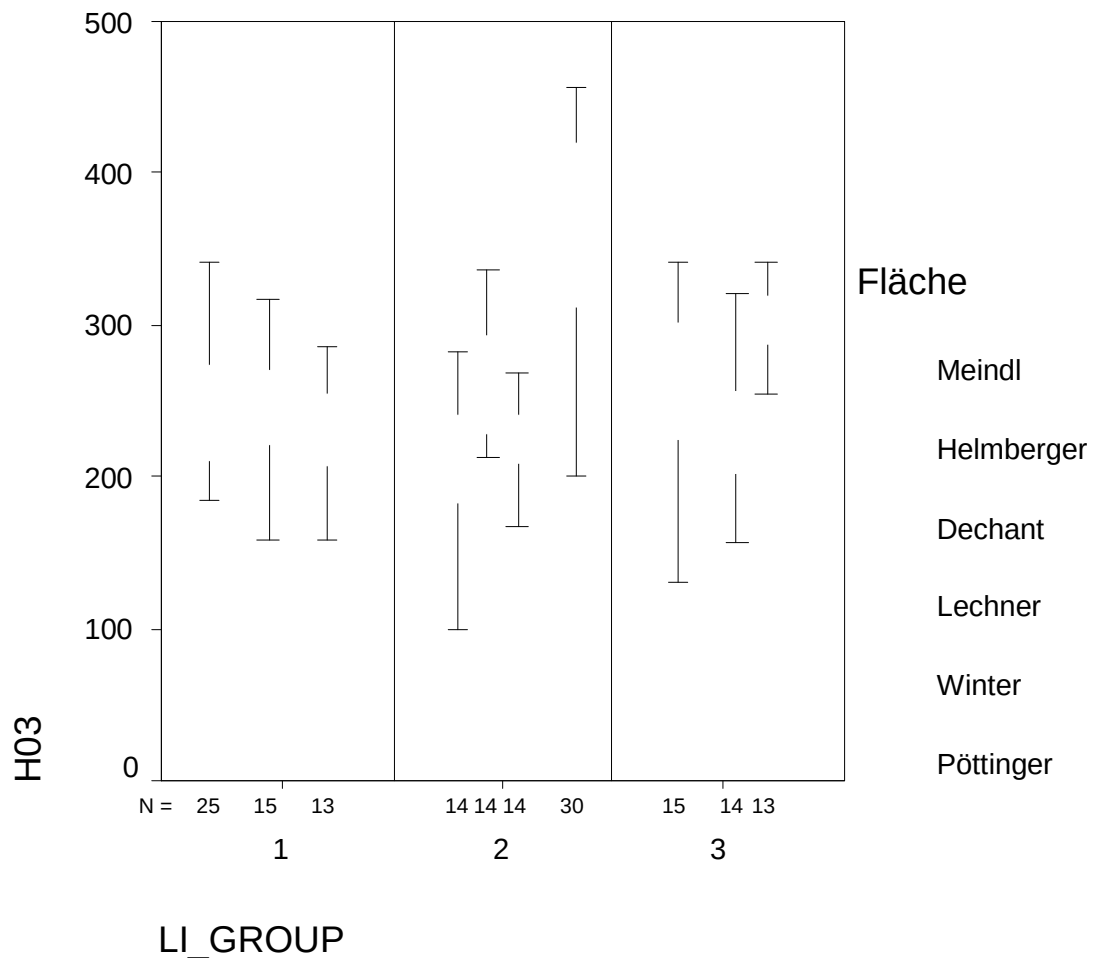


Abb.10: Vergleich der Höhenentwicklung der Eichen auf der Fläche Pöttinger mit Eichen der restliche Moräne und derselben Lichtgruppe

Um die Ursachen für das überlegene Höhenwachstum der Eichen auf der Fläche Pöttinger herauszufinden, das in Abb.9 verdeutlicht wird, wurden für Abb.10 jene Eichen herausgefiltert, die einem anderen Standort und einer anderen Lichtgruppe zugeordnet wurden. Man sieht, dass auf der Fläche Pöttinger deutlich bessere Wachstumsbedingungen herrschen als auf den anderen Moränenflächen mit annähernd gleichen Lichtverhältnissen.

Die Stieleichen der Fläche Pöttinger unterscheiden sich sehr von den gleichaltrigen Stieleichen, die auf derselben geologischen Einheit bei vergleichbarem Lichtangebot wachsen. Die Werte der anderen Flächen weisen kein derart überlegenes Wachstum auf. (Abb.11)

Median, Streubreite und Anzahl der Probepflanzen für die Höhe 2003 nach Flächen, gruppiert nach Lichtgruppen



N ... Anzahl der Probepflanzen, die zu dem darüberliegenden Boxplot beitragen

Abb.11: Boxplots der mittleren Endhöhen nach Flächen, gruppiert nach Lichtgruppen
Die Boxplots geben die Höhenverteilung der Eichen auf den jeweiligen Teilflächen an und werden nach Lichtgruppen getrennt aufgetragen. Sofern sich beide Teilflächen einer Fläche in derselben Lichtgruppe befinden, wird das Mittel aller Pflanzen auf der Fläche berechnet und nur ein Boxplot aufgetragen. (Meindl – beide Teilflächen in Lichtgruppe 1, Pöttinger – beide Teilflächen in Lichtgruppe 2) Der Balken reicht von der 25. Perzentile bis zur 75. Perzentile, der helle Trennstrich stellt den Median dar.

Die Eichen der Fläche Pöttinger unterscheiden sich in der Endhöhe hoch signifikant von allen anderen Flächen. Eine statistische Analyse, namentlich eine einfaktorielle ANOVA mittels SPSS, (Tab.10) bestätigt diesen Schluß.

Aus Abb.11 ist klar ersichtlich, dass die Fläche Pöttinger keine Lichtvorteile hat, die das überdurchschnittliche Höhenwachstum der Pflanzen erklären könnten. Geologisch befinden sich die Flächen „Helmberger“ und „Dechant“ auf demselben Untergrund, nämlich Moräne.

Die Fläche „Pöttinger“ befindet sich 500 m weiter östlich als die Fläche „Winter“, Diese wiederum ist rund 6 km südöstlich der Fläche Dechant, die sich etwa 1,5 und 3 km östlich von den Flächen Helmberger und Meindl befindet. Eine mögliche Erklärung für den Wuchsvorsprung der Eichen auf der östlichsten Fläche könnte eine Nährstoffakkumulation durch Gletscherbewegungen der Eiszeit sein. Oder wurde gedüngt? Die Diplomarbeit von FOSTEL (unveröff.) wird Aufschluß über die unterschiedlichen Nährstoffhaushalte der Flächen geben.

Tab.10: F-Test der Endhöhen nach Flächen: Pöttinger gegen alle anderen Flächen

Die Endhöhen im Jahr 2003 wurden nach Flächen gemittelt und einer Varianzanalyse, d.h. einem F-Test unterzogen. Die Höhe der Eichen auf der Fläche Pöttinger werden dabei auf Unterschiede zu allen anderen Eichen getestet. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als ,01% (rechte Spalte: Signifikanz) kann angenommen werden, dass der Unterschied zwischen den Eichen der Fläche Pöttinger und den anderen Flächen kein Zufall ist. Das erklärt noch nicht, warum sich diese Eichen unterscheidet, belegt aber dass sie sich hoch signifikant vom restlichen Kollektiv unterscheiden.

Einfaktorielle ANOVA für die Endhöhen (H03)

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	269533,595	1	269533,595	91,493	,000
Innerhalb der Gruppen	486079,842	165	2945,938		
Gesamt	755613,437	166			

(Parameter: Abhängige Variable: **H03**, Faktor: **Poett** (Pöttinger ja/nein))

Wie Abb.9 schon vermuten lässt, ist es vor allem der Zuwachs zu Beginn der Untersuchung, der letztendlich die größere Endhöhe vier Jahre später verursacht. Zwar weist die Fläche Pöttinger jedes Jahr den größten Zuwachs auf (schon bei der Werbung der Bodenprobe fiel die Fläche Pöttinger durch ihren bei weitem bindigeren Boden auf), aber vor allem der erste beobachtete Zuwachs unterscheidet sich hoch signifikant von allen anderen fünf Flächen. (Abb.12)

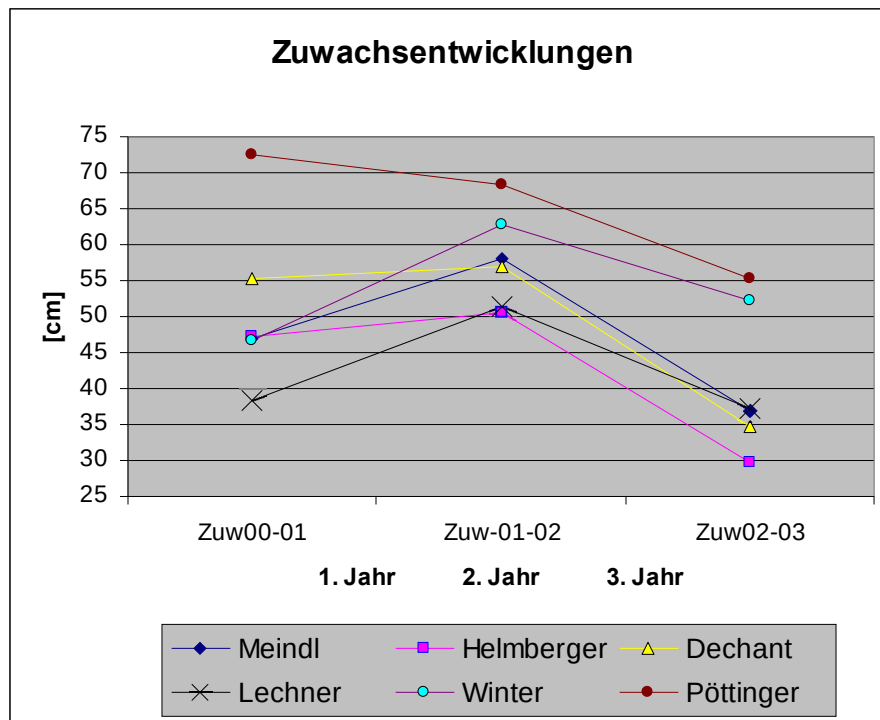


Abb.12: Mittlere Höhenzuwächse der 3 Vegetationsperioden nach Flächen über alle Herkünfte

Ein Vergleich der Zuwächse auf den Flächen (Abb.12) zeigt, dass die Fläche Pöttinger jedes Jahr den größten Zuwachs aufweist, im 1. Jahr sogar einen besonders hohen. Geht man von der Hypothese aus, dass die Moräne von Westen nach Osten eine Nährstoffakkumulation aufweist, müssten die Zuwachswerte der Fläche „Winter“ zwischen jene der Fläche Pöttinger und den restlichen Flächen liegen. (vgl.Abb.3) Die Zuwächse der Perioden 2001-2002 und jene der Periode 2002-2003 scheinen die Hypothese zu bestätigen. Die Zuwächse der ersten Periode (Zuw00-01) können durch diese Hypothese jedoch nicht erklärt werden.

Sollte der Nährstoffhaushalt auf kleinflächiger Basis nach der Werbung der Bodenproben (Februar 2001) verbessert worden sein (z.B. Düngung), würde dies das Ausreißerverhalten dieser Fläche natürlich erklären. FOSTEL stellte bei der Untersuchung der Daten für seine Diplomarbeit jedoch weder in den Bodenprofilen noch in der Streu Reste von Düngemitteln fest. (FOSTEL, mündliche Mitteilung) Auf die Ergebnisse dieser Arbeit soll hier jedoch nicht vorgegriffen werden.

An einer Erklärung, warum die Eichen der Fläche Pöttinger um soviel besser wachsen als die restlichen Probestämme, wird im Rahmen dieses Projektes und der daraus entstehenden zwei Diplomarbeiten gearbeitet werden. Vorerst soll veranschaulicht werden, dass nicht auch die Fläche „Winter“ als Ausreißer zu behandeln ist: Der Zuwachs im 3.Jahr (Abb.12) könnte darauf hinweisen.

Doch eine einfaktorielle ANOVA (Tab.11) kommt zu dem Ergebniss, dass sich die Fläche Winter in der Endhöhe H03 nicht signifikant von den anderen Flächen unterscheidet. Es besteht daher kein Anlass, den Höhenzuwachs auf dieser Fläche gesondert zu betrachten.

Tab.11: F-Test der Endhöhen nach Flächen: Winter gegen alle anderen Flächen

Bei einer Signifikanz/Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,548 wird die Nullhypothese (kein Unterschied der Endhöhen) beibehalten. Die Fläche Winter wird also nicht als „Ausreißer“ behandelt.

Einfaktorielle ANOVA für die Endhöhen (H03)

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	1653,832	1	1653,832	,362	,548
Innerhalb der Gruppen	753959,605	165	4569,452		
Gesamt	755613,437	166			

(Parameter: Abhängige Variable: **H03**, Faktor: **Winter** (ja/nein))

Eine zu testende Hypothese ist, dass auf der Fläche Pöttinger die wuchskräftigsten Herkünfte gepflanzt wurden. Der folgende Vergleich der Endhöhen gemittelt nach den Herkünften und gruppiert aufgetragen nach den Flächen (Abb.13) zeigt, dass beide auf der Fläche Pöttinger gesetzten Herkünfte, Gadermaier und Urnenhain, auf den anderen Flächen keine Überlegenheit zeigen.

Median, Streubreite und Pflanzenanzahl für die Höhen 2003 nach Herkünften, gruppiert nach Flächen

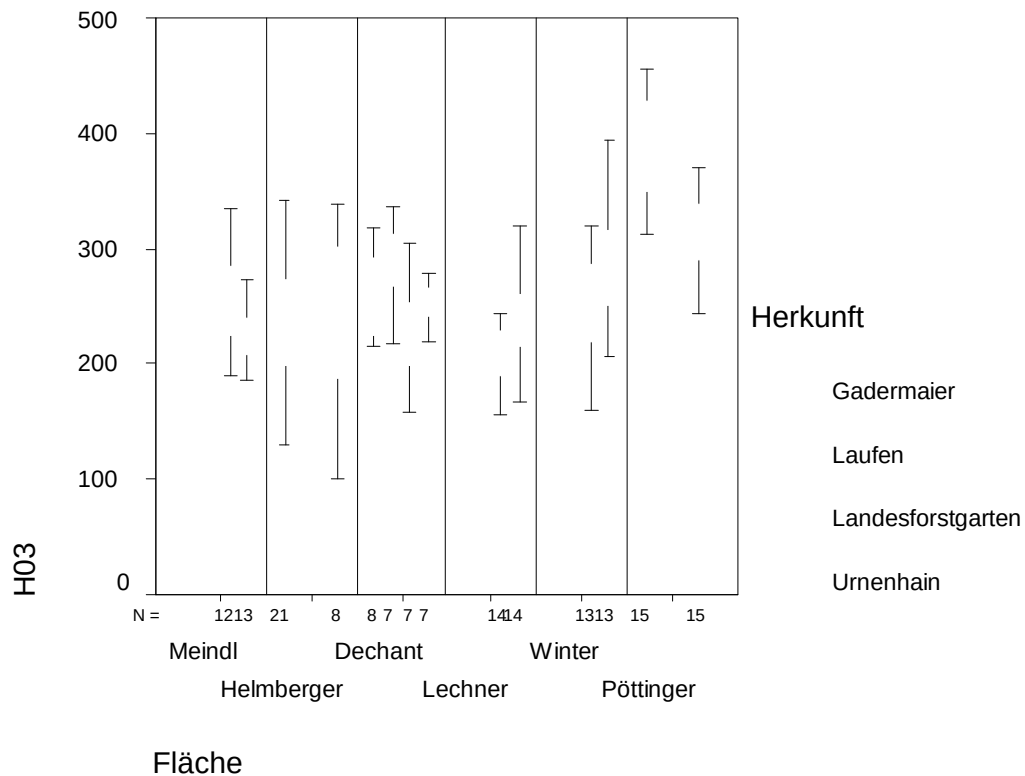


Abb.13: Boxplots: Mittlere Endhöhen der Herkünfte, gruppiert nach Flächen
Pöttinger ist die einzige Fläche, auf der Eichen der Herkunft Gadermaier den größten Median im Höhenwachstum aufweisen. Der Median der Herkunft Urnenhain liegt stets höher als jener der Herkunft Landesforstgarten, einzige Ausnahme ist die Fläche Meindl. Abb.13 zeigt die Überlegenheit der beiden Herkünfte Gadermaier und Urnenhain auf der Fläche Pöttinger gegenüber den Eichen auf den anderen Flächen. Betrachtet man diese beiden Herkünfte auf den anderen Flächen, so bestätigt sich die Hypothese der überlegenen Herkünfte nicht.

Da die Fläche Pöttinger nun als klarer Ausreißer identifiziert wurde (weil deutliche Anzeichen für primäre Standortsunterschiede dieser Fläche im Vergleich zu den anderen bestehen), wird vermutet, dass die statistische Absicherung der Aussagen im Hinblick auf die Herkunftseignung für die WWGW verbessert werden kann, wenn man die Eichen der Fläche Pöttinger aus der Untersuchung ausnimmt.

Daher sollen die Eichen der Fläche „Pöttinger“ von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden.

3.4 Entwicklung der Höhen

Alle 170 untersuchten Eichen wurden im Jahr 1999 gesetzt. Eine erstmalige Erhebung der Höhen erfolgte im Jahr 2000. Einer mündlichen Mitteilung des Initiators für diesen Herkunftsvergleich, DI SOMMERAUER, zufolge gab es im Jahr 1999 keine signifikanten Höhenunterschiede zwischen den Pflanzen.

Trägt man die Mittelwerte, die sich jedes Jahr aus den Höhen ergeben, für jede Herkunft auf (Abb.14), so zeigen die Eichen der Herkunft Laufen die größten Zuwächse. Eichen der Herkunft Landesforstgarten sind in den letzte 3 Jahren am wenigsten zugewachsen und haben auch im 4. Jahr die geringsten Höhen.

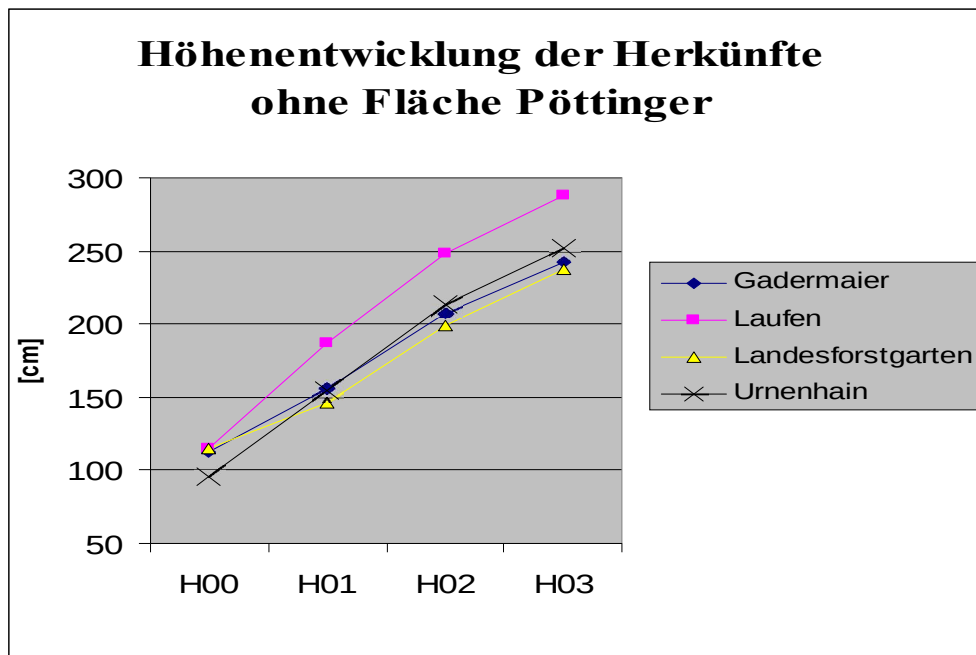


Abb.14: Mittlere Höhenentwicklung 2000 bis 2003 nach Herkünften über alle Flächen
Aufgetragen sind die Mittelwerte der Herkünfte, die sich jedes Jahr aus den Wachstumsmessungen ergeben haben. Eichen der Herkunft Laufen heben sich in ihrer Wachstumsleistung deutlich von den anderen Eichen ab.

Bezüglich der Standortunterschiede Moräne gegen Terrassenschotter erweisen sich Eichen auf Moräne erwartungsgemäß jenen, die auf Schotter gesetzt wurden, überlegen. (Abb.15)

Vergleicht man die gemulchten Standorte mit den nicht gemulchten, so überraschen die Ergebnisse. Nicht „Moräne gemulcht“ sondern „Moräne nicht gemulcht“ zeigt die größere Höhenentwicklung. Das Höhenwachstum auf „Schotter“, bleibt, obwohl der Schotterstandort gemulcht wurde, hinter dem Wachstum der beiden Moränenvarianten zurück.

Der Kleinkahlschlag „Lechner“ in Hochburg steht auf Schotterterrasse, hat also verhältnismäßig schlechte Bedingungen für den Wasser- und den Nährstoffhaushalt. Der Lichtgenuß hingegen ist auf dieser Fläche sehr hoch. Als einzige Fläche verfügen hier **beide** Teilflächen (Licht- und Schattenfläche) über mehr als $0,75 \text{ MJ.m}^{-2}\text{a}^{-1}$ an DSF, ISF und GSF (Abb.6). Nun stellt sich die Frage, ob Lichtvorteile die Standortnachteile des Bodens kompensieren können. Abb.15 läßt den Schluß zu, dass dies, zumindest in dieser Versuchsreihe, nicht zutrifft.

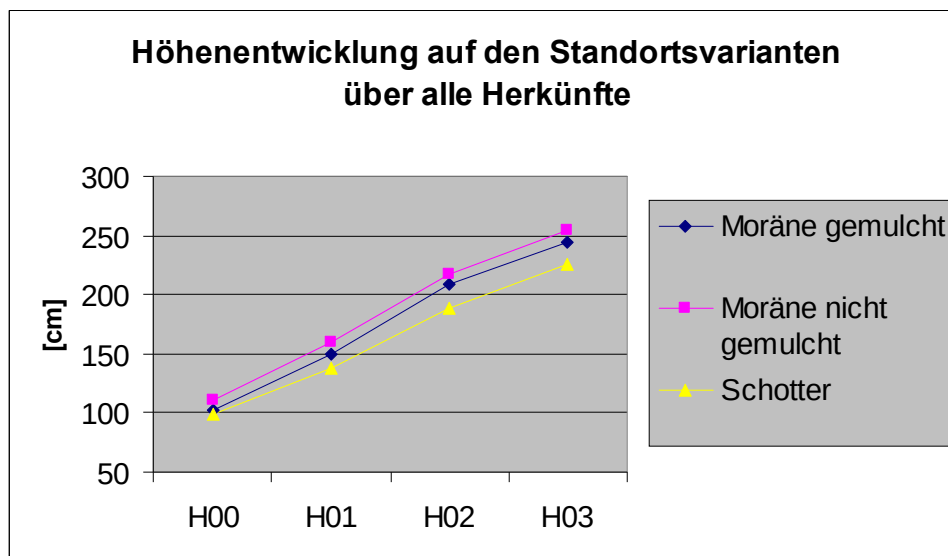


Abb.15: Mittlere Höhenentwicklung 2000 bis 2003 nach Standortvarianten über alle Herkünfte

Aufgetragen wurden die Mittelwerte der Standortvarianten Moräne gemulcht (das betrifft die Fläche Meindl), „Moräne nicht gemulcht“ (das betrifft die Flächen Helmberger, Dechant, Winter,) und „Schotterterrasse“ (das betrifft die Fläche Lechner)

Die folgende Abb.16 zeigt das mittlere Höhenwachstum nach den einzelnen Lichtgruppen. Auf den hellsten Flächen wachsen die Eichen am höchsten. Die Eichen der dunkelsten Standorte (Lichtgruppe 1) haben jedoch im Mittel größere Höhen als die Pflanzen der Lichtgruppe 2.

ZIEGENHAGEN stellte 1989 in einem Beschattungsexperiment mit Stiel- und Traubeneichen eine statistisch gesicherte Verlängerung der Sprosse bei 25% relativer Helligkeit fest. Demgegenüber zeigten Eichen mit größerem Lichtgenuß (unbeschattet oder 50% relative Helligkeit) oder geringerem Lichtangebot (10 % relative Helligkeit) geringeres Wachstum.

(ZIEGENHAGEN 1989; ZIEGENHAGEN und KAUSCH 1993). Abb.16 bestätigt ZIEGENHAGENs Ergebnis, dass eingeschränkte Lichtverhältnisse in gewissem Rahmen (d.h. Lichtgruppe 1 ist nicht betroffen) die Eichen zu verstärktem Höhenwachstum anregen.

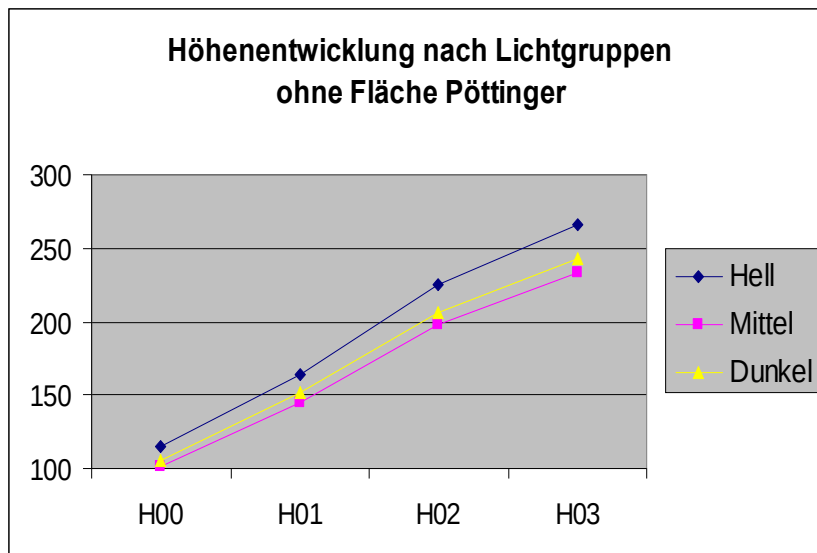


Abb.16: Mittleres Höhenwachstum von 2000 bis 2003 nach Lichtgruppen über alle Flächen. Das Höhenwachstum der Eichen, die in Lichtgruppe 3 (dunkel) liegt geringfügig über dem der Eichen der Lichtgruppe 2 (mittel)

Da die hellste Fläche auf dem forstlich ungünstigsten Boden (Lechner auf Schotterterrasse) wächst, werden nachfolgend nur die Moränenstandorte miteinander verglichen. Der Abstand der hellsten von den anderen beiden Lichtgruppen vergrößert sich, während die beiden dunkleren Lichtgruppen fast identische Höhenmittelwerte aufweisen.

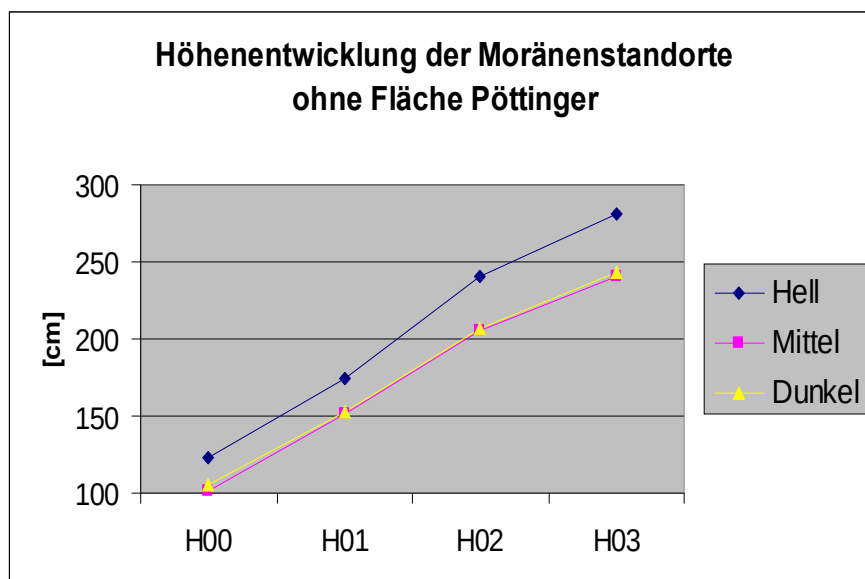


Abb.17: Mittleres Höhenwachstum von 2000 bis 2003 nach Lichtgruppen für alle Flächen auf Moräne

Bei Ausschluß der Fläche Lechner vergrößert sich der Abstand der mittleren Höhen auf den hellsten Lichtgruppen zu jenen der dunkleren Standorte.

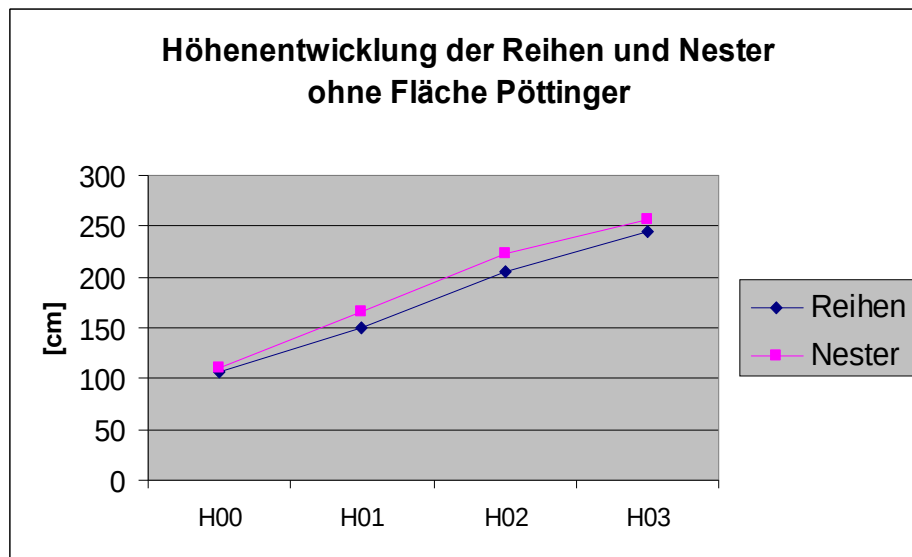
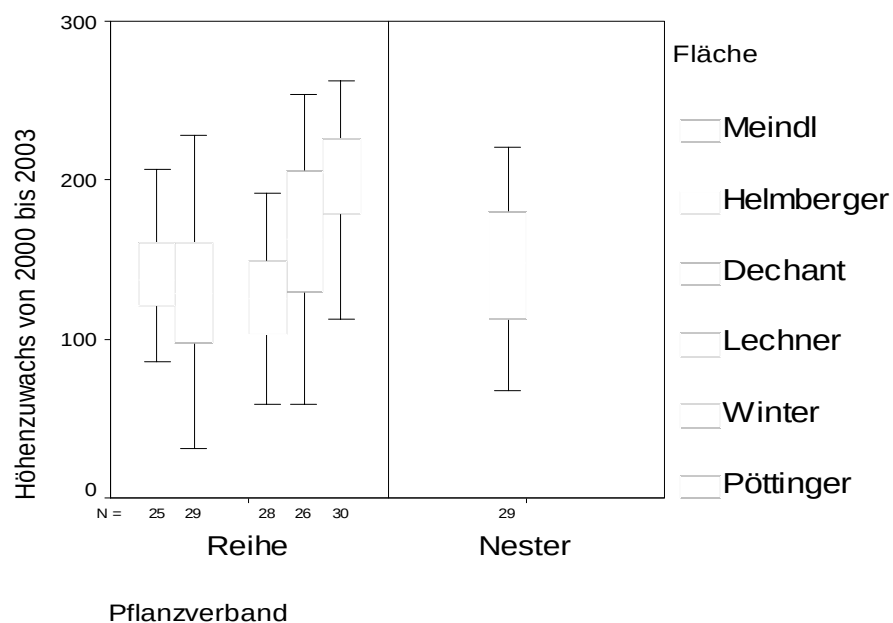


Abb.18: Mittlere Höhen von 2000 bis 2003 über alle Herkünfte und Flächen
Das Wachstum der Eichen Nesterpflanzungen liegt geringfügig über dem der Eichen aus den Reihenpflanzungen

Im Folgenden wird der Höhenzuwachs der vier Jahre nach Flächen differenziert sowie Mediane und Varianzen der Höhenzuwächse miteinander verglichen:

Mediane, Anzahl und Varianzen der Höhenzuwächse nach Flächen und Pflanzverband



N= Anzahl der Probestpflanzen, die zum darüberliegenden Boxplot beitragen

Abb.19: Mittlerer Gesamthöhenzuwachs von 2000 bis 2003 nach Flächen und Pflanzverband

Der mittlere Höhenzuwachs der Flächen streut sehr stark. Auf den Flächen „Helmberger“ und „Winter“ gibt es sowohl Eichen mit geringeren als auch Eichen mit größeren Höhen als auf der Nesterpflanzung „Dechant“

Abb.19 zeigt weiters, dass der Höhenzuwachs aller vier Vegetationsperioden (Höhe 2003 minus Höhe 2000) die überlegene Entwicklung der Nesterpflanzung bezüglich des Höhenwachstums (Abb.18) relativiert. Die Eichen der Nesterpflanzung erzielen zwar im Mittel (der weiße Strich innerhalb des Balken stellt den Median dar) höhere 4-Jahres Zuwächse als die Eichen der Fläche Meindl, Helmberger und Lechner, die Unterschiede liegen aber innerhalb des Varianzbereiches.

3.5 Vergleich der Herkünfte

3.5.1 Pflanzenhöhe

Ein Vergleich der Herkünfte über alle Flächen und Lichtgruppen hinweg (Abb.14) ist mit der Unsicherheit behaftet, ob die Wachstumsunterschiede tatsächlich auf die Herkünfte zurückzuführen sind, oder ob nicht doch Standortsunterschiede das Ergebnis wesentlich beeinflussen. Da auf der Fläche „Dechant“ alle vier Herkünfte gesetzt wurden, ist es möglich alle Herkünfte unter annähernd gleichen Bedingungen zu testen. Die Einteilung der Fläche „Dechant“ in die Teilflächen „Licht“ und „Schatten“ betrifft alle Herkünfte gleichermaßen.

Kleinräumige Unterschiede im Lichtangebot und vor allem im Nährstoffhaushalt können bei Freilandversuchen freilich nie zur Gänze ausgeschlossen werden, dennoch scheint ein Vergleich aller Herkünfte auf einer Fläche am aussagkräftigsten zu sein.

Auf der Fläche „Dechant“ wurden jeweils vier Pflanzen jeder Herkunft markiert und vermessen. Das wurde für die beiden auf dieser Fläche vorhandenen Lichtgruppen 1 und 2 gemacht. Insgesamt bilden also 32 Pflanzen die Grundgesamtheit für diesen Herkunftsvergleich. **Man sieht, dass Eichen der Herkunft Laufen den anderen Eichen überlegen sind.** Eichen der Herkunft Urnenhain und Gadermaier weisen vergleichbare Wuchskraft auf. Pflanzen der Herkunft Landesforstgarten zeigen die geringsten mittleren Höhen nach 4 Jahren.

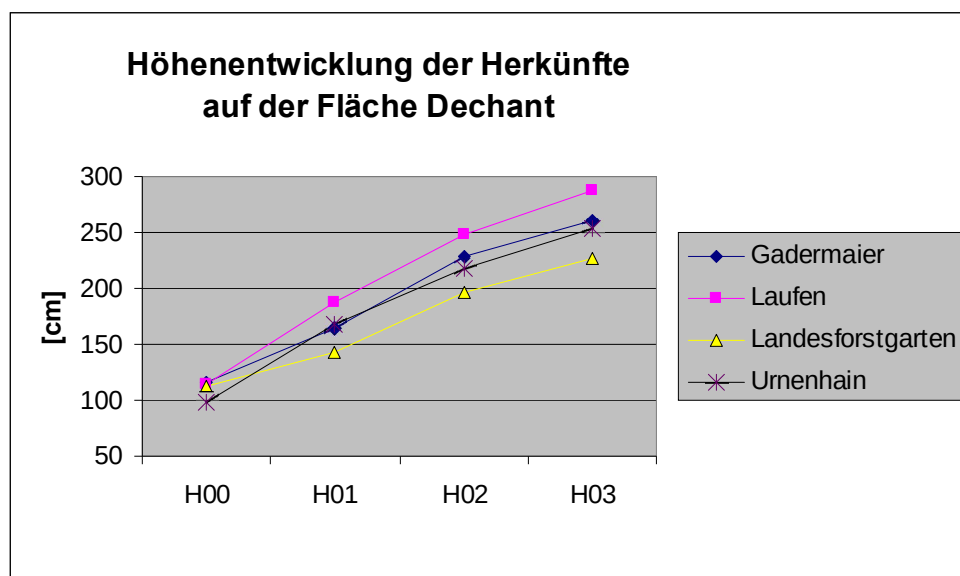


Abb.20: Mittlere Höhenentwicklung von 2000 bis 2003 nach Herkünften auf der Fläche Dechant

An dieser Stelle sei angemerkt, dass Herkunftsvergleiche auf der Fläche Dechant vermutlich die wissenschaftlich einwandfreisten Aussagen liefern, weil hier die Forderung der ansonsten unveränderten Bedingungen mit größter Wahrscheinlichkeit erfüllt ist. (siehe Kap 3.1)

Möchte man jedoch das Verhalten der Pflanzen auf allen drei Lichtgruppen miteinander vergleichen, so muß man auch die anderen Standorte miteinbeziehen.

Nach Lichtgruppen geordnet aufgetragene Mittelwerte der Höhen zeigen, dass Stieleichen der Herkunft Laufen größere Wuchsleistungen erbringen als Eichen anderer Herkünfte auf helleren Standorten.

Mittelwerte der Endhöhen nach Herkünften, gruppiert nach Lichtgruppen

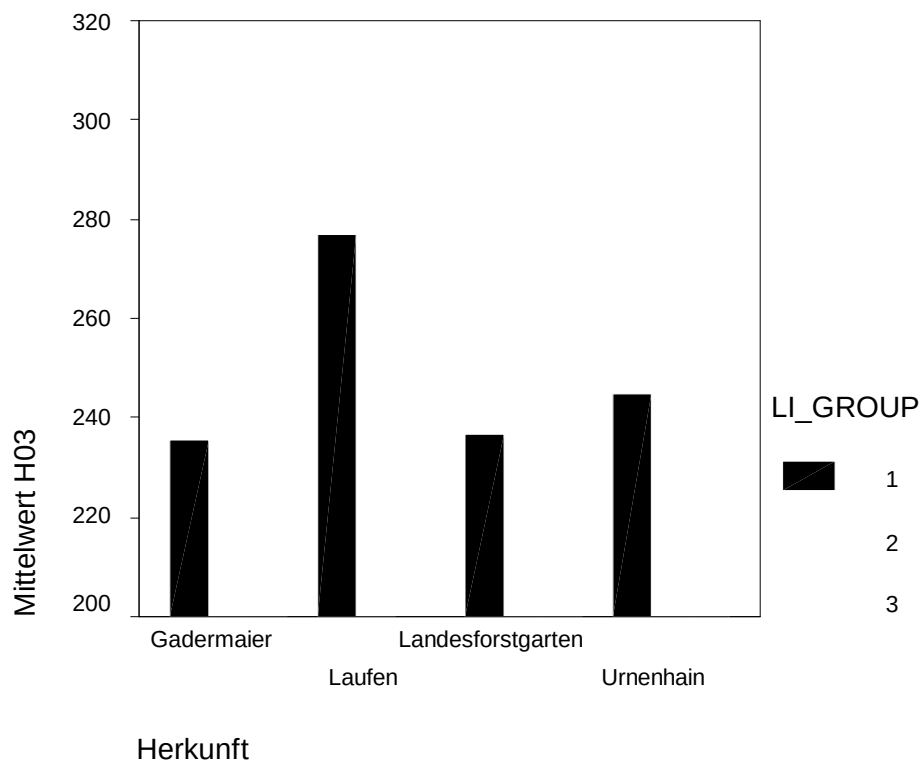


Abb.21: Balkendiagramm: Mittlerwerte der Endhöhen nach Herkünften, gruppiert nach Lichtgruppen

In Lichtgruppe 1 weisen die Pflanzen der Herkunft „Laufen“ die größten Mittelwerte der Endhöhen auf, in Lichtgruppe 2 ebenfalls. Man sieht, dass Eichen der Herkunft Laufen sogar größere Höhenmittelwerte aufweisen als Eichen anderer Herkünfte, die auf Standorten mit größerem Lichtangebot wachsen.

Während Gadermaier und Laufen auf ein erhöhtes Lichtangebot mit größerem Wachstum reagieren, zeigen Landesforstgarten und Urnenhain auf der Lichtgruppe 2 das niedrigste

Wachstum (vgl. ZIEGENHAGEN 1989). Die Wuchsüberlegenheit von Laufen auch bei vermindertem Lichtangebot kommt deutlich zum Vorschein. Eichen der Herkunft Laufen wachsen wesentlich höher als die anderen Herkünfte, auch wenn Laufen auf Standorten mit schlechteren Lichtverhältnissen wächst. Wie diese Herkunft auf veränderten Nährstoff- oder Wasserhaushalt reagiert, kann leider nicht beurteilt werden, weil Laufen nur auf einer Fläche gesetzt wurde.

Etwas weniger anschaulich, aber bezüglich der statistischen Genauigkeit der Ergebnisse korrekter, gestalten sich die Darstellungen mittels Boxplots.

Median, Varianzen und Anzahl der Probepflanzen für die Höhen der Herkünfte, gruppiert nach Lichtgruppen

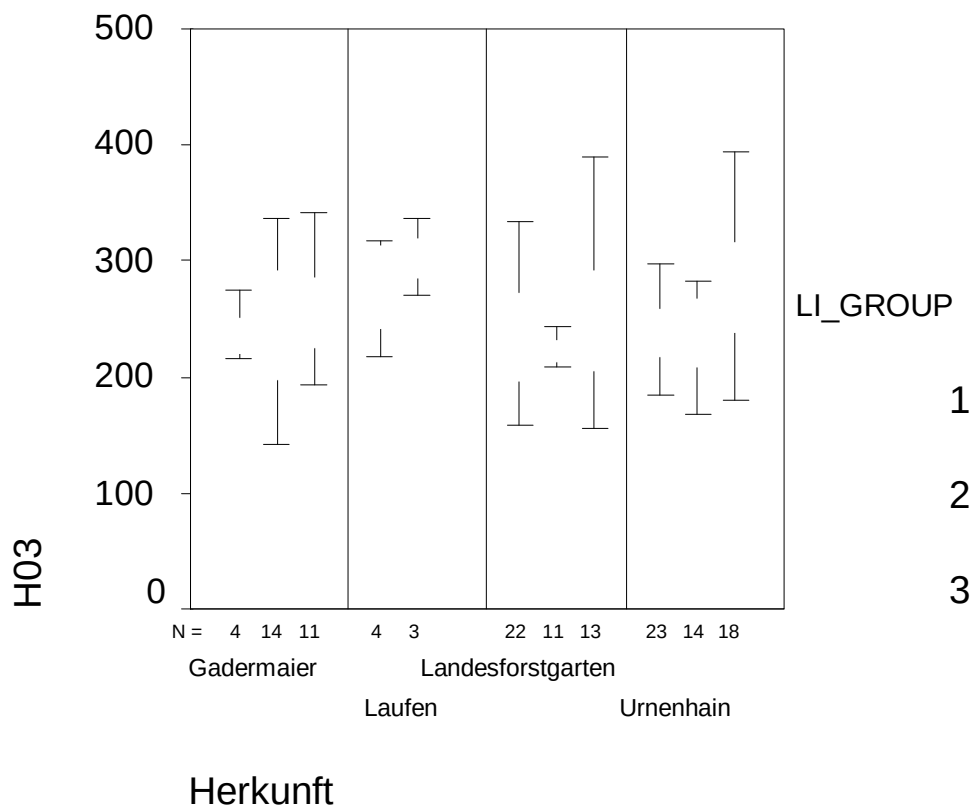


Abb.22: Median, Varianzen und Anzahl der Probepflanzen für die Höhen der Herkünfte, gruppiert nach Lichtgruppen

Da für jede Fläche in etwa gleich viele Probebäume ausgewählt wurden und auf der Fläche Dechant doppelt soviele Herkünfte gesetzt wurden, ist die Anzahl der Eichen der Herkunft Laufen, die ja auf keiner anderen Fläche gesetzt wurde, entsprechend gering. Wie man sieht, liegen die gute Ergebnisse der 3 Eichen der Herkunft Laufen im Varianzbereich der Herkunft Gadermaier (auf Lichtgruppe 2).

3.5.2 Wurzelhalsdurchmesser

Bezüglich des nach vier Jahren erreichten Wurzelhalsdurchmessers (WHD03) ergibt sich ein ähnliches Bild wie beim Vergleich der Endhöhen.

Für die Lichtgruppe 1 (linke Balken) schwanken die WHD nur geringfügig. Bei mittlerem Lichtgenuß (Lichtgruppe 2) ist die Wuchsüberlegenheit der Eichen mit Herkunft Laufen auch beim Dickenwachstum deutlich zu erkennen. Während die Herkunft Laufen schon in der Lichtgruppe 2 wesentlich größere WHD zeigt als in der Lichtgruppe 1, reagieren die Herkünfte Gadermaier, Landesforstgarten und Urnenhain erst in der Lichtgruppe 3 mit einer wesentlichen Steigerung des Dickenwachstum.

Für die Probestpflanzen der Herkunft Landesforstgarten wurde in der Lichtgruppe 2 ein geringerer mittlerer Wurzelhalsdurchmesser ermittelt als in der Lichtgruppe 1. Größere Höhen und Wurzeldurchmesser bei weniger Lichtangebot fand auch HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997) auf der Versuchsfläche „Sprakensehl“, wo die Eichen der 7. Lichtklasse jene der 8. übertreffen.

Mittelwerte der Wurzelhalsdurchmesser 2003 nach Herkünften, gruppiert nach Lichtgruppen über alle Flächen

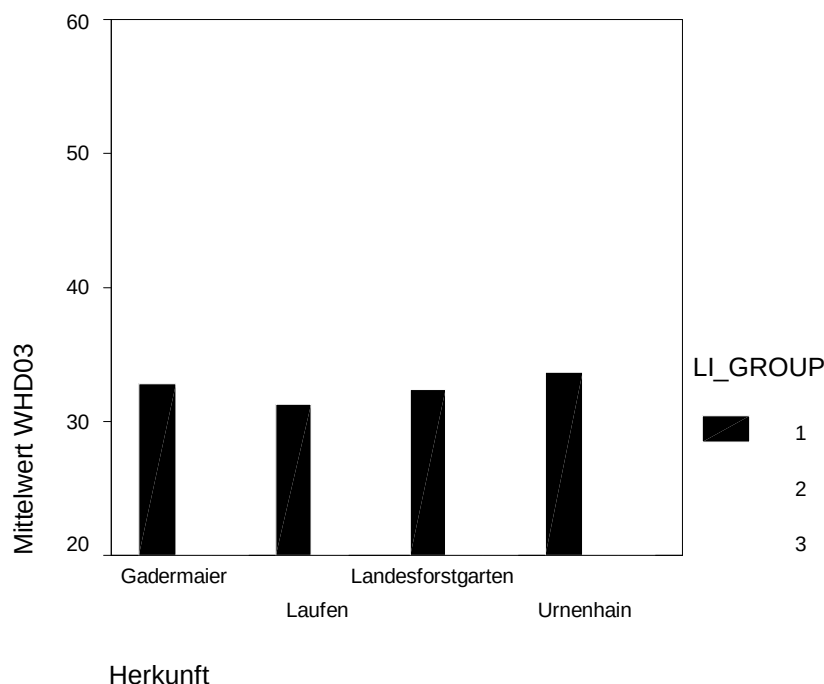


Abb.23: Balkendiagramm: Mittlere WHD (im Jahr 2003) nach Herkünften, gruppiert nach Lichtgruppen

Bei mittlerem Lichtangebot (Lichtgruppe 2) haben die Eichen der Herkunft Laufen im Durchschnitt höhere WHD als die Eichen der anderen Herkünfte in derselben Lichtgruppe. Auch hier wäre es wertvoll gewesen, die Reaktion der Herkunft Laufen in der hellsten Lichtgruppe (LI_GROUP 3) beobachten zu können, vor allem weil die anderen drei Herkünfte ihre größte Steigerung des Stärkenwachstums in der Lichtgruppe 3 zeigen.

Median, Varianzen und Pflanzenanzahl für den Wurzelhalsdurchmesser nach Herkünften, gruppiert nach Lichtgruppen

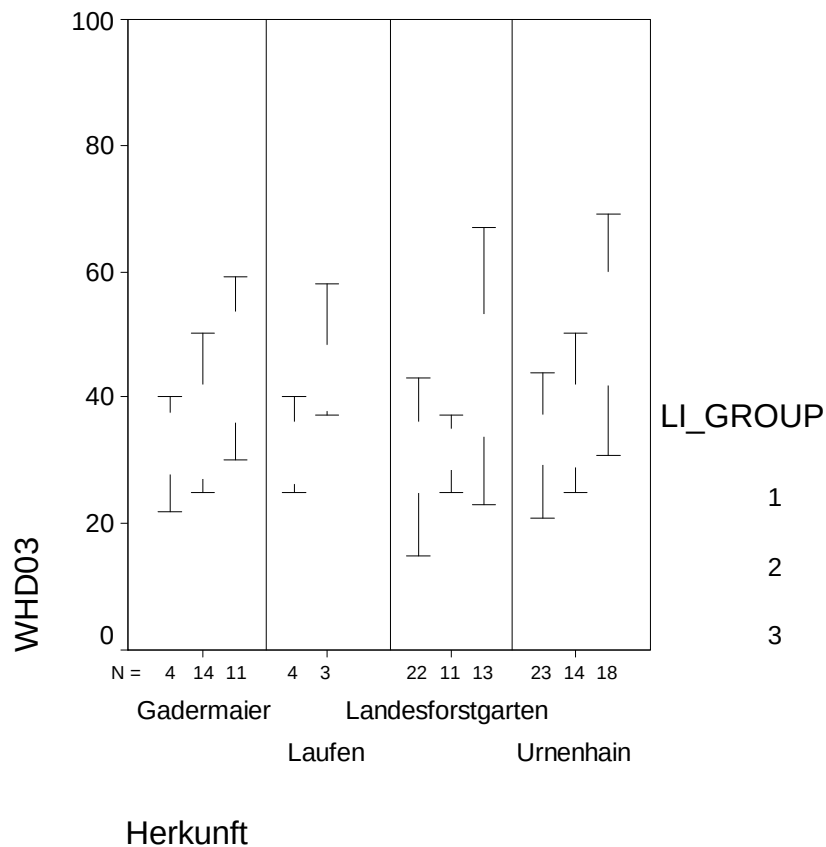


Abb.24 Boxplots: Wurzelhalsdurchmesser der Herkünfte, gruppiert nach Lichtgruppen
Eichen der Herkunft Laufen haben in Lichtgruppe 2 den größten Median. In der Lichtgruppe 3 zeigen Eichen der Herkünfte Landesforstgarten und Urnenhain besonders starke Streuung.

3.5.3 Wuchsform

Abgesehen von der Wuchsleistung der gesetzten Eichen ist die Wuchsform das wichtigste Kriterium für die Wertholzproduktion. Daher sollen alle Beurteilungen der untersuchten Herkünfte, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit abgegeben werden, stets auch deren Wuchsform berücksichtigen. Die folgende Grafik (Abb.25) veranschaulicht, dass Laufen nur bei eingeschränkten Lichtverhältnissen die besten Wuchsformen erzielt. Gadermaier erreicht bei vergleichbarem Lichtregime (Lichtgruppe 1) ex aequo gleich gute Wuchsformen, bei höheren Lichtgenuß sogar bessere Werte als alle anderen Herkünfte.

Jene Eichen, bei denen in einem oder mehreren Aufnahmejahren Verbiss oder Schnitt festgestellt wurden, blieben bei der Untersuchung unberücksichtigt. Verbiss wurde bei Probepflanzen der Fläche Helmberger bemerkt. Schnitt wurde im Jahr 2001 bei den Flächen der Waldbesitzer Helmberger und Pöttinger festgestellt. Auf beiden Flächen wurde am Ende der Untersuchung kein Probebaum gefunden, der nicht zumindest einmal entweder verbissen oder geschnitten wurde, wobei die Fläche Pöttinger auch wegen der Überlegungen in Kap. 3.3 unberücksichtigt blieb.

Mittelwerte der Wuchsformen nach Herkünften über alle Flächen

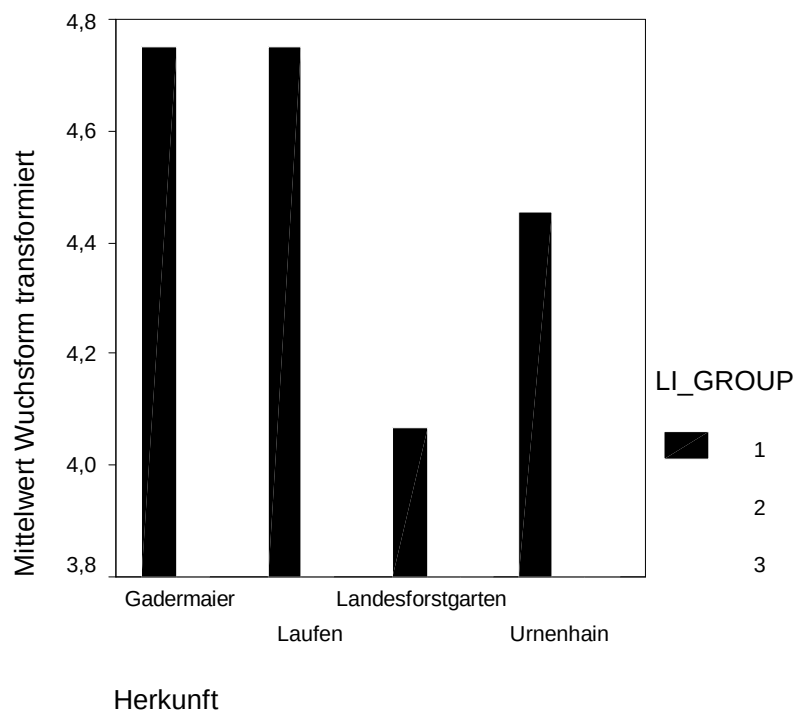


Abb.25: Balkendiagramm: Wuchsform nach Herkünften, gruppiert nach Lichtgruppen
Eichen der Herkünfte Gadermaier und Laufen zeigen auf den dunkelsten Standorten (linke Balken) die besten Wuchsformen. Bei Erhöhung des Lichtangebotes (Lichtgruppe 2) bleiben die Eichen der Herkunft Gadermaier auf Platz eins, die Wuchsform der Eichen aus Laufen verschlechtert sich merklich.

3.5.3.1 Wuchsform und Pflanzverband

Folgende Grafik zeigt anschaulich, dass die Nesterpflanzung, wie sie auf der Fläche Dechant untersucht wurde, die Wuchsform verbessert. Bei den durch Balken dargestellten Werten handelt es sich um die Mittelwerte der Wuchsformen nach Lichtgruppen, die für Reihen und Nester gesondert aufgetragen wurden. Die Flächen Pöttinger und Helmberger wurden wegen der Schnittmaßnahme im Jahr 2001 nicht berücksichtigt.

Vergleich der mittleren Wuchsformen Nester – Reihenpflanzungen

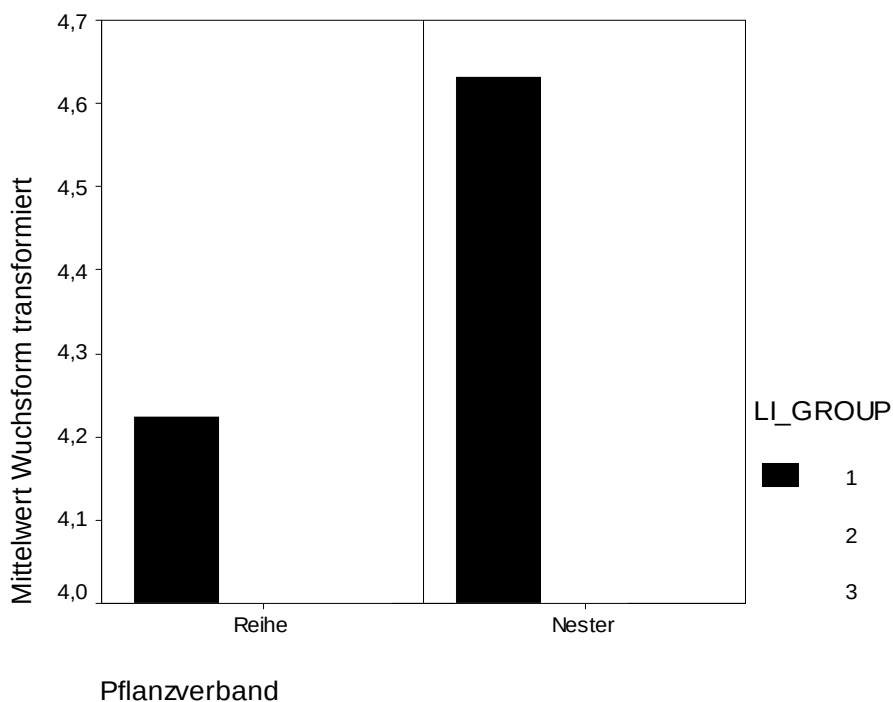


Abb.26: Balkendiagramm: Vergleich Wuchsformen der Eichen in Reihenkultur und in Nesterpflanzung

Abb.26 zeigt, dass auch die Nesterpflanzung ihre beabsichtigte Wirkung auf die Wuchsform verliert, sobald sich das Lichtangebot vergrößert. Zu beachten ist, dass die Höhe des Balkens durch den arithmetischen Mittelwert der betreffenden Probestämme bestimmt wird.

Dazu muß angemerkt werden, dass nicht immer nur die innersten Eichen eines Nestes ausgewählt wurden, sondern willkürlich vier Pflanzen pro Nest. Dabei wurden weder Vorwüchse noch Dürrlinge gewählt, aber es kam durchaus in Betracht, auch Pflanzen am Rande des Nests zu wählen. Denkbar wäre, dass sich eventuell bessere Resultate für Nesterpflanzungen auch auf hellerem Standort erzielen lassen, wenn man sich darauf konzentriert, nur Bäume aus dem Inneren des Nestes, die ja am meisten der Lichtkonkurrenz ausgesetzt sind, zu vermessen.

Wenn man statt des arithmetischen Mittelwertes den Median und die Varianzen aufträgt, sieht das Ergebnis anders aus. Der Median der Nesterpflanzung bleibt auf höherem Niveau als jener der Reihenspflanzungen, der Einfluß des Lichtregimes relativiert sich jedoch. (Abb.27)

Median und Varianz der Wuchsformen für Nester- und Reihenspflanzungen

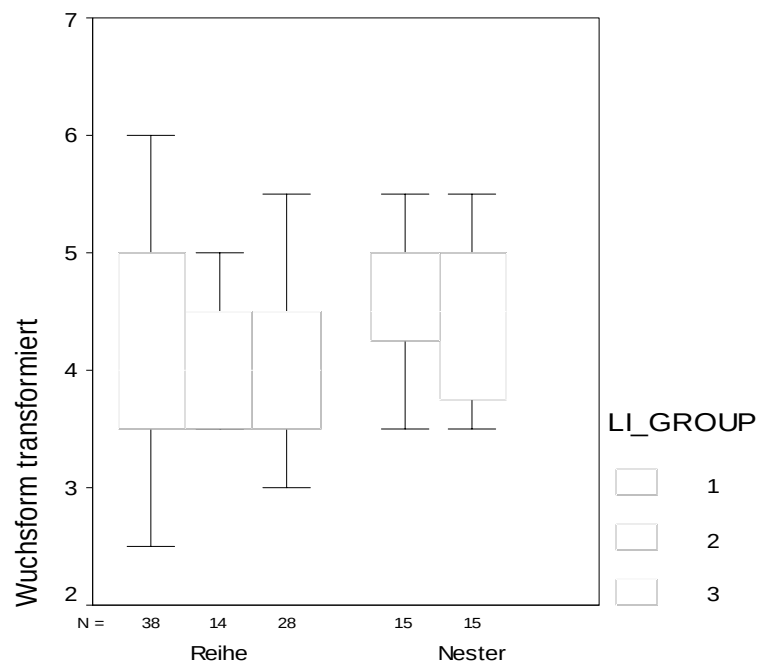


Abb.27: Boxplots: Median und Varianz bezüglich der Wuchsformen in Reihen und Nestern

Der Median der Wuchsform liegt bei der Nesterpflanzung um rund 0,5 Stufen höher als bei Reihenspflanzungen.

3.5.3.2 Wuchsform und Herkunft

Um die Herkünfte nach ihrer Wuchsform zu reihen, wird noch einmal die Fläche Dechant herangezogen, weil nur auf diese Weise Standortunterschiede vernachlässigt werden können.

Mittelwerte der Wuchsformen für die Herkünfte auf der Fläche Dechant

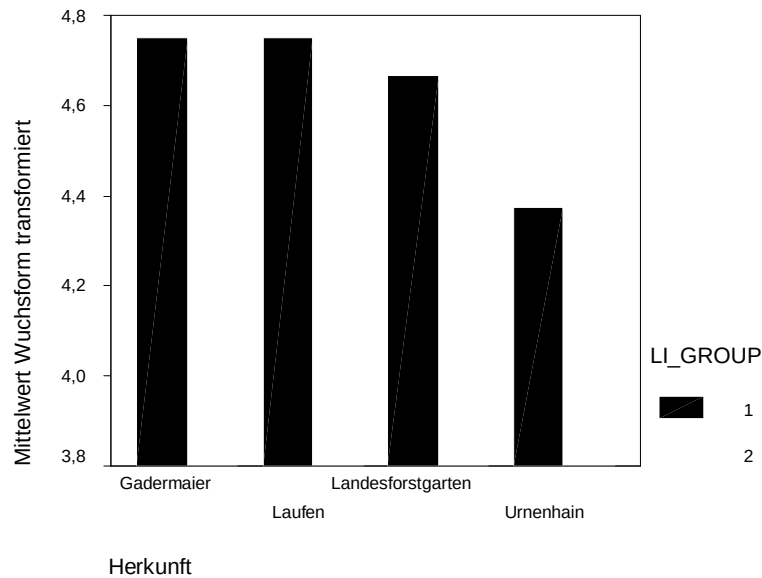
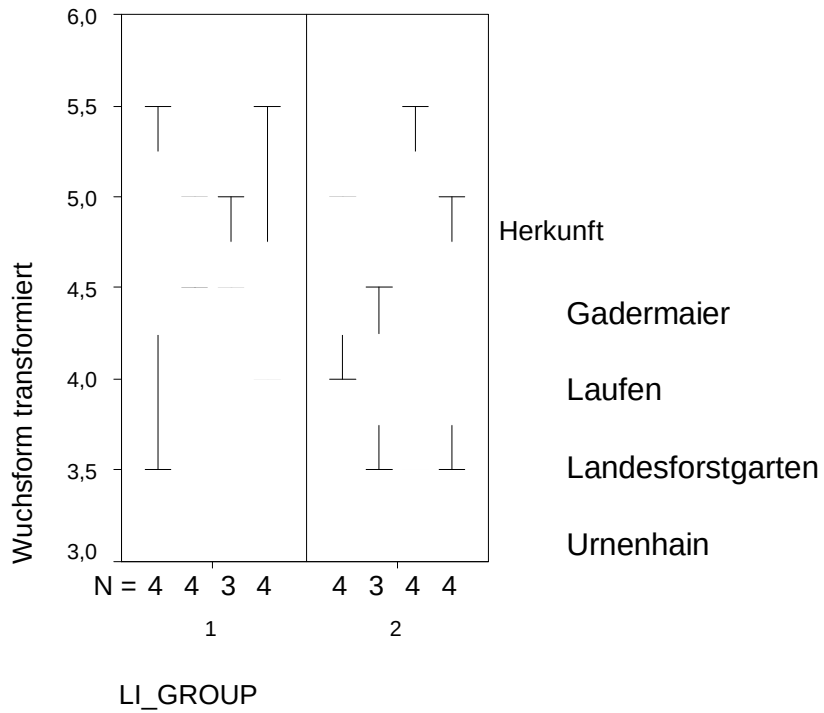


Abb.28: Balkendiagramm: Mittelwerte der Wuchsformen der einzelnen Herkünfte auf der Fläche Dechant.

Im Gegensatz zu Abb.25, wo alle Flächen einbezogen wurden, erkennt man in Abb.28, dass auch die Wuchsform der Herkünfte Landesforstgarten und Urnenhain mit zunehmendem Lichtangebot abnimmt. Vor allem die Werte für die Herkunft Landesforstgarten verbessern sich, wenn nur die Eichen der Fläche Dechant verglichen werden.

Median und Varianzen der Wuchsformen auf der Fläche Dechant



N= Anzahl der Probepflanzen, die für den darüberliegenden Boxplot miteinbezogen wurden

Abb.29: Boxplots: Median und Varianzen der Wuchsformen auf der Fläche Dechant
 Eichen der Herkunft Gadermaier haben auf beiden Lichtgruppen den höchsten Median der Wuchsformen. Die Varianzen der Wuchsformen reichen für die Herkunft Gadermaier (Lichtgruppe 1 und die Herkunft Landesforstgarten (Lichtgruppe 2) von der Kategorie 3,5 bis 5,5

3.6 Korrelationen nach Pearson

3.6.1 Pflanzenhöhe, -stärke und Wuchsform

Aus der nachstehenden Grafik (Abb.30) ist ein Trend abzulesen, der besagt, dass höhere Probestämme im allgemeinen bessere Wuchsformen hatten. Der WHD steigt nicht linear mit der Wuchsform. (Abb.31), obwohl er natürlich mit der Höhe korreliert (Tab.12, Tab.13, Tab.14). Die anschließende Korrelationsanalyse untermauert diese Aussage.

Für die folgenden zwei Histogramme sind die Flächen Meindl, Helmberger, Dechant, Lechner und Winter, also alle bis auf die Fläche Pöttinger, inkludiert.

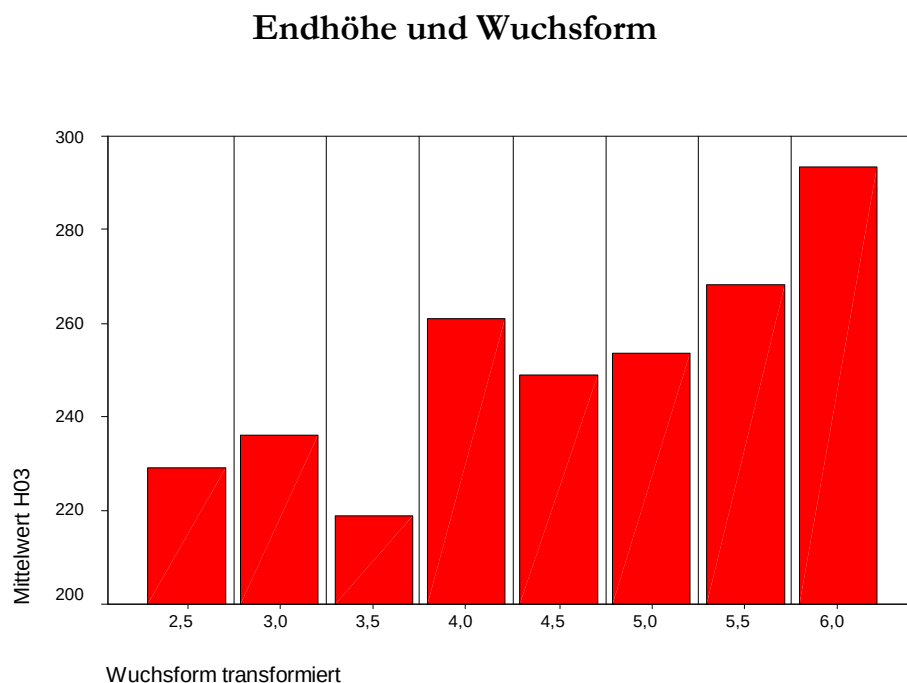


Abb.30: Histogramm: Verteilung der Endhöhen auf die Wuchsformen
 Die Einheit für die Endhöhe ist [cm], die Wuchsform berechnet sich aus dem Mittelwert zweier ordinal skalierten Variablen.

Endstärke und Wuchsform

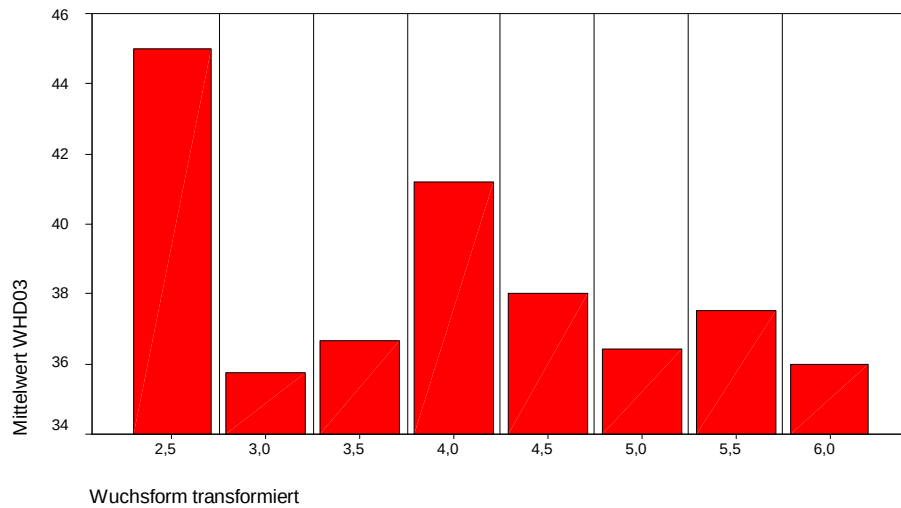


Abb.31: Histogramm: Verteilung der WHD auf die Wuchsformen

Die Einheit für die WHD ist [mm], die Wuchsform berechnet sich aus dem Mittelwert zweier ordinal skalierten Variablen.

3.6.2 Korrelation der Wachstumsparameter mit Wuchsform und Lichtangebot

Zunächst wird der gesamte Datensatz ohne Rücksicht auf Standortsunterschiede und Schnittmaßnahmen auf mögliche Korrelationen untersucht, danach folgen gesonderte Betrachtungen.

Tab.12: Korrelationsanalyse der Variablen H03, WHD03, HD Wert, Wuchsform und Gesamtlichteinfall über alle Flächen und alle Herkünfte

Test der Variablen Endhöhe, Endstärke, HD Wert, Wuchsform und Global Site Faktor (Gesamteinstrahlung), auf Signifikanz mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson. Für die folgende Analyse wurden alle Flächen bis auf Pöttinger und alle Herkünfte herangezogen.

Meindl, Helmberger, Dechant, Lechner, Winter – alle Herkünfte

		H03	WHD03	HD Wert	Wuchsform transformiert	Global Site Faktor
H03	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-	,734 (**) ,000 137	,006 ,944 137	,242 (**) ,004 137	,128 ,137 137
WHD03	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-	-	-,635 (**) ,000 137	-,046 ,591 137	,452 (**) ,000 137
HD Wert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-	-	-	-,322 (**) ,000 137	-,511(**) ,000 137
Wuchsform transformiert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-	-	-	-	-,042 ,625 139
Global Site Faktor	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-	-	-	-	-

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

Der stärkste und hoch signifikante Zusammenhang besteht zwischen Höhe (H03) und Stärke (WHD03) der Pflanzen, was nicht weiter erklärungsbedürftig ist.

Die Wuchsform verbessert sich mit zunehmender Höhe und sinkt bei steigendem HD Wert, beides auf hoch signifikantem Niveau.

Auf erhöhtes Lichtangebot (Global Site Faktor, GSF) reagieren die Pflanzen eher mit erhöhtem Stärkenwachstum als mit vermehrtem Höhenwachstum, was sich hoch signifikant und negativ auf den HD Wert auswirkt.

Der HD Wert (Höhe des Jahres 2003 dividiert durch WHD des Jahres 2003) steigt auf dunkleren Flächen hoch signifikant. Zwar ist der HD Wert sowohl mit Wuchsform als auch mit dem GSF jeweils hoch signifikant negativ korreliert, zwischen Wuchsform und GSF wurde jedoch in Tab.12 keine Korrelation erkannt.

Da die hellste Fläche gleichzeitig die schlechtwüchsigste ist („Lechner“: siehe Abb.6 und Abb.9) und außerdem auf einer anderen geologischen Einheit als die anderen Flächen steht, scheint es angebracht, nur die Standorte auf Moräne (ohne „Lechner“) zu untersuchen.

Tab.13 beinhaltet daher die Ergebnisse für die Korrelationsanalyse über die Flächen der Moränenstandorte und inkludiert alle Herkünfte.

Tab.13: Korrelationsanalyse für die Moränenstandorte bezüglich der Variablen H03, WHD03, Wuchsform und GSF

nur Moräne: Meindl, Helmberger, Dechant, Winter – alle Herkunft

		H03	WHD03	HD Wert	Wuchsform transformiert	Global Site Faktor
H03	Korrelation nach Pearson	-	,739 (**)	-,041	,184	,266 (**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,674	,055	,005
	N		109	109	109	109
WHD03	Korrelation nach Pearson	-	-	-,661 (**)	-,073	,553 (**)
	Signifikanz (2-seitig)			,000	,448	,000
	N			109	109	109
HD Wert	Korrelation nach Pearson	-	-	-	,295 (**)	-,500 (**)
	Signifikanz (2-seitig)				,002	,000
	N				109	109
Wuchsform transformiert	Korrelation nach Pearson	-	-	-	-	,057
	Signifikanz (2-seitig)					,553
	N					111
Global Site Faktor	Korrelation nach Pearson	-	-	-	-	-
	Signifikanz (2-seitig)					
	N					

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

Der Einfluß des Lichts auf die Höhe ist natürlich vorhanden, aber dennoch sieht man, dass das Stärkenwachstum etwas stärker angeregt wird.

Zwischen den Variablen Höhen und Wuchsform wird ohne Fläche „Lechner“ keine Korrelation mehr festgestellt. Das könnte man dadurch erklären, dass eben auf der Fläche Lechner die niedrigsten und am schlechtesten geformten Eichen standen, auf homogenen Standorten aber kaum Wechselwirkung zwischen Höhe und Wuchsform zu erwarten ist. Wie homogen die Nährstoffhaushalte der Moränenstandorte tatsächlich sind, wird FOSTEL (unveröff.) berichten.

Der Fragestellung, ob diese Zusammenhänge für alle Herkunft und auf allen Flächen gleichermaßen gelten, gehen die folgende Untersuchungen nach.

Die Korrelation zwischen HD Wert und Wuchsform bleibt auf hoch signifikantem Niveau, ändert aber ihr Vorzeichen von negativ auf positiv.

Die folgende Korrelationsanalyse untersucht Zusammenhänge auf den einzelnen Flächen. Durch die Anwendung der SPSS Option „Daten aufteilen - nach Flächen“ kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass die Eichen der Fläche Pöttinger irgendeinen Einfluß auf die Ergebnisse der anderen Flächen haben. Aus diesem Grund, und weil sich dadurch eventuell zusätzliche, interessante Zusammenhänge ergeben, wurde die Fläche Pöttinger bei der

folgenden Korrelationsanalyse mituntersucht. Bei der anschließenden Korrelationsanalyse, bei der die einzelnen Herkünfte näher untersucht werden, wurden die Pflanzen der Fläche Pöttinger selbstverständlich wieder ausgenommen.

Tab.14: Korrelationsanalysen für jede Fläche bezüglich der Variablen H03, WHD03 und Wuchsform

Da es für jede Fläche nur zwei GSF Werte gibt, wurde von einer Untersuchung dieser Variablen in der folgenden Flächenanalyse abgesehen.

Analyse der Flächen – alle Herkünfte, die auf der jeweiligen Fläche gesetzt wurden (s.Tab.4)

Fläche			H03	WHD03	Wuchsform transformiert
Meindl	H03	Korrelation nach Pearson	-	,791(**)	,293
		Signifikanz (2-seitig)			
	WHD03	N			
					,156 25
Helmberger	H03	Korrelation nach Pearson	-	,806(**)	,348
		Signifikanz (2-seitig)			
	WHD03	N			
					,064 29
Dechant	H03	Korrelation nach Pearson	-	,799(**)	-,031
		Signifikanz (2-seitig)			
	WHD03	N			
					,871 29
Lechner	H03	Korrelation nach Pearson	-	,769(**)	,394(*)
		Signifikanz (2-seitig)			
	WHD03	N			
					,038 28
Winter	H03	Korrelation nach Pearson	-	,851(**)	,224
		Signifikanz (2-seitig)			
	WHD03	N			
					,270 26
Pöttinger	H03	Korrelation nach Pearson	-	,672(**)	,045
		Signifikanz (2-seitig)			
	WHD03	N			
					,815 30
	H03	Korrelation nach Pearson	-	-	-,361(*)
		Signifikanz (2-seitig)			
	WHD03	N			
					,050 30

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

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

Abgesehen von der nicht weiter erklärungsbedürftigen hoch signifikanten Korrelation von Höhe und Stärke der Pflanzen, wurden nur auf den Flächen „Lechner“ und „Pöttinger“ Zusammenhänge entdeckt:

Auf der Fläche Lechner (der schlechtwüchsigsten Fläche, Abb.9) korreliert die Wuchsform mit der Höhe positiv, d.h. größere Pflanzen haben bessere Wuchsformen.

Auf der Fläche Pöttinger (der bestwüchsigsten Fläche, Abb.9) korreliert die Wuchsform mit dem WHD03 negativ, d.h. stärkere Pflanzen haben schlechtere Wuchsformen.

Die folgende Tabelle (Tab.15) zeigt, dass die drei Herkünfte Gadermaier, Landesforstgarten und Urnenhain auf verstärktes Lichtangebot (GSF) mit verstärktem WHDzuwachs reagieren. Für stärkeres Höhenwachstum bei größerem Lichtangebot gibt es für keine Herkunft Korrelationen auf signifikantem Niveau.

Für drei von vier Herkünften (alle bis auf Urnenhain) bedeutet ein höherer HD Wert auch bessere Wuchsformen. Bemerkenswert ist, dass dies auch für die Herkunft Laufen auf hoch signifikantem Niveau gilt. Diese Herkunft wurde ausschließlich in Nestern gepflanzt. (Kap.3.7 geht ausführlicher auf Korrelationen bezüglich der Nesterpflanzung ein.)

Für die Herkünfte Gadermaier, Landesforstgarten und Urnenhain ist der HD Wert hoch signifikant und negativ mit dem GSF korreliert, d.h. die Pflanzen reagieren auf eine Erhöhung des Lichtangebotes mit einer Reduzierung des HD Wertes.

Aus den Korrelationen zwischen HD Wert und Wuchsform einerseits und zwischen HD Wert und GSF andererseits ergibt sich, dass sich eingeschränkte Lichtverhältnisse positiv auf die Wuchsform auswirken, obwohl dafür (GSF - Wuchsform) keine signifikante Korrelation berechnet wurde.

Der Wurzelhalsdurchmesser der Eichen der Herkunft **Gadermaier** nimmt bei größerem Lichtangebot zu. Das Höhenwachstum nimmt nicht in gleichem Maße zu wie das Stärkenwachstum.

Das gilt auch für die Eichen der Herkünfte Landesforstgarten und Urnenhain.

Je dünner die Eichen der Herkunft **Laufen** waren, desto besser wurde ihre Wuchsform beurteilt. (Tab.15)

Tab.15: Korrelationsanalysen für jede Herkunft bezüglich der Variablen H03, WHD03, Wuchsform und GSF

Auf die Darstellung der Korrelation zwischen Höhe, WHD und HD Wert wurde verzichtet. Vom Einfluß der Schotterterrasse sind nur die Herkünfte Urnenhain und Landesforstgarten betroffen.

Analyse der Herkünfte - Meindl, Helmberger, Dechant, Lechner, Winter

Herkunft			Wuchsform transformiert	Global Site Faktor
Gadermaier	H03	Korrelation nach Pearson	,235	,113
		Signifikanz (2-seitig)	,219	,559
		N	29	29
	WHD03	Korrelation nach Pearson	-,147	,485 (**)
		Signifikanz (2-seitig)	,447	,008
		N	29	29
	HD Wert	Korrelation nach Pearson	,454 (*)	-,512 (**)
		Signifikanz (2-seitig)	,013	,005
		N	29	29
	Wuchsform transformiert	Korrelation nach Pearson	-	0,156
		Signifikanz (2-seitig)		0,420
		N		29
Laufen	H03	Korrelation nach Pearson	-,329	,342
		Signifikanz (2-seitig)	,472	,453
		N	7	7
	WHD03	Korrelation nach Pearson	-,878 (**)	,662
		Signifikanz (2-seitig)	,009	,105
		N	7	7
	HD Wert	Korrelation nach Pearson	,957 (**)	-,682
		Signifikanz (2-seitig)	,001	,091
		N	7	7
	Wuchsform transformiert	Korrelation nach Pearson	-	-,750
		Signifikanz (2-seitig)		,052
		N		7
Landesforst Garten	H03	Korrelation nach Pearson	,221	,048
		Signifikanz (2-seitig)	,140	,749
		N	46	46
	WHD03	Korrelation nach Pearson	-,130	,320 (*)
		Signifikanz (2-seitig)	,390	,030
		N	46	46
	HD Wert	Korrelation nach Pearson	,408 (**)	-,432 (**)
		Signifikanz (2-seitig)	,005	,003
		N	46	46
	Wuchsform transformiert	Korrelation nach Pearson	-	,006
		Signifikanz (2-seitig)		,969
		N		46
Urnenhain	H03	Korrelation nach Pearson	,286 (*)	,249
		Signifikanz (2-seitig)	,034	,066
		N	55	55
	WHD03	Korrelation nach Pearson	,093	,570 (**)
		Signifikanz (2-seitig)	,501	,000
		N	55	55
	HD Wert	Korrelation nach Pearson	,221	-,560 (**)
		Signifikanz (2-seitig)	,104	,000
		N	55	55
	Wuchsform transformiert	Korrelation nach Pearson	-	-,114
		Signifikanz (2-seitig)		,403
		N		55

** 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.16: Korrelationsanalysen für die Moränenstandorte und für jede Herkunft bezüglich der Variablen H03, WHD03, Wuchsform und GSF

Analyse der Herkünfte Landesforstgarten und Urnenhain auf den Moränenflächen
Meindl, Helmberger, Dechant und Winter

Herkunft			Wuchsform transformiert	Global Site Faktor
Landesforstgarten	H03	Korrelation nach Pearson	,160	,429 (*)
		Signifikanz (2-seitig)	,382	,014
		N	32	32
	WHD03	Korrelation nach Pearson	-,175	,561 (**)
		Signifikanz (2-seitig)	,338	,001
		N	32	32
	HD Wert	Korrelation nach Pearson	,439 (*)	-,398 (*)
		Signifikanz (2-seitig)	,012	,024
		N	32	32
	Wuchsform transformiert	Korrelation nach Pearson	-	,047
		Signifikanz (2-seitig)		,796
		N		33
Urnenhain	H03	Korrelation nach Pearson	,230	,393 (*)
		Signifikanz (2-seitig)	,149	,011
		N	41	41
	WHD03	Korrelation nach Pearson	,096	,663 (**)
		Signifikanz (2-seitig)	,550	,000
		N	41	41
	HD Wert	Korrelation nach Pearson	,144	-,520 (**)
		Signifikanz (2-seitig)	,369	,000
		N	41	41
	Wuchsform transformiert	Korrelation nach Pearson	-	,039
		Signifikanz (2-seitig)		,807
		N		42

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

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

Für die Korrelationsanalyse aufgegliedert nach Herkünften ändern sich beim Vergleich der Gesamtanalyse mit den Daten der Moränenflächen nur die Ergebnisse der Herkünfte Landesforstgarten und Urnenhain, weil nur diese auf der Schotterterassenfläche gesetzt wurden.

Die negative, (teils hoch-) signifikante Korrelation zwischen HD Wert und Lichtangebot bleibt bei beiden Herkünften bestehen.

Bei Wegfall der Fläche auf Schotterterrasse wird für keine Herkunft mehr eine signifikante Korrelation zwischen Höhe und Wuchsform errechnet. Die erwartete Korrelation zwischen Höhe und GSF tritt hingegen ein.

Für die Herkunft Landesforstgarten gilt, dass das Signifikanzniveau für die Korrelation der Wuchsform mit dem HD Wert bei Berücksichtigung der Fläche auf Schotterterrasse von hoch signifikant auf den Moränenstandorten auf signifikant sinkt.

3.7 Wuchsform und Pflanzverband

Bevor die Werte für Eichen der Nesterpflanzungen auf der Fläche „Dechant“ diskutiert werden, soll auf eine Kritik von GUSSONE (1996) aufmerksam gemacht werden. GUSSONE, Forstwirt und Redakteur der Zeitschrift „Forst und Holz“, bezieht sich auf die Publikationen zum Thema Eichennester, seitdem diese von SZYMANSKI erstmals in der deutschsprachigen Fachpresse behandelt wurden. GUSSONE kritisiert, dass viele Versuche zum Vergleich von Eichennestern mit Reihenpflanzungen angelegt werden, ohne sich an die von SZYMANSKI empfohlenen Vorgaben zu halten. Abweichungen vom empfohlenen „Grunddesign“, dass 21 nicht zu große Eichen (0+1 oder 0+2) auf einem 1m² großen, unkrautfreien Pflanzbeet (=Nest) vorsieht, bleiben laut GUSSONE (1996) meist erfolglos. Im Alter von 16 Jahren wird sich dann 1(!) Eiche durchgesetzt haben, wobei es egal ist, ob das eine Eiche aus der Mitte oder aus der Peripherie des Nestes ist. Bei zu großem Pflanzverband setzen sich mehrere Eichen durch und eventuelle Bedränger müssen beseitigt werden.

Weiters sollen Auswertungen von Nesteranlagen, GUSSONE zufolge, erst nach 15 bis 20 Jahren erfolgen. Zu frühzeitige Auswertungen (MANGOLD, 1988; GOCKEL, 1994; GUERICKE, 1996 und auch die vorliegende Arbeit) führen zwangsläufig zu Abweichungen gegenüber der Reihenpflanzungen.

Dem von GOCKEL (1994) entwickelten Pflanzschema, der Trupppflanzung (pro ha 100 trupps mit je 20-25 Eichen im Verband 1x1 m), liegen andere Ziele zugrunde als den Nesterpflanzungen von SZYMANSKI. Während GOCKEL (1994) u.a. eine **sichere** Kronenansprache zur frühzeitigen Z – Baumauswahl anstrebt, empfiehlt SZYMANSKI (1986) erst im Dickungsalter von 20-jahren eine Auswahl von 5 Eichen, um „im Endbestand mit großer Sicherheit die geplante Anzahl der Eichen mit **hohem technischen Wert** zu erreichen“.

Gleichwohl liefern laut GUSSONE (1996) Untersuchungen wie jene von GUERICKE (1996) wertvolle Hinweise auf die Zustände der Nestereichen zum gegenwärtigen Zeitpunkt.

Bei allen Aussagen zu den Nestereichen muß also bedacht werden, dass die Pflanzen in der Entwicklung begriffen sind und diese naturgemäß anders verläuft als bei Eichen in Reihenpflanzungen.

3.7.1 Nichtparametrische Korrelationsanalysen

Da es sich beim Faktor „Pflanzverband“ mit den Merkmalsausprägungen „Nester“ und „Reihen“ nicht um einen metrisch skalierten Datensatz handelt, kann der Korrelationskoeffizient nach Pearson für diesen Faktor nicht verwendet werden. (vgl. BÜHL und ZÖFEL, 2000; PLONER, 2002; BACKHAUS et al, 2003)

Daten sind definitionsgemäß dann metrisch skaliert, wenn die Bildung eines Mittelwertes sinnvoll ist. (BACKHAUS et al, 2003) Während mittlere Höhen, Wurzelhalsdurchmesser, durchaus darstellbar sind, macht die Berechnung des Mittelwertes für die Pflanzverbände keinen Sinn. Die Variable „Pflanzverband“ ist nominal skaliert.

Jede nominalskalierte Variable, die zweifach abgestuft (dichotom) ist, kann als ordinalskalierte Variable betrachtet werden. Als Korrelationsmaß zwischen ordinal skalierten Variablen wird der Spearman-Korrelationskoeffizient benutzt. (BÜHL und ZÖFEL, 2000) Dies trifft auf die Variable Pflanzverband zu. Daher soll in der folgenden Korrelation nach Spearman untersucht werden, ob Höhe, Stärke oder Wuchsform mit der Variablen „Pflanzverband“ korrelieren.

Damit auch die Wuchsform auf Korrelationen überprüft werden kann, blieben verbissene oder geschnittene Pflanzen (d.h. die Eichen der Flächen Helmberger und Pöttinger) unberücksichtigt.

Tab.17: Korrelation nach Spearman zur Überprüfung des Einflusses des Pflanzverbandes auf die Wachstumsparameter

Flächen Meindl, Dechant, Lechner und Winter - alle Herkünfte							
Spearman-Rho		WHD03	HD Wert	Wuchsform transformiert	Kronen Typ	Stamm form	Pflanz verband
H03	Korr. koeffizient	,690 (**)	-,048	,252 (**)	-,165	-,239 (**)	,120
	Sig. (2-seitig)	,000	,624	,009	,088	,013	,217
	N	108	108	108	108	108	108
WHD03	Korr.koeffizient	-	-,708 (**)	-,071	,121	-,030	-,215 (*)
	Sig. (2-seitig)		,000	,463	,214	,761	,025
	N		108	108	108	108	108
HD Wert	Korr.koeffizient	-	-	,336 (**)	-,324 (**)	-,167	,435 (**)
	Sig. (2-seitig)			,000	,001	,084	,000
	N			108	108	108	108
Wuchsform transformiert	Korr.koeffizient	-	-	-	-,899 (**)	-,603 (**)	,195 (*)
	Sig. (2-seitig)				,000	,000	,041
	N				110	110	110
Kronentyp	Korr.koeffizient	-	-	-	-	,204 (*)	-,218 (*)
	Sig. (2-seitig)					,032	,022
	N					110	110
Stammform	Korr.koeffizient	-	-	-	-	-	-,039
	Sig. (2-seitig)						,684
	N						110

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

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

Der Korrelationskoeffizient nach Spearman weist für den Faktor Pflanzverband signifikante Korrelationen mit dem WHD und der Wuchsform aus, für den HD Wert sogar einen hoch signifikanten Wert.

Da die Kategorien für die Pflanzverbände mit 1 = Reihenpflanzung und 2 = Nesterpflanzung codiert wurden, bedeuten positive Korrelationen beim HD Wert, dass die Werte für die Nesterpflanzung höher sind. Bei negativen Korrelationen haben die Eichen der Reihenpflanzung höhere Werte der betrachteten Variablen.

Der HD Wert der Nesterpflanzung ist also hoch signifikant größer und die Wuchsform signifikant besser beurteilt als bei Eichen der Reihenpflanzung.

GUERICKE (1996) stellte bei Eichen aus Nesterpflanzungen höhere HD Werte fest (bis zu 168), als bei Eichen aus Reihenpflanzungen.

Der Wurzelhalsdurchmesser ist bei Eichen der Reihenpflanzung größer.

Bezüglich der 2 Variablen „Kronentyp“ und „Stammform“ ist zu beachten, dass die besser geformten Pflanzen die niedrigeren Ordnungsziffern (nach dem Codierungsschema von GOCKEL (1994), Abb.4 und Abb.5) erhalten haben.

Die Wuchsform wurde aus dem Mittelwert dieser beiden Variablen berechnet. Wuchsform transformiert bedeutet, dass die in der vorliegenden Arbeit verwendete Variable so transformiert wurde, dass den besser geformten Pflanzen die höheren Zahlen zugeordnet werden. Deshalb gibt es eine hoch signifikante, aber negative Korrelation von „Wuchsform transformiert“ mit „Kronentyp“ und „Stammform“.

Dass die Höhe mit der Wuchsform und Stammform hoch signifikant korreliert, nicht aber mit dem Kronentyp, könnte daran liegen, dass sich Knicke im Stamm mit der Zeit „auswachsen“.

Eichen der Nesterpflanzung bekommen signifikant öfter niedrigere Werte für den Kronentyp zugeordnet. D.h. sie neigen weniger zu Zwieselbildung, Verbuschung oder zu einer auflösenden Krone. (Abb.4) GUERICKE (1996) verwendet ebenfalls die Codierungsschemata von GOCKEL (1994), und beurteilt zusätzlich noch das Kronenprozent der Eichen. Für die Nestereichen ermittelte er ein Kronenprozent von 74%, für die Kultureichen (Reihenpflanzung) ein Kronenprozent von 80%.

Diese Ergebnisse decken sich mit der im vorliegenden Beispiel gefundenen hoch signifikanten, negativen Korrelation zwischen HD Wert und Pflanzverband. In den Nestern müssen die Eichen ihre Kronen so schnell wie möglich über die Höhe des bedrängenden Nestkollektivs heben: Sie investieren vor allem in die Höhe, danach erst in Stabilität (WHD, HD Wert) oder in ihre Krone.

Einer Überlegung GOCKELs (1994) zufolge führt Dichtstand (Abstand unter 1m zwischen den Eichen) dazu, dass Seitenäste nicht ausgebildet werden, und die genotypische Veranlagung des Kronentyps für die jeweilige Herkunft nicht zum Tragen kommt. Einerseits wird dadurch die korrekte Ansprache des Kronentyps erschwert, (deshalb empfiehlt er einen Pflanzverband von 1 x 1 m), andererseits bedeutet diese Überlegung auch, dass durch Dichtstand auch schlechter veranlagte Herkünfte astfreie Stämme hervorbringen können.

Anders als bei GUERICKE (1996) konnte in der vorliegenden Untersuchung keine schlechtere Qualität bei Nestereichen festgestellt werden. Im Gegenteil, die Variable für die Wuchsform korreliert auf signifikantem Niveau positiv mit dem Pflanzverband, d.h. die Nestereichen erreichten im Schnitt eine bessere Wuchsform als die Eichen aus den Reihenpflanzungen.

Der positive Einfluß der Nesterpflanzung auf die Wuchsform, scheint laut der Korrelationstabelle oben (Tab 17) ausschließlich aus der Verbesserung des Kronentyps, nicht jedoch auf die Stammform zurückzuführen sein.

Wie im vorangegangenen Kapitel soll auch bezüglich der Wuchsform und des Pflanzverbandes untersucht werden, ob sich die Korrelationen ändern, wenn man nur die Moränenstandorte betrachtet.

Tab.18: Korrelation nach Spearman zur Überprüfung des Einflusses des Pflanzverbandes auf die Wachstumsparameter auf den Moränenstandorten

Flächen auf Moräne: Meindl, Dechant und Winter – alle Herkünfte

Spearman-Rho		WHD03	HD Wert	Wuchsform transformiert	Kronen Typ	Stamm form	Pflanz verband
H03	Korr.koeffizient	,756 (**)	-,216	,135	-,093	-,132	,008
	Sig. (2-seitig)	,000	,054	,233	,413	,244	,945
	N	80	80	80	80	80	80
WHD03	Korr.koeffizient	-	-,772 (**)	-,104	,096	,070	-,249 (*)
	Sig. (2-seitig)		,000	,359	,398	,540	,026
	N		80	80	80	80	80
HD Wert	Korr.koeffizient	-	-	,277 (*)	-,227 (*)	-,209	,403 (**)
	Sig. (2-seitig)			,013	,043	,063	,000
	N			80	80	80	80
Wuchsform transformiert	Korr.koeffizient	-	-	-	-,909 (**)	-,613 (**)	,135
	Sig. (2-seitig)				,000	,000	,225
	N				82	82	82
Kronentyp	Korr.koeffizient	-	-	-	-	,239 (*)	-,153
	Sig. (2-seitig)					,031	,169
	N					82	82
Stammform	Korr.koeffizient	-	-	-	-	-	-,036
	Sig. (2-seitig)						,750
	N						82

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

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

Bei Weglassen der Fläche auf Schotterterrasse ändern sich die Korrelationen sehr wenig.

Die Korrelation zwischen Kronentyp und Pflanzverband stellt sich bei Nichtberücksichtigung der Schotterterrassenfläche als nicht mehr signifikant heraus.

Auf den Moränenflächen haben Eichen der Nesterpflanzung signifikant kleinere WHD und hoch signifikant höhere HD Werte. Obwohl der HD Wert positiv mit Wuchsform, Kronentyp (jeweils signifikant) und Pflanzverband (hoch signifikant) korreliert, konnte in Tab 18. keine Korrelation zwischen Pflanzverband und Wuchsform festgestellt werden.

Die Korrelation zwischen Kronentyp und HD Wert ist nicht mehr „hoch signifikant“, sondern „signifikant“.

3.7.2 Kreuztabellen

Eine weitere, vielversprechende Möglichkeit, die zwei Pflanzverbände (Reihen, Nester) auf Unterschiede bezüglich der Wuchsform zu überprüfen, stellen Kreuztabellen und der CHI-Quadratetest für Kreuztabellen dar. (STRELEC, mündliche Mitteilung) Kreuztabellen haben auch den Vorteil, dass man Variablen mit unterschiedlichem Skalenniveau in einer gemeinsamen Analyse untersuchen kann (BACKHAUS et al, 2003)

Im vorliegenden Fall stellen die 8 Kategorien der Wuchsform die Spalten und die zwei Pflanzverbände „Nester“ und „Reihen“ die Zeilen dar. In der Kreuztabelle wird die Anzahl der Eichen eingetragen, auf die Spalten- und Zeilenkategorie zutreffen.

Tab.19: Kreuztabelle: Pflanzverband * Wuchsform transformiert

Beobachtete Anzahl		Wuchsform transformiert								Gesamt
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	
Pflanzverband	Reihe	2	4	18	23	14	12	6	1	80
	Nester			5	6	7	9	3		30
	Gesamt	2	4	23	29	21	21	9	1	110

Diese beobachteten Zellenhäufigkeiten werden mit jenen verglichen, die unter der Nullhypothese (Wuchsform ist für jeden Pflanzverband gleich) zu erwarten wären. Mit Algorithmen, auf die ich hier nicht weiter eingehen möchte (PLONER, 2002), wird für jede Zelle die Wahrscheinlichkeit der Spalten- und der Zeilenkategorie berechnet.

CHI Quadrat Tests überprüfen, ob die Abweichungen der beobachteten von den erwarteten Häufigkeiten im Rahmen des Zufalls liegen oder ob die Nullhypothese (keine Unterschiede der Pflanzverbände bezüglich der Wuchsform) verworfen werden kann. Tab 20 enthält die zu Tab.19 berechneten CHI-Quadrat-Tests.

Tab.20: Chi-Quadrat-Tests für Pflanzverband * Wuchsform transformiert

Der Test gibt keinen Anlass, die Nullhypothese zu verwerfen, weil beide Irrtumswahrscheinlichkeiten (rechte Spalte) über 0,05 liegen. Die Zeilen unterhalb der Tabelle weisen daraufhin, dass die Faustregel für ein korrektes Anwenden des CHI Quadrat Tests nicht gegeben ist.

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	6,741	7	,456
Likelihood-Quotient	8,382	7	,300
Anzahl der gültigen Fälle	110		

a. 7 Zellen (43,8%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.
Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,27.

SPSS zeigt nicht nur die Tests an, sondern ermittelt auch, in wievielen Zellen die erwartete Häufigkeit unter 5 beträgt. Eine Faustregel, besagt, dass in keiner Zelle die erwartete Häufigkeit unter 5 liegen soll. (PLONER, 2002) Zumindest sollen in keiner der Zellen die erwartete Häufigkeit kleiner als 1 und in nicht mehr als 20% der Zellen die erwartete Häufigkeit kleiner als 5 sein.

Ein naheliegender Schritt war, die 8 Kategorien der Variable „Wuchsform transformiert“ zu 3 zusammenzufassen. Die ersten drei Kategorien (2,5 bis 3,5) wurden zur „Wuchsform schlecht“, die nächsten zwei (4,0 und 4,5) zur „Wuchsform mittel“ und die letzten drei (5,0 bis 6,0) zur „Wuchsform gut“ zusammengefasst. Danach wurde die Kreuztabelle erneut erstellt. Tab.21. enthält auch die erwarteten Häufigkeiten, sodaß der Leser sehen kann, für welchen Bereich der Wuchsformbeurteilung die Nesterpflanzung unter- oder überrepräsentiert ist.

Tab.21: Kreuztabelle: Pflanzverband * Wuchsform mit 3 Kategorien für die Wuchsform

Die Kreuztabelle zeigt, dass Eichen aus der Reihenpflanzung in der Kategorie „Wuchsform gut“ unterrepräsentiert sind. Die Anzahl, die zu erwarten gewesen wäre, ist höher. Die Eichen der Nesterpflanzung sind in der Kategorie „Wuchsform schlecht“ unterrepräsentiert. Die Differenz in der mittleren Kategorie ist minimal.

Häufigkeiten			Wuchsform schlecht	Wuchsform mittel	Wuchsform gut	Gesamt	
Pflanzverband	Reihe	Beobachtet	24	36	20	80	
		Erwartet	21,1	35,6	23,3		
		Differenz	2,9	0,4	-3,3		
	Nester	Beobachtet	5	13	12	30	
		Erwartet	7,9	13,4	8,7		
		Differenz	-2,9	-0,4	3,3		
	Gesamt		Anzahl	29	49	32	110

Tab.21 zeigt, dass es Unterschiede der beiden Pflanzverbände bezüglich der Wuchsform gibt. Nachfolgender CHI-Quadrat-Test zeigt, dass diese aber zu gering sind, um die Nullhypothese zu verwerfen. die Unterschiede können also als zufällig betrachtet werden.

Tab.22: Chi-Quadrat-Tests für Pflanzverband * Wuchsform mit 3 Kategorien für die Wuchsform

Keiner der beiden CHI-Quadrat-Tests weist signifikante Unterschiede für die Wuchsform einer der beiden Pflanzverbände aus. Die Zeile unterhalb der Tabelle bestätigt, dass die Voraussetzungen für die korrekte Anwendung des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson gegeben sind.

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	3,172	2	,205
Likelihood-Quotient	3,211	2	,201
Anzahl der gültigen Fälle	110		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.
Die minimale erwartete Häufigkeit ist 7,91.

3.8 Empfehlung

Da nur eine Aufforstung, die Fläche Dechant, mit allen vier Herkunft besetzt wurde, kann nur dort davon ausgegangen werden, dass sowohl Nährstoffhaushalt und Lichtverhältnisse für alle Herkunft vergleichbar sind. (Abb.20)

Auf der Fläche Dechant wiesen nach vier Vegetationsperioden die Eichen der Herkunft

Laufen die größten mittleren Höhen,

Gadermaier die zweitgrößten mittleren Höhen,

Urnenhain die drittgrößten mittleren Höhen und die Eichen der Herkunft

Landesforstgarten die viertgrößten mittleren Höhen auf

Auch bei Hinzunahme der restlichen Standorte und Lichtverhältnisse (Abb.21) zeigen die Eichen der Herkunft Laufen größere Mittelwerte bezüglich der Höhen.

Die große Streuung der Ergebnisse verhindert, dass die Mittelwertsunterschiede der einzelnen Herkunft statistisch abgesichert werden können. (Abb.22)

Die Stieleichen der Herkunft Laufen haben gemeinsam mit jenen der Herkunft Gadermaier die vorteilhafteste Wuchsform erreicht. (Abb.25) Bei größerem Lichtangebot erzielen die Eichen der Herkunft Gadermaier die beste Wuchsform.

Aus den Korrelationsanalysen ergibt sich, dass vor allem schnelles Stärkenwachstum verhindert werden muß, um gute Wuchsformen zu erzielen.

Auf großes Lichtangebot reagieren die Eichen vorwiegend mit stärkerem Dickenwachstum und schlechterer Wuchsform. (Tab. 12, 13, 14 und 15)

Als geeignetes Mittel zur Konkurrenzregelung und damit zur Verbesserung der Wuchsform hat sich die Nesterpflanzung erwiesen. Eichen der Nesterpflanzung haben auf eingeschränktem Lichtregime bessere mittlere Wuchsformen gezeigt als Reihenpflanzungen. Doch auch bei Pflanzungen in Nestern ist es wichtig, auf eine genügende Beschattung durch den Altbestand zu achten. (Abb.26)

4. ZUSAMMENFASSUNG

Sechs Waldbesitzer der Waldwirtschaftsgemeinschaft Weilhart hatten im Jahr 1999 auf ihren Kleinkahlschlägen Stieleichen von insgesamt vier verschiedene Herkünften gepflanzt. Die vorliegende Arbeit untersucht das Wuchsverhalten bezüglich Höhe, Stärke, HD Wert und Wuchsform der gepflanzten Eichen in Abhängigkeit von den Lichtverhältnissen.

Zunächst wurden auf den sechs Kleinkahlschlägen jeweils zwei Teilflächen mit deutlichem Unterschied in den Lichtverhältnissen verflocht und die Probestämme gekennzeichnet. An drei Stellen pro Teilfläche wurden Humus- und Bodenproben genommen, sowie hemisphärische Fotos erstellt und diese Daten über die gesamte Teilfläche gemittelt. Anschließend wurden die Teilflächen nach ihrem Lichtregime geordnet und in drei Lichtgruppen eingeteilt.

Höhe und Stärke der Pflanzen wurden an den vier der Aufforstung folgenden Jahren ermittelt, die Wuchsform am Ende der Untersuchung.

Die Eichen der Herkunft Laufen wiesen bei eingeschränkten Lichtverhältnissen (Lichtgruppe 1: dunkelste Gruppe und Lichtgruppe 2: mittel) die höchsten mittleren Höhenzuwächse auf. Die Ergebnisse für die Eichen der Herkunft Laufen liegen jedoch innerhalb der Streubreite der anderen Herkünfte. Da die Herkunft Laufen nicht auf den hellsten Standorten (Lichtgruppe 3) gesetzt wurde, konnte das Verhalten dieser Herkunft in dieser Lichtgruppe nicht beobachtet werden. Hier erzielten die Eichen der Herkunft Urnenhain die größten Höhen.

Die Auswertung der Daten erfolgte über die Software „Hemiview“ (RICH, 1990), das Statistikprogramm SPSS, sowie Excel und das Waldökologielabor.

Beim Vergleich der Höhenentwicklung über die vier Beobachtungsjahre sticht die Fläche „Pöttinger“ heraus. Höhe und Zuwachs unterscheiden sich hoch signifikant von den anderen Flächen. Da nicht erklärt werden kann, warum sich die Eichen dieser Fläche so sehr von den Eichen der anderen Flächen unterscheiden, wurden die Eichen der Fläche Pöttinger bei einem Großteil der Untersuchungen (u.a. auch beim Vergleich der Herkünfte) nicht berücksichtigt.

Da nur eine einzige Herkunft (Urnenhain) auf allen sechs Flächen vorhanden war, gestaltet sich die Interpretation der Wuchsergebnisse schwierig. Die sechs Kleinkahlschläge unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Licht- und Bodenverhältnisse stark voneinander. Die Ordnung der Herkünfte nach den Lichtgruppen erleichterte die Auswertung der Ergebnisse. Nur auf der Fläche Dechant waren alle vier Herkünfte gesetzt worden.

Auf der Fläche Dechant erreichten die Eichen der Herkunft Laufen im Mittel die größten Höhen, danach folgen Gadermaier, Urnenhain und Landesforstgarten.

Die Eichen der Herkunft Laufen erreichten im Mittel den größten Wurzelhalsdurchmesser verglichen mit den Eichen aller Flächen in Lichtgruppe 1. Auf den hellsten Standorten (Lichtgruppe 3) erzielen Eichen der Herkunft Urnenhain den stärksten Wurzelhalsdurchmesser.

Bezüglich der Wuchsform zeigten die Herkünfte Gadermaier und Laufen die besten Ergebnisse auf den Standorten der Lichtgruppe 1 (dunkelste Standorte). Bei höherem Lichtgenuß (Lichtgruppe 2) erreichten Pflanzen der Herkunft Gadermaier bessere Wuchsformen. Eine kleine Erhöhung des Lichtangebotes führt vor allem bei Eichen der Herkunft Laufen zu großer Verschlechterung der Wuchsform.

Eine Fläche („Dechant“) war in Form einer Nesterpflanzung nach SZYMANSKI aufgeforstet worden, die anderen in Reihenkultur. Die Arbeit hebt die unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Pflanzverbände (Reihen, Nester) hervor, reiht die Herkünfte nach ihrem Wuchsverhalten, bespricht Korrelationen und gibt am Ende darauf aufbauend eine hoffentlich praktikable Empfehlung ab.

Die Darstellung der mittleren Werte für die Wuchsform getrennt nach Pflanzverbänden im Balkendiagramm weist für die Nesterpflanzungen in Lichtgruppe 1 und 2 bessere Wuchsformen auf.

Nichtparametrische Korrelationsanalysen weisen eine positive, signifikante Korrelation des Pflanzverbandes mit der Wuchsform auf. Eichen der Nesterpflanzung wurden vor allem bezüglich des Kronentyps im Durchschnitt besser beurteilt als die Eichen aus den Reihenspflanzungen. Kreuztabellen zeigen zwar geringfügige Unterschiede zwischen den

Wuchsformen der Pflanzverbände, die zugehörigen CHI-Quadrat-Tests konnten aber keinen signifikanten Zusammenhang feststellen. Die Kreuztabellen, zeigen, dass die Eichen der Nesterpflanzung in der Kategorie der besseren Wuchsformen leicht überrepräsentiert sind und in der Kategorie der schlechteren Wuchsformen leicht unterrepräsentiert.

Die Korrelationsanalysen zeigen, dass Eichen der Nesterpflanzung einen hoch signifikant höheren HD Wert als die Eichen der Reihenspflanzungen aufweisen. Zum selben Ergebnis kam auch GUERICKE (1996).

ZIEGENHAGEN (1989) stellte eine Verlängerung der Sprosse bei eingeschränkten Lichtverhältnissen fest. Für die Eichen der Herkünfte Urnenhain und Landesforstgarten wurden auf der mittleren Lichtgruppe geringere Mittelwerte bei den Höhen ermittelt als auf der hellsten Lichtgruppe. Eichen der Herkünfte Gadermaier und Laufen wachsen auf helleren Standorten höher als auf Standorten mit eingeschränkten Lichtverhältnissen.

Im Arbeitsbericht III des Forschungsprojekts „Eichenwertholzproduktion im bäuerlichen Kleinstprivatwald, kommt SOMMERAUER (2003; unveröff.) zu dem Ergebnis, dass die kleinflächigen Verjüngungskerne des Kleinprivatwaldes nicht - wie man aus dem Bericht von KAZDA (1997) schließen könnte - wegen Lichtmangels benachteiligt sind.

5. VERZEICHNISSE

5.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die Lage des Weilhartsforstes in Österreich Quelle: GRABHERR et al (1998)	3
Abb.2: Klimadiagramm aus den mittleren Niederschlagssummen von Ostermiething und den mittleren Lufttemperaturen von Ranshofen (1961 – 1990)	3
Abb.3: Geomorphologische Karte des Weilhartsforstes Quelle: KRAPFENBAUER (1961)	3
Abb.3: Die Lage der untersuchten sechs Kleinkahlschläge im Weilhartsforst Quelle: LAND OÖ (2003), ergänzt	3
Abb.4.: Ausgewiesene Kronentypen Quelle: GOCKEL (1994)	3
Abb.5: Ausgewiesene Stammformen Quelle: GOCKEL (1994)	3
Abb 6: Die Lichtverhältnisse auf den 12 Teilflächen nach den Auswertungen der hemisphärischen Fotos	3
Abb.7: Verteilung der Pflanzenanzahl über die vier Herkunftte	3
Abb.8: Verteilung des Pflanzmaterials über die drei ausgeschiedenen Lichtgruppen	3
Abb.9: Mittlere Höhenentwicklung 2000 bis 2003 nach Flächen über alle Herkunftte	3
Abb.10: Vergleich der Höhenentwicklung der Eichen auf der Fläche Pöttinger mit Eichen der restliche Moräne und derselben Lichtgruppe	3
Abb.11: Boxplots der mittleren Endhöhen nach Flächen, gruppiert nach Lichtgruppen	3
Abb.12: Mittlere Höhenzuwächse der 3 Vegetationsperioden nach Flächen über alle Herkunftte	3
Abb.13: Boxplots: Mittlere Endhöhen der Herkunftte, gruppiert nach Flächen	3
Abb.14: Mittlere Höhenentwicklung 2000 bis 2003 nach Herkunftten über alle Flächen	3
Abb.15: Mittlere Höhenentwicklung 2000 bis 2003 nach Standortvarianten über alle Herkunftte	3
Abb.16: Mittleres Höhenwachstum von 2000 bis 2003 nach Lichtgruppen über alle Flächen.	3
Abb.17: Mittleres Höhenwachstum von 2000 bis 2003 nach Lichtgruppen für alle Flächen auf Moräne	3

Abb.18: Mittlere Höhen von 2000 bis 2003 über alle Herkünfte und Flächen	3
Abb.19: Mittlerer Gesamthöhenzuwachs von 2000 bis 2003 nach Flächen und Pflanzverband	3
Abb.20: Mittlere Höhenentwicklung von 2000 bis 2003 nach Herkünften auf der Fläche Dechant	3
Abb.21: Balkendiagramm: Mittlerwerte der Endhöhen nach Herkünften, gruppiert nach Lichtgruppen	3
Abb.22: Median, Varianzen und Anzahl der Probepflanzen für die Höhen der Herkünfte, gruppiert nach Lichtgruppen	3
Abb.23: Balkendiagramm: Mittlere WHD (im Jahr 2003) nach Herkünften, gruppiert nach Lichtgruppen	3
Abb.24 Boxplots: Wurzelhalsdurchmesser der Herkünfte, gruppiert nach Lichtgruppen	3
Abb.25: Balkendiagramm: Wuchsform nach Herkünften, gruppiert nach Lichtgruppen	3
Abb.26: Balkendiagramm: Vergleich Wuchsformen der Eichen in Reihenkultur und in Nesterpflanzung	3
Abb.27: Boxplots: Median und Varianz bezüglich der Wuchsformen in Reihen und Nestern	3
Abb.28: Balkendiagramm: Mittelwerte der Wuchsformen der einzelnen Herkünfte auf der Fläche Dechant.	3
Abb.29: Boxplots: Median und Varianzen der Wuchsformen auf der Fläche Dechant	3
Abb.30: Histogramm: Verteilung der Endhöhen auf die Wuchsformen	3
Abb.31: Histogramm: Verteilung der WHD auf die Wuchsformen	3

5.2 Tabellenverzeichnis

Tab.1: Förderungssätze je ha für Eichenverjüngungen durch die Waldbesitzer Oberösterreichs Quelle: LFD OÖ (2004a)	3
Tab.2: Mittlere Niederschlagssummen von Ostermiething, mittlere Monatstemperaturen von Ranshofen (1961 – 1990) Quelle: AUER et al (1998)	3
Tab.3: Charakteristik der Flächen	3
Tab.4: Verteilung der Herkünfte auf die Waldbesitzer	3
Tab.5: Die Zuordnung der Teilflächen zu den drei Lichtgruppen anhand ihrer Werte für den Global Site Faktor	3
Tab.6: Verteilung der Pflanzenzahlen auf die einzelnen Herkünfte	3
Tab.7: Verteilung des Pflanzmaterials über die Standorte Schotter und Moräne	3
Tab.8: Verteilung des Pflanzmaterials über die Mulchvarianten	3
Tab.9: Verteilung des Pflanzmaterials über die Pflanzverbände	3
Tab.10: F-Test der Endhöhen nach Flächen: Pöttinger gegen alle anderen Flächen	3
Tab.11: F-Test der Endhöhen nach Flächen: Winter gegen alle anderen Flächen	3
Tab.12: Korrelationsanalyse der Variablen H03, WHD03, HD Wert, Wuchsform und Gesamtlicheinfall über alle Flächen und alle Herkünfte	3
Tab.13: Korrelationsanalyse für die Moränenstandorte bezüglich der Variablen H03, WHD03, Wuchsform und GSF	3
Tab.14: Korrelationsanalysen für jede Fläche bezüglich der Variablen H03, WHD03 und Wuchsform	3
Tab.15: Korrelationsanalysen für jede Herkunft bezüglich der Variablen H03, WHD03, Wuchsform und GSF	3
Tab.16: Korrelationsanalysen für die Moränenstandorte und für jede Herkunft bezüglich der Variablen H03, WHD03, Wuchsform und GSF	3
Tab.17: Korrelation nach Spearman zur Überprüfung des Einflusses des Pflanzverbandes auf die Wachstumsparameter	3
Tab.18: Korrelation nach Spearman zur Überprüfung des Einflusses des Pflanzverbandes auf die Wachstumsparameter auf den Moränenstandorten	3
Tab.19: Kreuztabelle: Pflanzverband * Wuchsform transformiert	3

Tab.20: Chi-Quadrat-Tests für Pflanzverband * Wuchsform transformiert	3
Tab.21: Kreuztabelle: Pflanzverband * Wuchsform mit 3 Kategorien für die Wuchsform	3
Tab.22: Chi-Quadrat-Tests für Pflanzverband * Wuchsform mit 3 Kategorien für die Wuchsform	3

5.3 Literaturverzeichnis

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

AUER, I.; BÖHM, R.; DOBESCH, H.; HAMMER, N., KOCH; E.; LIPA, W.; MOHNL, H.; POTZMANN, R.; RETITZKY C.; RUDEL, E.; SVABIK (1998b): Klimatographie und Klimaatlas von Oberösterreich, Bd.3: Klimaatlas. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. OÖ Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde. Linz/Wien, Karten 1- 46

BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W.; WEIBER, R. (2003): Multivariate Analysemethoden 10.Auflage, Springer Verlag; Berlin. 818 S.

BERGMANN, J-H (2001) : Die natürliche und künstliche Verjüngung der Eichenarten *Quercus robur* und *Quercus petraea* (MATTUSCHKA) LIEBL.. (Berichte aus der Holz-und Forstwirtschaft) Shaker Verlag, Aachen 131 S.

BRUNNER, A. (1994): Ökologische Lichtmessung im Wald. Forstarchiv 65 (1994), S. 133-138

BURSCHEL P., HUSS J (1997): Grundriss des Waldbaus. Pareys Studentexte 49, Parey Buchverlag Berlin, 490S.

BÜHL A. und ZÖFEL P. (2000): SPSS Version 10, Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 7. Auflage. Addison – Wesley Verlag. München. 734 S.

FEICHTNER, C. (1999) Eichennester und Läuterung, ÖFZ 6/99, S.14-15

GOCKEL, H.A, (1994) Soziale und qualitative Entwicklungen sowie Z-Baumhäufigkeiten in Eichenjungbeständen – Die Entwicklung eines neuen Pflanzschemas „Die Trupppflanzung“. Dissertation der Georg – August-Universität, Göttingen, 168 S.

GUERICKE, M. (1996): Versuche zur Begründung von Eichenbeständen durch Nesterpflanzung. Forst und Holz Jg51, Nr.17: S.577-582

GUSSONE, H.-A. (1996): Apropos Eichennester. Forst und Holz Jg51, Nr.17, S.582-583

HAGER, H; KAZDA, M.; PICHLER, M.; KRAUS T.; SCHMID I.; WAGNER C. (1998): Wachstum von Laubholzvoranbau in sekundären Nadelbeständen, Forschungsbericht des Instituts für Waldökologie an der Universität für Bodenkultur, Wien 97 S.

HAGER, H.; PICHLER, M.; KAZDA, M. (2001): Beitrag zur Lichtökologie und zum Wachstum junger Voranbaupflanzen (*Quercus petraea*, *Fagus sylvatica* und *Acer pseudoplatanus*), Centralblatt für das gesamte Forstwesen Jg 48, Heft 4, S.175-192

HAUSKELLER-BULLERJAHN, K. (1997): Wachstum junger Eichen unter Schirm. Dissertation an der Georg-August-Universität, Göttingen, 142 S.

HUFNAGL, H.: (1970) Der Waldtyp – ein Behelf für die Waldbaudiagnose, 3.A. Linz 223 S.

JARVIS, P. G. (1963). The effects of acorn size and provenance on the growth of seedlings of sessile oak. Quart. J. For., 57, S.11-19 IN: ZIEGENHAGEN und KAUSCH (1993)

JARVIS, P.G. (1964): The adaptability to light intensity of seedlings of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. J. of. Ecol. 52, S. 545-571 IN: ZIEGENHAGEN und KAUSCH (1993)

JASSER, C (1984): Zuwachsverluste durch den Befall der Kleinen Fichtenblattwespe in den Beständen des oberösterreichischen Alpenvorlandes, Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien 59 S.

KAR, P. (1996): Oberösterreichs Waldbesitzer am Weg zu einem besseren Wald. ÖFZ 5/1996, S. 8-10

KAZDA, M. (1994): Sind Kalamitäten Anlaß, die Fichtenwirtschaft zu überdenken? ÖFZ 1/1994, S. 34-36

KAZDA, M. (1997) Lichtverteilung in Waldbeständen – Konsequenzen für den Waldbau. ÖFZ 4/1997 S. 11-13

KILIAN, W.; MÜLLER, F. (1990): Kulturbegründungseinheiten im Sturmschadensgebiet des nördlichen Alpenvorlandes (Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg) nach standortkundlichen Kriterien, FBVA (heute: BMWZ) – Wien Institut für Waldbau. Waldbau-Merkblätter Nr.3. 8 S.

KILIAN, W; MÜLLER, F; STARLINGER, F: (1994): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs – Eine Naturraumgliederung nach waldböologischen Gesichtspunkten.. FBVA – Berichte 82, 60 S.

KIRCHMEIR H, JUNGMEIER, M.; HERZOG, E., GRABHERR, G. (2000): Der Wald im Klimawandel. Nachhaltige Waldentwicklung im sommerwarmen Osten Österreichs, Klagenfurt; Verlag: Wulfenia Druck-Feldkirchen; Kooperation des BM für Bildung, Wissenschaft und Kunst, des Hauptverbandes der Lad- und Forstwirtschaftsbetriebe Österreichs und des WWF, 255 S.

KURAN, G (1994): Entscheidungsgrundlagen für die waldbauliche Behandlung von Dauergradation der Kleinen Fichtenblattwespe geschädigten Beständen, Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien 159 S.

LAND OÖ (2003): Land Oberösterreich, Geoinfo
abrufbar auf: <http://doris.ooe.gv.at/geoinformation/ortho/ortho.asp>

LANDESFORSTDIENT OÖ (2001): Forstliche Förderung. Broschüre, Druckerei Deutschbacher, Linz. 28 S.
Forstliche Fördersätze sind auch abrufbar auf:
<http://www.ooe.gv.at/foerderung/landwirtschaft/index.htm>

LANDESFORSTDIENT OÖ (2004a): Die Kleine Fichtenblattwespe – ein Dauerschädling
abrufbar auf <http://www.ooe.gv.at/forst/oekologie/index.htm?fichtenb.htm>

LANDESFORSTDIENST OÖ (2004b): Waldbau
abrufbar auf: <http://www.ooe.gv.at/forst/waldbau/index.htm>

MANGOLD, S. (1988): Versuche mit Eichen-Nesterrpflanzung. Forst und Holz, Jg 43, Nr.18, S.460-461

MAYER, H (1992): Waldbau auf soziologischer Grundlage 4. Auflage. Gustav Fischer Verlag. Wien. 522 S.

MINISTERKONFERENZ (1998): Beschlüsse und Resolutionen der Dritten Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa. Lissabon. Juni 1998, Druck: Druckerei Starzengruber Ges.m.b.H S. 93 S.

NATIONAL GEOPHYSICAL DATA CENTER (2003): Compute Values of Earth's Magnetic Field (Version 4.0). Colorado, USA
abrufbar auf: <http://www.ngdc.noaa.gov/cgi-bin/seg/gmag/fldsnt1.pl>

NETHERER, S. (1997): Erarbeitung eines Bewertungsschlüssels zur Einschätzung der Prädisposition von Standorten bzw. Beständen gegenüber *Pristiphora abietina* (Christ.), Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, 174 S.

NOPP, U. (1999) Erarbeitung von Identifikationsschlüsseln der Prädisposition fichtenreicher Bestände gegenüber verschiedenen abiotischen und biotischen Schadauslösern, Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien 356 S.

NUTTO, L. (1998): Neue Perspektiven für die Begründung und Pflege von jungen Eichenbeständen: Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung. Bd 5, Dissertation, 190 S.

PICHLER M.(1994): Baumartenempfehlungen aus der Standortskartierung unter Verwendung von GIS – am Beispiel des Reviers Holzöster der Castell-Castell'schen Forstverwaltung. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur; Wien. 88 S.

PLONER, A. (2002): Datenanalyse mit SPSS. Vorlesungsskriptum an der Universität für Bodenkultur; Wien. 113 S.

POLLI, M. (1990): Immissionsbelastung und Massenwechsel der Kleinen Fichtenblattwespe (*pristiphora abietina*) im Gebiet des Hausruck (OÖ), Diplomarbeit am Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, Universität für Bodenkultur, Wien

PRSKAWETZ, M. (FBVA) 2001 Problemwald – sekundärer Nadelwald? ÖFZ 1/2001 S. 44-45

RICH M. P. et al (1999): Hemiview User Manual, Version 2.1, Delta-T Devices Ltd., U.K. 77 S.

RÖHRIG, E. (1967): Wachstum junger Laubpflanzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen. AFJZ S 224-239 IN: HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997)

RÖSEL, K., REUTHER, M (Hrsg) (1995) Differentialdiagnostik der Schäden an Eichen in den Donauländern, Schlussbericht, GSF Bericht 11/95, GSF- Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Oberschleißheim, Deutschland 377 S.

RUHM, W. (1999): Versuche zur Teilflächenkultur als Maßnahme zum Umbau sekundärer Nadelwälder, FBVA Berichte 111, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, Wien 2 S.

SCHATTEINER, G. (1996) Standortkundliche Aspekte zur Epidemiologie der kleinen Fichtenblattwespe *Pristiphora abietina* (Christ.) (Hym. Tenthredinidae), Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien 116 S.

SCHOPF, A: 1997: Möglicher Einfluss einer Klimaänderung auf das Schädlingsauftreten von Forstinsekten. In: Klimaänderung – Mögliche Einflüsse auf Wald und waldbauliche Anpassungsstrategien. Österreichischer Forstverein (Hrsg.) Wien, S. 25-34

SEDLAK, O. (1996): Wald und Forstwirtschaft in Oberösterreich. ÖFZ 5/96 S.5-7

SOMMERAUER, M., 1999: WWG Weilhart setzt auf Eichen. ÖFZ Jg. 110, 7/99 S.12-13
auch abrufbar auf: <http://www.somcon.com>

SOMMERAUER M, (2004): Die Waldwirtschaftsgemeinschaft Weilhart,
abrufbar auf <http://www.somcon.com>

STERBA H. (Juni 1994): Forstliche Biometrie, nach der Vorlesung aus Statistik. Berichte aus der Abteilung Holzmesskunde und Inventurfragen. Heft 8. Institut für Waldwachstumsforschung, Skriptum aus Statistik für den Jg. '97, Universität für Bodenkultur, Wien. 127 S.

SZYMANSKI, S. (1986): Die Begründung von Eichen in „Nest-Kulturen“. Forst und Holz 41: S. 3-7

VOITLITHNER, J. (1998): Wiederbewaldung im Kleinprivatwald des oberösterreichischen Alpenvorlandes nach den Frühjahrsorkanen 1990. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien. 103 S.

WAGNER, S. (1994): Strahlungsschätzung in Wäldern durch hemisphärische Fotos – Methode und Anwendung. Dissertation an der Georg-August-Universität, Göttingen, 166 S.

WEILHARTER, R., (2001): Forstliche Förderung..Broschüre des Landesforstdienstes Oberösterreich, Druck: Deutschbacher Druck, Ottensheim. 28 S.

WEINREICH, A. (2000): Qualitätsentwicklung junger Eichen in Bestandeslücken. Dissertation an der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau.

ZIEGENHAGEN, B: (1989). Die Reaktionen ein- und zweijähriger Stiel- und Traubeneichen auf unterschiedliche Strahlungsverhältnisse.- Untersuchungen im Schattierungsexperiment und am Waldstandort als Beitrag zur Klärung der Bedingung zur Eichenverjüngung. Inaugural-Dissertation an der Rheinischen Friedrich-Willhelms-Universität, Bonn 207 S.

ZIEGENHAGEN, B; KAUSCH, W (1993): Zur Reaktion junger Eichen auf Licht und Schatten. Forst und Holz Jg 48, Nr 7 S. 198 - 201