

EIN KLIMASENSITIVES STATISCHES MODELL ZUR BEURTEILUNG DER BAUMARTENEIGNUNG

Dargestellt am Beispiel des Forstbetriebes Kleinszig
unter Anwendung von GIS

Diplomarbeit

an der Universität für Bodenkultur
zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur

eingereicht

von

Christoph STEINER

Wien, im März 1998

Diplomarbeit am Institut für Waldbau

Betreuer: Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr. M. J. Lexer

Begutachter: Univ.Doz. tit.a.o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. H.-P. Lang

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Problemdarstellung	1
2 Zielsetzung	5
3 Erhebungsgebiet	6
3.1 Lage	6
3.2 Klima	7
3.2.1 Allgemeine Klimacharakteristik	7
3.2.2 Niederschlag	8
3.2.3 Temperatur	9
3.2.4 Schnee und Wind	11
3.3 Geologie und Geomorphologie	12
3.4 Böden	15
3.5 Vegetation	19
3.5.1 Natürliche Waldgesellschaften	19
3.5.2 Waldgeschichte	20
3.6 Forstgeschichte	21
4 Material und Methoden	24
4.1 Datenerhebung im Gelände	24
4.1.1 Stichprobenraster	24
4.1.2 Allgemeine Standortdaten	25
4.1.3 Bodenkundliche Parameter	26
4.1.4 Vegetation	27
4.2 Labormethoden	28
4.2.1 Probenaufbereitung	28
4.2.2 Chemische Analysen	29
4.2.2.1 Labormessung von pH (H ₂ O) und pH (KCl)	29
4.2.2.2 Bestimmung des Gesamtkohlenstoff- und Gesamtstickstoffgehaltes	29
4.1 Ökophysiologische Ansprüche der Baumarten	30
4.3.1 Temperaturverhältnisse	32
4.3.2 Wasserversorgung	38

4.3.3 Nährstoffversorgung	42
4.2 Datenbearbeitung und Datenverdichtung	49
4.4.1 Vegetation	49
4.4.2 Herleitung der nutzbaren Feldkapazität	51
4.4.3 Extrapolation der bodenchemischen Parameter	52
4.4.3.1 Extrapolation der C/N-Werte des Mineralbodens	53
4.4.3.2 Extrapolation der pH-Werte des Mineralbodens	58
4.4.4 Growing Degree Days	60
4.4.5 Soil Moisture Index	61
4.3 Ein Modell zur Beurteilung der Baumarteneignung	64
4.5.1 Modellkonzept	64
4.5.2 Modellparameter	66
4.5.2.1 Temperaturverhältnisse	66
4.5.2.2 Wasserversorgung	67
4.5.2.3 Nährstoffversorgung	68
4.5.3 Verknüpfung der Modellparameter	69
4.5.4 Sensitivität des Eignungsmodells	72
4.4 Umlegung der Punktinformation auf die Fläche	74
5 Ergebnisse	76
5.1 Allgemeine Standortmerkmale	76
5.2 Baumarteneignung unter durchschnittlichen Klimabedingungen	86
5.2.1 Nadelhölzer	86
5.2.2 Laubhölzer	90
5.3 Baumarteneignung unter extremen Klimabedingungen	101
5.3.1 Nadelhölzer	101
5.3.2 Laubhölzer	106
5.4 Möglichkeiten zur Risikoabschätzung für Baumarten	117
6 Diskussion	120
6.1 Datenerhebung im Gelände	120
6.2 Ansprache der physiologischen Ansprüche der Baumarten	121
6.3 Eignungsmodell	122
7 Zusammenfassung	124

8 Literaturverzeichnis	126
8.1 Zitierte Literatur	126
8.2 Berücksichtigte Literatur	130
9 Anhang	132
Verzeichnis der Abbildungen	132
Verzeichnis der Tabellen	135
Verzeichnis der Karten	138
Aufnahmekarte	139
Aufnahmeformulare der Stichprobenerhebung	141
Eignungsprogramm (SAS-Routine)	146

Vorwort

Die Periodizität und das Ausmaß von auftretenden Kalamitätsnutzungen im Unterkärntner Raum und im besonderen im Revier Wolschartwald, bewogen den engagierten Besitzer, Herrn Ing. Herbert Kleinszig, sich mit der Frage der Baumartenwahl und daraus folgenden Maßnahmen an das Institut für Waldbau zu wenden.

Mein Betreuer, Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr. Manfred J. Lexer nahm sich der Aufgabe an. Ihm möchte ich für seine intensive und unermüdliche persönliche Betreuung aufrichtig danken.

Für mich bedeutete die Aufgabenstellung die Möglichkeit mein während des Studiums erlerntes und in der forstlichen Praxis erworbenes Wissen zur Erstellung eines Modelles zur Baumartenwahl anzuwenden. Besonders wertvoll wird diese Arbeit durch die Tatsache, daß dem Beispielsbetrieb in der Praxis umsetzbare Ergebnisse geliefert werden konnten. Weiters motivierte mich die Möglichkeit das erstellte Konzept auch unabhängig vom Anwendungsbeispiel für andere Betriebe anzuwenden. Das Kennenlernen von einigen Software-Systemen (MS Office, ArcView GIS, SAS, AutoCad LT) stellte noch eine zusätzliche Bereicherung der Arbeit dar.

Für die im Zuge der Außenaufnahmen gewährte logistische und finanzielle Unterstützung, die familiäre Aufnahme und die Sorge um das leibliche Wohl sei der Familie Kleinszig hier nochmals herzlichst gedankt.

Bei den Außenaufnahmen selbst sei „meinem“ Team (Franz Unegg, „Piko“ Günther Kleinszig) für die unvergeßliche und kurzweilige Zeit und den unermüdlichen Einsatz gedankt.

Stellvertretend für die BFI St.Veit/Glan danke ich Herrn Dipl.-Ing. Herwig Pichler für die Unterstützung bei den Recherchen zur Geschichte des Wolschartwaldes und für das gezeigte Interesse.

Für die im Laufe der Auswertung erwiesene Unterstützung für Einweisung und Mitarbeit im Labor und die zahlreichen Hilfeleistungen den Computer betreffend sei Frau Ing. Monika Lex besonders gedankt. Bei Univ.Ass. Dipl.-Ing. Harald Vacik bedanke ich mich für die Unterstützung bei der Erstellung der GIS-Topologie sowie für Rat und Tat bei auftretenden EDV-Problemen.

Herrn Univ.Doz. tit.a.o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hans-Peter Lang sei für die kritische Durchsicht und Beurteilung der Arbeit gedankt.

Auch möchte ich mich noch bei all jenen bedanken, die mich durch Rat und Tat bei meiner Arbeit und im Studium unterstützt haben, hier jedoch nicht persönlich genannt werden.

Abschließend möchte ich meiner Familie, Mama, Papa, Günther, Silvia und Sabine, danken. MEINEN ELTERN für die selbstlose Unterstützung und die Geduld, die dieses Studium samt Abschluß erst ermöglichten. Ihre Erziehung und ihr gelebtes Vorbild werden auch für mein zukünftiges Handeln die Basis bilden. DER FAMILIE für den Rückhalt und den Zuspruch, aus dem ich immer wieder neue Motivation schöpfen konnte.

Dafür ein herzliches DANKE !!!

1 Einleitung und Problemdarstellung

Um die durch den Menschen jahrhundertlang für landwirtschaftliche Zwecke und den verstärkten Roh- und Brennstoffbedarf übernutzten Wälder und Waldstandorte in Mitteleuropa einer geregelten forstwirtschaftlichen Nutzung zuzuführen, wurden seit dem letzten Jahrhundert großflächig Reinbestände aus anspruchslosen Nadelbäumen begründet (LANG, 1994). Fichte und Kiefer wurden so zu den neuen Hauptbaumarten der Laubmischwaldstandorte der submontanen und montanen Stufe (KRAL, 1974). Durch ihre im Vergleich zu Eiche und Buche kürzeren Umtriebszeiten und die stärkere Nachfrage nach ihrem Holz festigten die Nadelhölzer ihre Marktposition. Eine Rückführung in Laubmischwälder wurde somit aus wirtschaftlichen Gründen meist nicht durchgeführt und damit wurde der Fortbestand der sekundären Fichten- (Kiefern-) bestände prolongiert (ZERBE, 1994).

Die negativen Folgewirkungen des großflächigen Reinanbaus der Fichte außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes wurden schon früh erkannt. Verschlechterung des Boden- und Humuszustandes und damit verbundene Zuwachsrückgänge und Labilisierung der Bestände nach der 2. und 3. Generation (WIEDEMANN, 1925; zit.n. KRAMER, 1988).

Eine Umsetzung dieser Erkenntnisse in waldbauliche Maßnahmen wurde meist jedoch aus den oben genannten wirtschaftlichen Gründen nicht durchgeführt. In neuester Zeit folgten noch Untersuchungen, welche die Vorteile von Mischbeständen wissenschaftlich untermauerten. OTTO (1986) betont die Faktoren Bodenverbesserung, günstige Wirkung auf den Wasserhaushalt, günstige Ertragsverhältnisse und höhere Stabilität der Bestände hinsichtlich Schnee, Sturm und biotischen Schädigungen.

Aber erst zu Beginn der neunziger Jahre, nachdem wiederholte und in zunehmenden Maße auftretende Kalamitäten aufgrund von Wind, Borkenkäfer und Schnee vor allem diese sekundären Fichtenbestände stark schädigten (KOHLROSS, 1993, SCHUH, 1991), wurde das Bemühen verstärkt, Fichtenbestände in Tieflagen auf Standorten, die als PNV im Sinne von TÜXEN (1956) von Buche und Eiche dominierte Waldgesellschaften aufweisen, in besser standortstaugliche Bestände umzuwandeln. Durch Szenarien einer anthropogen bedingten Klimaänderung wird die Diskussion um

solche waldbauliche Maßnahmen noch verstärkt (HEINING, 1996, ROLOFF, 1992, THOMASIU, 1991). Diese Szenarien gehen davon aus, daß aufgrund des zunehmenden Gehaltes der Atmosphäre an Treibhausgasen es zu einem Ansteigen der globalen Temperatur um bis zu 3.5 - 4.0 °C bis ins Jahr 2100 kommen könnte. Regionale Auswirkungen einer Klimaänderung sind momentan schwierig oder gar nicht prognostizierbar (HOUGHTON et al., 1996). Für Mitteleuropa wird mit einer Verringerung der Niederschlagsmenge bzw. einer Verschiebung der Niederschläge in das Winterhalbjahr gerechnet. Prognosen über die Geschwindigkeit und das Ausmaß einer solchen Klimaänderung sind hochgradig mit Unsicherheit verbunden.

Trotz aller Unsicherheiten, die mit diesen Aussagen verbunden sind, sollten sie bei langfristig wirksamen forstwirtschaftlichen Entscheidungen wie der Baumartenwahl nicht ignoriert werden. Bei Eintreten der Szenarien würde dies für unsere Wälder zwangsläufig grundlegend veränderte Umwelt- und somit Wachstumsbedingungen bedeuten. Die ökophysiologische Toleranz der verschiedenen Baumarten und damit der Bestände ist von eminenter Bedeutung für ihre Reaktion gegenüber Umweltveränderungen (THOMASIU, 1991). Für Bestände auf Standorten, auf denen es schon unter aktuellen Klimabedingungen zu periodischem Überschreiten der physiologischen Toleranzschwellen, insbesondere bei trockenstreßanfälligen Fichtenpopulationen, kommt, sollten diese Überlegungen eine Rolle bei der Verjüngungsplanung spielen. Aufgrund der langen Produktionszeiträume und Lebenszyklen unserer Waldbäume ist man mit einer schlechten Adaptionfähigkeit gegenüber Umweltveränderungen konfrontiert. Als Konsequenz solcher Szenarien könnte es bei einzelnen Baumarten zur Überschreitung der physiologischen Amplitude innerhalb einer Baumgeneration (Umtriebszeit) kommen (THOMASIU, 1991). In den betroffenen Beständen wäre mit erhöhter Mortalität (EBERT, 1995) und in weiterer Folge mit massiven betrieblichen Problemen zu rechnen.

Als Beispiel hiezu können die trockenen und warmen Sommer 1992 und 1993 herangezogen werden, die in submontanen sekundären Fichtenbeständen in den physiologischen Randbereichen dieser Baumart zu katastrophalen Kalamitäten geführt haben. So fielen allein im Bundesland Kärnten im Zeitraum 1992-1993 über 530.000 fm Borkenkäferschadholz an (LACKNER, 1997). In der gleichen Region fielen in den Wintermonaten Dezember 1995 und Jänner 1996 durch ein Naßschneereignis nochmals zusätzlich 850.000 fm Schadholz an. Um das Produktionsrisiko zu senken,

stehen ein Großteil dieser sekundären Fichtenbestände mittelfristig zur Umwandlung oder Überführung in an die standörtlichen Bedingungen besser angepasste Mischbestände heran (v. LÜPKE, 1993, ZERBE, 1994, RÖHLE, 1995). Im Zuge dieser Waldumbaumaßnahmen wird die Frage der Baumartenwahl für diese zukünftigen Bestände eine zentrale Bedeutung einnehmen.

Nach der „klassischen“ mitteleuropäischen Waldbaulehre (MAYER, 1992, LEIBUNDGUT, 1986) ist bei der Baumartenwahl die Frage nach der natürlichen Waldgesellschaft vorrangig. Daraus leiten sich die anbaufähigen (Standortseignung) und anbauwürdigen (Standorts- und Leistungseignung) Baumarten ab. Da diese „natürliche Waldgesellschaft“ auf dem überwiegenden Teil der Waldfläche nicht oder nur fragmentarisch vorhanden ist, wird die potentielle natürliche Waldgesellschaft als Basis für die Baumartenwahl herangezogen. Dabei handelt es sich um ein abstraktes Konstrukt derjenigen Vegetationszusammensetzung, die sich auf einem Standort unter heutigen Standortsbedingungen als Endpunkt der Vegetationsentwicklung einstellen würde, wenn der Mensch nicht mehr eingriffe (TÜXEN, 1956, KOWARIK, 1987).

ZERBE (1997), TIEFENBACHER (1996) und DENGLER (1992) zeigen die Problematik der potentiell natürlichen Vegetation (PNV) als waldbauliche Planungsgrundlage auf. Da der Zustand der aktuellen PNV nicht beobachtbar, sondern nur erschließbar ist, bleibt die Konstruktion der PNV immer mehr oder weniger mit Spekulationen behaftet. Auf Laubwaldstandorten prägt die Fichte das Bestandesklima dermaßen stark, daß sehr bald Pflanzenarten der natürlichen Fichtenwälder, teilweise von weit herkommend, das Vegetationsbild bestimmen (ELLENBERG, 1996). Konstruktionsgrundlagen, wie die zu berücksichtigenden anthropogenen Standortsveränderungen, lassen einen weiten Auslegungsspielraum zu. Eine Sukzession mit ihren möglichen Standorts- und Vegetationsveränderungen wird explizit ausgeschlossen. Die Bezugsflächen bei der Konstruktion der PNV stellen zwar naturnahe Waldbestände dar, diese sind allerdings in Mitteleuropa immer mehr oder weniger direkt oder indirekt anthropogen beeinflusst (ZERBE, 1997). Für waldbauliche Planungsaufgaben ist das „top down“ - Konzept, aus der heutigen PNV die Sensitivität von Baumarten in bezug auf veränderliche Umweltbedingungen abzuleiten, als nicht befriedigend anzusehen.

Die Baumartenwahl vollzieht sich für PETRI (1992) dermaßen, daß zuerst die individuellen Eigenschaften der Baumarten mit ihren Ansprüchen und ihrem Wachstum sowie die gegebenen Standortsverhältnisse mit ihren nachhaltigen Möglichkeiten und Grenzen erfaßt werden. Durch eine entsprechende Verknüpfung der Faktorenkomplexe soll ein Gedeihen der Wälder im biologischen Gleichgewicht gewährleistet werden, um darauf weitere wirtschaftliche Überlegungen aufbauen zu können.

Auch für DENGLER (1990) ist die erste und wichtigste Grundlage für die Baumartenwahl die ökologische. Die zu wählenden Baumarten müssen dem Standort angepaßt sein. Sie sollen die Standortkräfte ausnutzen, aber nicht erschöpfen und Bestände mit genügender Stabilität bilden. Die zweite Grundlage ist die ökonomische. Diese ist, was die Zukunft betrifft, weniger einschätzbar als die erste. Niemand kann voraussagen, welche Holzarten und Holzsortimente in Zukunft bevorzugt werden. Schließlich muß die Baumartenwahl neben solchen grundsätzlichen Erwägungen jedoch auch die betriebstechnischen Möglichkeiten im Auge haben, die für die Verwirklichung der Zielsetzung gegeben sind.

Eine Erhebung der standörtlichen Gegebenheiten gibt Aufschluß über die gegebenen Standortsverhältnisse und das Produktionspotential der Standorte. Sie vermittelt Hinweise über die Wachstumserwartungen der aktuellen und der standortgemäßen Vegetation. Daraus lassen sich die anzustrebenden Baumarten, ihre Möglichkeiten und Grenzen einschließlich des zu berücksichtigenden Anbaurisikos und damit die Frage der Produktionssicherheit ableiten (PETRI, 1992).

Angesichts der Unsicherheiten in bezug auf die zukünftigen Wachstumsbedingungen für die neu zu begründenden Bestände stellt die Baumartenwahl, die schon bisher für die Forstbetriebe zu den langfristigen und strategisch wichtigsten Entscheidungen gehörte (SPEIDEL, 1984), eine Entscheidung unter hochgradiger Unsicherheit dar. Sollen die betrieblichen Risiken in Fragen der Baumartenwahl analysiert und minimiert werden, stellt sich die Frage nach operationalen Methoden und Instrumenten zur waldbaulichen Planung und Entscheidungsfindung, mit denen die Baumarteneignung und das damit verbundene Risiko schon unter aktuellen klimatischen Bedingungen und den diesen immanenten periodisch auftretenden Extremen sowie unter veränderten klimatischen Bedingungen beurteilt werden kann.

2 Zielsetzung

Es wird nach einem induktiven Planungsansatz davon ausgegangen, daß für einen Forstbetrieb primär die Anbaueignung von Baumarten von Interesse ist und nicht abstrakte vegetationskundliche Formationen, wie sie die PNV darstellt. Dieser analytische Weg verlangt die explizite Kenntnis sowohl des Standortes als auch der Baumartenansprüche. Um die physiologische Eignung von Baumarten für einen bestimmten Standort beurteilen zu können, ist unter anderem die Sensitivität der Arten in bezug auf Klimaextreme sowie auf mögliche Umweltveränderungen zu analysieren. Ist die ökologische Eignung von einzelnen Baumarten für einen bestimmten Standort geklärt, können unter dem Gesichtspunkt der Soziabilität waldbaulich sinnvolle Mischungstypen zusammengestellt werden (SCHÜTZ, 1994).

Zur Analyse der Baumarteneignung wird anhand eines Beispielforstbetriebes versucht, ein klimasensitives statisches Eignungsmodell für Baumarten zu entwickeln. Anhand eines Beispiels wird sodann die Einsatzmöglichkeit des Modelles zur Beurteilung der Baumarteneignung sowie zur Abschätzung der Sensitivität in bezug auf Klimaextreme demonstriert. Zur Ergebnisdarstellung wird ein Geoinformationssystem (ArcView GIS) verwendet, anhand dessen die Ergebnisse mittels thematischer Karten dargestellt werden.

3 Erhebungsgebiet

3.1 Lage

Das Aufnahmegebiet, der Wolschartwald, liegt nordöstlich von St.Veit an der Glan in Kärnten. Begrenzt wird der Wolschartwald durch das Krappfeld im Norden, durch den Fluß Gurk im Osten und im Süden durch den Längsee. Daraus ergibt sich eine fast inselartige Lage des Wolschartwaldes in diesem Gebiet. Weiters befindet sich noch der Wallfahrtsort Maria Wolschart mit der gleichnamigen Kirche im nordöstlichen Teil des Wolschartwaldes (Abbildung 3-1). Geographisch gehört der Wolschartwald zum Klagenfurter Becken an dessen nördlichem Rand er liegt.

Das im Besitz der Familie Ing. H. Kleinszig befindliche Revier Wolschart umfaßt einen Großteil des Wolschartwaldes. Durch die Bundesstraße, welche von St.Veit nach Friesach führt, wird das Revier in einen West- und den größeren Ostteil geteilt, insgesamt umfaßt das Revier 250 ha. Der größte Teil des Revieres liegt auf einer Ebene in ca. 590 m Seehöhe. Diese Ebene wird nur durch sanfte Erhebungen (Kogel) unterbrochen, deren höchste der Leislingkogel (640 m) ist. Im Nordosten fällt das Revier über einige Terrassen zur Gurk hin ab und erreicht dort den tiefsten Revierpunkt (540 m).

Die Groberschließung des Revieres ist sehr gut. Auf eine weitere Feinerschließung mittels Rückewege konnte aufgrund der gegebenen günstigen Geländebedingungen verzichtet werden. Dennoch wird eine flächige Befahrung durch die Anlage von Rückegassen verhindert. Die Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz ist durch die durch das Revier führende Bundesstraße und durch die naheliegende Südbahnstrecke ideal.

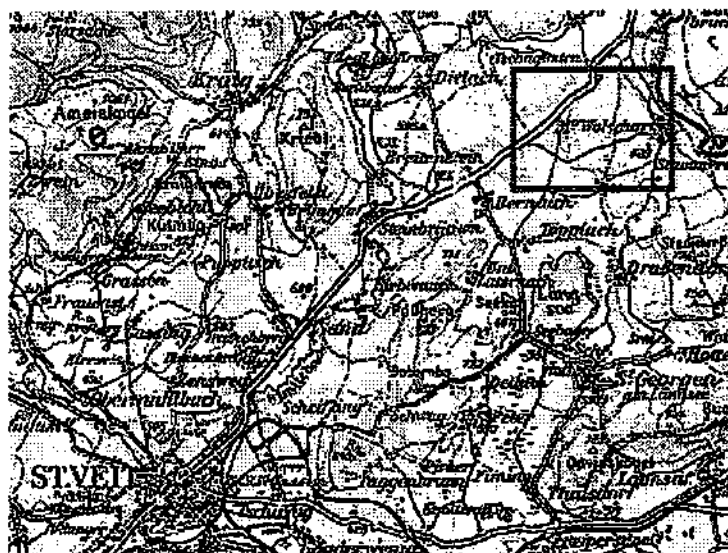


Abbildung 3-1. Lage des Aufnahmegebietes anhand eines Ausschnittes aus einer 1:100 000 Karte.

3.2 Klima

3.2.1 Allgemeine Charakteristik

Im Bereich St.Veit/Glan liegen klimatische Verhältnisse vor, die einen Übergang vom Klagenfurter Becken zu den Gurktaler Alpen, einem Teil des Klimagebietes der Norischen Alpen, darstellen (BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT, 1985). Im Klagenfurter Becken stehen tiefe Wintertemperaturen (Durchschnittstemperatur im Jänner um $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$), die durch Inversion charakterisiert sind, hohen Sommertemperaturen gegenüber. Auch vom Niederschlag her befinden wir uns im Übergangsbereich zwischen den niederschlagsarmen Norischen Alpen und dem regenreichen Süden des Landes. In den Beckenlagen sind sommerliche Trockenperioden häufig.

Um das Aufnahmegebiet klimatisch genauer charakterisieren zu können wurden die Angaben der nahe gelegenen Klimastation St.Veit/Glan (490 m) des Hydrographischen Dienstes in Österreich ausgewertet.

3.2.2 Niederschlag

Die Jahresniederschläge bewegten sich in den letzten 30 Jahren meist zwischen 850 und 950 mm, wobei in regenarmen Jahren die Untergrenze bei nur 650 bis 750 mm liegt, und in regenreichen Jahren auch Summen von knapp 1000 mm Niederschlag möglich sind. Im Dezenium 1981-1990 ist die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme im Vergleich zum Beobachtungszeitraum von 1961-1990 um 60 mm auf 778 mm, im Vergleich zum Beobachtungszeitraum von 1901-1990 sogar um 100 mm gesunken. Die Trendlinie in Abbildung 3-2 soll den Rückgang der jährlichen Niederschlagssummen verdeutlichen.

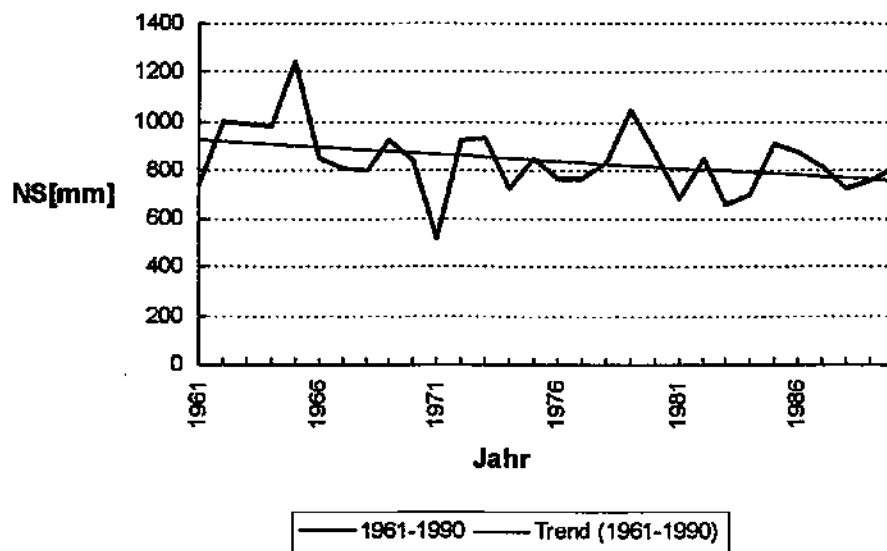


Abbildung 3-2. Jahressummen der Niederschläge der Station St.Veit/Glan (490 m) von 1961-1990. - (HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1961-1990).

Die höchsten Niederschlagsmengen fallen in den Monaten Juni, Juli und August mit jeweils ca. 100 (Maximum 160) mm (Abbildung 3-3), Starkregenereignisse treten meist aber erst von Ende August bis Oktober mit 45 bis 60 (Maximum 80) mm an einem Tag, auf. Mehr als die Hälfte des Jahresniederschlags fällt in der Vegetationszeit (Mai - September), im Dezenium 1981-1990 waren es im Durchschnitt 474 mm oder 61%. Durch diese Niederschlagsverteilung während des Jahres kann die insgesamt schon geringe Jahresniederschlagssumme etwas kompensiert werden. Im Jahre 1992 war dies allerdings nicht der Fall: Nur 338 mm oder 42% des Niederschlags in der Vegetationszeit bedeutete zusammen mit der hohen Jahresmitteltemperatur von 9.4 °C

den Beginn der Borkenkäferkalamitäten in den kollin-submontanen sekundären Fichtenwäldern im Kärntner Zentralraum.

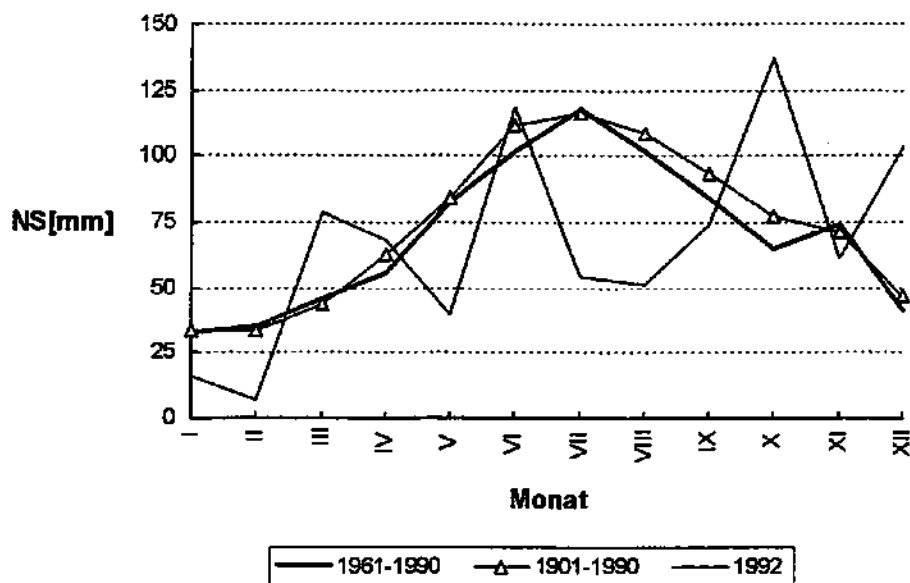


Abbildung 3-3. Monatssummen der Niederschläge der Station St.Veit/Glan (490 m) von 1901-1990, 1961-1990 und 1992. - (HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1901-1992).

Die Zahl der Gewitter- und Hagelereignisse im Klagenfurter Becken ist recht hoch und erreicht am Nordrand des Beckens im Bereich des Aufnahmegebietes im Juli ihr Maximum.

3.2.3 Temperatur

Die Temperaturverteilungen der Station St.Veit/Glan (490 m) geben den kontinentalen Klimaeinfluß wider. Tiefe Temperaturen in den Wintermonaten (bis -18.7 °C Tagesmittel) und hohe Temperaturen in den Sommermonaten ($+26.3\text{ °C}$ Tagesmittel) ergeben insgesamt hohe Jahresschwankungen. Durch die tiefen Wintertemperaturen infolge der Inversionslage wird auch das Jahresmittel der Lufttemperatur gedrückt. Das 30-jährige Jahrestemperaturmittel (1961-1990) liegt bei 8.1 °C , im Dezenium 1981-1990 lag es bei 8.3 °C . In den 90-er Jahren sind die Jahresmitteltemperaturen auf 8.4 bis 9.4 °C (1992) angestiegen. In Abbildung 3-4 wird die Entwicklung der

Jahresmitteltemperatur in den letzten 30 Jahren dargestellt, die Trendlinie soll den konstanten Temperaturanstieg in dieser Zeitspanne verdeutlichen.

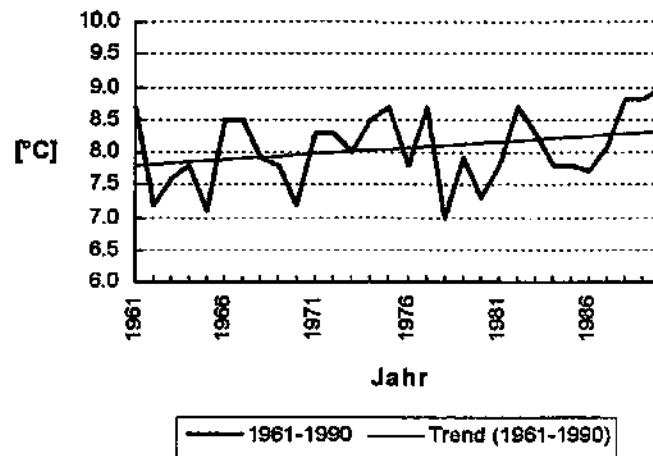


Abbildung 3-4. Jahresmittel der Lufttemperatur der Station St.Veit/Glan (490 m) von 1961-1990. - (HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1961-1990).

Der Bereich positiver Nettoprimärproduktion (NPP) der Vegetation kann im Anhalt an LARCHER (1973) ab Tagestemperaturen von $+5,5\text{ °C}$ definiert werden. Im Untersuchungsgebiet wird diese Schwelle an 207 bis 215, im Durchschnitt an 212 Tagen im Jahr überschritten.

Die Tallagen können ausgesprochene Frostlagen darstellen. Im Mittel tritt der erste Frost etwa Mitte Oktober, der letzte Frost etwa Mitte April auf, in extremen Jahren schon früher (Mitte September) bzw. noch später (Mitte Mai).

Die Monatsmitteltemperaturen des 30-jährigen Beobachtungszeitraumes (1961-1990) liegen in den Wintermonaten Dezember ($-2,7$), Jänner ($-4,0$) und Feber ($-1,4$) deutlich unter dem Gefrierpunkt was durch die Inversionslage und die kontinentale Klimatönung erklärt werden kann. Auch in den Monaten November und März können negative Monatsmittel auftreten. In den Sommermonaten Juni bis August liegen die Monatsmitteltemperaturen zwischen $17 - 19\text{ °C}$. In den 90-er Jahren kam es besonders in den Sommermonaten zu deutlich höheren Temperaturen, sodaß die Monatsmitteltemperaturen für Juli und August bei 20 °C und darüber liegen. In Abbildung 3-5 soll dies durch die Monatsmitteltemperaturen des Jahres 1992 im

Vergleich zu den Monatsmitteltemperaturen des 30-jährigen Mittels von 1960 - 1990 verdeutlicht werden.

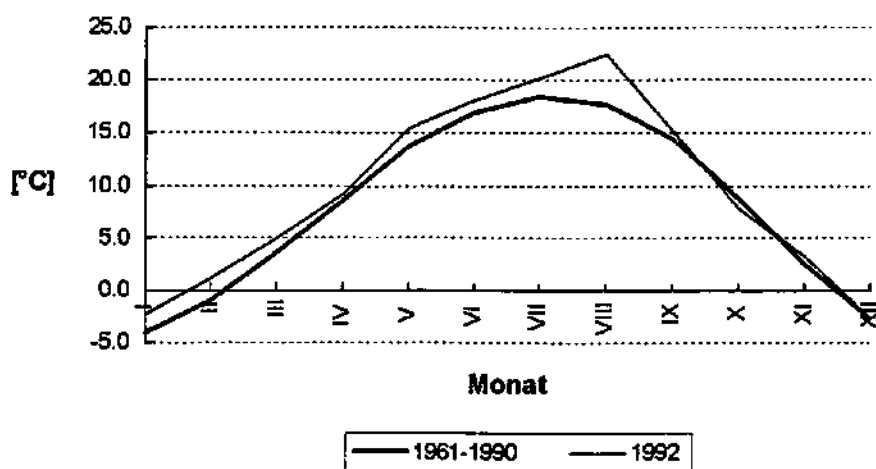


Abbildung 3-5. Monatsmittel der Lufttemperatur der Station St.Veit/Glan (490 m) von 1961-1990 und 1992. - (HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1961-1992).

3.2.4 Schnee und Wind

Im 30-jährigen Mittel beginnt die Schneebedeckung Ende November und endet Ende März, in Ausnahmefällen beginnt sie im Oktober oder endet Mitte Mai. Die Winterdecke (entspricht einer geschlossenen Schneedecke) selbst nimmt meist einen kürzeren Zeitraum als die Schneebedeckung ein, im Durchschnitt von Ende Dezember bis Mitte Feber.

Der Schnee spielte im Revier Wolschart bis zum Winter 1995/96 nur eine untergeordnete Rolle als Schadfaktor. Im 20-jährigen Mittel (1971-1990) betragen die durchschnittlichen maximalen täglichen Neuschneemengen 20 cm, die Extremereignisse erreichen tägliche Neuschneehöhen um 40 cm (Abbildung 3-6). Bei mehrtägigen extremen Neuschneereignissen werden Neuschneehöhen von 50 bis 65 cm erreicht. Wegen der undetaillierteren Aufzeichnung in den 60-er Jahren konnten diese Daten in der Analyse nicht berücksichtigt werden. Wenn man jedoch die Summe der Neuschneehöhen vergleicht, so kann man keine markanten Unterschiede feststellen, im 30(20)-jährigen Mittel sind es durchschnittlich 94 (90) cm an 17 (17) Tagen.

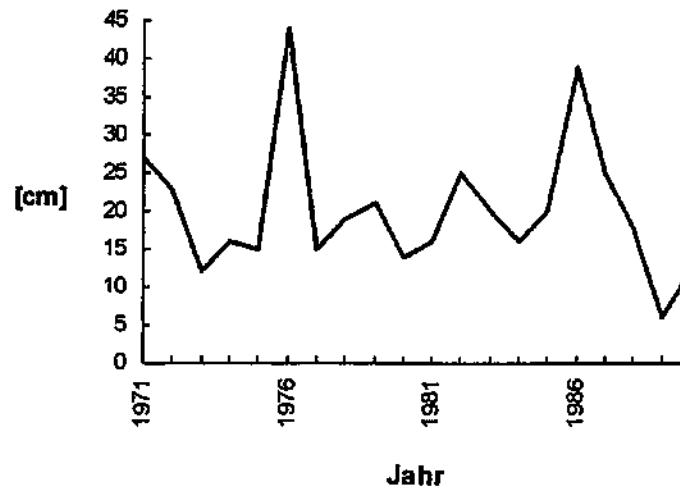


Abbildung 3-6. Maximale tägliche Neuschneehöhe der Station St.Veit/Glan (490 m) von 1971-1990. - (HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1961-1990).

Die meisten Winde im Herbst und Winter kommen aus nordöstlicher Richtung. Diese Winde transportieren auch die kalte kontinentale Luft in das Becken, aus der sich in weiterer Folge die Inversionen entwickeln (CONRAD, 1913). In Zeiten der Inversion herrscht fast Windstille. Regenbringende Winde kommen aus Nordwest und Südwest, wobei letztere regenreicher sind. Die Anzahl der Stürme ist gering, am häufigsten treten noch Frühjahrsstürme auf.

3.3 Geologie und Geomorphologie

Geologisch gehört das Aufnahmegebiet dem Altkristallin der östlichen Zentralzone an. Im Erdaltertum (vor ungefähr 300 Mio. Jahren) war es ein vom Meerwasser überflutetes Absenkungsgebiet. In dieses sind sandig-tonige Sedimente, die später zu Mergel und Kalken wurden, abgelagert worden. Der Hauptdolomit der Obertrias im Aufnahmegebiet ist auf diese Weise entstanden. Durch die einsetzende Gebirgsbildung in der Unterkreide- und Jungtertiärzeit kommt es zu Auffaltungen und Senkungen des Gebietes (BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT, 1985).

Im Quartär wird durch die einzelnen Eiszeiten und den damit verbundenen Gletschervorstößen und deren Abschürfungen und Ablagerungen das Gebiet geprägt. Vor allem die letzte Vereisung, die Würmvereisung, hinterließ im Aufnahmegebiet deutliche Spuren. Eine Gletscherzunge des Draugletschers reichte bis in den Raum Maria Wolschart und hinterließ eine eindrucksvolle Endmoränenlandschaft. Der Eisrückzug erfolgte in mehreren Etappen, wobei auf Perioden raschen Abschmelzens solche mit längerem Stillstand bzw. auch mit kurzem Vorstoß folgten. Der im Aufnahmegebiet vorhandene Moränenwall, die Eisrandterrasse und die Ablagerungen des Eisstauens sind ein Ergebnis dieser Vorgänge (BUNDESANSTALT FÜR BODENKUNDE, 1985). Die Grundmoränen, die Hänge und Verebnungen überziehen, bestehen aus silikatischen und kalkigen Geschieben unterschiedlicher Größe in einer dichten, kalkreichen Geschiebemergelpackung. Die Mächtigkeit mit der diese quartären Schotter den darunter anstehenden Hauptdolomit überdecken beträgt durchschnittlich 10 - 40 Meter (ANONYMUS, 1986).

Das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung sind teils entkalkte, teils kalkfreie Terrassensedimente, kalkige Moränenmaterialien und sowohl kalkige als auch kalkfreie See- und Beckentone. Laut Dr. VAN HUSEN (mündliche Mitteilung), der die Kartierungsarbeiten für die in Arbeit befindliche geologische Karte St. Veit durchgeführt hat (siehe Abbildung 3-7), ist die Grundmoräne feinstoffreicher als die Eisrandterrasse, was sich bei vorhandener Gründigkeit auf den Wasserhaushalt positiv auswirken kann. Der Hauptdolomit ist wegen seines Gehaltes an Magnesiumkarbonat (schwer löslich) ungünstiger in seinem Nährstoffgehalt bzw. in der Nährstoffverfügbarkeit als die quartären Schotter zu bezeichnen.

**Legende:****Quartär:**

13....Grundmoräne

13a...Moränenwall/Endmoräne

13v...Grundmoräne, verschwemmt

14a...Niederterrasse

14b...Eisrandterrasse, Staukörper am Eisrand

15a...Ablagerung des Eisstaus im Krappfeld

Trias der Gurktaier Decke:

36...Hauptdolomit-Formation

Abbildung 3-7. Ausschnitt aus der Manuskriptkarte der geologischen Karte St.Veit/Glan. - (GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT, 1997).

3.4 Böden

Zur ersten Orientierung kann man die Bodentypenkarte Österreichs heranziehen. Sie zeigt, welche Böden in welcher Landschaft im Einflußbereich welchen Grundgesteins vorkommen, welche Eigenschaften sie besitzen und welchen Entwicklungstrend sie haben.

Das Aufnahmegebiet liegt im Bereich der leichten Braunerden: Diese Braunerden treten auf den quartären (jungen) Tal- und Beckenfüllungen insbesondere auch im unmittelbaren Vorland von ehemaligen Gletschern auf. Ihre nachschaffende Kraft ist begrenzt. Sie können über verstärkte Versauerung podsolieren. Unter Nadelholzbestockung und Streunutzung sind diese Böden heute meist als degradierte Braunerden anzutreffen, die durch teils mächtige Auflagen gekennzeichnet sind. Sie besitzen eine nur mäßige Austausch- und mineralische Pufferkapazität, die besonders in den obersten Horizonten relativ rasch erschöpfbar ist (KRAPPENBAUER, 1991).

Bei den Außenaufnahmen wurden folgende Bodentypen im Erhebungsgebiet vorgefunden:

(a) Gruppe der Braunerden:

Die zu dieser Gruppe zählenden Böden sind durch Braunfärbung, geringmächtige A_h -Horizonte (5 - 20 cm) und einen allmählichen Übergang des Oberbodens in das Ausgangsmaterial (C) gekennzeichnet. Da sich Braunerden aus verschiedenem Ausgangsmaterial entwickeln können, prägt dieses neben dem Klima und der Vegetation den Charakter der jeweiligen Braunerde. Die Bodenart der Braunerden schwankt zwischen lehmigen Sand und tonigem Lehm.

Braunerden unter Wald sind nur dann stabil, wenn sich der Basenverlust durch Auswaschung und Entzug durch die Vegetation einerseits und Basennachlieferung durch Verwitterung und Mineralisation des Vegetationsabfalles andererseits die Waage halten. Bei Braunerden aus basenarmen Ausgangsmaterial (aktuelle $pH_{(H_2O)}$ -Werte im

A_n-Horizont: 4-5; C/N-Verhältnisse: 15-22) kommt dem Basenumlauf über den Bestandesabfall ganz besondere Bedeutung zu (REHFUESS, 1990). Ist hier die Nachlieferung gestört (Streuentzug, Auflagehumusbildung unter reinem Nadelwald), kommt es durch Basenverlust zu einem Absinken des pH-Wertes und zu einer verstärkten Lösungsverwitterung der Eisenoxide und in weiterer Folge zu einem Angriff auf die Tonminerale. Mit der Zeit entstehen gebleichte, mit blanken Mineralteilchen angereicherte, Eluvialhorizonte (E), sowie darunter die durch Humusausfällung und Eisen- und Aluminiumhydroxid-anlagerung entstehenden Anreicherungshorizonte (B_n und B_s). Diese als Podsolierungsprozesse bezeichneten Vorgänge können bei längerer Einwirkung zu einer kaum zu beseitigenden Degradation von Braunerden Richtung Semipodsol führen. Der Humustyp der basenarmen Braunerden ist regelmäßig Mull bis Moder. Es kann aber auch kurzzeitig bei Humusdegradation zur Bildung von rohhumusartigen Moder oder Rohhumus kommen. Damit wird allerdings meist eine Degradation eingeleitet. Nachfolgend sind die typischen Horizontfolgen für Braunerden und Semipodsol angeführt.

Braunerde

Horizontfolge: A_{n-biog/inf} - B_v - C

Podsolige Braunerde

Horizontfolge: A_{n-biog/inf} (E) - B_v - C

Semipodsol

Horizontfolge: A_{n-inf} (E) - B_v - C

(b) Gruppe der Pseudogleye

Für die Gruppe der Pseudogleye ist merkmalsprägend, daß sich über undurchlässigen oder schwerdurchlässigen Schichten Niederschlagswasser bzw. Sickerwasser staut. Da diese „Tagwasservernässung“ in enger Beziehung zur Niederschlagstätigkeit bzw. zur Wasserzufuhr von der Bodenoberfläche (Schneesmelze) steht, ist es verständlich, daß für Pseudogleye ein periodischer Wechsel von Stauvernässung und

normaler Durchfeuchtung oder Austrocknung charakteristisch ist. Durch Reduktions-, Oxidations- und auf geringe Distanzen wirksamen Verlagerungsvorgänge bilden sich grau bis rotbraun marmorierte Horizonte, die für Pseudogleye typisch sind.

Der typische Pseudogley besitzt ein vollständiges Stauzone-Staukörperprofil. Unter dem A_n - Horizont folgen die pseudovergleyten P- bzw. Eg - Horizonte der Stauzone (KRAPPENBAUER, 1991). Die Stauzone besitzt im oberen Teil eine hell- bis schmutziggraue oft bis hellolivbraune Färbung mit Punktkonkretionen. Letztere entstehen, wenn durch das Austrocknen des Bodens das im Wasser gelöste Eisen und Mangan wieder ausgefällt wird, wobei sich das oxidierte Eisen und Mangan an vorhandenen Konkretionen anlagert. Der an die Stauzone anschließende Staukörper hat eine rötlichbraune bis rostbraune Grundfarbe mit fahlen Bleichungsflecken (insgesamt als Marmorierung bezeichnet).

Die den Nutzungswert der Pseudogleye bestimmenden Eigenschaften sind der Wasser- und Lufthaushalt. Die zeitliche Dauer der Naß-, Feucht- und Trockenphasen hängt in erster Linie von der Wasserleitfähigkeit des Staukörpers, der Mächtigkeit der Stauzone und von der Geländeausformung ab. Die Naßphasen sind im Wurzelraum gekennzeichnet durch Sauerstoffarmut und kühle Temperaturen. Nur wenige Baumarten können Pseudogleye tief durchwurzeln, so z.B. die Schwarzerle, die Stieleiche, die Tanne und die Aspe. Baumarten mit besonders O_2 -bedürftigen Wurzeln wie die Fichte entwickeln dagegen flache Wurzelteller, die prädisponierende Wirkung bezüglich Windwurf und Trockenschäden haben, und die nährstoffreichen Bodenschichten nicht oder nur mangelhaft erschließen können. Daher vermögen nur standortsangepaßte Bestockungen das Produktionspotential von Pseudogleyen bei entsprechender Bewirtschaftung voll auszuschöpfen. So kann es bei Kahlstellung zu einer Hebung der Stauzone kommen. Nachfolgend ist die typische Horizontfolge für Pseudogleye angeführt.

Typischer Pseudogley

Horizontfolge: $A_{n-biog/inf}$ - P- S - C/D

(c) Gruppe der Rendzinen

Die in dieser Gruppe zusammengefaßten Bodentypen besitzen einen deutlich ausgeprägten A_h - Horizont unmittelbar über dem C-Horizont aus festem oder grobklastischem Gestein.

Rendzinen sind meist flachgründige Verwitterungsböden auf Kalkgestein, Dolomit und Gips mit verschiedenen Humusbildungen. Fast immer sind Rendzinen im gesamten Solum karbonathaltig und reagieren schwach bis mäßig alkalisch (pH 7.0-8.5). Die alkalische Bodenreaktion erschwert die Aufnahme von Eisen und Mangan wodurch manche Baumarten wie z.B. Roteiche und Douglasie große Schwierigkeiten haben, ihren Eisen- und Manganbedarf zu decken. Auch für Kiefer und Fichte trifft dies zum Teil zu. Die an alkalische Substrate angepaßten Baumarten wie Buche, Bergahorn, Esche, Bergulme, Traubeneiche und Winterlinde vermögen dagegen ihren Bedarf offensichtlich durch spezielles Aufnahmevermögen zu decken (REHFUESS, 1990). Infolge ihrer geringen Gründigkeit und der damit verbundenen geringen Wasserhaltefähigkeit sind Rendzinastandorte meist trockene Standorte. Rendzinen sind im allgemeinen sehr erosionsanfällig. Expositionsbedingt wechselt unter sonst gleichen Voraussetzungen der Ertrag und die natürliche Baumartenzusammensetzung relativ stark.

Rendzina

Horizontfolge: $A_{h-biog/inf}C - C$

(d) Gruppe der Auböden

Im Aubereich der Flüsse bringen die Hochwässer laufend Erosionsmaterial bzw. Gesteinszerreißel zur Ablagerung. Wegen der Lage in der Flußnähe schwankt der Grundwasserstand sowohl innerhalb eines Jahres als auch über längere Zeiträume hinweg viel stärker als bei den Gleyböden. Im Untersuchungsgebiet unterliegen die Auböden der beschriebenen Dynamik fast nicht mehr, da die Gurk in diesem Bereich durch einen Kraftwerksbau zu sehr beeinflußt ist. Unterbleibt nun diese Auflandung

ganz, sodaß eine Humusanreicherung fortschreitend möglich ist, entstehen graue Auböden, die sich in weiterer Folge durch Bodenbildungsprozesse zu verbrauchten Auböden entwickeln. Die typische Horizontfolge für einen verbrauchten Auböden wird nachfolgend dargestellt.

Verbrauchter Auböden

Horizontfolge: A_{h-biog} - $B(B_v)$ - C

3.5. Vegetation

3.5.1 Natürliche Waldgesellschaften

Das Untersuchungsgebiet liegt am nördlichen Rand des Wuchsgebietes 6.2 „Klagenfurter Becken“ (KILIAN et al., 1994). Unmittelbar nördlich daran anschließend liegt das Wuchsgébiet 3.2 „Östliche Zwischenalpen - Südteil“. In den Beckenlagen scheiden KILLIAN et al. (1994) zufolge frostempfindliche Baumarten wie die Tanne, und zum Teil auch die Buche, aus. Nach MAYER (1985) setzen sich für das Aufnahmegebiet die natürlichen Waldgesellschaften aus kollinen Eichenmischwäldern (Bodensaurer Kiefern-Stieleichenwald, Pino-Quercetum) und submontanen bodensauren Buchenwäldern (Silikat-Hainsimsen-Buchenwald, Luzulo Fagetum) zusammen.

Nach KILIAN et al. (1994) treten submontan folgende Waldgesellschaften auf: Bodensaure Eichenwälder mit Kiefer (Deschampsio flexuosae-Quercetum) über silikatischen und Eichen-Hainbuchenwälder (Helleboro nigri-Carpinetum) über karbonathältigen Substraten. Außerhalb der frostgefährdeten Inversionslagen auf silikatischem Gestein bodensaurer Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo nemorosae-Fagetum) mit Tanne, Fichte und Eiche, und auf Karbonatstandorten illyrischer Buchenwald (Hacquetio-Fagetum), Hopfenbuchen-Buchenwald (Ostryo-Fagetum) auf wärmebegünstigten, trockeneren Standorten. Schwarzerlen-Eschen-Auwald (z.B. Stellario bulbosae-Fraxinetum) an Bächen und quelligen Unterhängen.

3.5.2 Waldgeschichte

Anhand von bereits vorhandenen pollenanalytischen Untersuchungen in den Bezirken St.Veit/Glan und Murau stellt sich die Waldentwicklung folgendermaßen dar. Der letzte Eisvorstoß hatte 18.000 v. Chr. bereits seinen Höhepunkt erreicht. Im Bereich des Aufnahmegebietes ist der Zeitpunkt für das Eisfreiwerden mit dem 15. Jahrtausend vor Christus anzusetzen (FRITZ, 1972).

Um ungefähr 11.500 v. Chr. beginnt der älteste, überwiegend waldlose, zum Teil sogar baumlose spätglaziale Abschnitt und dauert ungefähr 1500 Jahre an. Die dominierende Vegetationsform war eine kräuterreiche (Artemisia-reiche) Grasflur mit nur geringer Beteiligung an Sträuchern. Unter den Baumpollen (BP) hat der Pollen der Kiefer noch die größte Bedeutung, während die Birke kaum eine Rolle spielt (SCHULTZE, 1974).

Im Alleröd (10.000 - 9.000 v. Chr.) beginnt nach einem kurzen Birken- und Zirbengipfel die Dominanz der Kiefer (Pinetum). Durch einen kurzen und kräftigen Klimarückschlag in der jüngeren Dryas (9.000 - 8250 v. Chr.) kommt es wieder zu einem kleinen Zirben- und Birkenvorstoß, was auf ein Absenken der Waldgrenze hindeutet. Zu einer völligen Entwaldung kommt es jedoch nicht mehr. Zu Beginn des Präboreals (8.250 - 7.700 v. Chr.) erreicht die Kiefer durch die Wiederbewaldung ihr Maximum und erste Spuren vom Eichenmischwald (EMW) in Form von Eiche und Ulme treten hier auf. Auch die Fichte tritt erstmals, wenn auch gering, ins Waldbild. Gegen Ende der Periode endet auch die Dominanz der Kiefer und die erste Massenausbreitung der Fichte (Picetum), begleitet von der Ulme, setzt ein. Im Boreal (7.700 - 5.800 v. Chr.) dominiert die Fichte, sie wird lediglich durch ein EMW-Hasel Doppelmaximum (Quercetum) eingeschnürt. Die Kiefer sinkt zu völliger Bedeutungslosigkeit ab.

Ab dem Präboreal unterscheiden sich die untersuchten südalpinen Profile von den zentralpinen und denen Mitteleuropas nördlich der Alpen darin, daß nicht der EMW und die Hasel, sondern die Fichte die Kiefernwälder des Spätglazials verdrängt (SCHULTZE, 1974).

Nach fortschreitender Unterwanderung der Fichtenwälder durch Buche und Tanne kommt es gegen Ende des Atlantikums (5.800 - 3.000 v. Chr.) zur Ausbildung eines montanen Abieti - Fagetums (KRAL, 1974), die Fichte ist aber noch immer an der Waldzusammensetzung beteiligt. Im Subboreal (3.000 - 500 v. Chr.) setzt sich die Buche gegen Fichte und Tanne noch stärker durch und weitet damit das Abieti - Fagetum Verbreitungsgebiet aus. Auch zu Beginn des Subatlantikums (500 v. Chr. - jetzt) beherrscht das Abieti - Fagetum die montanen Lagen, der Fichtenanteil wird zugunsten von Buche (natürliche Verbuchung) und Tanne nochmals geringer. Ab dem jüngeren Subatlantikum (300 n. Chr.) kommt es zu einem klimatisch bedingten (z. B. kontinentale Winterkälte) leichten Rückgang von Buche und Tanne zugunsten der Fichte (KRAL, 1972).

Diese natürlichen Veränderungen werden durch den zunehmenden Einfluß des Menschen zum Teil sehr erheblich verstärkt. Es kommt in der submontanen und montanen Stufe zu einem Rückgang der Buche und Tanne und einer entsprechenden Ausbreitung der Fichte (KRAL, 1974). Die anthropogene Förderung der Fichte erfolgte zuerst indirekt, da sie sich auf Kahlschlägen von selbst verjüngte. Erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts kam es durch künstliche Verjüngung (Pflanzung, Saat) zu einer Erhöhung des Fichtenanteils.

3.6 Forstgeschichte

Der Wolschartwald hat eine Gesamtfläche von 350 ha, wovon 250 ha seit drei Generationen im Besitz der Familie Kleinszig sind. Davor war der Wolschartwald Jagdgebiet der Grafen Khevenhüller und Egger. Das Gebiet war ehemals mit Kiefern-Eichenwäldern bestockt. Seit 2-3 Umtrieben (Umtriebsalter 80 Jahre) stocken Fichtenmonokulturen mit einem geringen Kiefernanteil (ANONYMUS, 1961).

Aus dem Jahr 1892 datiert das erste Auftreten der Nonne (*Lymantria monacha*) in diesem Gebiet. In den Jahren 1927 bis 1933 verursachte eine Massenvermehrung der Nonne Kahlfraß in Altbeständen auf insgesamt 143 ha (Holzanfall ca. 35.000 fm). In der Folge kam es zu einem Sekundärbefall durch Borkenkäfer, insbesondere Ips

typographus und Pytiogenes chalcographus. Ab 1932 erfolgte die Aufforstung der Kahlfächen mit Fichte und Unterbau von Lupine.

Im Jahre 1948 wurde erstmalig die kleine Fichtenblattwespe (*Pristiphora abietina*) in diesem Gebiet beobachtet und vermehrte sich derart stark, daß schon 1950 große Schäden entstanden. Im Mai 1951 wurde auf einer Fläche von rund 63 ha eine chemische Bekämpfung mit den Insektenbekämpfungsmitteln Gesarol und Gesarol+Gamma mittels eines Motorzerstäubers „Sulfia 4“ durchgeführt. Der Erfolg der Bekämpfung war gut und so konnte 1952 eine starke Abnahme der kl. Fichtenblattwespe beobachtet werden. Durch Schadereignisse in den Jahren 1946 bis 1950 und Sekundärbefall nach der kleinen Fichtenblattwespe machten sich auch hier wieder die Borkenkäfer *Ips typographus* und *Pytiogenes chalcographus* bemerkbar. Als Vorbeugemaßnahmen gegen Schadinsekten wurden im Jahre 1959 versuchsweise Nistkästen für Höhlenbrüter, besonders Meisen, angebracht (ANONYMUS, 1960). Nachdem diese gut angenommen und bebrütet wurden, erhöhte man die Zahl der Nistkästen auf insgesamt ca. 400, die noch heute kontrolliert und gepflegt werden.

Anfang der 90-iger Jahre drohten die Borkenkäferkalamitäten des Mittel- und Unterkämtner Raumes auch auf das Revier Wolschart überzugreifen. Durch eine konsequente Waldhygiene konnte man den Schaden jedoch in Grenzen halten. Im Winter 95/96 kam es durch ein Naßschneeereignis zu starken Schneebruchschäden. Vor allem die 2. und 3. Altersklasse war davon betroffen, es mußten an die 35.000 Wipfel aus Waldhygienegründen aufgearbeitet werden. Der Holzanfall, hauptsächlich schwache Sortimenten, belief sich insgesamt auf ca. 10.000 fm. Im Frühjahr 1997 kommt es im Klagenfurter Becken zu einem Massenaufreten der gemeinen Kiefernbuschhornblattwespe (*Diprion pini*), sodaß die zahlreich in diesem Raum vorkommenden Kiefernbestände stark in Mitleidenschaft gezogen werden.

Die Bewirtschaftung des Revieres erfolgt schlagweise, mit einem Umtriebsalter von 80 - 90 Jahren. Seit Beginn der 50-iger Jahre wird verstärkt an der natürlichen Verjüngung der Bestände, mit einem Verjüngungszeitraum von 10 Jahren, gearbeitet. Auch die Baumartenzusammensetzung wurde wegen der immer wieder auftretenden Kalamitäten überdacht und mit 65% Fichte, 15% Kiefer, 10% Lärche und 10% Buche und sonstiges

Laubholz als für den zukünftigen Waldbestand anzustrebend angegeben (ANONYMUS, 1949). Erreicht wurde diese Baumartenzusammensetzung jedoch nie. Eine Ausnahme bei der Verjüngung waren Kahlflächen, meist aufgrund von Kalamitäten entstanden, die sofort wieder künstlich begründet wurden, wobei seit Beginn der 90-iger Jahre auch verstärkt mit der Einbringung von Laubhölzern (Bergahorn, Esche, Stieleiche, Roteiche, Kirsche, Buche), in Einzel- oder Gruppenmischung, gearbeitet wird. Bis aus den ungesicherten Kulturen gesicherte entstehen, erfolgt 1 - 2 mal jährlich ein Ausschneiden der Pflanzen und zusätzlich ein Schutz gegen Sommer- und Winterwildverbiß (gilt für Fichte, die Laubhölzer werden durch Einzelschutz geschützt). Läuterungen und Durchforstungen dienen der weiteren Pflege und Mischwalderhaltung, wobei letztere bei einem heutigen, mit dem Jahre 1949 identen, Fichtenanteil von 95 % (4 % Kiefer, 1 % „Sonstige“: Stieleiche, Birke, Esche, Salweide, Lärche, Eberesche, Tanne) wohl nicht sehr erfolgreich war bzw. bisher nicht sehr ernst genommen wurde.

4 Material und Methoden

4.1 Datenerhebung im Gelände

Die Datenerhebung im Gelände entspricht den „Richtlinien zur Waldbodenuntersuchung“ (BLUM et al., 1989) wobei ein eigens auf die vorher festgelegten Aufnahmemerkmale abgestimmtes Aufnahmeformular entworfen wurde (siehe Anhang). Im Rahmen einer umfassenden Befunderhebung wurden im Gelände Standorts- und Bestandesmerkmale erhoben. In dieser Arbeit werden in weiterer Folge nur die Standortmerkmale detailliert behandelt. Die Erhebung und Analyse der Bestandesmerkmale werden an anderer Stelle beschrieben (UNEGG, in Vorbereitung).

4.1.1 Stichprobenraster

Als Auswahlverfahren der Aufnahmepunkte wurde die systematische Stichprobe gewählt. Ausschlaggebend hierfür war die Zufälligkeit der Lage der Probepunkte in bezug auf ökologische Gegebenheiten, die Verwendbarkeit für Analyse- und Auswerteverfahren sowie die Einfachheit der Handhabung. Dafür mußte in Kauf genommen werden, daß kleinräumig auftretende standörtliche Merkmale eventuell nicht oder überrepräsentativ erfaßt wurden. Um eine ausreichende Charakterisierung des Geländes bezüglich der Aufnahmeparameter zu erhalten, wurde über die Aufnahmekarte (Maßstab 1:5000) ein 80 x 80 Meter Raster in Nord-Süd-Richtung gelegt (siehe Anhang). Eine Stichprobe repräsentiert somit 0.64 ha Waldfläche. Die Nummerierung der Stichprobenpunkte erfolgte nach zweistelligen Spalten- und Zeilennummern. Auf diesen Stichprobenpunkten wurden die Standortmerkmale erhoben. Auf jedem zweiten Punkt wurden Boden- und Humusproben geworben, die in weiterer Folge im Labor des Waldbau - Institutes analysiert wurden.

Das Aufsuchen der Stichprobenpunkte im Gelände erfolgte mittels SUUNTO - Bussole und Schrittmaß. Es wurden nur Stichprobenpunkte erhoben, die auf Waldfläche fielen.

Insgesamt wurden 387 Stichproben beprobt, davon auf 191 Boden- und Humusproben geworben.

4.1.2 Allgemeine Standortparameter

Zur Beschreibung des Aufnahmegebietes wurden allgemeine und spezielle Standortparameter erhoben (BLUM et al., 1989), die in Tabelle 4-1 angeführt werden.

Tabelle 4-1. Charakterisierung der erhobenen Standortparameter (nach BLUM et al., 1989).

Standortparameter	Aufnahmeart	Charakterisierung
Seehöhe	in Meter, mittels Höhenmesser Thommen 4000	Seehöhe über dem Meeresniveau
Hangneigung	in %, mittels Suunto Gefällsmesser	durchschnittliche Hangneigung
Exposition	in gon lt. Suunto Bussole bzw. wenn Neigung ≤ 5 %, dann eben	Neigungsrichtung der Geländeform, wobei Kleinrelief nicht berücksichtigt wird
Geländeform	Ebene, Verebnung, Talboden, Terrasse, Platte, Wanne, Graben, Oberhang, Unterhang, Mittelhang, Kuppe, Rücken, Riedel, Wall, Hangfuß.	Reliefunterschiede von mind. 3 m Höhendifferenz
Kleinrelief	ausgeglichen, unruhig, Rinnen - Gräben, Buckel - Schichtköpfe, Blockflur	Geländeformen von weniger als 3 m Höhendifferenz
Geologie	lt. geolog. Karte bzw. lt. Gelände, wenn anstehendes Grundgestein vorhanden ist	bildet das Ausgangssubstrat für die Bodenbildung
Altersklasse	erfolgt über Jahringzählung an frischen Stöcken bzw. durch Bohrung in Stockhöhe	wird an herrschenden Bäumen durchgeführt, in Mischbeständen sind Altersunterschiede zwischen den Baumarten zu berücksichtigen
Überschirmung	in % geschätzt	Anteil der überschirmten Bestandesfläche, bei mehrschichtigen Beständen ist der Schluß der gedachten Kronenprojektion zu beurteilen
Randeinfluß	ja/nein	als Bestandesrand gilt der Rand der Befundeinheit, wenn die Vegetation auf der benachbarten Fläche niedriger als $\frac{1}{4}$ der Oberhöhe auf der Befundeinheit ist.
Bodenprobe	ja/nein	ja, wenn Punktnummer ein Vielfaches von 2 ist

4.1.3 Bodenkundliche Parameter

Das Schwergewicht der Standortsaufnahmen lag in der Ansprache der Mineralboden- und Humuseigenschaften (Tabelle 4-2), die an die Ausführungen der Arbeitsgruppe Bodenuntersuchung der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft angelehnt wurde (BLUM et al., 1989).

Tabelle 4-2. Charakterisierung der erhobenen Humus- und Mineralbodeneigenschaften (nach BLUM et al., 1989).

Merkmal	Aufnahmeart	Charakterisierung
Humusaufgabe		hat mehr als 30% organische Masse in der Trockenmasse, dies entspricht ca. 40 - 50 Volumsprozent
Horizontierung	lt. Aufnahmeanleitung, werden durch Buchstabensymbole (L, F, H) bezeichnet	aufgrund verschiedener Humustextur und verschiedenen Humusgefüges makroskopisch trennbare Bereiche des Humusprofils
Horizontmächtigkeit	in cm	
Ausgangsmaterial	Gras, Streu (Nadel und/oder Laub)	Ausgangsmaterial für die Humusbildung
Lagerung	locker, verklebt, schichtig, brechbar, bröckelig, kompakt	Lagerungsart der Bestandteile des Humus
Schmierigkeit	ja/nein	nur beim H - Horizont möglich, wenn ja, so deutet dies auf Wassereinfluß hin
Mineralboden		hat weniger als 30% organische Masse in der Trockenmasse
pedogenetischer Horizont	siehe REHFUESS, 1990	siehe REHFUESS, 1990
Horizontmächtigkeit	in cm	
Bodenart	mit der Fingerprobe lt. Aufnahmeanleitung	Korngrößenzusammensetzung des mineralischen Feinbodenmaterials ($\varnothing < 2$ mm),
Skelettgehalt	in %, gemäß Tafel zur Abschätzung des Skelettgehaltes	Anteil der Bodenfraktion $\varnothing > 2$ mm
Fleckung	nach Bleich- und Rostflecken getrennt	werden jeweils nach Häufigkeit (mittels Grobskelettschätztafel) und Kontrast angesprochen
Karbonate	ja/nein	ja, wenn bei Feldschnelltest (10-%ige HCl) der Feinboden braust, dann ist Boden kalkhaltig

Zusätzlich zu diesen Bodenansprachen wurde der Boden in fixe Horizontstufen zu je 10 cm gegliedert und bis in eine Tiefe von 30 cm nochmals bezüglich der Merkmale

Mächtigkeit (falls nicht 10 cm), Bodenart, Grobskelett und Durchwurzelung (Anzahl der Feinwurzeln, $\varnothing < 2 \text{ mm}$, je dm^2) angesprochen.

Im Zuge der Außenarbeiten wurde von jedem zweiten Aufnahmepunkt eine Humus- und Mineralbodenprobe gewonnen. Die Probenwerbung erfolgte mit Hilfe eines Spatenstichs, sodaß Profile von mindestens 30 cm Tiefe zur Verfügung standen. Die sich auf dem Profil befindende Humusauflage wurde abgezogen, mit Humusproben aus einem Meter Umgebung um den Aufnahmepunkt ergänzt, zu einer Mischprobe vermengt und in Plastiksäcke abgefüllt und beschriftet. Die Mineralbodenprobe wurde aus dem obersten Mineralbodenhorizont (0 - 10 cm) gewonnen. Dabei wurden von den Profilwänden Proben gewonnen, die dann zu einer Mischprobe vereinigt und ebenfalls in Plastiksäcke abgefüllt und beschriftet wurden.

4.1.4 Vegetation

Die Vegetation wurde hinsichtlich der Kraut-, Gras- und Moosschicht auf einer Fläche von ca. 150 m^2 im Umkreis des Stichprobenpunktes beurteilt. Neben dem Namen der Art war der Wert für die Kombination aus Abundanz (Häufigkeit) - Dominanz (Deckungsgrad) nach der Skala von Braun - Blanquet anzugeben (Tabelle 4-3). Abgeschlossen wurde die Vegetationsaufnahme mit dem Anschätzen des Gesamtbegrünungsgrades (in %).

Tabelle 4-3. Kombinierte Schätzung von Abundanz - Dominanz von Braun - Blanquet (nach BLUM et al., 1989).

Symbol	Abundanz - Dominanz
+	spärlich vorhanden, geringer Deckungsgrad
1	reichlich vorhanden, aber geringer Deckungsgrad
2	sehr zahlreich oder mindestens $\frac{1}{20}$ der Aufnahmefläche deckend
3	$\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ der Aufnahmefläche deckend
4	$\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ der Aufnahmefläche deckend
5	mehr als $\frac{3}{4}$ der Fläche deckend

4.2 Labormethoden

Die Bodenproben wurden in einem kühlen und dunklen Raum zwischengelagert, während und nach Beendigung der Außenaufnahmen nach Wien transportiert und im Institutskühlraum bis zur weiteren Bearbeitung gelagert. Um mögliche unerwünschte Reaktionen zu verhindern, wurden die Humusproben vorher noch bei 55 °C 24 Stunden lang getrocknet und mit geöffneten Säcken im Kühlraum gelagert.

4.2.1 Probenaufbereitung

Die bereits getrockneten Humusproben und die Mineralbodenproben wurden von vorhandenen pflanzlichen Resten (Gräser, Wurzeln, Aststücken) und Steinen gesäubert. Anschließend wurde das gereinigte organische Material mit einem 2 mm - Sieb gesiebt.

Für die pH-Wert Messung wurde vom Humusmaterial mit Hilfe einer Waage (Sartorius Excellence E 2000 D) 5 g bzw. beim Mineralbodenmaterial 10 g eingewogen und in die für die Messungen vorgesehenen Gläser abgefüllt. Der Rest wurde wieder in den Plastiksäcken versorgt.

Für die CN-Analyse wurden die gesiebten Auflagen noch zusätzlich mit einer Kugelmühle gemahlen und in Gläser abgefüllt. Vor dem Abwägen wurden die Proben nochmals bei 55 °C getrocknet und anschließend zum Abkühlen in den Exsikkator gegeben. Mit Hilfe einer Waage (Sartorius Research P 200 D) wurden 3 - 5 mg eingewogen, in Zinn-Behälter abgefüllt, für die Beschickung des Analysegerätes präpariert und im Exsikkator zwischengelagert. Die Mineralbodenproben mußten vor Beschickung der Kugelmühle 24 Stunden lang bei 55 °C getrocknet werden. Die restlichen Arbeitsschritte sind mit der Aufbereitung der Humusproben ident.

4.2.2 Chemische Analysen

Für die Bodenproben erfolgten die nachstehend angeführten Analysen:

4.2.2.1 Labormessung von pH (H₂O) und pH (KCl):

Anschließend an die Probenaufbereitung wurde mit der Herstellung von Suspensionen für die Messungen der pH-Werte mit dem pH-Meter „WTW pH 192“ begonnen. Zu je 10 g lufttrockenem Mineralboden (bzw. 5 g Humusboden) wurden 25 ml H₂O bzw. 25 ml 0,01 molare KCl-Lösung gegeben (ULRICH et al., 1984). Die Proben wurden aufgeschüttelt und blieben über Nacht stehen. Nach nochmaligem Aufschütteln der Proben und nach Absetzen des Bodens wurde der pH-Wert mit einer Glaselektrode gemessen. Zuvor wurde die Glaselektrode im entsprechenden Meßbereich mit Pufferlösungen (pH-Wert 3 und 7) kalibriert.

4.2.2.2 Bestimmung des Gesamtkohlenstoff- und Gesamtstickstoffgehaltes:

Nach erfolgter Probenaufbereitung wurde der CHN-Analyser „Perkin Elmer 2400 Series II“ mit den vorbereiteten, im Exsikkator gelagerten Proben beschickt. Bis auf einzelne Kontrollwiederholungen wurde jede Probe nur einfach analysiert. Nach jeder zehnten Probe wurde zur Kontrolle der Messungen eine Standardprobe (Acetanilid) oder ein Referenzmaterial (BCR Reference Material No. 100 Beech leaves oder GBW 07402 soil) zwischengeschaltet. Die Kalibrierung des Gerätes erfolgte immer vor der Beschickung mit den Proben und wurde mit Blindwerten und Bezugsproben (Acetanilid) durchgeführt.

Insgesamt wurden je 191 Mineral- und Humusproben nach zwei Aufschlußvarianten (H₂O, KCl) auf ihre pH-Werte untersucht. Die C/N - Analyse wurde bei je 96 Mineral- und Humusproben durchgeführt.

4.3 Ökophysiologische Ansprüche von Baumarten

Für die Wahl von Baumarten auf einem bestimmten Standort ist die Standortseignung entscheidend. Diese Standortseignung ist von der Befriedigung der jeweiligen physiologischen Bedürfnisse der Baumarten bezüglich Wärme, Wasser- und Nährstoffversorgung durch Klima und Bodeneigenschaften abhängig (KRAMER, 1988). In Anlehnung an KRAMER werden drei Faktorgruppen unterschieden, welche die ökophysiologisch bestimmenden Standortsfaktoren beinhalten sollen. Da einerseits der Erhebungsaufwand und damit der Modellinput so gering wie möglich gehalten werden soll und andererseits die Faktorengruppen dennoch ausreichend charakterisiert werden sollen, gilt es, die drei Faktorengruppen Wärme- (T), Wasser- (W) und Nährstoffversorgung (N) jeweils anhand von wenigen charakteristischen Parametern zu beschreiben. Mittels einer Literaturrecherche wurde versucht, die aussagekräftigsten Parameter, die diese Faktorengruppen unter den vorangestellten Bedingungen charakterisieren, zu ermitteln.

Für die Faktorgruppe Temperaturverhältnisse erschien es nach Durchsicht der Literatur als notwendig, sowohl die durchschnittlichen Temperaturverhältnisse während der Vegetationsperiode als auch allfällige Temperaturextreme zu berücksichtigen. Aufgrund dieser Überlegungen wurden zur Charakterisierung der Faktorgruppe Temperatur die bioklimatischen Parameter „Jahrestemperatursumme“ und die „Winterminimumtemperatur“ gewählt.

Für die Charakterisierung der Wasserversorgung wurde von der Verwendung der üblichen gutachtlichen Ansprache dieser wichtigen Standortseigenschaft Abstand genommen. Die Begründung für dieses Vorgehen liegt in der statischen Natur der gutachtlichen Ansprache. Da eine Vorgabe der vorliegenden Arbeit in der expliziten Berücksichtigung von klimatischen Einflüssen besteht, wurde ein aus einer standortsspezifischen Wasserbilanz abzuleitender Indikator zur Charakterisierung der Wasserversorgung gewählt. Zusätzlich sollte der für viele Baumarten relevante Effekt von Wechselfeuchte berücksichtigt werden.

Zur Beurteilung der Nährstoffversorgung sollte im vorliegenden Ansatz nicht ausschließlich auf hoch aggregierte Indikatoren wie zum Beispiel den Vegetationstyp zurückgegriffen werden. Vielmehr sollten auch bodenchemische Parameter zur Beurteilung der Nährstoffversorgung Verwendung finden.

In Tabelle 4-4 sind die zur Charakterisierung der Standortverhältnisse ausgewählten Parameter angeführt.

Tabelle 4-4. Charakterisierung der zur Beurteilung der Baumarteneignung verwendeten Standortparameter.

Faktor	Parameter	Charakterisierung
T	Growing Degree Days (GDD)	Jahrestemperatursumme über 5.5 °C, Bereich positiver Nettophotosynthese
	Winterfrost (WF)	kältestes Monatsmittel der Lufttemperatur der Monate Dezember - Februar, Frosthärte der Baumarten
W	Soil Moisture Index (SMI) Wasserversorgungsindikator	relatives Wasserdefizit in der Vegetationsperiode (> 5.5 °C), Trockenstreißindikator
	Pseudovergleyung	Vermögen, Wechselfeuchte tolerieren zu können
N	pH-Wert (Mineralboden)	Indikator für das Puffervermögen des Mineralbodens und die Nährstoffverfügbarkeit
	C/N-Verhältnis (Mineralboden)	Indikator für die Umsetzungsdynamik im Mineralboden und die Nährstoffversorgung
	Gründigkeit	setzen das Potential für den Wurzelhorizont
	Bodenart, Grobskelett	der Baumarten

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit genügte es nicht, lediglich die physiologischen Limits der Baumarten in bezug auf Temperaturansprüche, Wasser- und Nährstoffversorgung zu definieren. Innerhalb der definierten Limits sollte auch der Effekt der Standortfaktoren auf die Eignung plausibel und durch Literaturangaben sowie Expertenwissen gestützt beschrieben werden. Innerhalb jeder Faktorengruppe soll die Eignung von Baumarten in bezug auf einzelne Standortfaktoren zwischen 0 und 1 bewertet werden. 0 bedeutet dabei den Ausschluß der Baumart, 1 optimale Eignung. Zu beachten ist, daß die Eignung jeweils für eine Gesamtspecies angesprochen wird, da die unterschiedlichen Ansprüche von Lokalrassen noch weitgehend unbekannt sind. Aufbauend auf diese Überlegungen wurde in einer intensiven Literaturrecherche relevantes Wissen über die physiologischen Ansprüche und Limits von Baumarten bezüglich der in Tabelle 4-4 genannten Standortparameter

gesammelt. Das Ergebnis dieser Recherche wird in den folgenden Abschnitten dargelegt. Als schwierig erwies sich die Umlegung der Ansprüche, die meist in qualitativer Form beschrieben sind, in quantitative Werte. In vielen einschlägigen Darstellungen wird für die meisten Baumarten bemerkt, sie bevorzugen tiefgründige, frische, nährstoffreiche Standorte (u.a. MAYER, 1992, DENGLER, 1990). Nur für die mitteleuropäischen Hauptbaumarten Fichte, Tanne, Buche und „Exoten“ wie Douglasie konnten die benötigten detaillierteren Angaben meistens gefunden werden. Die übrigen Baumarten mußten meist relativ dazu gereiht werden.

4.3.1 Temperaturverhältnisse

Eine ausreichende Beschreibung der Temperaturverhältnisse eines Standortes wird durch die Parameter „Growing Degree Days“ und „Winterfrost“ versucht.

Die Wärmeverhältnisse eines Standortes haben große Bedeutung für die Wachstumsvorgänge und als Folge davon für die Holzproduktion. Ab einem Schwellenwert von durchschnittlich 5.5 °C wird bei mitteleuropäischen Baumarten der Bereich positiver Nettoprimärproduktion erreicht (LARCHER, 1995). Durch Verwendung des Parameters „Growing Degree Days“ (GDD), der die Jahrestemperatursumme über einem Schwellenwert (5.5 °C) charakterisiert, werden die Temperaturverhältnisse während der Vegetationsperiode beschrieben (FELBERMEIER, 1994).

Als Eingangsdaten zur Berechnung der aktuellen GDD-Werte für jeden Stichprobenpunkt wurden Monatsmittel der Lufttemperatur sowie die Neigung und Exposition des Stichprobenpunktes benötigt (Näheres siehe Kap. 4.4.4).

Die Beziehung zwischen der Nettoprimärproduktion von Pflanzen und der Temperatur kann mit einer Parabel (LARCHER, 1995, BOTKIN, 1993) beschrieben werden. Dies hat den Vorteil, daß bei Vorliegen von Information zu den Eignungsgrenzen sowie des Optimumbereiches die Wirkungsfunktionen sehr einfach parametrisiert werden können. Somit wird auch in dieser Arbeit der Effekt des Parameters „GDD“ auf die

Baumarteneignung mit Hilfe von Parabeln (1) beschrieben. Als Eingangsparameter für die Berechnung der Eignung in Bezug auf den Parameter „GDD“ werden die baumartenspezifischen Grenzwerte (GDD_{MIN} , GDD_{MAX}) und der aktuelle GDD-Wert benötigt. Die Werte von GDD_{MIN} und GDD_{MAX} charakterisieren die physiologische Amplitude der Baumarten.

$$E_{GDD} = \frac{4 \cdot (GDD_{MAX} - GDD_{akt}) \cdot (GDD_{akt} - GDD_{MIN})}{(GDD_{MAX} - GDD_{MIN})^2} \quad (1)$$

E_{GDD} = Eignung in bezug auf den Parameter Growing Degree Days
 GDD_{MIN} , GDD_{MAX} = baumartenspezifische Grenzwerte
 GDD_{akt} = aktueller GDD-Wert

Für einige Baumarten (z. B. Buche, Lärche) wurde die Wirkungstransformation über eine asymmetrische Funktion durchgeführt. Auf der Grundlage der von LEXER und HÖNNINGER (1997b) durchgeführten Analyse, in deren Rahmen versucht wurde, die Temperaturoptima wichtiger Baumarten zu bestimmen, wurden die aus BUGMANN (1994), KRÄUCHI (1994), KIENAST (1987) und PRENTICE et al. (1991) entnommenen Angaben in bezug auf das Temperaturoptimum modifiziert. Bei der Parametrisierung dieser asymmetrischen Funktionen, die sich aus zwei Parabelästen zusammensetzen, muß neben dem GDD_{MIN} , GDD_{MAX} auch der GDD_{OPT} bekannt sein. In Abbildung 4-1 werden die zur Wirkungstransformation verwendeten symmetrischen und asymmetrischen Funktionen und deren Kardinalpunkte GDD_{MIN} , GDD_{MAX} und GDD_{OPT} dargestellt.

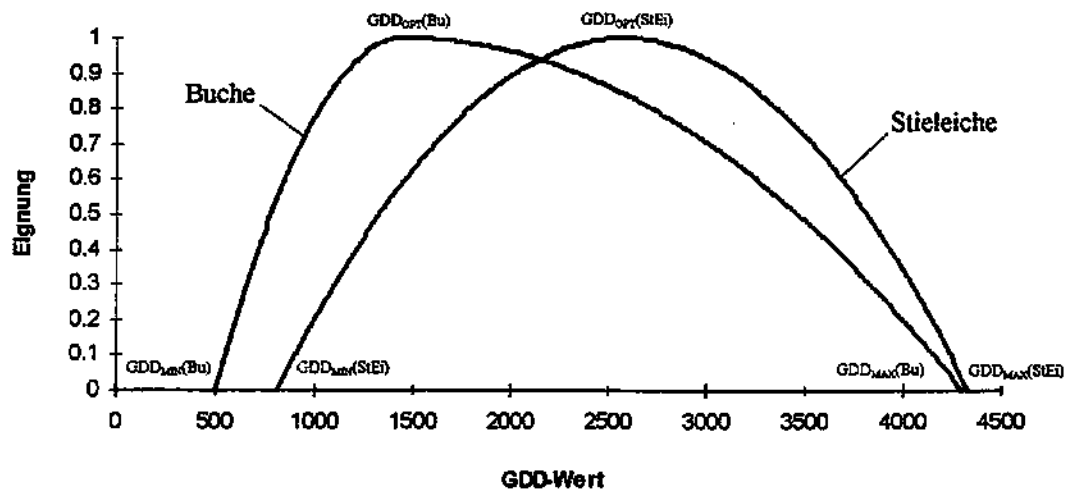


Abbildung 4-1. Beispiel einer symmetrischen (Stieleiche) und asymmetrischen (Buche) Funktion für die Wirkungstransformation des Parameters „Growing Degree Days“. - $GDD_{MIN}(Bu, StEi)$ bzw. $GDD_{MAX}(Bu, StEi)$ = maximal tolerierbare Kälte- bzw. Wärmegrenze der Baumarten Buche und Stieleiche, $GDD_{OPT}(Bu, StEi)$ = optimale Temperaturverhältnisse für das Wachstum der Baumarten Buche und Stieleiche.

In der nachfolgenden Tabelle 4-5 wird der Schwankungsbereich der Literaturangaben (LEXER und HÖNNINGER, 1998, BUGMANN, 1994, KRÄUCHI, 1994, KIENAST, 1987) bezüglich der Parameter für die Wirkungsfunktion des Faktors „GDD“ dargestellt.

Mit den in Tabelle 4-5 angeführten GDD-Werten konnten die meisten Baumarten beschrieben werden. Für die fehlenden Baumarten bzw. für die zu stark variierenden Werte der Parameter dienten qualitative Beschreibungen aus den Standardwerken (u. a. MAYER, 1992, DENGLER, 1992) als Basis, denen nach relativer Reihung zu den bereits quantitativ bekannten Baumarten, Werte zugewiesen wurden. Die baumartenspezifischen Werte, wie sie schließlich für den Modellinput verwendet wurden, sind in Kap. 4.5.2.1 aufgelistet.

Tabelle 4-5. Bandbreite der Parameter für die GDD-Wirkungsfunktionen laut Literaturrecherche. - GDD_{MIN} bzw. GDD_{MAX} = maximal tolerierbare Kälte- bzw. Wärmegrenze der Baumarten.

Baumart	GDD_{MIN}	GDD_{MAX}
Fichte	110 - 385	2060 - 2510
Lärche	110 - 323	2060 - 2320
Tanne	420 - 641	4170 - 4491
Kiefer	390 - 610	2500 - 2830
Douglasie	330	4060
Buche	500 - 723	4330 - 4655
Traubeneiche	560 - 785	4330 - 4655
Stieleiche	810 - 1042	4330 - 4655
Schwarzerle	670 - 898	4890 - 5230
Bergahorn	670 - 898	4170 - 4491
Esche	750 - 980	4170 - 4491
Bergulme	830 - 1062	4890 - 5230
Winterlinde	1100 - 1339	4170 - 4491
Sommerlinde	1100 - 1339	4170 - 4491
Birke	390 - 610	4330 - 4655
Hainbuche	670 - 898	4330 - 4655

Abschließend soll in Abbildung 4-2 anhand eines Beispiels die Wirkungsfunktion für den Parameter „GDD“ für einige ausgewählte Baumarten dargestellt werden.

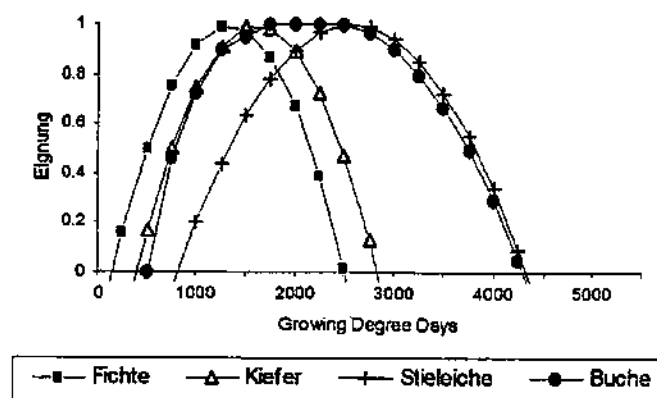


Abbildung 4-2. Beispiel für die Wirkungsfunktion des Parameters „Growing Degree Days“ für ausgewählte Baumarten.

Um die Temperaturansprüche der Baumarten bezogen auf ein Jahr zu beschreiben, wurde ein zweiter Parameter herangezogen, welcher die Temperaturverhältnisse

außerhalb der Vegetationsperiode, die mit dem Parameter „GDD“ nicht erfaßt werden, berücksichtigt.

ELLENBERG (1996) und WOODWARD (1988) zeigen den starken Zusammenhang von Wintertemperatur und dem Vorkommen von Baumarten auf. Durch die Verwendung des Parameters „Winterfrost“ (WF), der die Verbreitungsgrenze der Baumarten bis zu einem Schwellenwert (WF_{MAX}) darstellt, wird die Kälteresistenz der Baumarten berücksichtigt. Kommt es zum Unterschreiten der Temperaturschwelle kann dies zu Schädigungen der Zellstruktur und Zellfunktion bzw. bis zum Absterben der betreffenden Baumart führen (LARCHER, 1995).

Für die Herleitung der Wirkungsfunktion wird davon ausgegangen, daß es bereits vor dem Schwellenwert WF_{MAX} zu einer Beeinträchtigung der physiologischen Eignung kommt. Somit wird in dieser Arbeit versucht die Wirkung von Winterfrost auf die Baumarteneignung durch eine Wurzelfunktion (2) zu beschreiben.

$$E_{WF} = \sqrt[4]{1 - \frac{WF_i}{WF_{MAX}}} \quad (2)$$

E_{WF} = Eignung in bezug auf den Parameter Winterfrost
 WF_i = aktuelles Minimum der Lufttemperatur Dezember - Februar
 WF_{MAX} = baumartenspezifischer Toleranzwert

Als Eingangsparameter für die Berechnung der Eignung in Bezug auf den Parameter „WF“ wird der baumartenspezifische Toleranzwert (WF_{MAX}) und die aktuelle mittlere Lufttemperatur des kältesten Wintermonats (WF_i) benötigt. Die WF_{MAX} -Werte charakterisieren das tiefste mögliche Monatsmittel der Lufttemperatur für die jeweilige Baumart (KIENAST, 1987). Zur Berechnung der aktuellen WF_i -Werte für jeden Stichprobenpunkt wurden Monatsmittel der Lufttemperatur, sowie die Neigung und Exposition des Stichprobenpunktes benötigt (Näheres siehe Kap. 4.4.4).

In der nachfolgenden Tabelle 4-6 wird der Schwankungsbereich der Literaturangaben (BUGMANN, 1994, KRÄUCHI, 1994, KIENAST, 1987) bezüglich des Parameters „ WF_{MAX} “ dargestellt.

Tabelle 4-6. Bandbreite des Parameters „WF_{MAX}“ laut Literaturrecherche. - WF_{MAX} = Winter-temperaturverbreitungsgrenze der Baumarten.

Baumart	WF _{MAX}	Baumart	WF _{MAX}
Fichte	(-7) - N	Schwarzerle	(-3) - (-16)
Lärche	(-9) - (-11)	Bergahorn	(-7) - N
Tanne	(-5) - (-6)	Esche	(-4) - (-17)
Kiefer	(-7) - N	Bergulme	(-3) - (-16)
Douglasie	(-8) - N	Winterlinde	(-5) - (-17)
Buche	(-4) - (-6)	Sommerlinde	(-3) - N
Traubeneiche	(-3) - (-5)	Birke	(-6) - N
Stieleiche	(-3) - (-17)	Hainbuche	(-6) - (-9)

N = keine Sensitivität gegenüber Winterfrost

Mit den in Tabelle 4-6 angeführten WF_{MAX}-Werten konnten die meisten Baumarten beschrieben werden. Für die fehlenden Baumarten bzw. für Baumarten mit stark variierenden Werten des Parameters dienten qualitative Beschreibungen aus den Standardwerken (u. a. ELLENBERG, 1996, MAYER, 1992, DENGLER, 1992) als Basis. Nach relativer Reihung zu den bereits quantitativ bekannten Baumarten wurden ihnen Werte zugewiesen. Die baumartenspezifischen Werte des Parameters, die in weiterer Folge als Modellinput dienen, sind in Kap. 4.5.2.1 aufgelistet.

Abschließend soll in Abbildung 4-3 anhand eines Beispiels die Wirkungsfunktion für den Parameter „WF“ für einige ausgewählte Baumarten dargestellt werden.

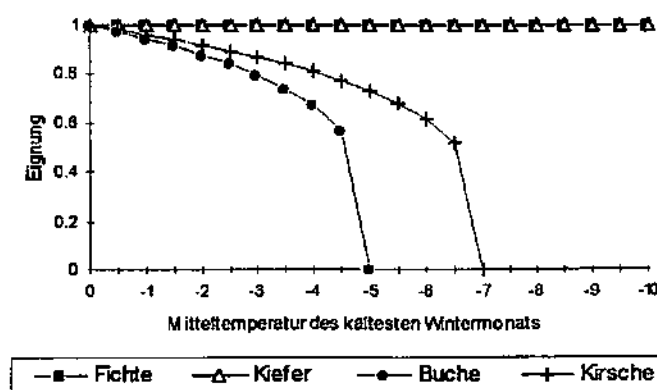


Abbildung 4-3. Beispiel für die Wirkungsfunktion des Parameters „Winterfrost“ für ausgewählte Baumarten.

4.3.2 Wasserversorgung

Eine ausreichende Beschreibung der Wasserversorgung eines Standortes wird durch die Parameter „Soil Moisture Index“ und „Pseudovergleyung“ versucht.

Der Faktor Wasser mit seiner immensen Bedeutung für Pflanzen als Baustoff für die zahlreichen Kohlenwasserstoffverbindungen und Träger des Transpirationsstromes zählt neben der Temperatur zu den wesentlichen Wachstumsfaktoren. Daraus entsteht ein baumartenspezifischer Anspruch an die Wasserversorgung, den es zu decken gilt (KRAMER, 1988).

Im Rahmen von Waldinventuren und Standortkartierungen wird die Wasserversorgung meist gutachtlich in Anlehnung an Zeigerwerte der Bodenvegetation und Topographie auf einer Ordinalskala angesprochen. Neben dem Vorteil einer sehr einfachen Erhebung weist diese Methode den Nachteil auf, diesen wichtigen Standortfaktor in statischer Form, hoch aggregiert, anzusprechen. Der wechselnde Einfluß von Niederschlagsverteilung, Bodeneigenschaften und Temperaturverhältnissen kann so nicht erfaßt werden.

Als Indikator für die Wasserversorgung der Vegetation während der Vegetationsperiode wird in dieser Arbeit der Parameter „Soil Moisture Index“ (SMI) verwendet. Es ist dies ein aus einer standortsspezifischen Wasserbilanz abgeleiteter Indikator, der das relative Feuchtedefizit während der Vegetationsperiode charakterisiert (LEXER und HÖNNINGER, 1997a). Ähnliche Indikatoren werden auch in der Literatur häufig verwendet.

Als Eingangsdaten für die Berechnung der SMIs wurden hierzu die mittlere monatliche Lufttemperatur und monatsweisen Niederschlagssummen sowie die standortsspezifische nutzbare Feldkapazität benötigt. Auf die Art der Berechnung wird in Kapitel 4.4.5 näher eingegangen.

Der Zusammenhang des Wasserversorgungsindikators „SMI“ mit der Baumarteneignung ist als zusammengesetzt lineare Funktion abgebildet, deren Form

sich auf Angaben von ZAHNER (1966) und BASSETT (1964) stützt (Abbildung 4-4). Der Bereich des „SMI“ wird einerseits durch den Feuchtigkeitsanspruch (SMI_{TOL}) und andererseits durch die Trockentoleranz (SMI_{MAX}) der Baumarten beschrieben. Je höher der Feuchtigkeitsanspruch einer Baumart ist, desto empfindlicher reagiert sie auf Wassermangel und daher ist auch ihr SMI_{TOL} - Bereich, bis zu dem ihr Wachstum noch optimal ist (Eignung = 1), geringer. Der SMI_{MAX} ist von der Trockentoleranz der Baumart abhängig, und liegt bei den verwendeten Baumarten zwischen den SMI - Bereichen 0.5 (Fichte, Lärche, Schwarzerle, Esche) und 0.8 (Kiefer), ab denen die jeweilige Baumart keine Anbaueignung mehr hat.

In Tabelle 4-7 wird die Bandbreite der Literaturangaben (BUGMANN, 1994, KIENAST, 1987, KRÄUCHI, 1994) bezüglich des Parameters „SMI“ dargestellt. Der Vergleich der SMI-Werte ist besonders schwierig, da sich die Werte in ihrer Berechnung und Klassifikation zum Teil deutlich voneinander unterscheiden.

Tabelle 4-7. Bandbreite des Parameters „SMI_{MAX}“ laut Literaturrecherche. - SMI_{MAX} = maximal tolerierbares Wasserdefizit.

Baumart	SMI _{MAX} nach BUGMANN relatives Wasserdefizit/Jahr, abs. Maximum = 0.36	SMI _{MAX} nach KIENAST entspr. je 10% Tage/Jahr mit Wassergehalt = 0 (DD), 5 Klassen	SMI _{MAX} nach KRÄUCHI auf quasi Tagesbasis berechnet (5 RGUs = 1 DD), 5 Klassen
Fichte	0.06	1	3
Lärche	0.12	2	3
Tanne	0.18	3	3
Kiefer	0.3	5	5
Douglasie	keine Angabe	3	3
Buche	0.12	2	3
Traubeneiche	0.18	3	4
Stieleiche	0.3	5	3
Bergahorn	0.18	3	3
Esche	0.12	2	1
Bergulme	0.18	3	3
Winterlinde	0.24	3	4
Sommerlinde	0.18	3	4
Birke	0.12	2	2
Hainbuche	0.18	3	4

DD = Dry Day (in „bucket size“ - Modell, wenn Wassergehalt = 0)

RGU = Restricted Growth Unit (jeder Tag, an dem Matrixpotential < - 2.0 bar ist)

Die Baumarten ohne bzw. mit stark variierenden Angaben mußten, wie bei den Temperaturparametern, anhand von qualitativen Beschreibungen der Standardwerke (u. a. ELLENBERG, 1996, DENGLER, 1992, BURSCHEL und HUSS, 1987, MAYER, 1992) relativ zu den quantitativ bekannten Baumarten gereiht werden. Anschließend sind ihnen Werte zugewiesen worden. Die baumartenspezifischen Werte, die in weiterer Folge als Modellinput dienen, sind in Kap. 4.5.2.2 aufgelistet.

Abschließend werden in Abbildung 4-4 die Wirkungsfunktionen für den Parameter „SMI“ für einige ausgewählte Baumarten dargestellt.

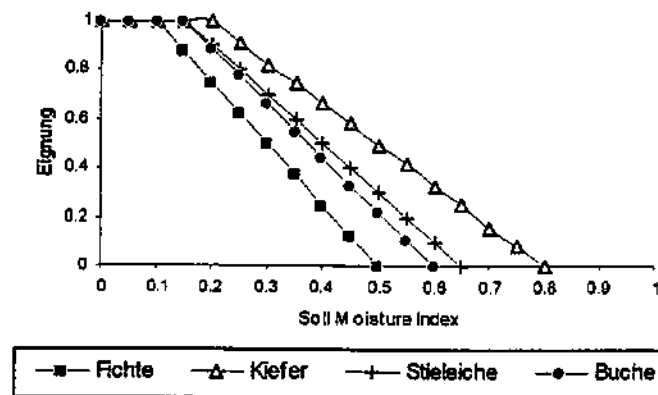


Abbildung 4-4. Beispiel für die Wirkungsfunktion des Parameters „Soil Moisture Index“ für ausgewählte Baumarten.

Baumarten mit sauerstoffbedürftigen Wurzeln reagieren auf Wechselfeuchte bzw. mangelnde Sauerstoffversorgung mit der Ausbildung von flachen Wurzeltellern und können damit das Potential des Standortes nicht ausschöpfen. Da im Indikator „SMI“ der Einfluß von Grund- und Tagwasser nicht erfaßt wird, erfolgt eine separate Ansprache durch den Parameter „Pseudovergleyung“ (PSVG).

In Tabelle 4-8 wird die Bandbreite der Literaturangaben (u. a. BURSCHEL und HUSS, 1987, DENGLER, 1992, MAYER, 1992) bezüglich des Merkmales „PSVG“ dargestellt.

Tabelle 4-8. Bandbreite des Parameters Pseudovergleyung laut Literaturrecherche. - PSVG = Vermögen der Baumart, Wechselfeuchte zu ertragen.

Baumart	PSVG	Baumart	PSVG
Fichte	gering - mäßig	Bergahorn	mäßig - gut
Lärche	gering - gut	Esche	gering - mäßig
Tanne	gut - sehr gut	Bergulme	mäßig - gut
Kiefer	gering - gut	Winterlinde	mäßig - gut
Douglasie	gering - mäßig	Sommerlinde	gering - mäßig
Buche	gering - mäßig	Kirsche	sehr gering - gering
Traubeneiche	sehr gering - gering	Birke	gering - mäßig
Stieleiche	mäßig - gut	Hainbuche	mäßig - gut
Schwarzerle	gut - sehr gut	Roteiche	sehr gering - gering

Die baumartenspezifischen Angaben, die in weiterer Folge als Modellinput dienen, sind in Kap. 4.5.2.2 aufgelistet.

Im Gegensatz zur kontinuierlichen Wirkungsfunktion des „SMI“ wird der Effekt des Parameters „Pseudovergleyung“ durch eine Wirkungsmatrix dargestellt (Tabelle 4-9). Es wurde dabei versucht, die zahlreichen aber nur in qualitativer Form vorliegenden Informationen in dieser Art der Darstellung sinnvoll zu verarbeiten.

Tabelle 4-9. Beispiel des Effekts der Pseudovergleyung auf die Eignung von ausgewählten Baumarten. - (0 = keine Eignung, 1 = optimal geeignet).

Parameter	Fichte	Kiefer	Buche	Traubeneiche	Schwarzerle
Pseudovergleyung	0.5	0.8	0.5	0.2	1.0

4.3.3 Nährstoffversorgung

Eine ausreichende Beschreibung der Nährstoffversorgung eines Standortes wird durch die Parameter „pH-Wert“, „C/N-Verhältnis“, „Bodenart“, „Gründigkeit“ und „Grobskelett“ versucht.

Der Nährstoffhaushalt und der chemische Bodenzustand dienen zur Beurteilung der ökologischen Eigenschaften und der Leistungsfähigkeit von forstlichen Standorten. Der Parameter „pH-Wert“ dient zur Beurteilung der Nährstoffverfügbarkeit und des allgemeinen chemischen Bodenzustandes, der Azidität. Die Bodenazidität beeinflusst die chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften und das Pflanzenwachstum direkt oder indirekt (SCHACHTSCHABEL et al., 1992).

Im stark sauren Bereich kann es sowohl durch toxische Substanzen (Al^{3+} -Ionen) und damit verbundenen Wurzelschädigungen, als auch durch die geringere Nährstoffausstattung zur Verminderung des Wachstums kommen (ULRICH et al., 1984). Daraus kann sich auch der Abfall der Eignungswerte erklären. Auch im basischen Bereich sind Ernährungsfaktoren vorhanden, die baumartenspezifisch das Wachstum geringfügig hemmen können. Schwer lösliche Verbindungen von Phosphor, Eisen, Mangan in alkalischen Böden können zum Auftreten von Mangelchlorosen führen (REHFUESS, 1990).

Die Funktionen zur Beschreibung des Zusammenhanges zwischen der Baumarteneignung und dem pH-Wert des obersten Mineralbodenhorizontes wurden aus den Ökogrammen von ELLENBERG (1996) (Abbildung 4-5) abgeleitet. Um die relative Skalierung von Ellenberg in eine absolute Skala überzuführen, wurde von einer maximal möglichen Azidität von pH = 2.0 sowie einer basischen Obergrenze von pH = 8.0 (KRAPPENBAUER, 1991) im obersten Mineralbodenhorizont ausgegangen. Damit konnten die baumartenspezifischen physiologischen Amplituden und Optimalbereiche für die meisten Baumarten abgeleitet werden. Die Angaben der Ökogramme nach ELLENBERG wurden zusätzlich durch quantitative Einzelangaben (LITTEK, 1993, ULRICH et al., 1984, MAYER, 1992, KOHL und NATHER, 1991, VOSKO et al., 1988) ergänzt.

Nachfolgend werden in Tabelle 4-10 die Optimalbereiche des chemischen Parameters „pH-Wert“ für die jeweiligen Baumarten, wie sie sich nach der Literaturrecherche darstellten, angeführt.

Tabelle 4-10. Optimalbereiche des Parameters „pH-Wert“ (Ergebnis der Literaturrecherche).

Baumart	pH-Wert	Baumart	pH-Wert
Fichte	4 - 6	Bergahorn	4.5 - 7
Lärche	4 - 7	Esche	5 - 7
Tanne	4 - 7	Bergulme	4.5 - 7
Kiefer	3.5 - 5.5	Winterlinde	4 - 7
Douglasie	4 - 6	Sommerlinde	5 - 7
Buche	5 - 7	Kirsche	4.5 - 7
Traubeneiche	4 - 7	Birke	4 - 7
Stieleiche	4 - 7	Hainbuche	4 - 7
Schwarzerle	4.5 - 7.5	Rotelche	4 - 5.5

Die baumartenspezifischen Werte, die in weiterer Folge als Modellinput dienen, sind in Kap. 4.5.2.3 aufgelistet.

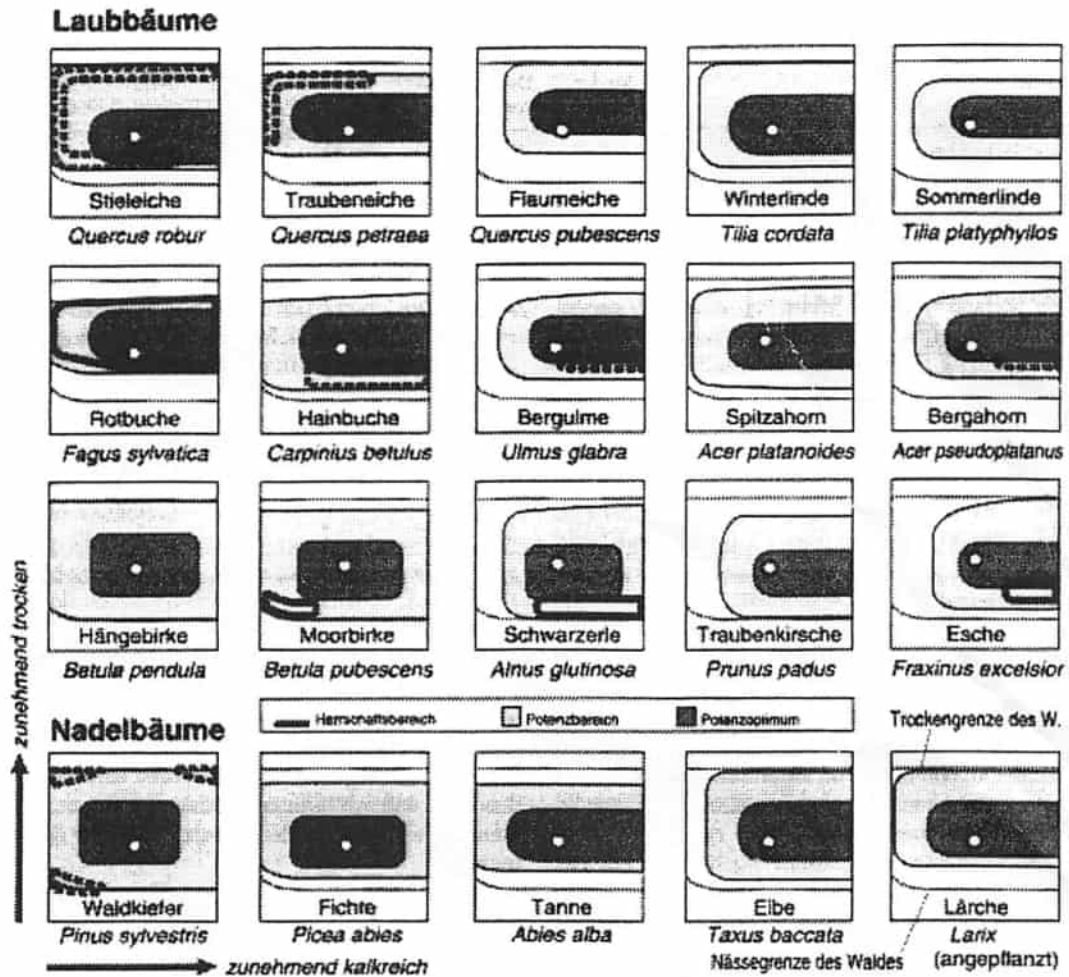


Abbildung 4-5. Natürlicher Feuchtigkeits- und Säurebereich wichtiger Baumarten Mitteleuropas bei freiem Konkurrenzdruck, d. h. ohne forstliche Eingriffe (ELLENBERG, 1992).

Heller Raster = physiologische Amplitude (oder „Potenzbereich“); dunkler Raster = physiologischer Optimalbereich („Potenzoptimum“); dick umrandet = Bereich, in dem die betreffende Baumart bei natürlichem Konkurrenzkampf mehr oder minder stark zur Herrschaft gelangt („Existenzoptimum“); gestrichelt umrandet = Existenzoptimum wird mit anderen Baumarten geteilt.

Für jedes der Ökogramme gibt die Ordinate die Feuchtigkeit des Standortes (vom offenen Wasser über mittelfeuchten Boden bis zum sonnenexponierten und flachgründigen, sehr trockenen Fels) an. Die Abszisse reicht von sehr sauren bis zu kalkreichen Böden. Oberhalb der punktierten Linie ist es für Wald zu trocken, unterhalb der unteren zu naß. Bei mittleren (durch den kleinen Kreis bezeichneten) Verhältnissen gedeihen alle Baumarten gut, aber nur die Buche kann sich hier im freiem Konkurrenzkampf durchsetzen.

Abschließend soll in Abbildung 4-6 anhand eines Beispiels die Wirkungsfunktion für den Parameter „pH-Wert“ für einige ausgewählte Baumarten dargestellt werden.

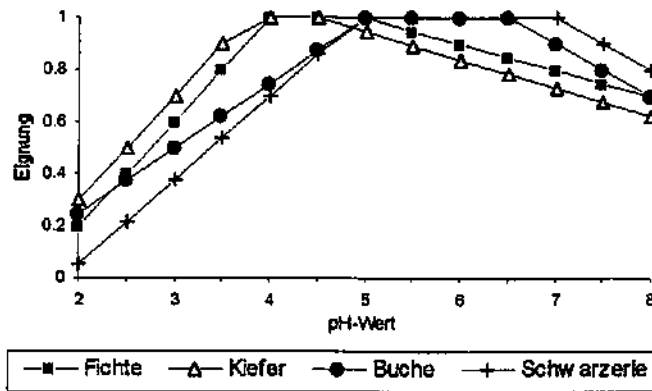


Abbildung 4-6. Beispiel für die Wirkungsfunktion des Parameters „pH-Wert“ für ausgewählte Baumarten.

Als Indikator hinsichtlich Nährstoffumsetzung und damit Nährstoffausstattung für die zu beurteilenden Baumarten wurde der Parameter „C/N-Verhältnis“ herangezogen (ULRICH, 1995). Je enger das C/N-Verhältnis ist, desto besser ist in der Regel die Stickstoffversorgung der Bestände und diese wiederum bestimmt von allen Nährstoffen meist am stärksten das Wachstum.

Nur für die Baumarten Fichte, Buche und Kiefer konnten diesbezüglich quantitative Angaben gefunden werden (VOSKO et al., 1988, FIEDLER et al., 1973). Die übrigen in dieser Arbeit behandelten Baumarten mußten anhand von qualitativen Beschreibungen (ULRICH, 1995, BURSCHEL und HUSS, 1987), abhängig von ihren Ansprüchen an die Nährstoffversorgung, relativ zu den quantitativ bekannten Baumarten gereiht werden. Anschließend sind ihnen Werte zugewiesen worden.

Nachfolgend werden in Tabelle 4-11 die Optimalbereiche des chemischen Parameters „C/N-Verhältnis“ für die jeweiligen Baumarten, wie sie sich nach der Literaturrecherche darstellten, angeführt.

Tabelle 4-11. Optimalbereiche des Parameters „C/N-Verhältnis“ (Ergebnis der Literaturrecherche).

Baumart	C/N-Verhältnis	Baumart	C/N-Verhältnis
Fichte	10 - 20	Bergahorn	< 10
Lärche	10 - 20	Esche	< 10
Tanne	10 - 20	Bergulme	< 10
Kiefer	10 - 20	Winterlinde	< 10
Douglasie	10 - 20	Sommerlinde	< 10
Buche	< 10	Kirsche	< 10
Traubeneiche	< 10	Birke	< 20
Stieleiche	< 10	Hainbuche	< 10
Schwarzerle	< 10	Roteiche	< 10

Die baumartenspezifischen Werte des Parameters, die in weiterer Folge als Modellinput dienen, sind in Kap. 4.5.2.3 aufgelistet.

Im Gegensatz zu den kontinuierlichen Wirkungsfunktionen für GDD, SMI, pH-Wert und Winterfrost wird der Effekt des Parameters „C/N-Verhältnis“ auf die Baumarteneignung in einer Wirkungsmatrix dargestellt (Tabelle 4-12). Die Gliederung des C/N-Verhältnisses in vier Bereiche basiert dabei auf den vorgefundenen Literaturangaben. So herrschen für die Buche bei C/N-Werten unter 10 optimale Wachstumsbedingungen vor, der Bereich zwischen 10 und 20 kann als suboptimal bezeichnet werden (VOSKO et al., 1988). Bei der Fichte werden optimale Wachstumsbedingungen bei C/N-Werten unter 20 erreicht, bei C/N-Werten über 26 muß für Fichte und Kiefer mit Wachstumsabfällen gerechnet werden (FIEDLER et al., 1973). Ausgehend von diesen Angaben und qualitativen Beschreibungen zur Nährstofftoleranz wurden den Baumarten gutachtlich Wertungsziffern zugeordnet.

Tabelle 4-12. Beispiel für die Wirkung des Parameters „C/N-Verhältnis“ auf die Eignung von ausgewählten Baumarten. - (0 = keine Eignung, 1 = optimal geeignet).

Merkmal	Bereich	Fichte	Kiefer	Buche	Traubeneiche
C/N-Verhältnis	< 10	0.8	0.8	1.0	1.0
	10 - 20	1.0	1.0	0.85	0.9
	21 - 26	0.9	0.9	0.65	0.75
	> 26	0.7	0.8	0.45	0.55

Die physikalischen Parameter „Gründigkeit“, „Grobskelett“ und „Bodenart“ schließlich charakterisieren das Potential an durchwurzelbarem mineralischen Feinboden, welches abhängig vom artspezifischen Durchwurzellungsverhalten bewertet wird (KÖSTLER und BIEBELRIETHER, 1968). Dabei grenzt die Gründigkeit das eigentliche durchwurzelbare Potential ab und wird durch den Grobskelettanteil noch reduziert. Die Bodenart bestimmt das Sorptionspotential mit und beeinflusst damit auch das Nährstoffpotential entscheidend.

Nachfolgend werden in Tabelle 4-13 die in der Literatur genannten Optimalbereiche der Parameter Grobskelett, Gründigkeit und Bodenart für die jeweiligen Baumarten, wie sie sich nach der Literaturrecherche (u. a. STOHSCHNEIDER, 1991a,b, KÖSTLER und BIEBELRIETHER, 1968) darstellten, angeführt.

Tabelle 4-13. Optimalbereiche der Parameter „Grobskelett“, „Gründigkeit“ und „Bodenart“ (Ergebnis der Literaturrecherche).

Baumart	Grobskelett	Gründigkeit	Bodenart
Fichte	mäßig	mittel - tief	s. L. - L.
Lärche	N	tief	s. L. - L.
Tanne	mäßig	tief	s. L. - t. L.
Kiefer	mäßig	mittel - tief	s. L. - L.
Douglasie	N	mittel - tief	s. L. - L.
Buche	mäßig	tief	L. - t. L.
Traubeneiche	gering	tief - sehr tief	l. S. - L.
Stieleiche	gering	tief - sehr tief	s. L. - t. L.
Schwarzerle	sehr gering	mittel - sehr tief	L. - T.
Bergahorn	gering	tief	L. - t. L.
Esche	mäßig	tief - sehr tief	L. - t. L.
Bergulme	mäßig	tief	L. - t. L.
Winterlinde	gering	tief - sehr tief	L. - t. L.
Sommerlinde	gering	tief - sehr tief	L. - t. L.
Kirsche	mäßig	tief	L. - t. L.
Birke	gering	mittel - tief	s. L. - L.
Hainbuche	mäßig	tief	L. - t. L.
Roteiche	mäßig	tief - sehr tief	s. L. - L.

N = keine Sensitivität gegenüber Merkmal

l. S. = lehmiger Sand, s. L. = sandiger Lehm, L. = Lehm, t. L. = toniger Lehm, T. = Ton

Die baumartenspezifischen Werte der Parameter, die in weiterer Folge als Modellinput dienen, sind in Kap. 4.5.2.3 aufgelistet.

Ähnlich wie beim C/N-Verhältnis wird auch hier der Effekt der drei Bodenparameter (Grobskelett, Gründigkeit, Bodenart) auf die Baumarteneignung in einer Wirkungsmatrix dargestellt. Ausschlaggebend dafür war, daß die vorhandenen Angaben lediglich in qualitativer Form vorhanden waren. Die in Tabelle 4-14 dargestellte Wirkungsmatrix deckt dabei nur den Bereich der Standortmerkmale ab, der auf den Waldflächen des Beispielsbetriebes tatsächlich auftrat.

Aufgrund der gering variierenden Standortverhältnisse war nur eine leichte Differenzierung der Baumartenansprüche innerhalb der Merkmale zu erwarten. Abhängig von ihrer mechanischen Wurzelenergie und dem Ausheilungsvermögen von eingetretenen Wurzelschäden wurden den Baumarten für das Merkmal Grobskelett gutachtlich Wertungsziffern zugewiesen (STROHSCHNEIDER, 1991a). Bei der Gründigkeit wurde den Baumarten generell folgendes Verhalten unterstellt: eine Baumart mit einem Senkerwurzelsystem benötigt weniger tiefgründige Böden als eine Baumart mit Pfahlwurzelsystem um optimal wachsen zu können. Ausnahmen, wie zum Beispiel das plastische Pfahlwurzelsystem der Kiefer, das sich verschiedenen Standorten anzupassen vermag, wurden bei der gutachtlichen Wertung berücksichtigt. Bei der Bodenart war einerseits die Wurzelenergie der Baumart, um schwere, dichte Böden zu durchwurzeln, und andererseits ihr Bodenluftanspruch mitentscheidend, da mit zunehmenden Schluff- und Tongehalt des Bodens der Luftanteil abnimmt. Auch qualitative Beschreibungen, die Ansprüche der Baumarten bezüglich der Bodenarten angeben, wurden zur gutachtlichen Ableitung der Wertungsziffern herangezogen (u. a. KRAMER, 1988, DENGLER, 1992, MAYER, 1992).

Tabelle 4-14. Beispiel für die Wirkung der Parameter „Grobskelett“, „Gründigkeit“ und „Bodenart“ auf die Eignung von ausgewählten Baumarten. - (0 = keine Eignung, 1 = optimal geeignet).

Merkmal	Bereich	Fichte	Kiefer	Buche	Traubeneiche
Grobskelett	<= 25%	1.0	1.0	1.0	1.0
	> 25%	0.9	0.9	0.9	0.8
Gründigkeit	< 20cm	0.7	0.7	0.5	0.6
	20 - 30 cm	0.9	0.9	0.8	0.8
	> 30cm	1.0	1.0	1.0	1.0
Bodenart	saIS	0.75	0.8	0.7	0.9
	staIS, slS, stIS	0.85	0.9	0.8	1.0
0	sL	1.0	1.0	0.9	1.0

saIS = schwach anlehmiger Sand,

staIS = stark anlehmiger Sand, slS = schwach lehmiger Sand, stIS = stark lehmiger Sand

sL = sandiger Lehm

4.4 Datenbearbeitung und Datenverdichtung

In den nachfolgenden Abschnitten wird die Komplementierung des Datensatzes der Standortmerkmale behandelt. Die im Gelände erhobenen oder der Literatur entnommenen Daten wurden in digitale Dateien (EXCEL, ACCESS) überführt und weiterbearbeitet. Die chemischen Bodenanalysen wurden aufgrund des großen Zeitaufwandes nicht für alle, sondern für die Hälfte (pH-Wert Messung) bzw. ein Viertel (C/N-Verhältnis) der Stichprobenpunkte durchgeführt. Die fehlenden bodenchemischen Werte für die restlichen Stichprobenpunkte sollen über empirische Beziehungen zu bekannten Standortparametern ermittelt werden (ULRICH und SHRIVASTAVA, 1978).

4.4.1 Vegetation

Die im Gelände pro Stichprobenpunkt aufgenommene Vegetation wurde zur weiteren Verarbeitung über eine Eingabeformular in eine ACCESS-Datei eingegeben. Mit der Eingabe der Pflanzen in diese Datei wurden gleichzeitig die ökologischen Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992) den jeweiligen Pflanzen zugewiesen. Die Zeigerwerte beschreiben folgende Faktoren: die Lichtzahl (L), Temperaturzahl (T), Feuchtezahl (F),

Reaktionszahl (R), Stickstoff- bzw. Nährstoffzahl (N), Kontinentalitätszahl (K) und die Salzzahl (S). Die beiden letzten Faktoren wurden in den weiteren Berechnungen nicht verwendet. Das ökologische Verhalten der Arten gegenüber den sieben Hauptfaktoren wird jeweils auf einer neunteiligen Skala bewertet, wobei 1 den geringsten und 9 den jeweils größten Wert des betreffenden Faktors bedeutet. Nur für den Wasserfaktor (F) ist die Skala bis 12 verlängert, um auch Wasserpflanzen erfassen zu können.

Anhand einer eigens erstellten Abfrage wurden für die einzelnen Faktoren arithmetische Mittel der Zeigerwerte pro Stichprobenpunkt berechnet. Die Berechnung der mittleren Zeigerwerte kann entweder qualitativ (lediglich nach der Präsenz der Arten) oder wie in diesem Fall quantitativ, das heißt gewichtet nach den geschätzten Mengen jeder der Arten, erfolgen. Die Umwandlung nach DURWEN verleiht durch ihre Multiplikatoren den niedrigen Mengen mehr Gewicht und stellt damit eine Annäherung an die qualitative Berechnung dar (Tabelle 4-15).

Tabelle 4-15. Umwandlung der Skala von Braun - Blanquet nach ELLENBERG bzw. DURWEN (ELLENBERG, 1992).

nach Braun - Blanquet:	r	+	1	2	3	4	5
in Prozent nach ELLENBERG:	0.1	0.2	2.5	15	37.5	62.5	87.5
Multiplikator nach DURWEN:	1	2	3	4	6	8	10

Nur bei artenarmer Vegetation ist eine quantitative Durchschnittsberechnung sinnvoll, weil ansonsten zufällig eingestreute Pflanzen zuviel Gewicht erlangen könnten (ELLENBERG et al., 1992). Zeigerwerte stellen eine Hilfe bei der Standortsansprache dar, sind aber aufgrund ihres relativen, weil auf ökologischen Amplituden beruhenden Charakters kein Ersatz für ökophysiologische Messungen. Dies gilt insbesondere für die Reaktionszahl. Die Pflanzen reagieren bezüglich der Bodenreaktion viel flexibler als das durch die Reaktionszahl, die ja selbst nur ein Mittelwert ist, vermittelt wird (ZIMMERLI und SCHÜTZ, 1995).

4.4.2 Herleitung der nutzbaren Feldkapazität

Das Wasser gelangt durch Niederschläge in den Boden und versickert allmählich tiefer bis zum Grundwasserspiegel. Ein Teil des eindringenden Wassers, das Haftwasser, wird abhängig von Bodenart und der Porengrößenverteilung, abgefangen und gespeichert (LARCHER, 1995). Das pflanzenverfügbare Haftwasser wird in Poren mit Durchmessern von 50 - 0,2 μm durch Kapillarkräfte mit Spannungen zwischen 0.05 bar und 15.0 bar (permanenter Welkepunkt) festgehalten. Größere ($> 50 \mu\text{m}$) Porendurchmesser mit schnell beweglichem Sickerwasser und kleinere ($< 0,2 \mu\text{m}$) mit nicht verfügbarem Haftwasser beinhalten kein pflanzenverfügbares Wasser (ARGE FORTSTEINRICHTUNG, 1980). Bei mykotropen Bäumen ist eine Wasserausschöpfung über die Pilzhyphen, deren Durchmesser nur 1/100 der Pflanzenwurzeln beträgt, auch über „nicht pflanzenverfügbares“ Haftwasser möglich (KRAPPENBAUER, 1991).

Die nutzbare Feldkapazität wurde in Abhängigkeit von der Bodenart bestimmt (Tabelle 4-16), und pro Stichprobenpunkt durch den durchschnittlichen Grobskelettanteil und die Bodenprofilltiefe korrigiert (ARGE FORSTEINRICHTUNG, 1980). Dabei wurde für die Bodenarten der fixen Horizonte jeweils die nutzbare Feldkapazität bestimmt, und anschließend das arithmetische Mittel dieser Feldkapazitäten berechnet. Der durchschnittliche Grobskelettanteil eines Stichprobenpunktes ist der Mittelwert (arithmetisches Mittel) der fixen Horizonte. Die Bodenprofilltiefe wurde bei Stichprobenpunkten, mit mehr als 30 cm Gründigkeit, mit 100 cm angenommen. Dies ist jener Bereich, der von den meisten Baumarten noch gut durchwurzelt wird und damit für die Wasserversorgung ausschlaggebend ist.

Tabelle 4-16. Nutzbare Feldkapazität in Abhängigkeit von der Bodenart. - (nach ARGE FORSTEINRICHTUNG, 1980).

Bodenart *	S	saIS	staIS	slS	stIS	sL	L
nFK (cm/m) [%]	6	16	16	16	16	17	19

S = Sand

saIS = schwach anlehmiger Sand, staIS = stark anlehmiger Sand

slS = schwach lehmiger Sand, stIS = stark lehmiger Sand

sL = sandiger Lehm

L = Lehm

4.4.3 Extrapolation der bodenchemischen Parameter

Wegen des hohen Arbeitsaufwandes im Gelände und im Labor, war es nicht möglich für jeden Stichprobenpunkt die quantitativen Analysen durchzuführen. Durch statistische Zusammenhänge der im Labor bestimmten chemischen Bodendaten mit den berechneten Zeigerwerten der Bodenvegetation sollten die fehlenden quantitativen chemischen Werte (pH-Wert, C/N-Verhältnis) für die jeweiligen Stichprobenpunkte berechnet werden. Die Problematik der Verwendbarkeit der Zeigerwerte zur Berechnung von bodenchemischen Parametern mußte auch hier zur Kenntnis genommen werden (ZIMMERLI und SCHÜTZ, 1995). Das Problem der nur schwachen Zusammenhänge zwischen den gesuchten chemischen Parametern (pH-Wert, C/N-Wert) und den berechneten Zeigerwerten wurde durch die Berechnung von Korrelationskoeffizienten (PEARSON, SPEARMAN) offensichtlich. Erst durch weitere Stratifizierungen und Einbeziehen von anderen Standortsmerkmalen war es möglich, auch statistisch abgesicherte Zusammenhänge herzustellen (ULRICH und SHRIVASTAVA, 1978).

Der zur Verfügung stehende Datensatz umfaßte die allgemeinen Standortdaten, die Labordaten und die Zeigerwerte der krautigen Vegetation (siehe Kap. 4.4.1). Von den vorhandenen 387 Stichprobenpunkten mußten für die Herleitung von Zusammenhängen zwischen den Labormessdaten und den berechneten Zeigerwerten 44 Punkte ausgenommen werden. Von Beginn an ausgeschieden werden mußten die Punkte mit dem Bodentyp Rohboden (Kohle) wegen der für die Extrapolation untauglichen bodenchemischen Werte. Auch all jene Punkte, auf denen ausschließlich Pflanzen mit indifferenten Verhalten gegenüber Stickstoff- und Reaktionszahl vorgekommen waren und somit kein Zeigerwert vorlag, wurden von diesen Berechnungen ausgenommen. Ein indifferentes Verhalten von Pflanzen bedeutet entweder eine weite Amplitude oder ein ungleiches Verhalten in verschiedenen Gegenden gegenüber einem Zeigerwert (ELLENBERG et al., 1992).

Somit waren 344 Stichprobenpunkte für die Erstellung von Extrapolationsbeziehungen vorhanden. Davon hatten 188 Stichprobenpunkten pH-Werte und 93

Stichprobenpunkte C/N-Werte, die vorher im Labor bestimmt wurden. Zur statistischen Analyse wurde das Programmpaket SAS for Windows, Version 6.11, verwendet.

4.4.3.1 Extrapolation der C/N-Werte des Mineralbodens

Ziel ist es, für alle Stichprobenpunkte einen C/N-Wert des Mineralbodens (C/NM) zu berechnen.

Eine explorative Datenanalyse mit Korrelationsparametern (Korrelationskoeffizienten nach PEARSON, SPEARMAN) ergab, daß die Zeigerwerte (Stickstoff- und Reaktionszahl) nach DURWEN die straffsten Zusammenhänge mit dem gesuchten Parameter „C/N-Wert des Mineralbodens“ aufweisen.

Der C/N-Wert des Mineralbodens (C/NM) wies einen strafferen Zusammenhang mit dem pH_{H_2O} - Wert des Humusbodens (pHH) auf, als mit dem pH_{H_2O} - Wert des Mineralbodens (pHM) oder den Stickstoff- (Nd) und Reaktionszeigerwerten (Rd) nach DURWEN (siehe Tabelle 4-17).

Tabelle 4-17. Korrelationsmatrix (PEARSON - Korrelationskoeffizient) von C/NM, pHM, pHH, Rd und Nd. - C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens, pHM = pH_{H_2O} - Wert des Mineralbodens, pHH = pH_{H_2O} - Wert der Humusaufgabe, Rd bzw. Nd = die Reaktions- bzw. Stickstoffzahl nach Durwen.

Merkmal	C/NM	pHM	pHH	Rd	Nd
C/NM	1	- 0.358***	-0.448***	-0.367***	-0.386***
pHM	-	1	0.612***	0.363***	0.320***
pHH	-	-	1	0.509***	0.476***
Rd	-	-	-	1	0.924***
Nd	-	-	-	-	1

*** = signifikant bei $\alpha = 0.001$

Um straffere Zusammenhänge zwischen C/NM und pHH zu erhalten, wird nach den kategorischen Variablen Humusform, Geologie und Bodentyp stratifiziert und jeweils die Beziehung nach der Funktion (3)

$$y = a + b \cdot x \quad (3)$$

x = Stickstoff- (Nd) oder Reaktionszahl (Rd) nach Durwen, Rd - Nd, oder pHH.

analysiert.

In Tabelle 4-18 wird die Verteilung der 188 Stichprobenpunkte mit bekanntem pHH über die Stratifizierungsmerkmale Humustyp, Bodentyp und Geologie dargestellt.

Tabelle 4-18. Verteilung der 188 Stichprobenpunkte mit bekanntem pHH über die Stratifizierungsmerkmale Humustyp, Bodentyp und Geologie. - pHH = pH_{H_2O} - Wert der Humusaufgabe.

Merkmal	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Humustyp	17	64	85	21	1				
Bodentyp	102	70	6	5	4	-	-	1	-
Geologie	120	4	-	2	56	6			

Humustyp: 1 = Mull, 2 = mullartiger Moder, 3 = Moder, 4 = rohhumusartiger Moder, 5 = Rohhumus

Bodentyp: 1 = Braunerde, 2 = podsolige Braunerde, 3 = Semipodsol, 4 = Rendzina, 5 = Pseudogley, 8 = Lockersedimentrohboden, 9 = verbraunter Auboden

Geologie: 1 = Grundmoräne, 2 = Endmoräne, Moränenwall, 4 = Eisrandterrasse, 5 = Ablagerung des Eisstaues, 6 = Hauptdolomit

In Tabelle 4-19 wird die Verteilung der 93 Stichprobenpunkte mit bekanntem C/NM über die Stratifizierungsmerkmale Humustyp, Bodentyp und Geologie dargestellt.

Tabelle 4-19. Verteilung der 93 Stichprobenpunkte mit bekanntem C/NM über die Stratifizierungsmerkmale Humustyp, Bodentyp und Geologie. - C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens.

Merkmal	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Humustyp	9	33	37	13	1				
Bodentyp	49	37	2	1	3	-	-	1	-
Geologie	60	1	-	1	28	3			

Humustyp: 1 = Mull, 2 = mullartiger Moder, 3 = Moder, 4 = rohhumusartiger Moder, 5 = Rohhumus

Bodentyp: 1 = Braunerde, 2 = podsolige Braunerde, 3 = Semipodsol, 4 = Rendzina, 5 = Pseudogley, 8 = Lockersedimentrohboden, 9 = verbraunter Auboden

Geologie: 1 = Grundmoräne, 2 = Endmoräne, Moränenwall, 4 = Eisrandterrasse, 5 = Ablagerung des Eisstaues, 6 = Hauptdolomit

Die Stratifizierung erfolgte aus bodenkundlicher Sicht, da die Parameter Humusform, Bodentyp, Geologie den Zusammenhang zwischen C/NM und den genannten erklärenden Variablen Nd, Rd und pHH beeinflussen können (URLICH und SHRIVASTAVA, 1978, SCHACHTSCHABEL et al., 1992).

Für Böden mit rohumusartigen Moder erklärte die multiplikative Verknüpfung der Reaktions- und Stickstoffzahl nach DURWEN den größten Anteil der Variation der Variable C/NM (Tabelle 4-20, Abbildung 4-7). Diese erklärende Variable wird zur Extrapolation der fehlenden C/NM-Werte verwendet.

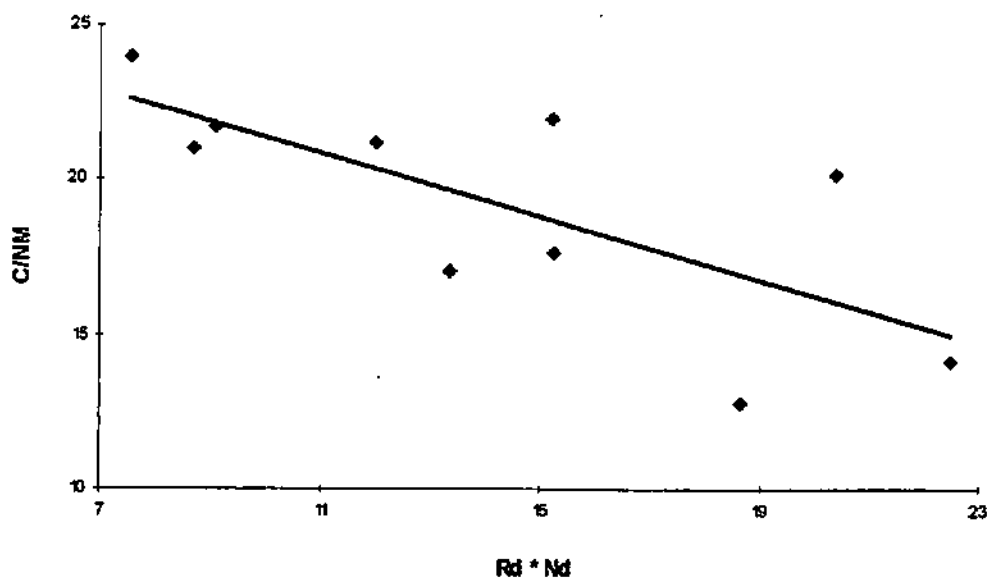


Abbildung 4-7. Beziehung zwischen C/NM und der multiplikativen Verknüpfung von Rd und Nd für Böden mit rohumusartigen Moderhumus. - C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens, Rd bzw. Nd ist die Reaktions- bzw. Stickstoffzahl nach Durwen.

Tabelle 4-20. Koeffizientenschätzer und Signifikanzniveau für die Beziehung zwischen C/NM und der multiplikativen Verknüpfung von Rd und Nd für Böden mit rohumusartigen Moderhumus. - Funktionsform : $y = a + b \cdot x$, C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens, Rd bzw. Nd ist die Reaktions- bzw. Stickstoffzahl nach Durwen, B = Bestimmtheitsmaß.

Koeffizient	Wert	Signifikanzniveau
a	26.404682	***
b	-0.507453	**
B	0.51	**

** = signifikant bei $\alpha = 0.01$

*** = signifikant bei $\alpha = 0.001$

Für Böden mit Mullhumus und bekanntem pH_H erklärte der pH_H den größten Anteil der Variation der Variable C/NM und daher wurde dieser als erklärende Variable für die fehlenden C/NM - Werte verwendet (Tabelle 4-21, Abbildung 4-8).

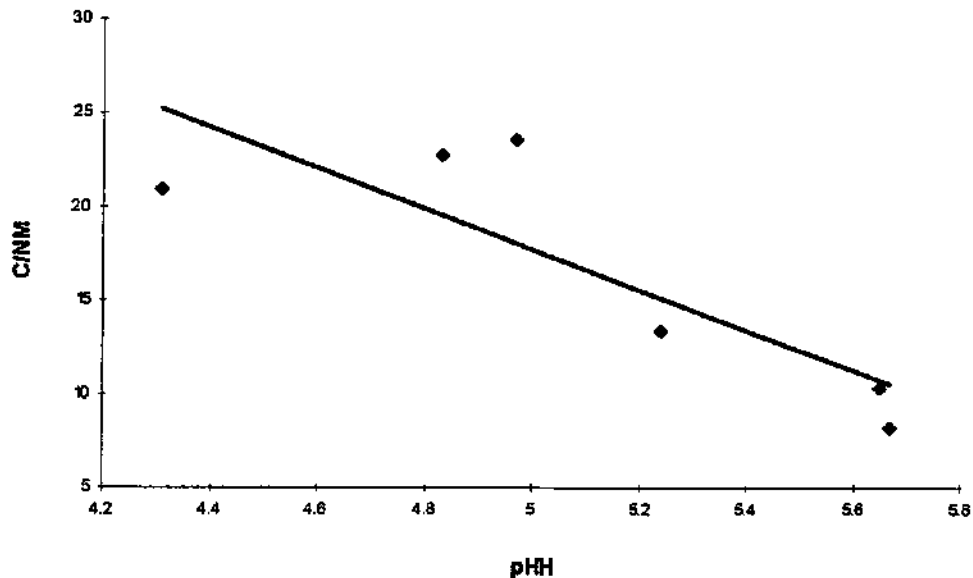


Abbildung 4-8. Beziehung zwischen C/NM und pH_H für Mullhumusböden mit bekannten pH_H. - C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens, pH_H = pH_{H₂O} - Wert der Humusauflage.

Tabelle 4-21. Koeffizientenschätzer und Signifikanzniveau für die Beziehung zwischen C/NM und pH_H für Mullhumusböden. - Funktionsform : $y = a + b \cdot x$, C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens, pH_H = pH_{H₂O} - Wert der Humusauflage, B = Bestimmtheitsmaß.

Koeffizient	Wert	Signifikanzniveau
a	71.674063	**
b	-10.787231	*
B	0.70	*

* = signifikant bei $\alpha = 0.05$

** = signifikant bei $\alpha = 0.01$

Für Böden mit Mullhumus und unbekanntem pH_{H₂O} - Wert der Humusauflage wird versucht, den pH_H mit Hilfe der Zeigerwerte zu schätzen. Erst durch zusätzliches Stratifizieren nach dem Merkmal „Geologie“ konnte eine signifikante Beziehung für den Geologietyp „Ablagerung des Eisstaues“ gefunden werden (Tabelle 4-22, Abbildung 4-9).

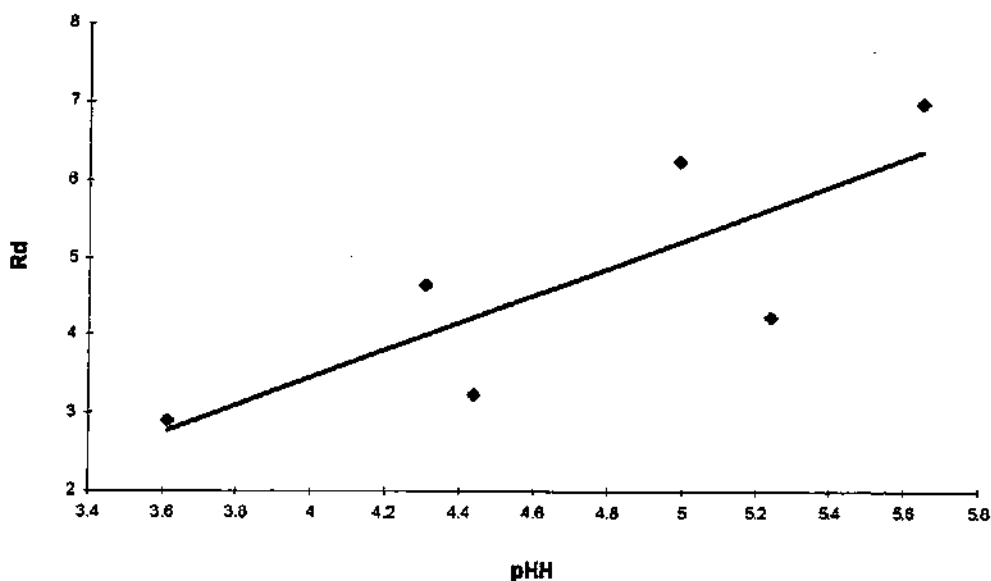


Abbildung 4-9. Beziehung zwischen pHH und Rd für Mullhumusböden auf Geologietyp 5 mit unbekanntem pHH. - pHH = $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ - Wert der Humusaufgabe, Rd = Reaktionszahl nach Durwen, Geologietyp 5 = Ablagerung des Eisstaues.

Tabelle 4-22. Koeffizientenschätzer und Signifikanzniveau für die Beziehung zwischen pHH und Rd für Mullhumusböden auf Geologietyp 5 und unbekanntem pHH. - Funktionsform : $y = a + b \cdot x$, pHH = $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ - Wert der Humusaufgabe, Rd = Reaktionszahl nach Durwen, Geologietyp 5 = Ablagerung des Eisstaues, B = Bestimmtheitsmaß.

Koeffizient	Wert	Signifikanzniveau
a	3.020977	**
b	0.357769	*
B	0.63	*

* = signifikant bei $\alpha = 0.05$

** = signifikant bei $\alpha = 0.01$

Für die restlichen Mullhumusböden und sonstige Humustypen wurde zur Schätzung des C/NM ein multipler Mittelwertsvergleich nach DUNCAN über das Merkmal „Bodentyp“ durchgeführt. Erst durch Zusammenfassen der Bodentypen zu zwei Bodengruppen konnte eine plausible Trennung nach Mittelwertsunterschieden errechnet werden. Die eine Bodengruppe setzt sich aus den Bodentypen Pseudogley, Lockersedimentrohboden und verbrauchten Auboden zusammen, die übrigen Bodentypen bilden die zweite Bodengruppe.

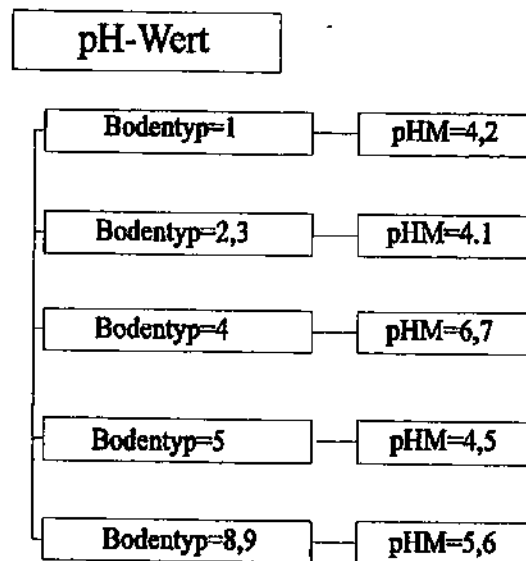
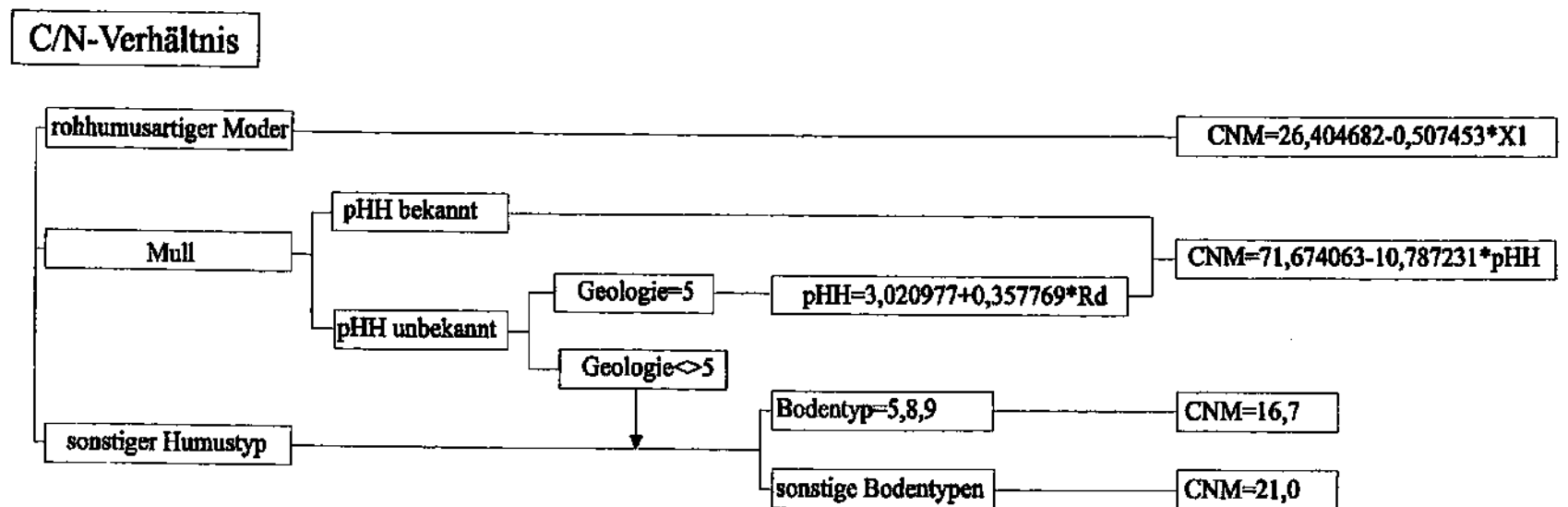
In Abbildung 4-10 ist die Vorgangsweise bei der Extrapolation des bodenchemischen Parameters CN/M anhand eines Verknüpfungsbaumes schematisch dargestellt.

4.4.3.2 Extrapolation der pH-Werte des Mineralbodens

Auch bei der Extrapolation des pH-Wertes für den Mineralboden (pHM) wurde versucht mit Hilfe einer Funktion (3) für sinnvoll erscheinende Variablen Beziehungen herzuleiten, jedoch ohne signifikantes Ergebnis.

Daher wurde ein multipler Mittelwertsvergleich nach DUNCAN für den PHM über die Merkmale Bodentyp, Humustyp und Geologie durchgeführt. Nur über das Merkmal Bodentyp konnte eine plausible Trennung nach Mittelwertsunterschieden errechnet werden. Dabei unterschieden sich Rendzinen, Sonderstandorte (Lockersedimenttrohböden und verbrauchte Auböden), Pseudogleye und Braunerden untereinander signifikant. Nur innerhalb der Braunerdegruppe konnte kein signifikanter Unterschied für den Mittelwert des pHM ermittelt werden. Nachdem sich aber die Mittelwerte für die typischen Braunerden und die saureren Ausprägungen (podsoligen Braunerden, Semipodsole) relativ deutlich voneinander unterscheiden, wurden sie als getrennte Bodentypen behandelt.

Der Verknüpfungsbaum in Abbildung 4-10 stellt abschließend die Struktur zur Extrapolation der bodenchemischen Parameter CN/M und pHM schematisch dar.



pHH.....gemessener pH-Wert (H₂O) der Humusaufgabe

Rd.....Reaktionszahl nach DURWEN

Nd.....Stickstoffzahl nach DURWEN

X1.....Rd*Nd

Bodentyp: 1... Braunerde

2... podsolige Braunerde

3... Semipodsol

4... Rendzina

5... typischer Pseudogley

8... Lockersedimentrohboden

9... verbraunter Auboden

Geologie: 5...Ablagerung des Eisstaues

Ergebnisse:CNM...berechnetes C/N-Verhältnis des Mineralbodens

pHM...berechneter pH-Wert (H₂O) des Mineralbodens

Abbildung 4-10. Entscheidungsbaum für die Berechnung von C/N-Verhältnis und pH-Wert des Mineralbodens.

4.4.4 Growing Degree Days (GDD)

Die für die Berechnung benötigten Lufttemperaturwerte standen in Form von Monatsmittelwerten (30-jähriges Mittel der Jahre 1961 bis 1990 bzw. des Jahres 1992) der Station St.Veit/Glan (490 m) zur Verfügung (HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1961 - 1992). Da die Angaben des Hydrographischen Dienstes nur Monatsmittelwerte beinhalten, mußte auf die mögliche Verwendung von Tagestemperaturen verzichtet werden. Die Klimaparameter der Klimastation St.Veit/Glan wurden mittels Temperatur- und Niederschlagsgradienten an die Stichprobenpunkte extrapoliert. Dabei wurde für die Temperaturwerte ein Vertikalgradient, für die monatlichen Niederschlagssummen ein Vertikal- und Horizontalgradient verwendet. Diese Gradienten konnten aus LEXER und HÖNNINGER (1997b) entnommen werden. Zusätzlich wurden von jedem Stichprobenpunkt die Exposition und die Neigung über einen Temperaturmodifikator in die Berechnungen miteinbezogen, um den Einfluß des Geländes auf die Temperatur zu berücksichtigen. Dieser Temperaturmodifikator beruht auf dem Verhältnis der direkten potentiellen Sonneneinstrahlung auf eine horizontale Fläche und auf eine dem Standort entsprechend geneigte Fläche (LEXER und HÖNNINGER, 1997b).

Um aus Monatswerten der Temperatur den GDD errechnen zu können, wurden einfache lineare Interpolationsalgorithmen angewendet. In Abbildung 4-11 ist der aus Monatsmittelwerten der Lufttemperatur errechnete Parameter GDD schematisch dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in LEXER und HÖNNINGER (1997b).

Nach der Bereitstellung der notwendigen Eingangsdaten wurde die Berechnung der GDD-Werte extern, in einem bereits vorhandenen Programm durchgeführt. Die Ergebnisse der Berechnung standen in Form von ASCII - Files zur weiteren Verwendung zur Verfügung. Somit waren für jeden Stichprobenpunkt die GDDs für das 30-jährige Mittel (1961 - 1990) und das klimatische Extremjahr 1992 vorhanden.

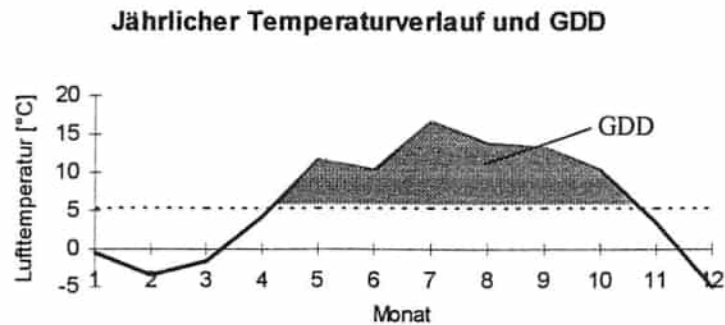


Abbildung 4-11. Berechnung der Temperatursumme (GDD) aus Monatsmittelwerten der Lufttemperatur.

Die Ergebnisse der externen Berechnung beinhalteten auch den Verlauf der monatlichen Lufttemperaturen pro Stichprobenpunkt und so konnten die maximalen Wintertemperaturen (für 30-jähriges Mittel bzw. 1992) daraus abgeleitet werden. Zusätzlich wurde die Wintertemperatur bei Stichprobenpunkten, die sich in frostgefährdeten Geländeteilen befanden (Topographie), gutachtlich um 1 °C reduziert. Frostgefährdet sind vor allem Vertiefungen im Gelände, in denen sich die kalte, schwere Luft sammelt und nicht abfließen kann.

4.4.5 Soil Moisture Index (SMI)

Zur Quantifizierung der Wasserversorgung für einen Standort wird eine standortsspezifische Wasserbilanz auf Monatsbasis berechnet (LEXER und HÖNNINGER, 1997a).

Konzeptionell erfolgt Input von Wasser in den Boden über den Niederschlag sowie über das Schmelzen von Schnee. Schneeschmelze wird nach DUNNE und LEOPOLD (1978) in linearer Abhängigkeit von der Temperatur modelliert (4).

$$SM = 0.7 \cdot T \cdot SMTage \quad (4)$$

SM = Schneeschmelze [cm/Monat]
 T = mittlere Schmelztemperatur je Monat (> 0 °C)
 SMTage = Schmelztage (T > 0 °C)/Monat

Kann der Boden kein Wasser mehr aufnehmen (Wassergehalt (WC_{act}) = nutzbare Feldkapazität (WC_{pot})), erfolgt Output aus dem System durch Abfluß. Die realisierte Evapotranspiration (AET) wird von der klimatisch potentiell möglichen Evapotranspiration (PET) abgeleitet. Die potentielle Evapotranspiration (PET) wird nach THORNTHWAITE und MATHER (1957) berechnet (5 - 7):

$$PET_M = 1.6 \cdot \left(10 \cdot \bar{T}_{Monat} / TE\right)^A \cdot CLat_{M,Lat} \quad (5)$$

$$TE = \sum_{M=1}^{12} (0.2 \cdot \bar{T}_{Monat})^{1.514} \quad (6)$$

$$A = 0.000000675 \cdot TE^3 - 0.0000771 \cdot TE^2 + 0.01792 \cdot TE + 0.49239 \quad (7)$$

PET_M = potentielle Evapotranspiration für das Monat M
 $CLat$ = Korrekturfaktor für Breitengrad und Monat (charakterisiert Sonnenstand, etc.)
 A = empirischer Koeffizient
 TE = Indikator für die Temperatureffizienz
 \bar{T}_{Monat} = durchschnittliche Monatstemperatur

PET wird schließlich bodenartspezifisch in Abhängigkeit des jeweiligen Bodenwassergehaltes zu einem Schätzwert für die aktuelle Evapotranspiration (AET) modifiziert (8). Details zur Modifizierung finden sich in LEXER (1995).

$$AET = PET \cdot f_{BA} \left(\frac{WC_{act}}{WC_{pot}} \right) \quad (8)$$

f_{BA} = bodenartspezifische Funktion
 WC_{act} = aktueller Bodenwassergehalt
 WC_{pot} = potentiell möglicher Bodenwassergehalt (nFK)

Die aktuelle, realisierte Evapotranspiration (AET) ist eine Funktion der potentiellen Evapotranspiration und des jeweiligen Bodenwassergehaltes. Bei niedrigen Bodenfeuchten und daraus in Abhängigkeit von der Textur folgenden stark negativen Matrixpotentialen kann ein immer geringerer Anteil an der klimatisch potentiell möglichen Verdunstung befriedigt werden. Als Beispiel wird in Abbildung 4-12 die für sandig-lehmige Böden verwendete Wasserentzugsfunktion (f_{BA}) dargestellt.

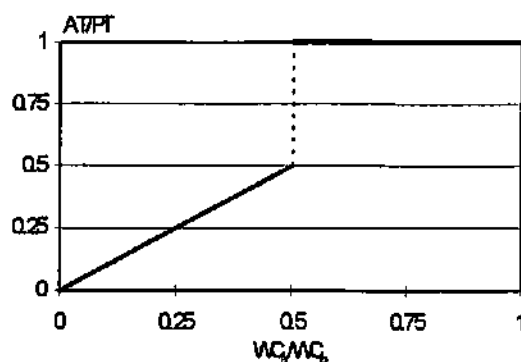


Abbildung 4-12. Wasserentzugsfunktion für sandig-lehmige Böden (nach DUNNE und LEOPOLD, 1978). - WC_a = aktueller Bodenwassergehalt, WC_p = potentiell möglicher Bodenwassergehalt (nFK), AT bzw. PT = aktuelle bzw. potentielle Transpiration.

Der Wasserversorgungsindikator SMI wird schließlich als relatives Feuchtedefizit während der Vegetationsperiode (VP) nach (9) berechnet. Je näher SMI bei 1 liegt, desto trockener sind die Standortverhältnisse.

$$SMI = \frac{\sum (PET - AET)_{VP}}{\sum PET_{VP}} \quad (9)$$

Zur SMI-Berechnung werden monatsweise Niederschlagssummen und die mittlere monatliche Lufttemperatur sowie die standortsspezifische nutzbare Feldkapazität des Hauptwurzelschichtes (100 cm) benötigt. Die klimatischen Eingangsdaten wurden von der Station St.Veit/Glan (490 m) für das 30-jährige Mittel (1961-1990) und das klimatische Extremjahr 1992 bezogen.

Die im Aufnahmegebiet im geringen Ausmaß vorhandenen Standorte mit Grundwassereinfluss mußten von der Berechnung ausgenommen werden, da kapillarer Aufstieg aus grundwasserführenden Bodenschichten in dieser vorliegenden Simulation nicht berücksichtigt wird.

Die Berechnung der SMI-Werte wurde extern in einem bereits vorhandenen Programm durchgeführt. Der Output des Programms stand in Form von ASCII - Files zur

Verfügung. Somit waren für jeden Stichprobenpunkt die SMIs für das 30-jährige Mittel (1961 - 1990) und das klimatische Extremjahr 1992 vorhanden.

4.5 Ein Modell zur Beurteilung der Baumarteneignung

Für die Wahl von Baumarten auf einem bestimmten Standort ist die Standortseignung entscheidend. Diese Standortseignung ist von der Befriedigung der jeweiligen Bedürfnisse der Baumarten bezüglich Wärme-, Wasser- und Nährstoffversorgung durch Klima und Bodeneigenschaften abhängig. Gutes Wachstum und Vitalität sind Indikatoren hierfür (KRAMER, 1988). Die unter den gegebenen Verhältnissen erreichbare Höhe dient als Maß für die Wuchsleistung (FELBERMEIER, 1994, DENGLER, 1992). Die physiologischen Amplituden der Baumarten stecken die Grenzen des möglichen Vorkommensbereiches ab (ELLENBERG, 1996). Als Minimumerfordernis für die Eignung einer Baumart ist demnach ein Standort innerhalb der jeweiligen physiologischen Amplitude notwendig. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten wird ein Forstbetrieb wohl versuchen, jene Baumarten zu forcieren, die sich im physiologischen Optimumbereich befinden.

Es stellt sich somit die Aufgabe, ein Planungsinstrument zu entwickeln, welches auf quantitative Weise den „Eignungsraum“ einer Baumart charakterisiert.

4.5.1 Modellkonzept

Der durch n Parameter definierte Eignungsraum (E) einer Baumart wird durch drei Faktorengruppen definiert (10): Temperaturverhältnisse (T), Wasser- (W) und Nährstoffversorgung (N) (siehe auch Kapitel 4.3).

$$E = f(T, W, N) \quad (10)$$

Innerhalb jeder Faktorengruppe wird die Wirkung von Einzelfaktoren auf die Baumarteneignung in einem Wirkungsraum zwischen 0 und 1 dargestellt. Ein Wert von 1 bedeutet dabei optimale Eignung, ein Wert von 0 den Ausschluß dieser Baumart.

Um den subjektiv beeinflussten, nicht reproduzierbaren Überlegungen eines waldbaulich geschulten Experten in der Frage der Baumartenbeurteilung auf einem gegebenem Standort eine operationale Basis zu geben, gilt es, ein Regelwerk zu schaffen, welches ausgehend von als relevant beurteilten einzelnen Standortmerkmalen die ökophysiologische Gesamteignung einer Baumart für einen Standort ermittelt.

Die ökophysiologischen Grundlagen der gewählten Standortfaktoren finden sich in Kapitel 4.3.

Die für das Baumarteneignungsmodell notwendigen Standortparameter und deren Verwendung bei der Generierung der Indikatoren werden in Tabelle 4-23 aufgelistet.

Tabelle 4-23. Notwendige Input-Parameter des Eignungsmodells und deren Verwendung.

Faktorengruppe	T _M	NS _M	pHM	C/NM	BoA	GS	Gr	PSVG	Exp	Neigung	Seehöhe
Temperatur	x								x	x	x
Wasser	x	x			x	x	x	x	x	x	x
Nährstoffe			x	x	x	x	x				

T_M = Temperaturmittel auf Monatsbasis
 NS_M = Niederschlagssummen auf Monatsbasis
 pHM = pH-Wert des Mineralbodens
 C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens
 BoA = Bodenart
 GS = Grobskellgehalt des Wurzelraumes
 Gr = Gründigkeit
 PSVG = Pseudovergleichung
 Exp = Exposition

4.5.2 Modellparameter

4.5.2.1 Temperaturverhältnisse

Die Temperaturverhältnisse des Standortes, aus der sich die Baumarteneignungen ableiten, sind hier durch die Parameter „GDD“ und „WF“ charakterisiert. In der nachfolgenden Tabelle 4-24 sind die im Modell für die jeweilige Baumart verwendeten Werte der Parameter aufgelistet. Ein Vergleich mit berechneten GDD-Werten in unterschiedlichen Regionen Österreichs bestätigte die prinzipielle Plausibilität der genannten GDD-Werte. Detailliertere Angaben über Quellen und Herleitung der Werte finden sich in Kap. 4.3.1.

Tabelle 4-24. Werte der Parameter GDD und WF wie sie im Modell verwendet wurden. - GDD_{MIN} bzw. GDD_{MAX} = tolerierbare Kälte- bzw. Wärmegrenze der Baumarten, GDD_{OPT} = optimale Temperaturverhältnisse für das Wachstum, WF = Wintertemperaturverbreitungsgrenze der Baumarten.

Baumart	GDD_{MIN}	GDD_{MAX}	GDD_{OPT}	WF
Fichte	150	2510	1330	N
Lärche	110	2600	1215	-11
Tanne	420	4170	2295	-6
Kiefer	390	2830	1610	N
Douglasie	330	4060	2195	N
Buche	500	4300	1440	-5
Traubeneiche	580	4330	2445	-5
Stieleiche	810	4330	2570	-17
Schwarzerle	670	4890	2780	-16
Bergahorn	670	4170	2420	N
Esche	750	4170	2460	-17
Bergulme	830	4890	2860	-16
Winterlinde	1100	4170	2635	-19
Sommerlinde	1100	4330	2715	N
Kirsche	810	4330	2570	-7
Birke	400	4330	2365	N
Hainbuche	670	4330	2500	-9
Roteiche	700	5000	2850	-18

N = keine Sensitivität gegenüber Winterfrost

4.5.2.2 Wasserversorgung

Die Wasserversorgung des Standortes, aus der sich die Baumarteneignungen ableiten lassen, sind hier durch die Parameter „SMI“ und „Pseudovergleyung“ charakterisiert. In der nachfolgenden Tabelle 4-25 sind die im Modell verwendeten Werte der Parameter in Bezug auf SMI_{TOL} , SMI_{MAX} bzw. der Eignungen der Baumarten hinsichtlich Pseudovergleyung, aufgelistet. Detailliertere Angaben über Quellen und Herleitung der Werte finden sich in Kap. 4.3.2.

Tabelle 4-25. Werte der Parameter SMI_{TOL} , SMI_{MAX} und PSVG wie sie im Modell verwendet wurden. - SMI_{TOL} = mindest Feuchtigkeitsversorgung, SMI_{MAX} = maximal tolerierbares Feuchtigkeitsdefizit (0.0 = optimal wasserversorgt, 1.0 keine Wasser-versorgung), PSVG = Vermögen, Wechselfeuchte zu ertragen (0.0 = keine Eignung, 1.0 = optimal geeignet).

Baumart	SMI_{TOL}	SMI_{MAX}	PSVG
Fichte	0.1	0.5	0.5
Lärche	0.1	0.5	0.7
Tanne	0.15	0.6	1.0
Kiefer	0.2	0.8	0.8
Douglasie	0.15	0.65	0.5
Buche	0.15	0.6	0.5
Traubeneiche	0.2	0.65	0.2
Stieleiche	0.15	0.65	0.85
Schwarzerle	0.0	0.5	1.0
Bergahorn	0.1	0.6	0.7
Esche	0.1	0.5	0.5
Bergulme	0.1	0.6	0.7
Winterlinde	0.15	0.7	0.7
Sommerlinde	0.15	0.6	0.5
Kirsche	0.15	0.65	0.2
Birke	0.15	0.6	0.5
Hainbuche	0.15	0.65	0.8
Roteiche	0.15	0.65	0.2

4.5.2.3 Nährstoffversorgung

Die Nährstoffversorgung des Standortes aus der sich die Baumarteneignungen ableiten können, wird durch die Parameter „pH-Wert“, „C/N-Verhältnis“, „Gründigkeit“, „Grobskelett“ und „Bodenart“ charakterisiert. In der nachfolgenden Tabelle 4-26 sind die im Modell den Baumarten zugeordneten Eignungswerte aufgelistet. Für die Parameter „Gründigkeit“, „Grobskelett“ und „Bodenart“ wurde dabei nur jener Bereich der Standortmerkmale abgedeckt, der auf den Waldflächen des Aufnahmegebietes tatsächlich auftrat. Detailliertere Angaben über Quellen und Herleitung der Werte finden sich in Kap. 4.3.3.

Tabelle 4-26. Optimalbereich für pH-Wert und Eignungswerte für C/N-Verhältnis, Gründigkeit, Grobskelett und Bodenart wie sie im Modell verwendet wurden. - (0.0 = keine Eignung, 1.0 = optimal geeignet).

Baumart	pH-Wert	C/N-Verhältnis				Gründigkeit [cm]			Grobskelett t [%]		Bodenart		
	Optimalbereich	<10	10-20	20-26	>26	<20	20-30	>30	<= 25	> 25	s.	i. s.	s. L.
Fichte	4 - 5	0.8	1.0	0.9	0.7	0.7	0.9	1.0	1.0	0.9	0.75	0.85	1.0
Lärche	4 - 5	0.9	1.0	0.85	0.65	0.6	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	0.9	1.0
Tanne	4 - 5	0.9	1.0	0.85	0.65	0.6	0.8	1.0	1.0	0.9	0.7	0.8	0.9
Kiefer	3.75 - 4.5	0.8	1.0	0.9	0.8	0.7	0.9	1.0	1.0	0.9	0.8	0.9	1.0
Douglasie	4 - 5	0.9	1.0	0.9	0.75	0.6	0.9	1.0	1.0	1.0	0.75	0.9	1.0
Buche	5 - 6.5	1.0	0.85	0.65	0.45	0.5	0.8	1.0	1.0	0.9	0.7	0.8	0.9
Traubeneiche	4 - 5	1.0	0.9	0.75	0.55	0.6	0.8	1.0	1.0	0.8	0.9	1.0	1.0
Stieleiche	4.25 - 5	1.0	0.85	0.7	0.5	0.5	0.8	1.0	1.0	0.8	0.75	0.85	1.0
Schwarzerle	5 - 7	1.0	0.75	0.55	0.35	0.7	0.9	1.0	1.0	0.7	0.65	0.75	0.9
Bergahorn	5 - 6.5	1.0	0.8	0.6	0.4	0.5	0.8	1.0	1.0	0.8	0.7	0.8	0.9
Esche	5 - 7	1.0	0.75	0.55	0.35	0.5	0.8	1.0	1.0	0.9	0.7	0.8	0.9
Bergulme	5 - 6.5	1.0	0.8	0.6	0.4	0.5	0.8	1.0	1.0	0.9	0.7	0.8	0.9
Winterlinde	4.25 - 6.5	1.0	0.85	0.65	0.45	0.5	0.8	1.0	1.0	0.8	0.7	0.8	0.9
Sommerlinde	5 - 6.5	1.0	0.8	0.6	0.4	0.6	0.8	1.0	1.0	0.8	0.7	0.8	0.9
Kirsche	5 - 6.5	1.0	0.8	0.6	0.4	0.3	0.7	1.0	1.0	0.9	0.7	0.8	0.9
Birke	3.75 - 6.5	1.0	1.0	0.9	0.7	0.7	0.9	1.0	1.0	0.8	0.75	0.85	1.0
Hainbuche	5 - 6.5	1.0	0.85	0.65	0.45	0.3	0.7	1.0	1.0	0.9	0.7	0.8	0.9
Roteiche	4 - 5	1.0	0.9	0.75	0.55	0.3	0.7	1.0	1.0	0.9	0.75	0.85	1.0

s. = Sand, schwach anlehmiger Sand

i. s. = stark anlehmiger Sand, schwach lehmiger Sand, stark lehmiger Sand

s. L. = sandiger Lehm, Lehm

4.5.3 Verknüpfung der Parameter

Die einzelnen Eignungswerte werden mittels mathematischer Operatoren verknüpft, wobei durch die jeweils gewählte Art der Verknüpfung auch die gegenseitige kompensatorische Wirkung von Standortfaktoren berücksichtigt werden kann. Schließlich werden die drei Eignungsziffern für das Temperaturregime, die Wasser- und Nährstoffversorgung miteinander zu einer Gesamteignung verbunden (Abbildung 4-13).

Da die Wirkung aller Einzelmerkmale auf einer Relativskala zwischen 0 und 1 liegt, kann eine multiplikative Verknüpfung (M) zur Kombination von sich in der Wirkung verstärkenden Merkmalen mit negativem Effekt auf die Baumarteneignung eingesetzt werden. In der aktuellen Modellversion gilt dies für die Merkmale „Grobskelett“ und „Bodenart“ in ihrer Wirkung auf die Sorptionskapazität. Anschließend wird der errechnete Wert mit dem Parameter „Gründigkeit“ über eine Minimumfunktion verknüpft, da die Gründigkeit den bestimmenden Parameter für das Durchwurzelungspotential darstellt und durch keinen anderen physikalischen Bodenparameter ausreichend kompensiert werden kann.

Der Minimum-Operator (Min) leitet sich aus dem „Gesetz des Minimums“ nach Liebig her, nach welchem der jeweilige Minimumfaktor das Wachstum limitiert. Auch die chemischen Nährstofffaktoren „pH-Wert“ und „C/N-Verhältnis“ werden wegen ihrer teilweise noch unbekanntem gegenseitigen kompensatorischen Wirkung durch eine Minimumfunktion verknüpft.

Die Verwendung des geometrischen Mittels (GM) impliziert eine stärkere Kompensation zwischen den verknüpften Faktorwirkungen, wie dies im Modell bei der Verknüpfung der chemischen mit den physikalischen Parametern der Nährstoffversorgung der Fall ist. Die meist durch Flachgründigkeit gekennzeichneten Rendzina-Standorte weisen bei ausreichender Wasserversorgung dennoch gute Wachstumsbedingungen auf, da die Nährstoffversorgung meist gut ist. Umgekehrt weisen Podsole bei vorhandensein einer entsprechenden Gründigkeit zumindest ein

Potential für tiefer wurzelnde Baumarten auf, um neue Horizonte für Wasserversorgung und Nährstoffe zu erschließen.

Bei den Faktoren Wasserversorgung und Temperaturverhältnisse kommt bei der Verknüpfung der Parameter der Minimum-Operator zur Anwendung. So kann für eine winterfrostopfindliche Baumart das Vorhandensein von Winterfrösten limitierend sein, was auch durch günstige Temperaturverhältnisse in der Vegetationsphase nicht kompensiert werden kann. Ebenso kann ein gut wasserversorgter Standort durch periodisches Auftreten von Pseudovergleyung für das Vorkommen einer diesbezüglich empfindlichen Baumart limitierend werden, eine kompensierende Wirkung kann man ausschließen.

Abschließend werden die drei Eignungswerte für die Temperaturverhältnisse, die Wasser- und Nährstoffversorgung mittels des Minimum-Operators zu einer Gesamteignung verbunden. Entscheidend dafür waren die geringen und teilweise noch mangelnden Kenntnisse über die kompensatorischen Wirkungen zwischen den Faktoren für die jeweilige Baumart.

Im Anhang wird die verwendete SAS-Routine zur Berechnung der Baumarteneignung angeführt.

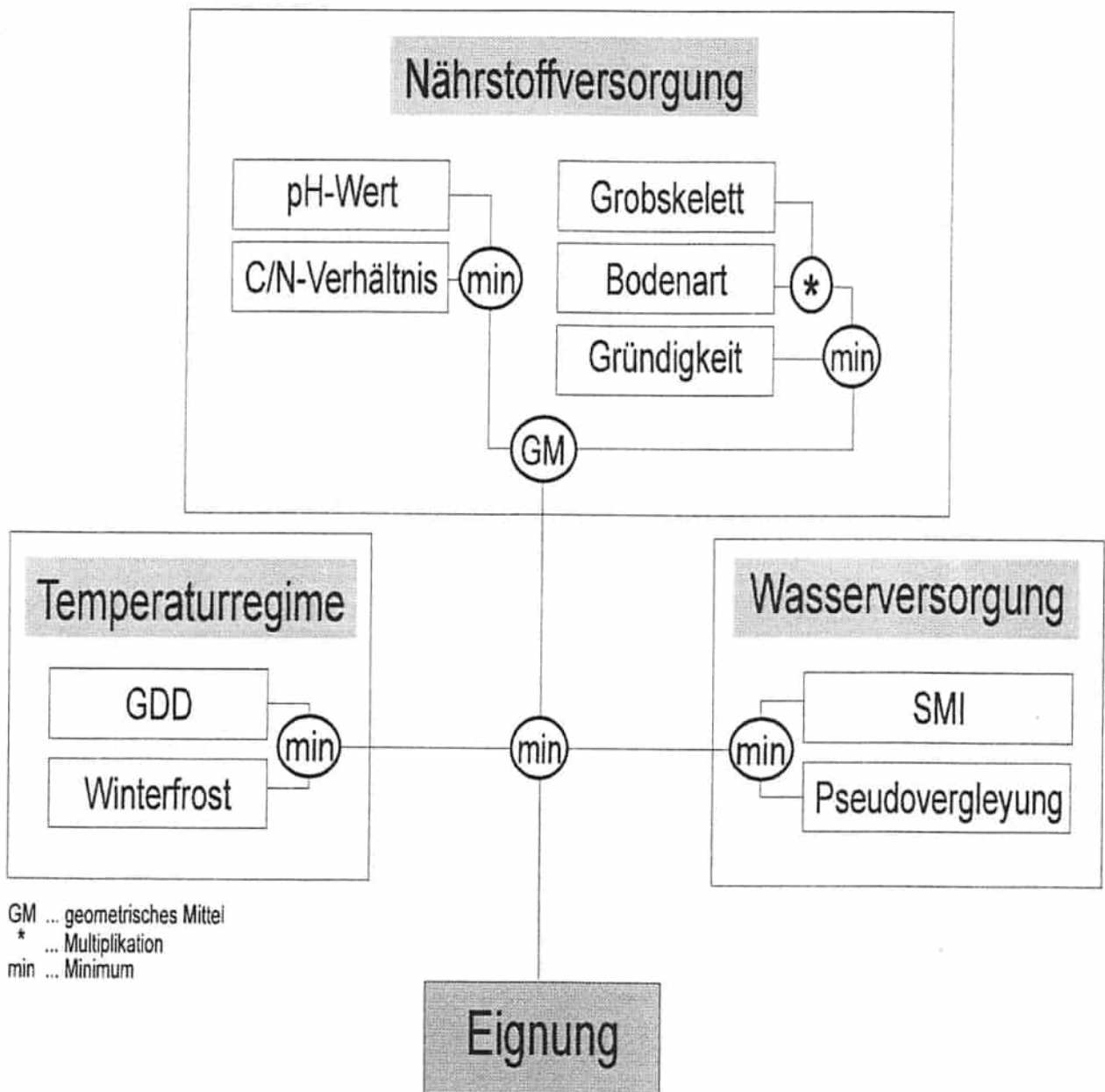


Abbildung 4-13. Schematische Darstellung der Struktur des Baumarteneignungsmodells.

Mittels dieses induktiven Ansatzes kann für jeden Punkt, für den die notwendigen Inputparameter vorliegen, die Eignung einer Baumart ermittelt werden.

Da die Wirkung von Klimaparametern (Temperatursummen, Winterfrost, Niederschläge) auf die Baumarteneignung in expliziter Form im Modell enthalten ist, kann die Baumarteneignung auch unter veränderten Klimabedingungen beurteilt und mögliche Risiken abgeschätzt werden.

Für den Beispielsbetrieb Wolschartwald wurde daher die Eignung der Baumarten für heutige mittlere Klimabedingungen (30-jähriges Mittel) und für aktuell auftretende Klimaextreme (1992) analysiert. Das Jahr 1992 war durch erhöhte Temperaturen und sehr geringe Niederschläge während der Vegetationszeit gekennzeichnet (näheres s. Kap. 3.2).

4.5.4 Sensitivität des Eignungsmodells

Die Sensitivität des Modells entlang von Standortgradienten soll geprüft werden. Im ersten Beispiel werden für die Baumarten Fichte, Buche und Stieleiche die chemischen Bodenparameter (pH-Wert, C/N-Verhältnis) variiert. In der nachfolgenden Tabelle 4-27 sind fünf unterschiedliche Bodenbedingungen dargestellt, die von schlecht über mittel bis gut nährstoffversorgt reichen, mit den entsprechenden Eignungswerten für die ausgewählten Baumarten.

Tabelle 4-27. Eignungswerte für Fichte, Buche und Stieleiche bei unterschiedlichen bodenchemischen Bedingungen. - (0.0 = keine Eignung, 1.0 = optimal geeignet).

Baumart	pH1= 3.0	pH2= 4.0	pH3= 5.0	pH4= 6.0	pH5= 7.0	C/N1= 28	C/N2= 23	C/N3= 18	C/N4= 13	C/N5= 8
Fichte	0.6	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.9	1.0	1.0	0.8
Buche	0.5	0.75	1.0	1.0	0.9	0.45	0.65	0.85	0.85	1.0
Stieleiche	0.5	0.9	1.0	0.9	0.8	0.5	0.7	0.85	0.85	1.0

Die übrigen Standortverhältnisse werden einer durchschnittlichen Eignung entsprechend angenommen und in weiterer Folge nicht verändert, um die Reaktion des Modells bezüglich der variabel gehaltenen chemischen Bodenbedingungen beurteilen zu können. Die dazugehörigen Parameter- und Eignungswerte sind in Tabelle 4-28 dargestellt.

Tabelle 4-28. Eignungswerte für Fichte, Buche und Stieleiche für die übrigen Standortparameter (Gründigkeit, Grobskelett, Bodenart), die Wasser- und Temperaturfaktoren. - (0.0 = keine Eignung, 1.0 = optimal geeignet).

Baumart	Gründigkeit= 1.0 m	Grobskelett= 9%	Bodenart= sIS	GDD= 1740	T _{MIN} = -4.1 °C	SMI= 0.09	PSVG= 0
Fichte	1.0	1.0	0.85	0.88	1.0	1.0	1.0
Buche	1.0	1.0	0.8	0.99	0.65	1.0	1.0
Stieleiche	1.0	1.0	0.85	0.78	0.93	1.0	1.0

Der Verlauf der Baumarteneignungen aus dem ersten Beispiel als Reaktion auf die variierenden bodenchemischen Bedingungen wird in Abbildung 4-14 ersichtlich.

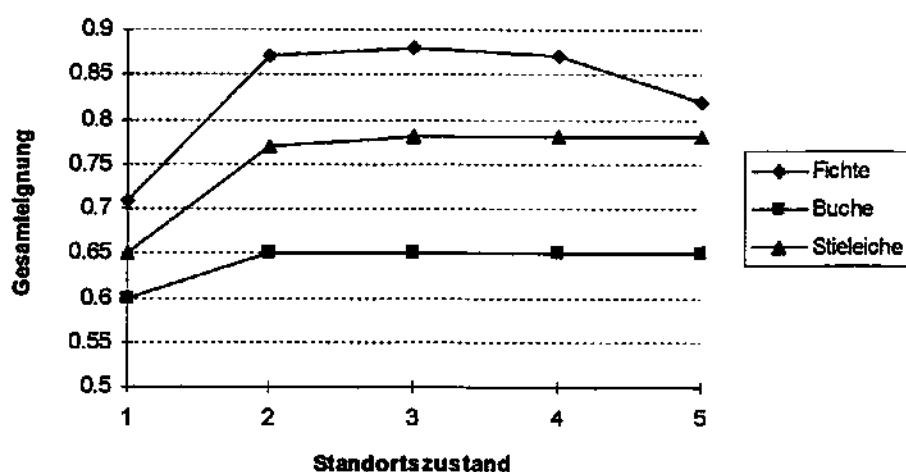


Abbildung 4-14. Gesamteignungswerte der Baumarten Fichte, Buche und Stieleiche bei unterschiedlichen bodenchemischen Bedingungen.

Die Reaktion der Baumarteneignungen auf die basischeren pH-Werte (von 3.0 auf 7.0) und engeren C/N-Verhältnisse (von 29 auf 8) wird aus den anfangs steigenden Gesamteignungen der Baumarten in Abbildung 4-14 ersichtlich. Bei schlechtem chemischen Bodenzustand (geringer pH-Wert, weites C/N-Verhältnis) erweist sich die Nährstoffversorgung als limitierender Faktor. Bei zunehmend besseren bodenchemischen Bedingungen treten die angenommenen Temperaturverhältnisse als limitierender Faktor ein. So ist es für die Fichte der relativ hohe GDD-Wert (Optimum wäre bei 1330) bzw. für die Stieleiche der noch zu niedrige GDD-Wert (Optimum wäre bei 2570) und für die Buche die mangelnde Winterfrosthärte (maximal -5 °C), die das Wachstum einschränken und bessere Gesamteignungen verhindern. Bei pH-Werten oberhalb des baumartenspezifischen Optimums kommt es wieder zum Abfall der

Gesamteignung, da für Fichte wieder die Nährstoffversorgung als limitierender Faktor eintritt. Die Stieleiche kann ihre Eignungswerte halten, und die Buche wird weiter durch den Winterfrost so stark limitiert, daß die sinkenden Eignungen bezüglich des Nährstofffaktors nicht zur Geltung kommen.

Anhand eines zweiten Beispiels soll die Sensitivität des Modells bezüglich geänderter Wasserversorgungsverhältnisse durch auftretende Pseudovergleyung überprüft werden (Tabelle 4-29).

Tabelle 4-29. Standortmerkmale und zugehörige Eignungswerte für Fichte, Buche und Stieleiche bei Auftreten von Pseudovergleyung.

Standortmerkmal	Wert	Fichte	Buche	Stieleiche
C/N-Verhältnis	21	0.9	0.65	0.7
pH-Wert	4.26	1.0	0.78	1.0
Gründigkeit	> 1.0 m	1.0	1.0	1.0
Grobskelett	9%	1.0	1.0	1.0
Bodenart	slS	0.85	0.8	0.85
GDD	1740	0.88	0.99	0.78
T _{MIN}	-4.1 °C	1.0	0.65	0.93
SMI	0.09	1.0	1.0	1.0
Pseudovergleyung nein / ja	0 / 1	1.0 / 0.5	1.0 / 0.5	1.0 / 0.85
Gesamteignung		0.87 / 0.5	0.65 / 0.5	0.77 / 0.77

Aus der Reaktion der Baumarteneignung wird der Einfluß der auftretenden Pseudovergleyung als limitierender Faktor ersichtlich (Tabelle 4-29). Die Baumarten Fichte und Buche mit ihrem geringen Vermögen Wechselfeuchte zu ertragen, fallen in ihren Eignungen deutlich zurück. Nur die gegenüber Wechselfeuchte tolerante Stieleiche kann ihre Eignung halten, und der limitierende Faktor bleibt hier der Nährstoffhaushalt, der eine bessere Eignung verhindert.

4.6 Umlegung der Punktinformation auf die Fläche

Eine Voraussetzung zur flächigen Analyse der Baumarteneignung ist das Vorliegen von räumlich expliziter Standortinformation, entweder aus der Standortkartierung

oder aus Stichprobenerhebungen. Mittels einfacher Extrapolationsmethoden kann punktförmige Information aus Stichprobenerhebungen auf die Fläche umgelegt werden (PICHLER, 1994). Durch das GIS ARC/Info bzw. GIS ArcView (Version 3.0) wird die punktförmige Information zu Standorts-, Klima- und Eignungsmerkmalen mittels Thiessenpolygonen auf die Fläche umgelegt. Zur Ermittlung von Polygonpunkten werden dabei jeweils die Entfernungen zu den nächstliegenden Stichprobenpunkten halbiert. Aufgrund des quadratischen Aufnahmerasters entstehen in der Regel quadratische Flächen. Angesichts der homogenen Standortverhältnisse sowie der relativ einheitlichen Topographie der betroffenen Waldfläche wurde auf komplexere Extrapolationsverfahren verzichtet.

Für die Verarbeitung der Daten wurden alle vorhandenen Karten (Forstkarte, Stichprobenkarte) mit AutoCAD LT digitalisiert. Die Berechnung der Baumarteneignungen wurde in einem statistischen Programmpaket (SAS for Windows, Version 6.11) durchgeführt und die Ergebnisse wurden als ASCII-Files abgespeichert um für den Import ins ArcView zur Verfügung zu stehen. Auch die in der Datenbasis enthaltenen, allgemeinen und bodenkundlichen Standortdaten, die Labordaten (inkl. der extrapolierten Parameter) sowie die extern berechneten Standortdaten (GDD, SMI, Wintertemperatur), wurden in ASCII-Files abgespeichert. Somit konnten für jeden Stichprobenpunkt die benötigten Daten ins GIS importiert werden um dann anhand von thematischen Karten dargestellt zu werden.

5 Modellergebnisse für den Wolschartwald

5.1 Allgemeine Standortsmerkmale

Eine graphische Darstellung der wichtigsten Standortsmerkmale wird in Karte 1 - 2 gegeben. Nachfolgend werden die Parameter kurz charakterisiert.

(a) pH-Verhältnis

Der Austausch - Pufferbereich ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 4.21 - 5.0) würde das natürliche Potential der Böden im Bereich des Aufnahmegebietes darstellen (s. Kap. 3.4). Aktuell liegen jedoch nur 40 % der pH-Werte in diesem Bereich. Mehr als die Hälfte der Revierfläche (54 %) weist, hervorgerufen durch anthropogene Einflüsse, pH-Werte im Aluminium - Pufferbereich ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 3.81 - 4.2) auf. Bei langfristiger Belastung wäre daher bei säureintoleranten Baumarten (vorwiegend Edellaubhölzer) mit Wurzelschädigungen zu rechnen (ULRICH et al., 1984). Ein geringer Teil der Revierfläche (3 %) weist sogar pH-Werte im Eisen-Aluminium - Pufferbereich ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 3.2 - 3.8) auf. Die Flächen (3%) mit pH-Werten im Silikat- ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5.01 - 6.2) und Karbonatpufferbereich ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6.21 - 8.3) beschränken sich fast ausschließlich auf Standorte mit Rendzina und Lockersedimentrohböden. Insgesamt bewegten sich die pH-Werte zwischen 3.48 und 7.46, mit einem durchschnittlichen pH-Wert von 4.26.

(b) C/N-Verhältnis

Die C/N-Verhältnisse unterstreichen das bei den pH-Werten vorgefundene Bild. Ein Großteil der Revierfläche (84 %) weist ein relativ weites C/N-Verhältnis von 20 - 26 auf, und damit verbunden eine geringere Umsetzungsdynamik der Nährstoffe und ein vermindertes Bodenleben. C/N-Verhältnisse von > 26 sind unter anderem auf Rohböden (Kohle), wo es aufgrund des natürlich hohen C-Gehaltes zu einer extremen Ausweitung des C/N-Verhältnisses (41 - 59) kommt, vorgekommen. Abgesehen von

den Kohlerohböden lag das weiteste C/N-Verhältnis bei 32. Gerade 13 % der Revierfläche weisen ein C/N-Verhältnis von unter 20 auf, das engste beträgt 8. Mit einem durchschnittlichen C/N-Verhältnis von 21 auf der Revierfläche befinden wir uns im suboptimalen Bereich für die Nadelbaumarten und anspruchslosere Laubhölzer (FIEDLER et al., 1973, VOSKO et al., 1988).

(c) Gründigkeit

Die Gründigkeit, die ein Potential für den Wurzelhorizont der Baumart setzt, ist auf 89 % der Fläche tiefer als 30 cm. Vorwiegend auf den Rendzinen und Lockersedimenttrohböden treten Gründigkeiten von weniger als 30 cm auf, wodurch ihre Besonderheit und Problematik bezüglich Baumartenwahl verstärkt wird.

(d) Grobskelett

Der Grobskelettanteil liegt auf einem Großteil der Revierfläche (74 %) unter 10 %, weitere 20 % der Revierfläche weisen einen Grobskelettanteil von 11 - 20 % auf. Nur 6 % der Revierfläche weisen einen Grobskelettanteil von 21 % und mehr auf, welcher vorwiegend auf Rendzinen und Lockersedimenttrohböden auftritt. Insgesamt streut der Grobskelettanteil auf der Fläche von 0 - 50 %, im Durchschnitt sind die Böden mit einem Grobskelettanteil von 9 % als skelettarm zu bezeichnen.

(e) Bodenart

Ein Großteil der Revierfläche weist als Bodenart stark anlehmigen Sand (21 %), schwach lehmigen (40 %) und stark lehmigen Sand (31 %) auf (s. Kap. 3.4). Die Bodenarten sandiger Lehm (5 %), schwach anlehmiger Sand (2 %) und Lehm (1 %) sind nur in geringen Anteilen vorhanden. Generell läßt sich erkennen, daß die schwereren (schluff- und tonreicheren) Böden gehäuft im Bereich der Geländeformen

Ebene und Terrasse vorkommen und die leichteren Böden vermehrt auf den Kogeln und Hängen auftreten.

(f) Bodentyp

Bei den Erhebungen im Zuge der Außenaufnahmen im Revier wurden acht verschiedene Bodentypen angesprochen. Die Braunerden (48 %) und podsoligen Braunerden (44 %) herrschen vor. Nur auf jeweils 2 % der Revierfläche treten Semipodsol, Pseudogley, Rendzinen und Rohböden (Lockersediment und Kohle) auf.

(g) Geologie

Fast zwei Drittel der Revierfläche weisen als Ausgangssubstrat für die Bodenbildung die Grundmoräne auf. Auch die restliche Revierfläche wird von glazialen Einheiten geprägt. Nur im Süden des Reviers (Leislingkogel) kommt auf kleiner Fläche (3 %) das überlagerte Grundgestein, der Hauptdolomit, zum Vorschein.

In Tabelle 5-1 sind die absoluten und relativen Verteilungen der allgemeinen Standortmerkmale über die Stichprobenpunkte nochmals zusammengefaßt aufgelistet.

Tabelle 5-1. Absolute und relative Verteilung der allgemeinen Standortmerkmale pH-Wert, C/N-Verhältnis, Gründigkeit, Grobskelett, Bodenart, Bodentyp, Altersklasse, Geologie, GDD, Wintertemperatur, SMI und PSVG über die Stichprobenpunkte. - GDD = Growing Degree Days, SMI = Soil Moisture Index, PSVG = Pseudovergleyung.

Merkmal	1		2		3		4		5		6		7		8	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
pH-Wert	12	3	209	54	154	40	5	1	7	2						
C/N-Verhältnis	1	-	50	13	325	84	11	3								
Gründigkeit	3	1	17	4	23	6	344	89								
Grobskelett	286	74	78	20	18	5	4	1	1	-						
Bodenart	1	-	9	2	83	21	153	40	118	31	21	5	2	1		
Bodentyp	186	48	170	44	9	2	8	2	8	2	3	1	2	1	1	-
Geologie	245	63	8	2	-	-	4	1	118	31	12	3				
PSVG	379	98	8	2												

n = Anzahl, % = Relativwert

pH-Wert 1 = 3.2 - 3.8, 2 = 3.81 - 4.2, 3 = 4.21 - 5.0, 4 = 5.01 - 6.2, 5 = 6.21 - 8.3

C/N-Verhältnis 1 = 0 - 10, 2 = 10.01 - 20, 3 = 20.01 - 26, 4 = > 26

Gründigkeit 1 = 0 - 15, 2 = 20, 3 = 25, 4 = >30

Grobskelett 1 = 0 - 10, 2 = 11 - 20, 3 = 21 - 30, 4 = 31 - 40, 5 = 41 - 50

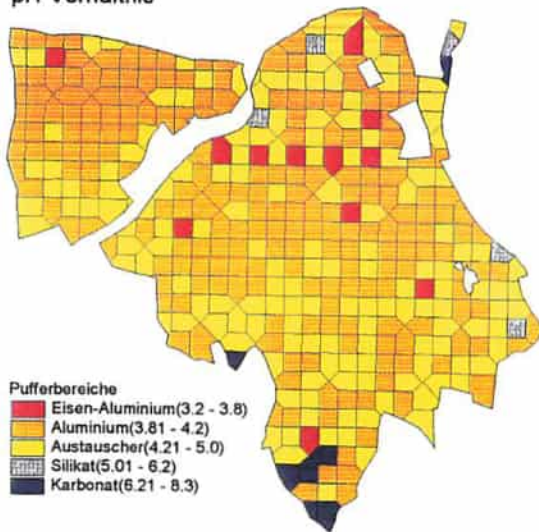
Bodenart 1 = Sand, 2 = schwach anlehmiger Sand, 3 = stark anlehmiger Sand, 4 = schwach lehmiger Sand, 5 = stark lehmiger Sand, 6 = sandiger Lehm, 7 = Lehm

Bodentyp 1 = Braunerde, 2 = podsolige Braunerde, 3 = Semipodsol, 4 = Rendzina, 5 = Pseudogley, 6 = Rohboden (Kohle), 7 = Lockersedimentrohboden, 8 = verbraunter Auboden

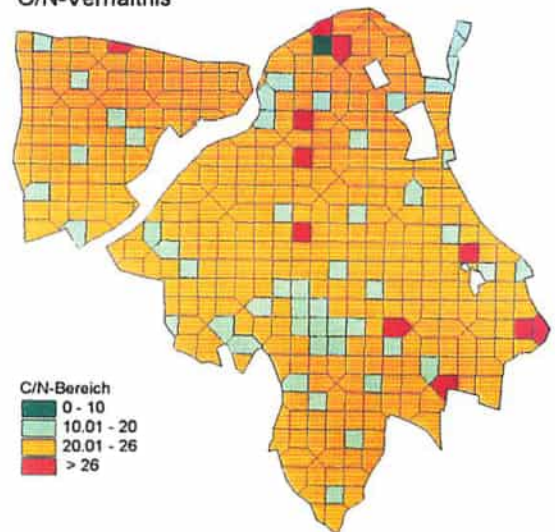
Geologie 1 = Grundmoräne, 2 = Endmoräne, Moränenwall, 4 = Eisrandterrasse, 5 = Ablagerung des Eisstaues, 6 = Hauptdolomit

Pseudovergleyung 1 = keine, 2 = vorhanden

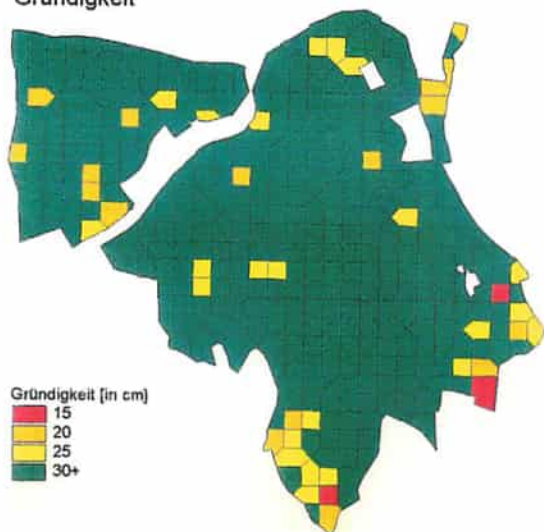
pH-Verhältnis



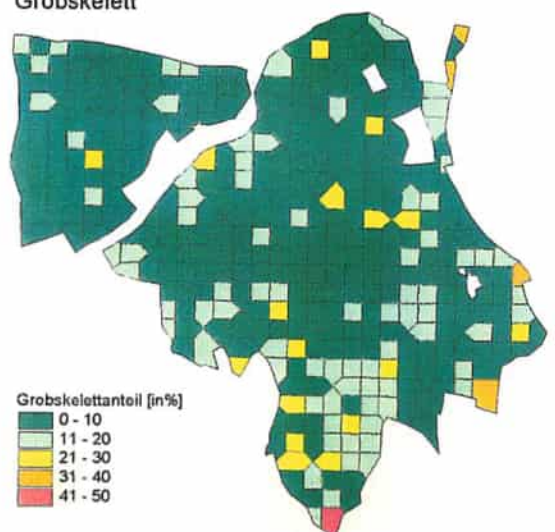
C/N-Verhältnis



Gründigkeit



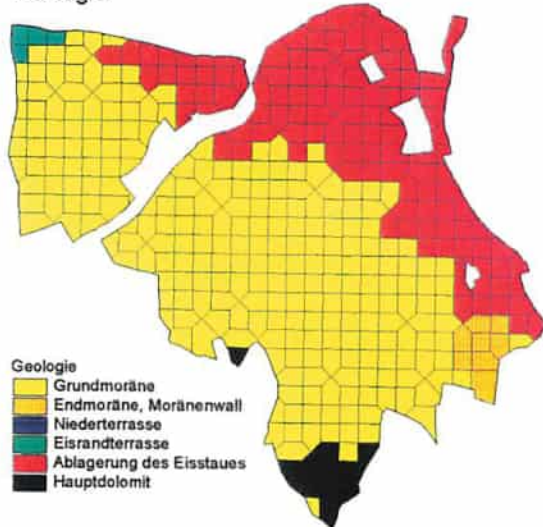
Grobskelett



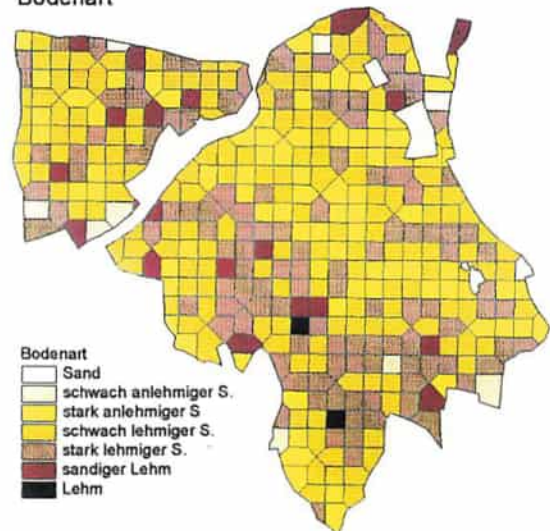
Karte 1a. pH- und C/N-Verhältnisse, Gründigkeiten und Grobskelettanteile des Aufnahmegebietes.



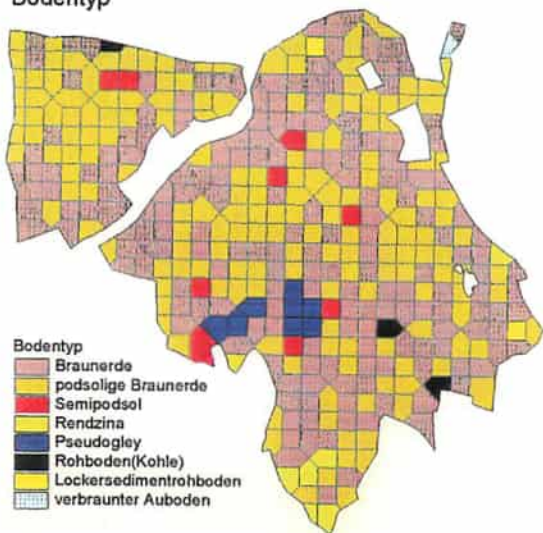
Geologie



Bodenart



Bodentyp



0 250 500 1000m

Karte 1b. Geologie, Bodenart und Bodentyp des Aufnahmegebietes.

(h) Growing Degree Days unter durchschnittlichen Klimabedingungen von 1961-90

Die ausgeglichenen topographischen Verhältnisse des Aufnahmegebietes spiegeln sich auch in den Temperaturverhältnissen wieder. Nur die Nord- und Südhänge der sanften Kogel und Terrassen heben sich ab. Der Großteil der Revierfläche (87 %) weist eine Temperatursumme von 1700 - 1800 auf. Für die gesamte Revierfläche ergibt sich eine durchschnittliche Temperatursumme von 1740, wobei die Werte von 1606 bis 1817 streuen.

(i) Growing Degree Days unter den Klimabedingungen von 1992

Im Vergleich zu den durchschnittlichen Temperaturverhältnissen von 1961 - 90 sind die GDD-Werte von 1992 um ca. 300 GDDs angestiegen und liegen jetzt im Durchschnitt bei 2065. Der Großteil der Revierfläche (85 %) weist eine Temperatursumme von 2000 - 2100 auf. Der Schwankungsbereich der GDD-Werte liegt zwischen 1927 und 2143.

(j) Wintertemperatur unter durchschnittlichen Klimabedingungen von 1961-90

Bei der Wintertemperatur (kältestes Monat der 30-jährigen Mittel, in diesem Fall Jänner) sind die Nordhänge (23 %), im Vergleich zu den GDDs, noch deutlicher ersichtlich. Auffallend ist auch die Frostlage im Norden - Nordwesten des Revieres (3 %, Tschagoster Graben). Die Wintertemperaturen reichen von -3.6 °C bis -5.7 °C, durchschnittlich beträgt die Wintertemperatur -4.1 °C.

(k) Wintertemperatur unter den Klimabedingungen von 1992

Die Wintertemperatur des Jahres 1992 (kältestes Monat, in diesem Fall Dezember) ist mit einer Durchschnittstemperatur von -2.9 °C deutlich milder als das entsprechende 30-jährige Mittel von 1961 - 90. Auch die Frostlagen im Norden bis Nordosten sind

nicht mehr so ausgeprägt und erreichen maximal -4.5 °C . Insgesamt schwanken die Wintertemperaturen von -2.4 °C bis -4.5 °C .

(l) Wasserversorgung unter durchschnittlichen Klimabedingungen von 1961-90

Die Wasserversorgung ist auf dem Großteil der Revierfläche (86 %) mit SMI-Werten von 0.0 bis 0.2 für die meisten Baumarten unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961 - 90) ausreichend. Insgesamt 11 % der Revierfläche weisen SMI-Werte von 0.3 und mehr auf. Vor allem im Süden (Leislingkogel) und im Osten - Nordosten (Terrassenabbrüche zur Gurk) des Revieres treten diese trockeneren Verhältnisse vermehrt auf. Zusätzlich unterliegen 2 % der Revierfläche einer Pseudovergleyung.

(m) Wasserversorgung unter den Klimabedingungen von 1992

Die Wasserversorgung ist auf dem Großteil der Revierfläche (84 %) auf SMI-Werte von 0.21 bis 0.3 gesunken. Die restlichen Flächen weisen noch geringere SMI-Werte auf und sind damit zum Teil schon unter den physiologischen Schwellenwerten einiger Baumarten. Der durchschnittliche SMI-Wert liegt bei 0.30, die Werte schwanken von 0.22 bis 0.74.

In Tabelle 5-2 sind die absoluten und relativen Verteilungen der Merkmale GDD, Wintertemperatur und SMI unter den klimatischen Bedingungen von 1961-90 und 1992 für alle Stichprobenpunkte zusammengefaßt aufgelistet.

Tabelle 5-2. Absolute und relative Verteilung der Merkmale GDD, Wintertemperatur, SMI für alle Stichprobenpunkte. - GDD = Growing Degree Days, SMI = Soil Moisture Index.

Merkmal	1		2		3		4		5		6		7		8	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
GDD (1961 - 90)	50	13	336	87	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GDD (1992)	-	-	-	-	-	-	28	7	330	85	29	8	-	-	-	-
Wintertemperatur (1961 - 90)	-	-	288	74	89	23	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Wintertemperatur (1992)	342	89	36	9	9	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SMI (1961 - 90)	325	86	11	3	-	-	18	5	17	4	5	1	2	1	1	-
SMI (1992)	-	-	-	-	319	84	17	5	24	6	15	4	3	1	1	-

n = Anzahl, % = Relativwert

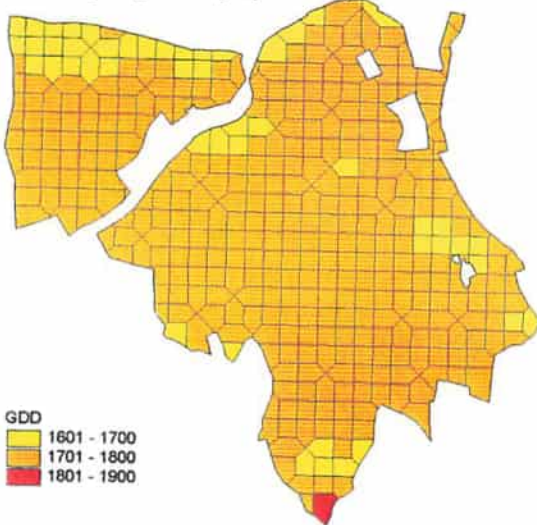
GDD 1 = 1600 - 1700, 2 = 1701 - 1800, 3 = 1801 - 1900, 4 = 1901 - 2000, 5 = 2001 - 2100, 6 = 2101 - 2200

Wintertemperatur 1 = -2.1 - -3.0, 2 = -3.1 - -4.0, 3 = -4.1 - -5.0, 4 = -5.1 - -6.0

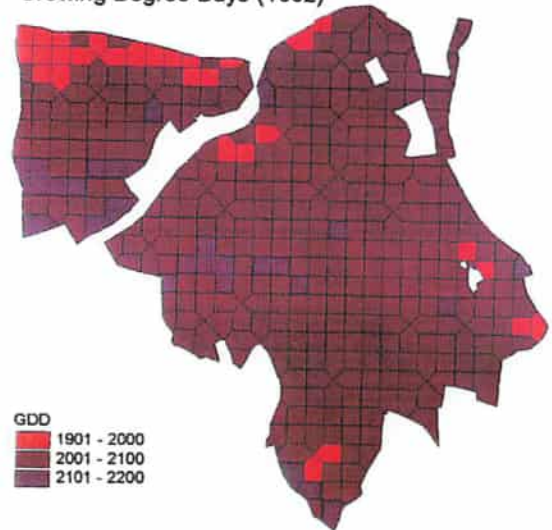
SMI 1 = 0 - 0.1, 2 = 0.11 - 0.2, 3 = 0.21 - 0.3, 4 = 0.31 - 0.4, 5 = 0.41 - 0.5, 6 = 0.51 - 0.6, 7 = 0.61 - 0.7, 8 = 0.71 - 0.8

Pseudovergleichung 1 = keine, 2 = vorhanden

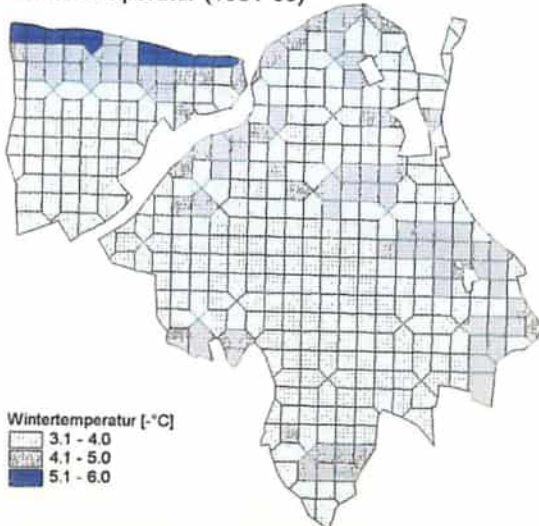
Growing Degree Days (1961-90)



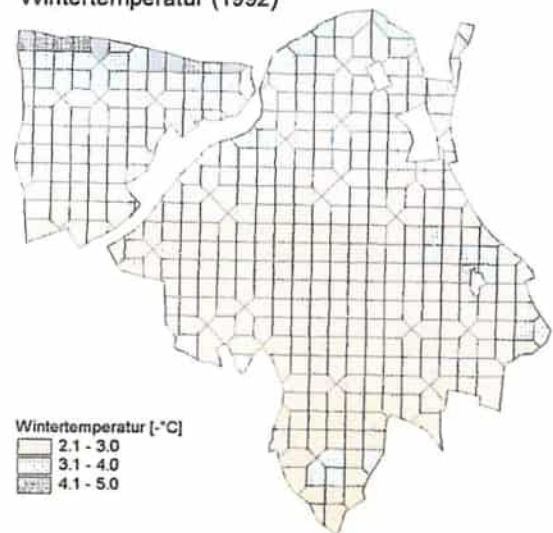
Growing Degree Days (1992)



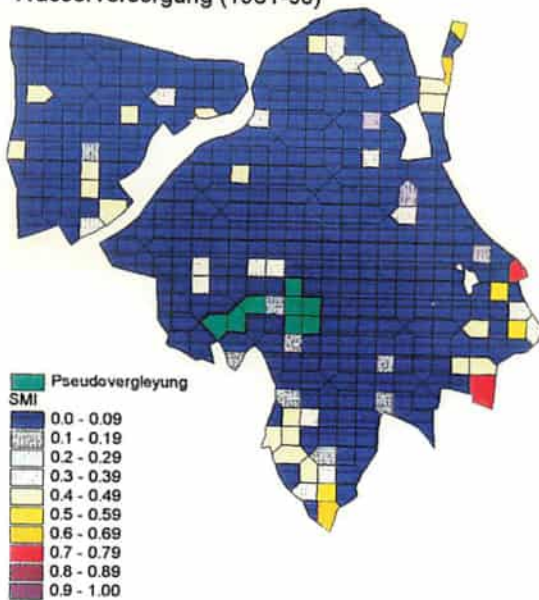
Wintertemperatur (1961-90)



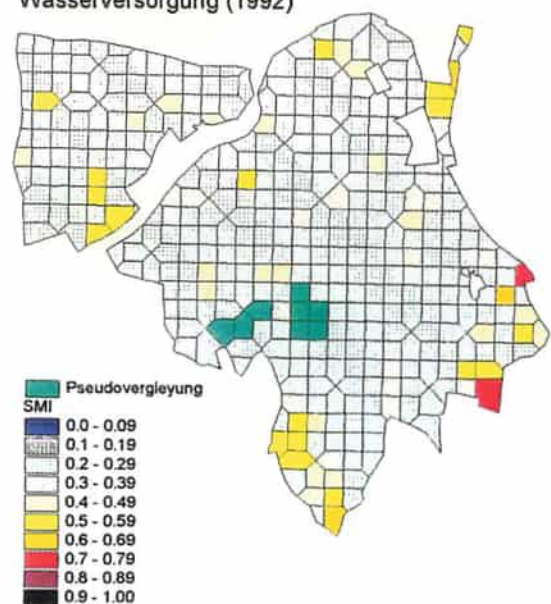
Wintertemperatur (1992)



Wasserversorgung (1961-90)



Wasserversorgung (1992)



Karte 2. Growing Degree Days, Wintertemperatur und Wasserversorgung des Aufnahmegebietes unter durchschnittlichen (1961-90) und extremen (1992) klimatischen Bedingungen.



5.2 Baumarteneignung unter durchschnittlichen Klimabedingungen

Die Ergebnisse des Eignungsmodells unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961 - 90) sind anhand der Karten 3 - 6 baumartenweise dargestellt. Nachfolgend werden die physiologischen Eignungen der Baumarten kurz charakterisiert.

5.2.1 Nadelhölzer

(a) Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.)

Die Fichte erweist sich unter den gegebenen durchschnittlichen Klimabedingungen auf einem Großteil der Revierfläche (82 %) mit Eignungen von 0.8 - 0.89 als gut geeignet. Eine noch bessere flächige Eignung wird durch bereits zu hohe GDD-Werte verhindert. Punktweise sind auch sehr geringe Eignungen vorhanden, vor allem verursacht durch Pseudovergleyung oder schlechte Wasserversorgung. Die Eignungen reichen von 0.0 bis 0.93 und liegen im Mittel bei 0.78.

(b) Kiefer (*Pinus sylvestris* L.)

Die Kiefer ist ebenfalls auf einem Großteil der Fläche (82 %) mit Eignungen von 0.9 - 1.0 gut geeignet. Punkte mit geringeren Eignungswerten weisen meist eine schlechte Wasserversorgung auf. Die Eignungen reichen von 0.11 bis 0.99 und liegen im Mittel bei 0.87.

(c) Lärche (*Larix decidua* [europaea] Mill.)

Die Lärche weist fast auf der gesamten Fläche ähnliche Eignungen wie die Fichte auf. Auf einem Großteil der Fläche (85 %) bewegen sich die Eignungen zwischen 0.8 - 0.89. Geringere Eignungswerte werden meist durch eine schlechte Wasserversorgung

verursacht. Insgesamt schwanken die Eignungen von 0.0 - 0.88 und betragen im Mittel 0.77.

(d) Tanne (*Abies alba* Mill.)

Die Tanne weist flächig (84 % mit Eignungen von 0.7 - 0.79) geringere Eignungen als die übrigen hier beschriebenen Nadelbaumarten auf. Als Ursachen wirken sich die aktuell suboptimalen GDD-Werte, und die mangelnde Winterfrosthärte limitierend aus. Die Frostlagen im Norden bis Nordosten des Revieres weisen daher noch geringere Eignungen auf. Über die gesamte Revierfläche streuen die Eignungen von 0.0 - 0.78 und erreichen im Mittel Werte von 0.71.

(e) Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Franco)

Die Douglasie weist ähnliche Eignungen wie die Kiefer auf und ist auf einem Großteil der Revierfläche (81 %) mit Eignungen von 0.9 - 1.0 gut geeignet. Nur auf pseudovergleyten oder schlecht wasserversorgten Standorten ist ihre Eignung gering. Die Eignungen schwanken von 0.0 - 0.95 und betragen im Mittel 0.83.

Nachfolgend sind in Tabelle 5-3 die absoluten und relativen Verteilungen der Eignungswerte der Baumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie, unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90), aufgelistet. Zur graphischen Darstellung der relativen Häufigkeit der vorher genannten Baumarten dient Abbildung 5-1.

Tabelle 5-3. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Nadelbaumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90).

Eignung	Fichte		Kiefer		Lärche		Tanne		Douglasie	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0.0 - 0.09	14	4	-	-	14	4	6	2	3	1
0.1 - 0.19	9	2	2	-	9	2	2	-	3	1
0.2 - 0.29	6	1	1	-	6	1	6	2	2	-
0.3 - 0.39	11	3	3	1	11	3	9	2	8	2
0.4 - 0.49	3	1	2	-	3	1	9	2	9	2
0.5 - 0.59	8	2	12	3	-	-	18	5	20	5
0.6 - 0.69	-	-	11	3	1	-	11	3	6	2
0.7 - 0.79	12	3	14	4	15	4	326	84	8	2
0.8 - 0.89	317	82	25	7	328	85	-	-	15	4
0.9 - 1.0	7	2	317	82	-	-	-	-	313	81

n = Anzahl, % = Relativwert

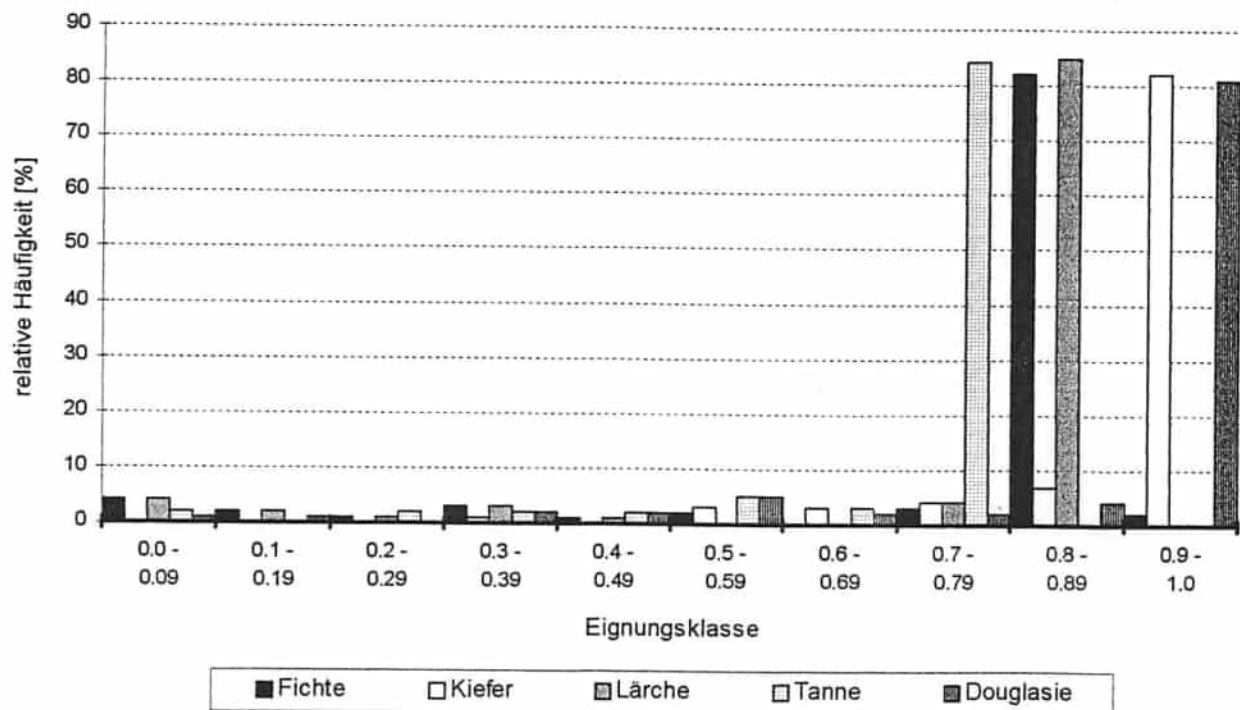
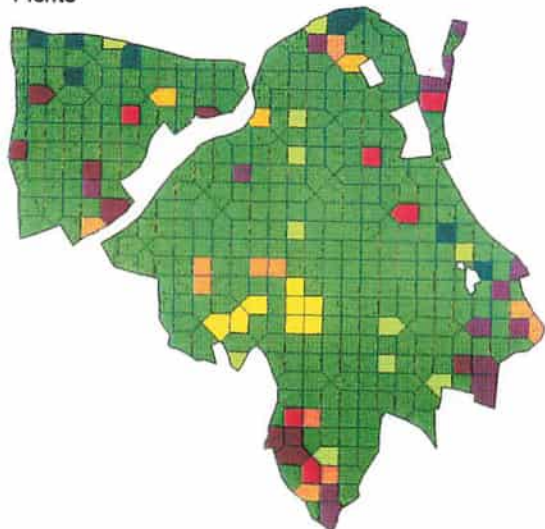
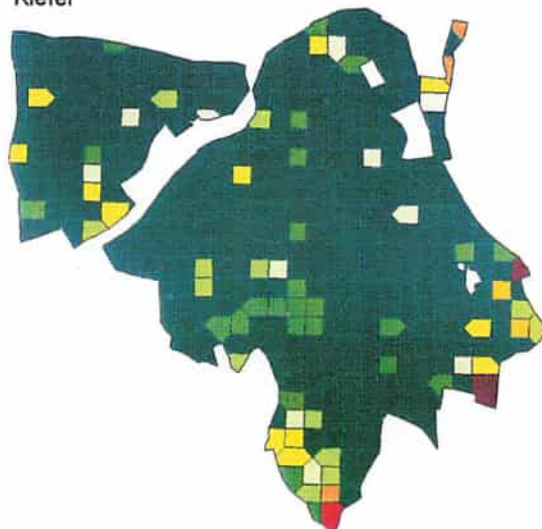


Abbildung 5-1. Relative Häufigkeit der Baumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie in den Eignungsklassen unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90). - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

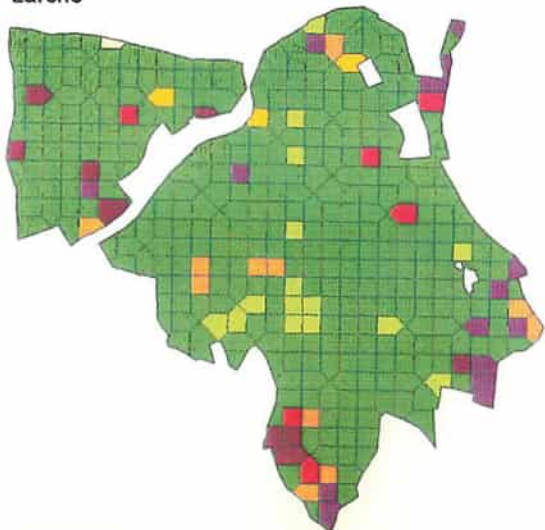
Fichte



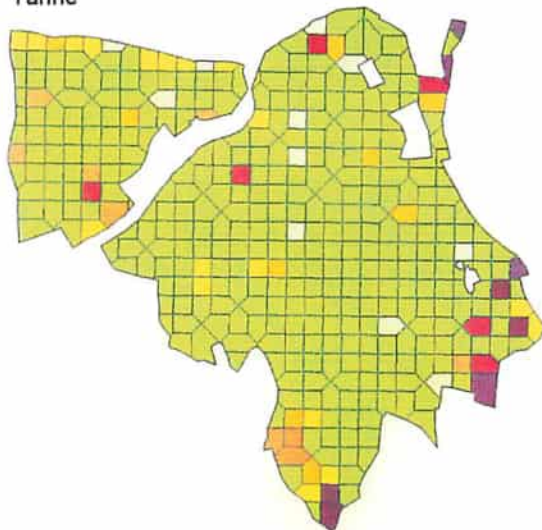
Kiefer



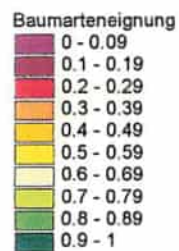
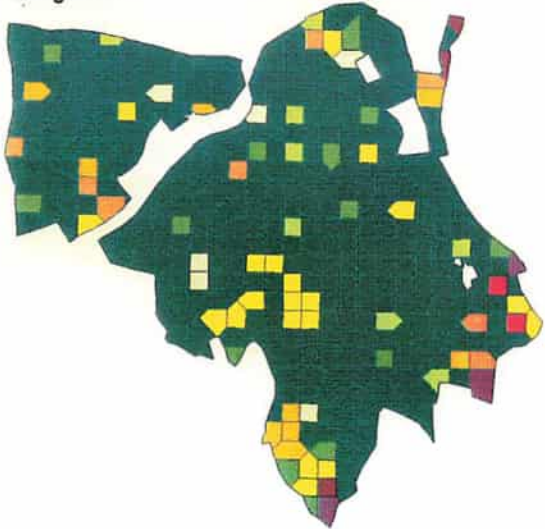
Lärche



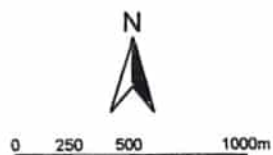
Tanne



Douglasie



Karte 3. Eignung für Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie bei durchschnittlichen Klimabedingungen (1961 - 90).



5.2.2 Laubhölzer

(a) Buche (*Fagus sylvatica* L.)

Die Buche weist auf einem Großteil der Fläche (78 %) wegen ihrer Sensitivität gegenüber Winterfrost und der für die Buche mäßigen Nährstoffverhältnisse nur mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Die Frostlagen im Norden und Nordosten weisen noch geringere Eignungen auf. Punktweise sind auch geringere Eignungen durch Pseudovergleyung oder schlechte Wasserversorgung vorhanden. Insgesamt reichen die Eignungen von 0.0 bis 0.7 und erreichen im Mittel Werte von 0.61.

(b) Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.)

Der Bergahorn weist auf einem Großteil der Revierfläche (72 %) bedingt durch die Nährstoffverhältnisse nur mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Noch geringere Eignungen treten auf Flächen mit schlechter Wasser- oder Nährstoffversorgung auf. Nur auf Standorten mit ausreichender Nährstoffversorgung (15 %) können auch Eignungen von mehr als 0.7 erreicht werden. Insgesamt schwanken die Eignungen zwischen 0.0 - 0.85 und liegen im Mittel bei 0.66.

(c) Traubeneiche (*Quercus petraea* Liebl)

Die Traubeneiche weist ähnlich der Buche auf einem Großteil der Fläche (81 %) wegen ihrer Sensitivität gegenüber Winterfrost nur mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Auch hier weisen die Frostlagen im Norden und Nordosten noch geringere Eignungen auf, ebenso wie Flächen mit Pseudovergleyung oder schlechter Wasser- oder Nährstoffversorgung. Nur auf gut wärmeversorgten Standorten mit ausreichender Wasser- und Nährstoffversorgung (3 %) erreicht die Traubeneiche Eignungen von 0.7. Auf der gesamten Revierfläche schwanken die Eignungen zwischen 0.0 bis 0.7 und betragen im Mittel 0.61.

(d) Stieleiche (*Quercus rubor* [pedunculata] L.)

Die Stieleiche weist fast flächig (83 %) bedingt durch die Nährstoff- und Temperaturverhältnisse Eignungen von 0.7 - 0.79 auf. Nur auf Standorten mit schlechterer Wasser- oder Nährstoffversorgung liegen die Eignungen darunter. Insgesamt schwanken die Eignungen zwischen 0.0 - 0.8 und liegen im Mittel bei 0.73.

(e) Roteiche (*Quercus borealis* Michx. [rubra])

Die Roteiche weist flächig (79 %) bedingt durch die Nährstoff- und Wärmeverhältnisse Eignungen von 0.7 - 0.79 auf. Besonders geringe Eignungen treten auf Standorten mit Pseudovergleyung oder schlechter Wasser- oder Nährstoffversorgung auf. Insgesamt schwanken die Eignungen zwischen 0.0 - 0.76 und liegen im Mittel bei 0.68.

Nachfolgend sind in Tabelle 5-4 die absoluten und relativen Verteilungen der Eignungswerte der Baumarten Buche, Bergahorn, Traubeneiche, Stieleiche und Roteiche unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90) aufgelistet. Zur graphischen Darstellung der relativen Häufigkeit der vorher genannten Baumarten dient Abbildung 5-2.

Tabelle 5-4. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Buche, Bergahorn, Traubeneiche, Stieleiche und Roteiche unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90).

Eignung	Buche		Bergahorn		Traubeneiche		Stieleiche		Roteiche	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0.0 - 0.09	7	2	6	2	4	1	3	1	6	2
0.1 - 0.19	12	3	2	-	13	3	3	1	2	-
0.2 - 0.29	6	2	8	2	10	3	2	1	14	4
0.3 - 0.39	9	2	9	2	2	-	8	2	9	2
0.4 - 0.49	8	2	12	3	13	3	9	2	8	2
0.5 - 0.59	41	11	15	4	23	6	12	3	10	3
0.6 - 0.69	302	78	278	72	309	81	21	5	31	8
0.7 - 0.79	2	-	46	12	13	3	322	83	307	79
0.8 - 0.89	-	-	11	3	-	-	7	2	-	-
0.9 - 1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

n = Anzahl, % = Relativwert

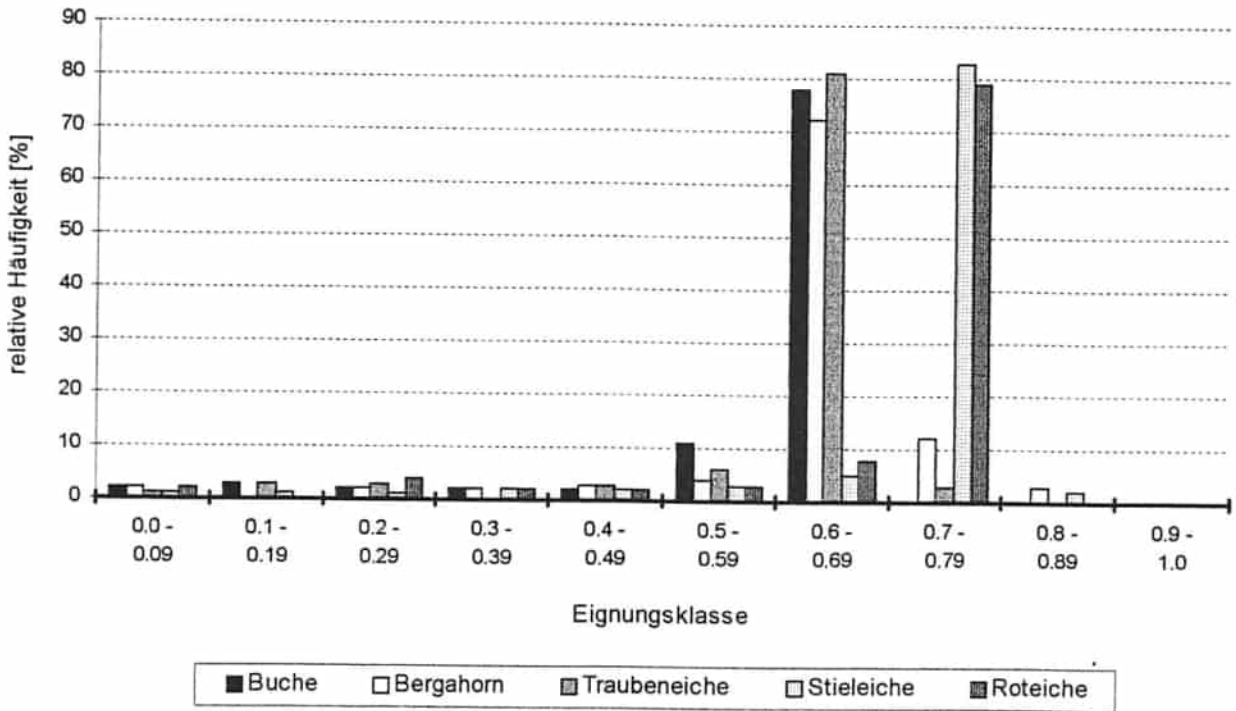
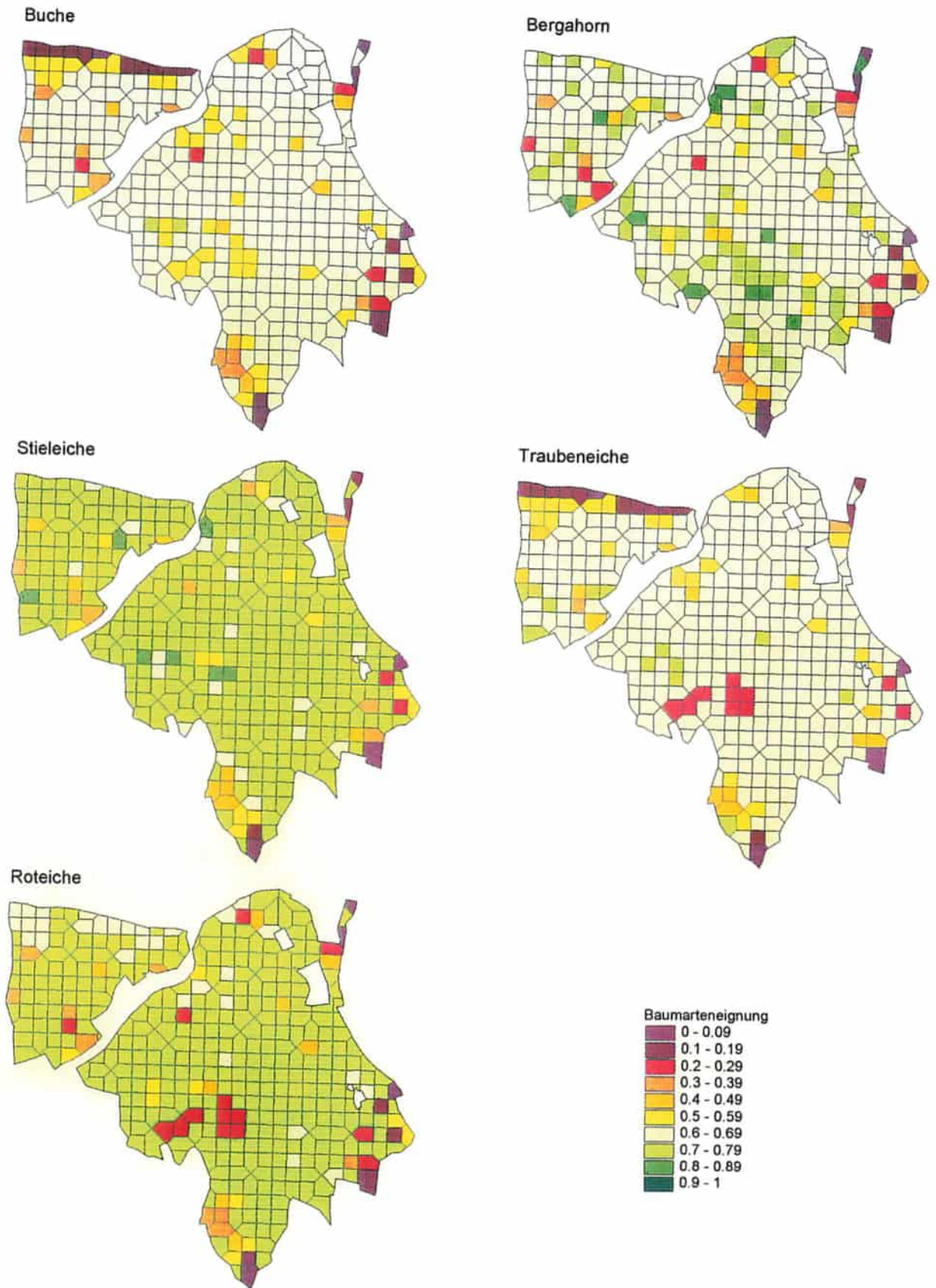


Abbildung 5-2. Relative Häufigkeit der Baumarten Buche, Bergahorn, Traubeneiche, Stieleiche und Roteiche in den Eignungsklassen unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90). - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).



Karte 4. Eignung für Buche, Bergahorn, Stieleiche, Traubeneiche und Roteiche bei durchschnittlichen Klimabedingungen (1961 - 90).



(f) Schwarzerle (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.)

Die Schwarzerle weist auf einem Großteil der Fläche (74 %) bedingt durch die Wärme- und Nährstoffverhältnisse nur mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Noch geringere Eignungen treten meist auf Flächen mit schlechter Wasserversorgung auf. Nur auf besser nährstoffversorgten Flächen (11 %) erreicht sie Eignungen von mehr als 0.7. Insgesamt schwanken die Eignungen zwischen 0.0 - 0.76 und erreichen im Mittel Werte von 0.57.

(g) Esche (*Fraxinus excelsior* L.)

Die Esche weist ebenfalls auf einem Großteil der Revierfläche (75 %) bedingt durch die Nährstoffverhältnisse nur mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Noch geringere Eignungen treten meist auf Flächen mit Pseudovergleyung oder schlechterer Wasserversorgung auf. Auch sie erreicht nur auf besser nährstoffversorgten Flächen (9 %) Eignungen von mehr als 0.7. Insgesamt reichen die Eignungen von 0.0 bis 0.79 und liegen im Mittel bei 0.59.

(h) Bergulme (*Ulmus glabra* Huds. [scabra, montana])

Die Ulme weist auf einem Großteil der Revierfläche (74 %) bedingt durch die Wärme- und Nährstoffverhältnisse nur mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Noch geringere Eignungen treten meist auf Flächen mit schlechterer Wasserversorgung auf. Auch die Bergulme erreicht nur auf besser nährstoffversorgten Flächen (13 %) Eignungen von mehr als 0.7. Insgesamt bewegen sich die Eignungen zwischen 0.0 - 0.72 und liegen im Mittel bei 0.64.

(i) Kirsche (*Prunus avium* L.)

Die Kirsche weist ebenfalls auf einem Großteil der Revierfläche (74 %) bedingt durch die Wärme- und Nährstoffverhältnisse nur mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Noch geringere Eignungen treten meist auf Flächen mit schlechterer Wasserversorgung oder Pseudovergleyung auf. Auch die Kirsche erreicht nur auf besser nährstoffversorgten Flächen (12 %) Eignungen von mehr als 0.7. Insgesamt schwanken die Eignungen zwischen 0.0 - 0.8 und liegen im Mittel bei 0.65.

(j) Hainbuche (*Carpinus betulus* L.)

Die Hainbuche weist ebenfalls auf einem Großteil der Revierfläche (74 %) bedingt durch die Nährstoffverhältnisse nur mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Noch geringere Eignungen treten meist auf Flächen mit schlechterer Wasserversorgung auf. Auf besser nährstoffversorgten Flächen (15 %) erreicht sie Eignungen von mehr als 0.7. Die Schwankungsbreite der Eignungen liegt zwischen 0.0 - 0.84. Im Mittel werden Werte von 0.67 erreicht.

Nachfolgend sind in Tabelle 5-5 die absoluten und relativen Verteilungen der Eignungswerte der Baumarten Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90) aufgelistet. Zur graphischen Darstellung der relativen Häufigkeit der vorher genannten Baumarten dient Abbildung 5-3.

Tabelle 5-5. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90).

Eignung	Schwarzerle		Esche		Bergulme		Kirsche		Hainbuche	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0.0 - 0.09	16	4	14	4	6	2	3	1	3	1
0.1 - 0.19	9	2	9	2	2	-	3	1	3	1
0.2 - 0.29	12	3	6	3	8	2	10	3	2	-
0.3 - 0.39	6	2	11	2	9	2	8	2	8	2
0.4 - 0.49	9	2	11	2	12	3	9	2	9	2
0.5 - 0.59	7	2	10	2	14	4	20	5	20	5
0.6 - 0.69	285	74	290	74	287	74	285	74	285	74
0.7 - 0.79	43	11	36	11	49	13	48	12	32	8
0.8 - 0.89	-	-	-	-	-	-	1	-	25	7
0.9 - 1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

n = Anzahl, % = Relativwert

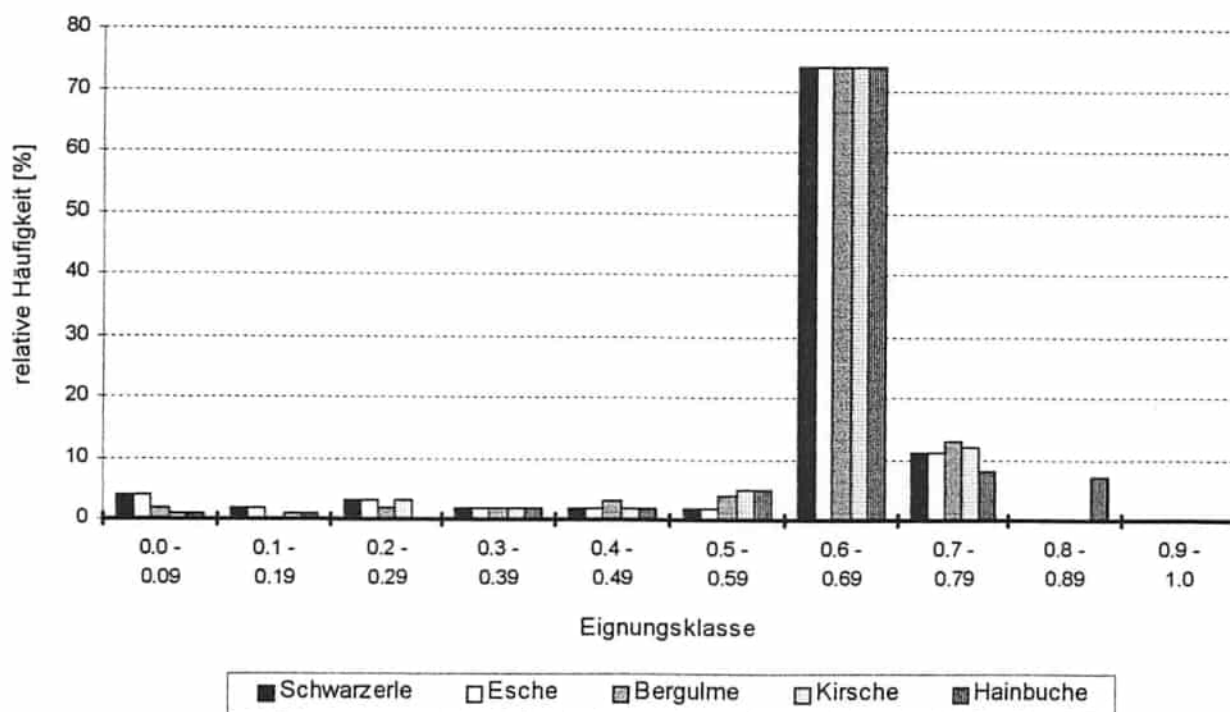
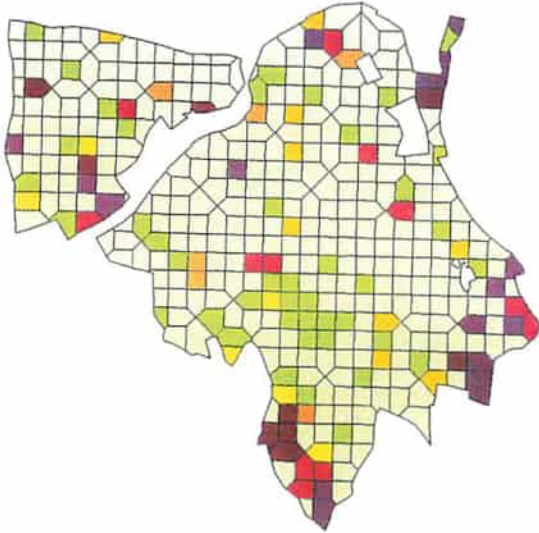
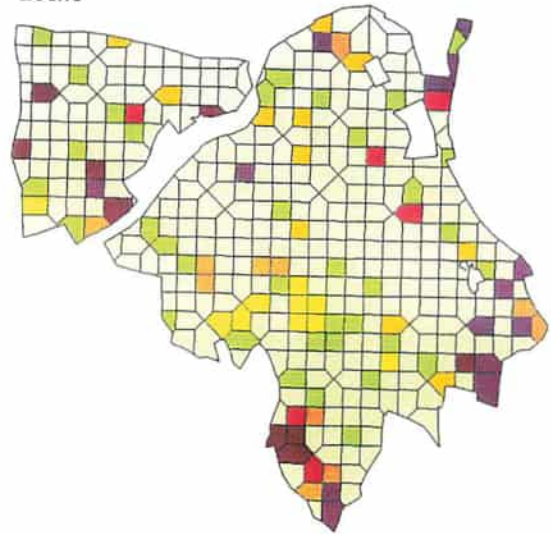


Abbildung 5-3. Relative Häufigkeit der Baumarten Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche in den Eignungsklassen unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90). - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

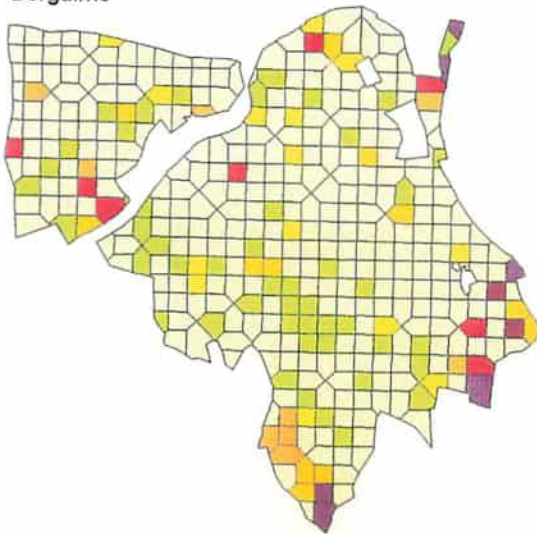
Schwarzerle



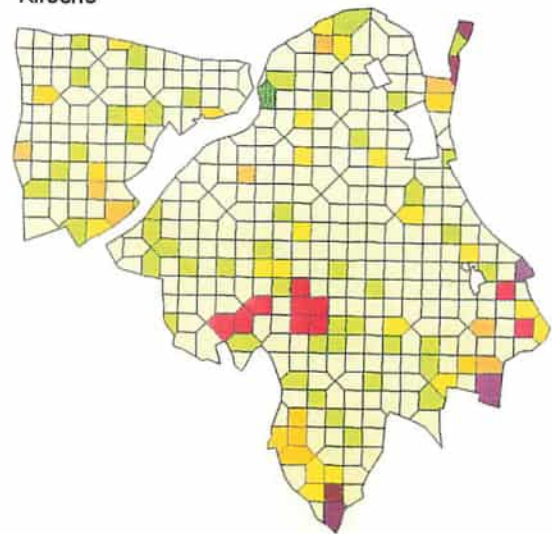
Esche



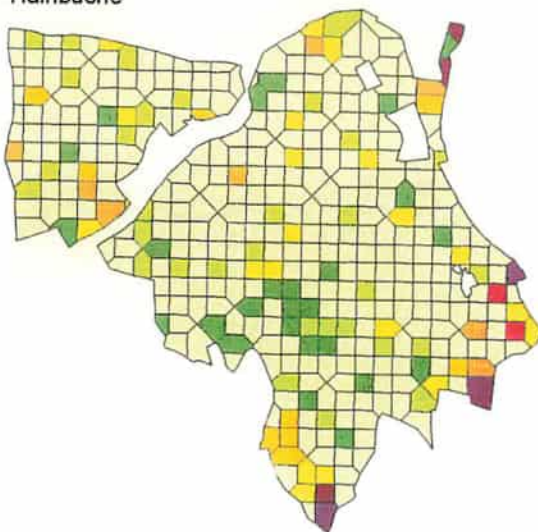
Bergulme



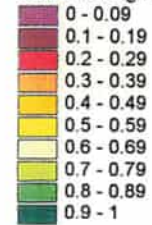
Kirsche



Hainbuche



Baumarteneignung



Karte 5. Eignung für Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche bei durchschnittlichen Klimabedingungen (1961 - 90).



(k) Winterlinde (*Talia cordata* Mill [parvifolia])

Die Winterlinde weist auf einem Großteil der Revierfläche (85 %) bedingt durch die Wärme- und Nährstoffverhältnisse nur mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Noch geringere Eignungen treten meist auf Flächen mit schlechterer Wärme- oder Wasserversorgung auf. Insgesamt schwanken die Eignungen zwischen 0.0 - 0.7 und liegen im Mittel bei 0.64.

(l) Sommerlinde (*Talia platyphyllos* Scop. [grandifolia])

Die Sommerlinde weist auf einem Großteil der Revierfläche (77 %) bedingt durch die Wärme- und Nährstoffverhältnisse nur mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Noch geringere Eignungen treten meist auf Flächen mit schlechterer Wärme- oder Wasserversorgung auf. Die Eignungen reichen von 0.0 bis 0.68 und liegen im Mittel bei 0.60.

(m) Birke (*Betula pendula* Roth [verrucosa, alba])

Die Birke eignet sich auf einem Großteil der Revierfläche (72 %) mit Werten zwischen 0.8 - 0.89 gut. Eine noch bessere flächige Eignung wäre durch höhere GDD-Werte und bessere Nährstoffverhältnisse möglich. Punktweise sind auch geringere Eignungen vorhanden, vor allem verursacht durch Pseudovergleyung oder schlechte Wasserversorgung. Die Eignungen reichen von 0.0 bis 0.91 und betragen im Mittel 0.81.

Nachfolgend sind in Tabelle 5-6 die absoluten und relativen Verteilungen der Eignungswerte der Baumarten Winterlinde, Sommerlinde und Birke unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90) aufgelistet. Zur graphischen Darstellung der relativen Häufigkeit der vorher genannten Baumarten dient Abbildung 5-4.

Tabelle 5-6. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Winterlinde, Sommerlinde und Birke unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90).

Eignung	Winterlinde		Sommerlinde		Birke	
	n	%	n	%	n	%
0.0 - 0.09	3	1	6	2	6	2
0.1 - 0.19	1	-	2	-	2	-
0.2 - 0.29	2	-	6	2	6	2
0.3 - 0.39	2	-	9	2	9	2
0.4 - 0.49	15	4	8	2	8	2
0.5 - 0.59	37	10	57	15	18	5
0.6 - 0.69	326	85	299	77	2	-
0.7 - 0.79	1	-	-	-	15	4
0.8 - 0.89	-	-	-	-	278	72
0.9 - 1.0	-	-	-	-	43	11

n = Anzahl, % = Relativwert

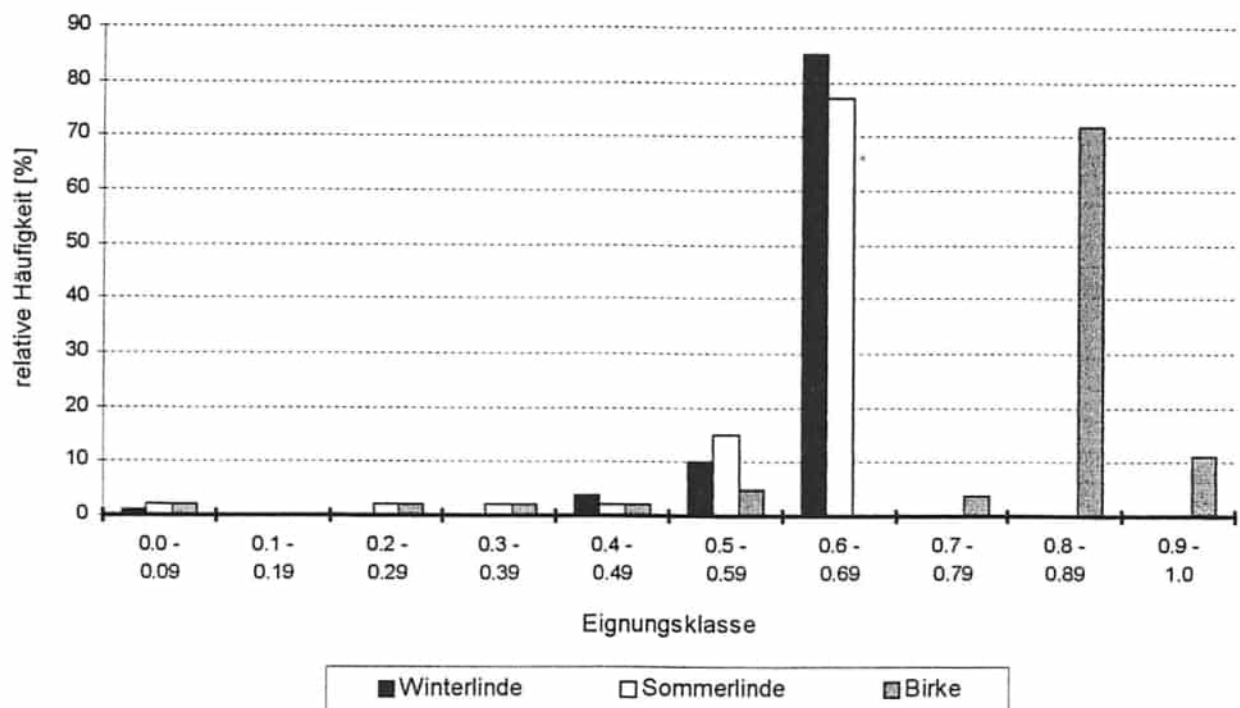
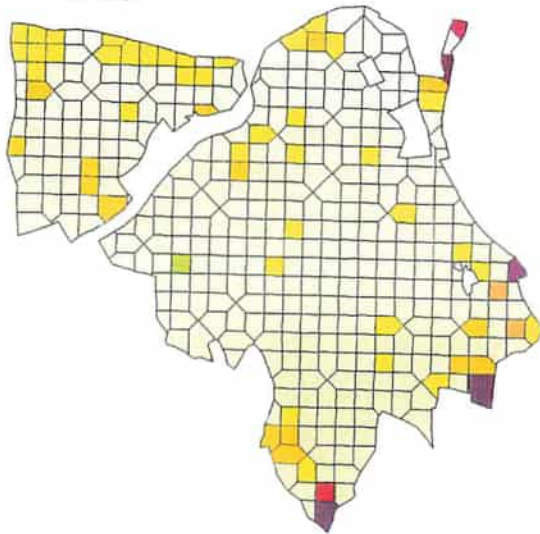
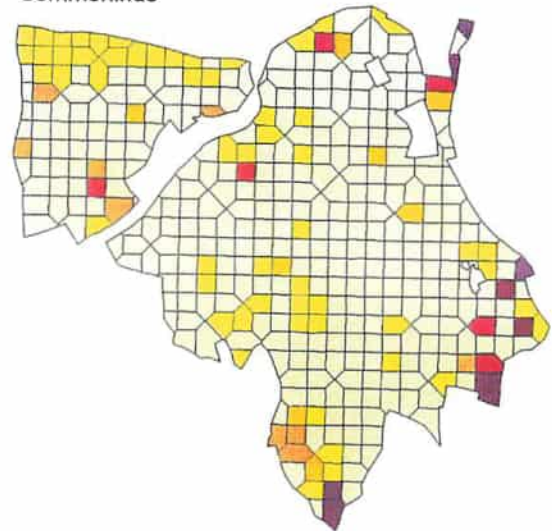


Abbildung 5-4. Relative Häufigkeit der Baumarten Winterlinde, Sommerlinde und Birke in den Eignungsklassen unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90). - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

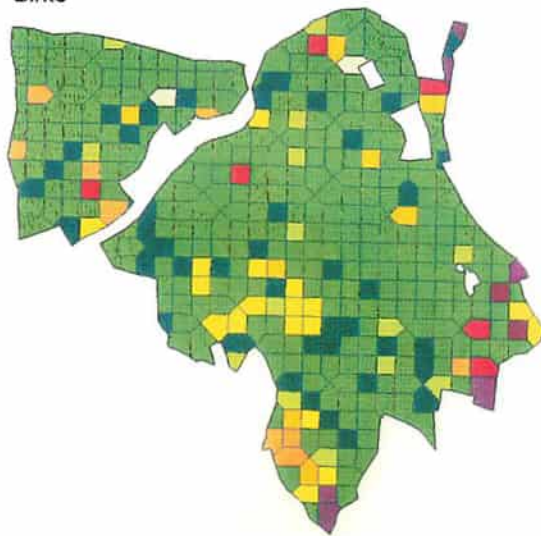
Winterlinde



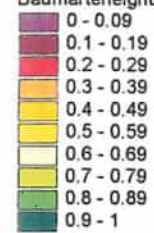
Sommerlinde



Birke



Baumarteneignung



Karte 6. Eignung für Winterlinde, Sommerlinde und Birke bei durchschnittlichen Klimabedingungen (1961 - 90).



5.3 Baumarteneignung unter klimatischen Extrembedingungen

Die Ergebnisse des Eignungsmodells unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992 werden in Karte 7 - 10 dargestellt. Dieses Jahr war durch erhöhte Temperaturen und geringe Niederschläge während der Vegetationszeit und durch milde Wintertemperaturen gekennzeichnet (Details dazu in Kap 3.2). Nachfolgend werden die Eignungen der Baumarten unter diesen Bedingungen kurz charakterisiert.

5.3.1 Nadelhölzer

(a) Fichte (*Picea abies* L. Karst.)

Die Fichte weist unter den Klimabedingungen von 1992 auf mehr als der Hälfte der Revierfläche (51%) nur mehr Eignungen von 0.5 - 0.59 auf. Nur 34 % der Revierfläche sind mit Eignungen von 0.6 - 0.69 noch etwas besser geeignet. Insgesamt verringert sich die Eignung der Fichte gegenüber den durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90) um 2 bis 3 Eignungsklassen. Dieser Eignungsschwund wird vor allem durch die schlechtere Wasserversorgung und sekundär durch die hohen GDD-Werte verursacht. Die Eignungen reichen von 0.0 bis 0.65 und bewegen sich im Mittel bei 0.51.

(b) Kiefer (*Pinus sylvestris* L.)

Die Kiefer ist auf einem Großteil der Fläche (85 %) mit Eignungen von 0.8 - 0.89 noch gut geeignet. Punkte mit geringeren Eignungswerten weisen meist auf eine schlechte Wasserversorgung hin. Die Eignungen reichen von 0.09 bis 0.91 und liegen im Mittel bei 0.81.

(c) Lärche (*Larix decidua* [europaea] Mill.)

Auch die Lärche weist unter den Klimabedingungen von 1992 auf 45 % der Revierfläche nur mehr Eignungen von 0.5 - 0.59 auf. Auf 40 % der Revierfläche sind die Eignungen mit 0.6 - 0.69 noch etwas besser. Insgesamt fällt die Eignung der Lärche gegenüber den durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90) ebenfalls um 2 bis 3 Eignungsklassen zurück. Dieser Eignungsschwund wird vor allem durch die schlechtere Wasserversorgung verursacht. Die Eignungen schwanken von 0.0 bis 0.65 und erreichen im Mittel Werte von 0.51.

(d) Tanne (*Abies alba* Mill.)

Die Tanne weist auf zwei Drittel der Revierfläche noch mittlere Eignungen von 0.7 - 0.79 auf. Die günstigen Temperaturverhältnisse (höhere GDD-Werte, mildere Wintertemperatur) lassen punktweise sogar eine leicht verbesserte Eignung erkennen. Flächig verhindert aber die schlechte Wasserversorgung bessere Eignungen. Insgesamt ist kein markanter Eignungsrückgang ersichtlich, da die Tanne unter den durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90) auch keine besseren Eignungen erzielte. Über die gesamte Revierfläche streuen die Eignungen von 0.0 - 0.95 und liegen im Mittel bei 0.68.

(e) Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Franco)

Die Douglasie weist auf 62 % der Revierfläche mittlere Eignungen von 0.7 - 0.79 auf, 20 % liegen noch im Eignungsbereich 0.8 - 0.89. Ähnlich wie bei der Tanne liegen die GDD-Werte von 1992 nun nahe dem physiologischen Optimum der Douglasie. Nur die schlechte Wasserversorgung läßt die Eignungen im Vergleich zu den durchschnittlichen Klimabedingungen (1961-90) um 1 bis 2 Eignungsklassen zurückfallen. Auf der gesamten Revierfläche schwanken die Eignungen von 0.0 - 0.86 und betragen im Mittel 0.70.

Nachfolgend sind in Tabelle 5-7 die absoluten und relativen Verteilungen der Eignungswerte der Baumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992 aufgelistet. Zur graphischen Darstellung der relativen Häufigkeit der vorher genannten Baumarten dient Abbildung 5-5.

Tabelle 5-7. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Nadelbaumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

Eignung	Fichte		Kiefer		Lärche		Tanne		Douglasie	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0.0 - 0.09	35	9	1	-	35	9	8	2	4	1
0.1 - 0.19	8	2	1	-	8	2	10	3	4	1
0.2 - 0.29	-	-	1	-	-	-	17	4	11	3
0.3 - 0.39	1	-	5	1	1	-	8	2	17	4
0.4 - 0.49	17	4	15	4	17	4	-	-	7	2
0.5 - 0.59	196	51	18	5	175	45	3	1	8	2
0.6 - 0.69	130	34	2	1	153	40	51	13	18	5
0.7 - 0.79	-	-	9	2	-	-	259	67	241	62
0.8 - 0.89	-	-	329	85	-	-	28	7	77	20
0.9 - 1.0	-	-	6	2	-	-	3	1	-	-

n = Anzahl, % = Relativwert

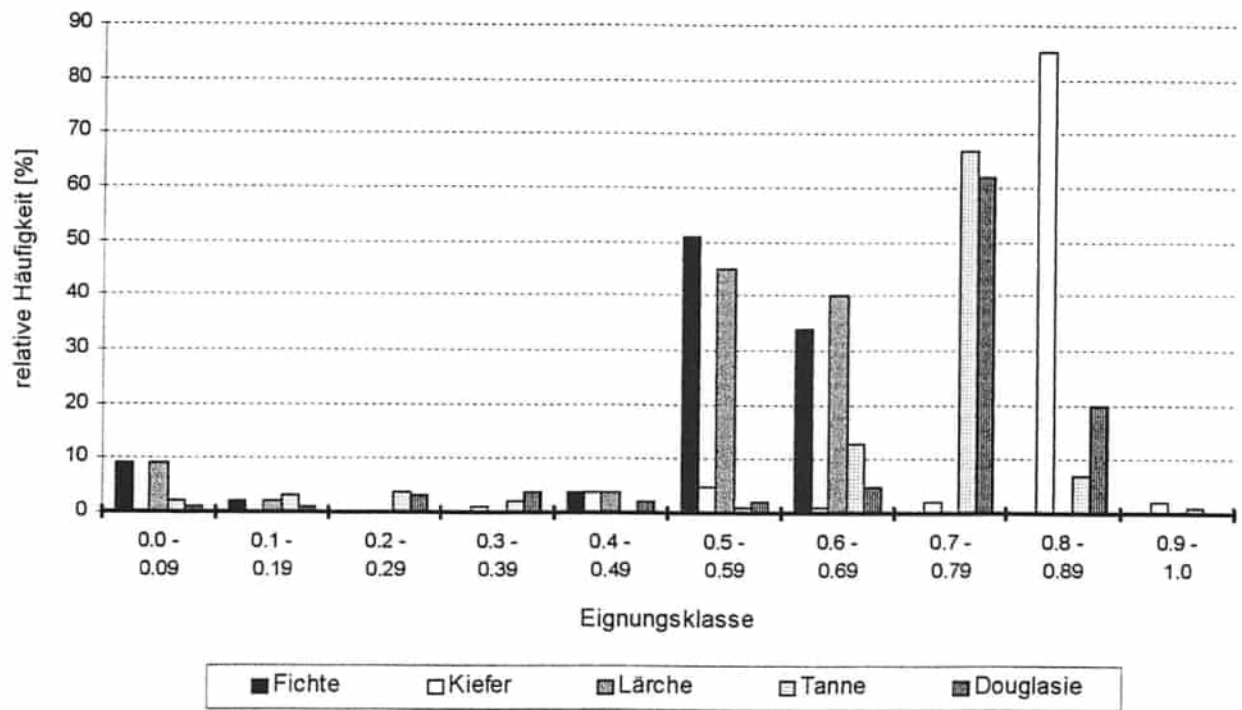
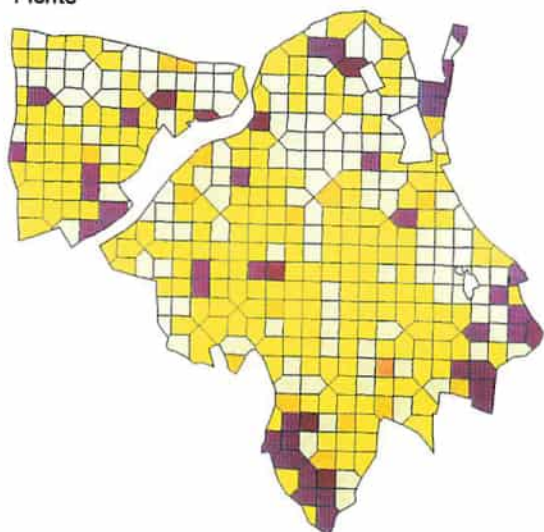
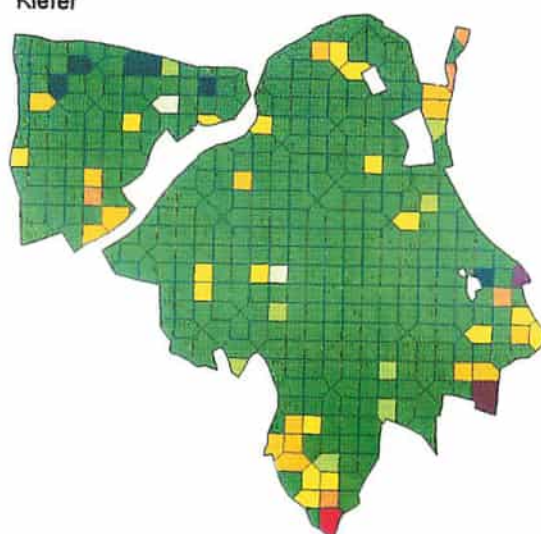


Abbildung 5-5. Relative Häufigkeit der Baumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie in den Eignungsklassen unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992. - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

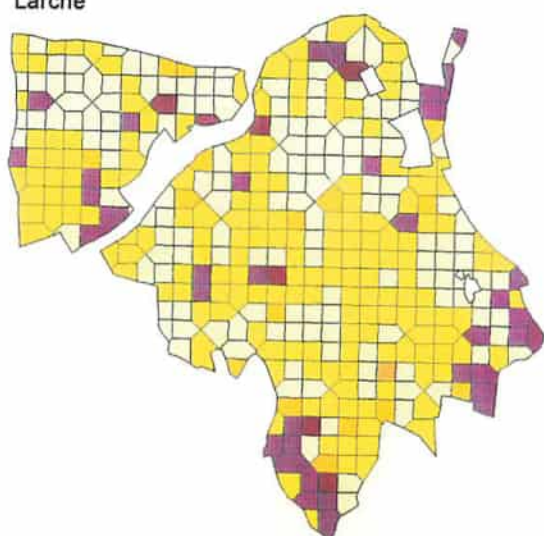
Fichte



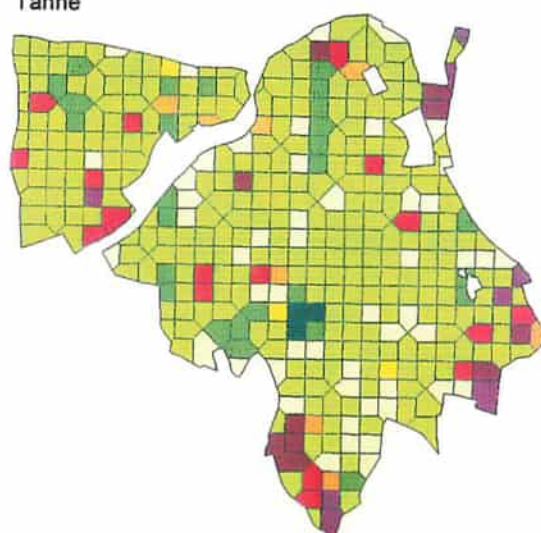
Kiefer



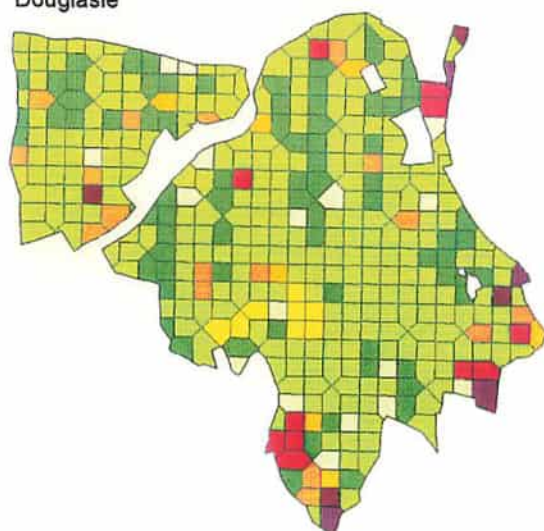
Lärche



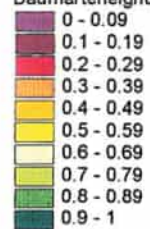
Tanne



Douglasie



Baumarteneignung



Karte 7. Eignung für Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.



5.3.2 Laubhölzer

(a) Buche (*Fagus sylvatica* L.)

Die Buche weist auf einem Großteil der Fläche (72 %) mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Diese Eignungen entsprechen ungefähr den unter durchschnittlichen Klimabedingungen (1961-90) erreichten. Wegen der für die Buche weiterhin mäßigen Nährstoffverhältnisse und der schlechteren Wasserversorgung erreicht sie flächig trotz der günstigeren Temperaturverhältnisse (mildere Winter) keine bessere Eignung. Punktweise (12 % der Fläche) läßt sich aber eine geringe Verbesserung der Eignung auf 0.7 - 0.79 erkennen. Insgesamt reichen die Eignungen von 0.0 bis 0.8 und liegen im Mittel bei 0.63.

(b) Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.)

Der Bergahorn weist auf einem Großteil der Revierfläche (76 %) weiterhin mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Wiederum bedingt durch die Nährstoffverhältnisse aber auch durch die schlechter werdende Wasserversorgung werden bessere Eignungen verhindert. Insgesamt schwanken die Eignungen zwischen 0.0 - 0.72 und betragen im Mittel 0.61.

(c) Traubeneiche (*Quercus petraea* Liebl)

Die Traubeneiche weist auf einem Großteil der Fläche (78 %) gute Eignungen von 0.8 - 0.89 auf. Diese Steigerung der Eignungswerte gegenüber den durchschnittlichen Klimabedingungen (1961-90) um zwei Eignungsklassen ist vor allem auf die günstigen Temperaturverhältnisse und die für sie noch ausreichende Wasserversorgung zurückzuführen. Die hohen GDD-Werte und die milden Wintertemperaturen von 1992 stellen günstige Temperaturverhältnisse für die Traubeneiche dar. Auf der gesamten Revierfläche schwanken die Eignungen von 0.0 - 0.91 und liegen im Mittel bei 0.76.

(d) Stieleiche (*Quercus rubor* [pedunculata] L.)

Die Stieleiche weist auf einem Großteil der Revierfläche (76 %) mittlere Eignungen von 0.7 - 0.79 auf. Auch hier nähern sich die GDD-Werte dem physiologischen Optimalbereich der Stieleiche. Nur die schlechter werdende Wasserversorgung und die weiterhin mäßigen Nährstoffverhältnisse verhindern bessere Eignungen. Damit eignet sie sich im Jahr 1992 ähnlich wie unter den durchschnittlichen Klimabedingungen von 1961-90. Auf der gesamten Revierfläche werden Eignungen zwischen 0.0 - 0.85 erreicht und im Mittel betragen sie 0.70.

(e) Roteiche (*Quercus borealis* Michx. [rubra])

Die Roteiche weist flächig (72 %), ähnlich wie unter durchschnittlichen Klimabedingungen (1961-90), mittlere Eignungen von 0.7 - 0.79 auf. Neben den bestehenden mäßigen Nährstoffverhältnissen ist es vor allem die schlechter werdende Wasserversorgung, die bessere Eignungen verhindert. Insgesamt schwanken die Eignungen zwischen 0.0 - 0.8 und liegen im Mittel bei 0.66.

Nachfolgend sind in Tabelle 5-8 die absoluten und relativen Verteilungen der Eignungswerte der Baumarten Buche, Bergahorn, Traubeneiche, Stieleiche und Roteiche unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992 aufgelistet. Zur graphischen Darstellung der relativen Häufigkeit der vorher genannten Baumarten dient Abbildung 5-6.

Tabelle 5-8. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Buche, Bergahorn, Traubeneiche, Stieleiche und Roteiche unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

Eignung	Buche		Bergahorn		Traubeneiche		Stieleiche		Roteiche	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0.0 - 0.09	8	2	8	2	4	1	4	1	8	2
0.1 - 0.19	10	3	11	3	4	1	4	1	10	3
0.2 - 0.29	17	4	17	4	18	5	11	3	25	7
0.3 - 0.39	8	2	7	2	13	3	17	4	8	2
0.4 - 0.49	-	-	-	-	12	3	7	2	-	-
0.5 - 0.59	19	5	26	7	-	-	-	-	3	1
0.6 - 0.69	279	72	294	76	4	1	26	7	52	13
0.7 - 0.79	45	12	24	6	28	7	294	76	279	72
0.8 - 0.89	1	-	-	-	302	78	24	6	2	-
0.9 - 1.0	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-

n = Anzahl, % = Relativwert

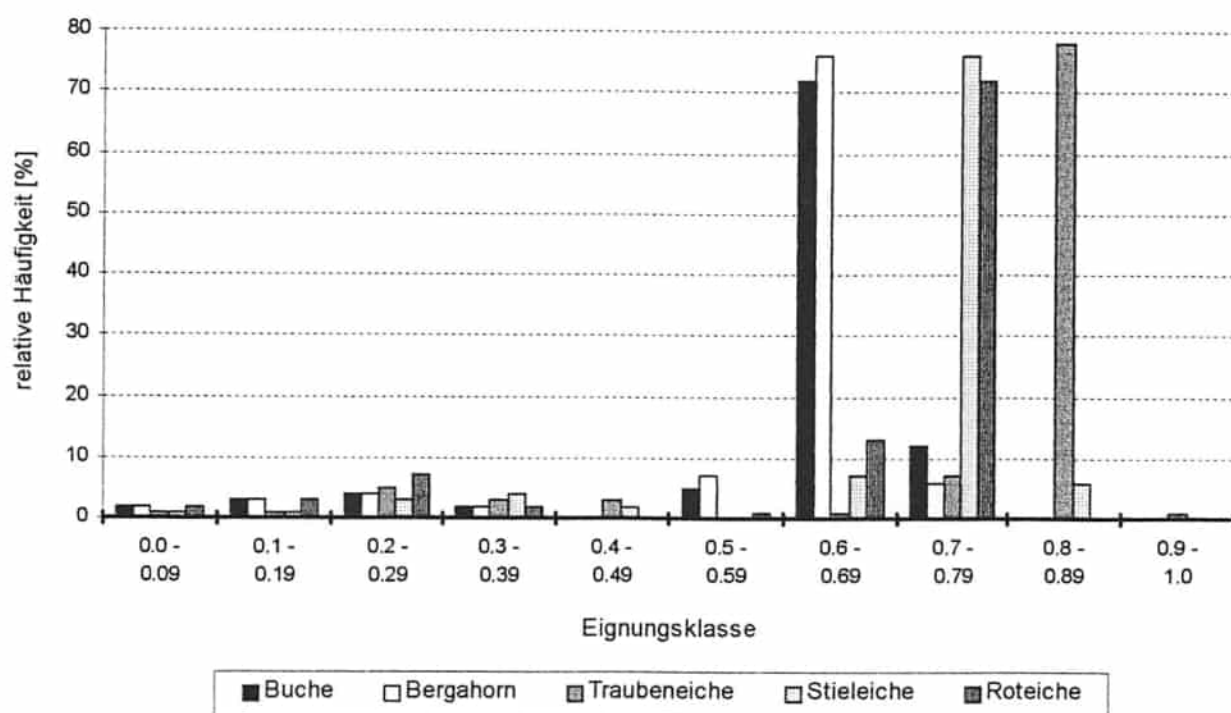
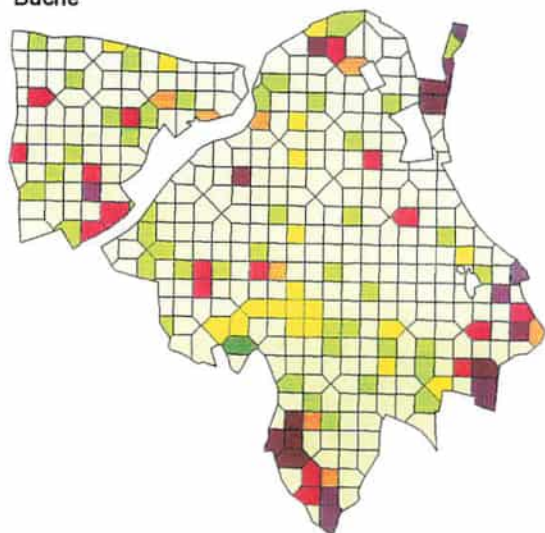
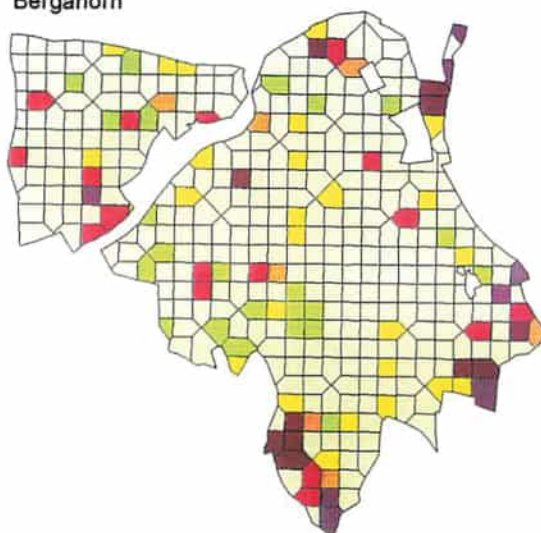


Abbildung 5-6. Relative Häufigkeit der Baumarten Buche, Bergahorn, Traubeneiche, Stieleiche und Roteiche in den Eignungsklassen unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992. - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

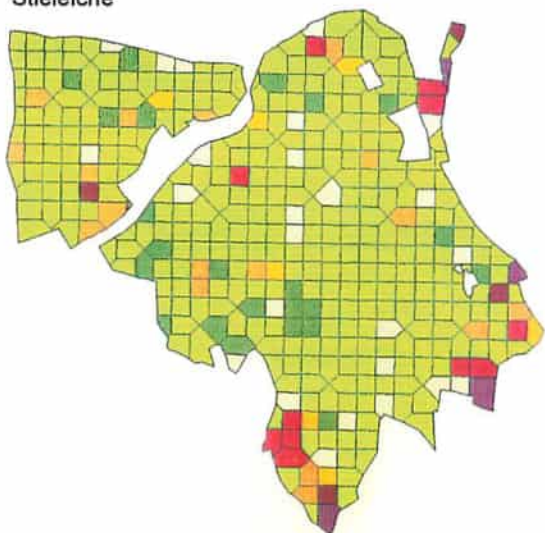
Buche



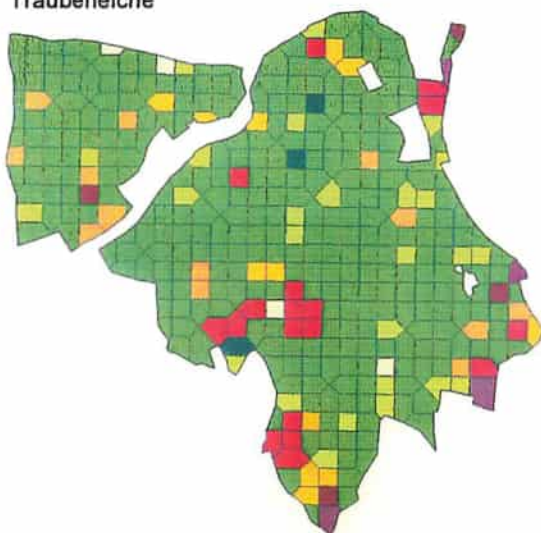
Bergahorn



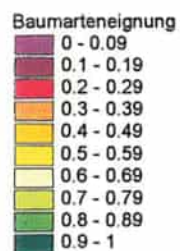
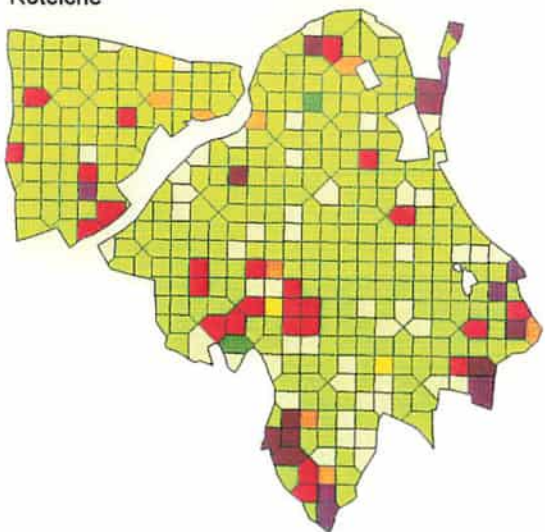
Stieleiche



Traubeneiche



Roteiche



0 250 500 1000m

Karte 8. Eignung für Buche, Bergahorn, Stieleiche, Traubeneiche und Roteiche unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

(f) Schwarzerle (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.)

Die Schwarzerle weist auf einem Großteil der Fläche (62 %) nur Eignungen von 0.4 - 0.49 auf. Der Abfall der Schwarzerle um 2 Eignungsklassen gegenüber den Eignungswerten der durchschnittlichen Klimabedingungen (1961-90) ist durch die schlechter werdende Wasserversorgung bedingt. Nur auf den pseudovergleyten Standorten (2 %) kann sie noch Eignungen von 0.7 - 0.79 erreichen. Insgesamt schwanken die Eignungen zwischen 0.0 - 0.79 und liegen im Mittel bei 0.42.

(g) Esche (*Fraxinus excelsior* L.)

Die Esche weist auf einem Großteil der Revierfläche nur Eignungen von 0.5 - 0.59 (44 %) und 0.6 - 0.69 (38 %) auf. Der Eignungsabfall im Vergleich zu den Eignungswerten der durchschnittlichen Klimabedingungen (1961-90) ist vor allem durch die schlechte Wasserversorgung bedingt. Die Eignungen reichen von 0.0 bis 0.65 und liegen im Mittel bei 0.52.

(h) Bergulme (*Ulmus glabra* Huds. [*scabra*, *montana*])

Die Ulme weist auf einem Großteil der Revierfläche (76 %) weiterhin mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Neben den mäßigen Nährstoffverhältnissen kommt vor allem noch die schlechter werdende Wasserversorgung als limitierender Faktor hinzu. Auf der gesamten Revierfläche erreichen die Eignungen Werte zwischen 0.0 - 0.72 und betragen im Mittel 0.61.

(i) Kirsche (*Prunus avium* L.)

Die Kirsche weist auf einem Großteil der Revierfläche (72 %) weiterhin mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Auch hier verhindert neben den mäßigen Nährstoffverhältnissen vor allem die schlechter werdende Wasserversorgung ein

Ausnützen der günstigeren Temperaturverhältnisse. Insgesamt schwanken die Eignungen zwischen 0.0 - 0.82 und betragen im Mittel 0.64.

(j) Hainbuche (*Carpinus betulus* L.)

Die Hainbuche weist ebenfalls auf einem Großteil der Revierfläche (72 %) bedingt durch die Nährstoff- und Wasserversorgung mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Insgesamt schwanken die Eignungen zwischen 0.0 - 0.82 und liegen im Mittel bei 0.65.

Nachfolgend sind in Tabelle 5-9 die absoluten und relativen Verteilungen der Eignungswerte der Baumarten Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992 aufgelistet. Zur graphischen Darstellung der relativen Häufigkeit der vorher genannten Baumarten dient Abbildung 5-7.

Tabelle 5-9. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

Eignung	Schwarzerle		Esche		Bergulme		Kirsche		Hainbuche	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0.0 - 0.09	36	9	35	9	8	2	4	1	4	1
0.1 - 0.19	7	2	8	2	11	3	4	1	4	1
0.2 - 0.29	-	-	-	-	17	4	19	5	11	3
0.3 - 0.39	18	5	1	-	7	2	17	4	17	4
0.4 - 0.49	241	62	25	7	-	-	7	2	7	2
0.5 - 0.59	77	20	170	44	26	7	8	2	8	2
0.6 - 0.69	1	-	148	38	294	76	278	72	278	72
0.7 - 0.79	7	2	-	-	24	6	46	12	45	12
0.8 - 0.89	-	-	-	-	-	-	4	1	13	3
0.9 - 1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

n = Anzahl, % = Relativwert

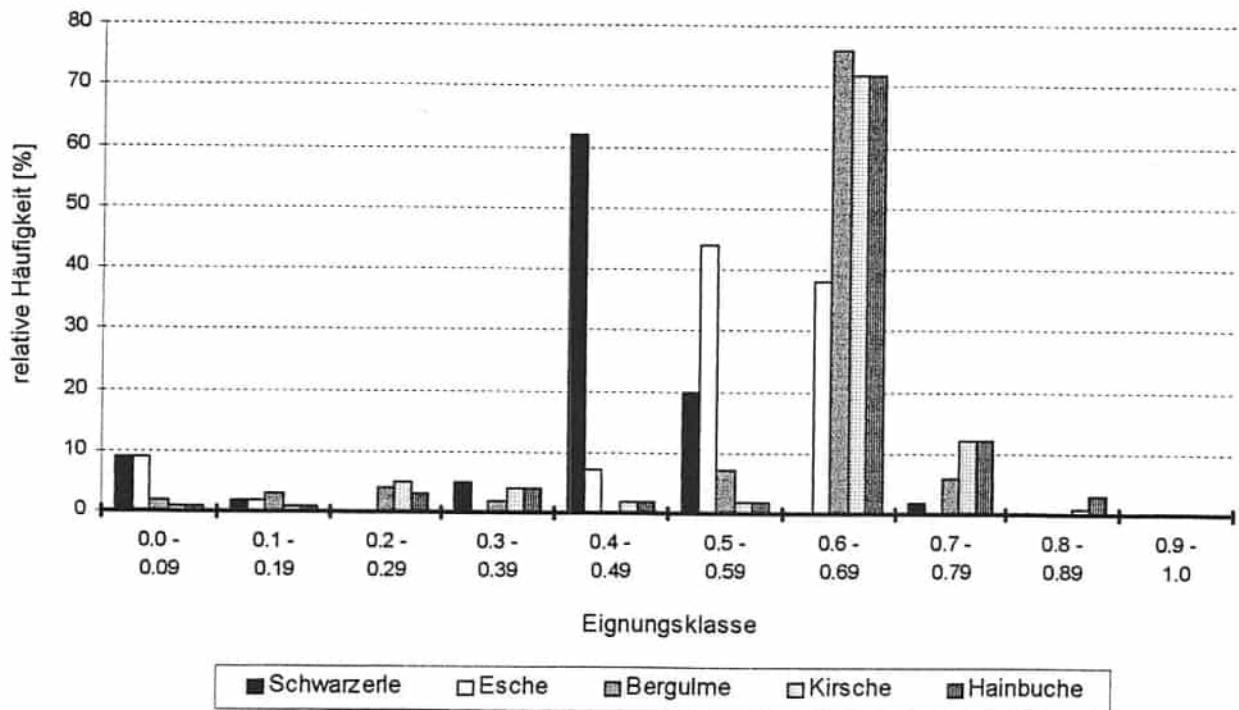
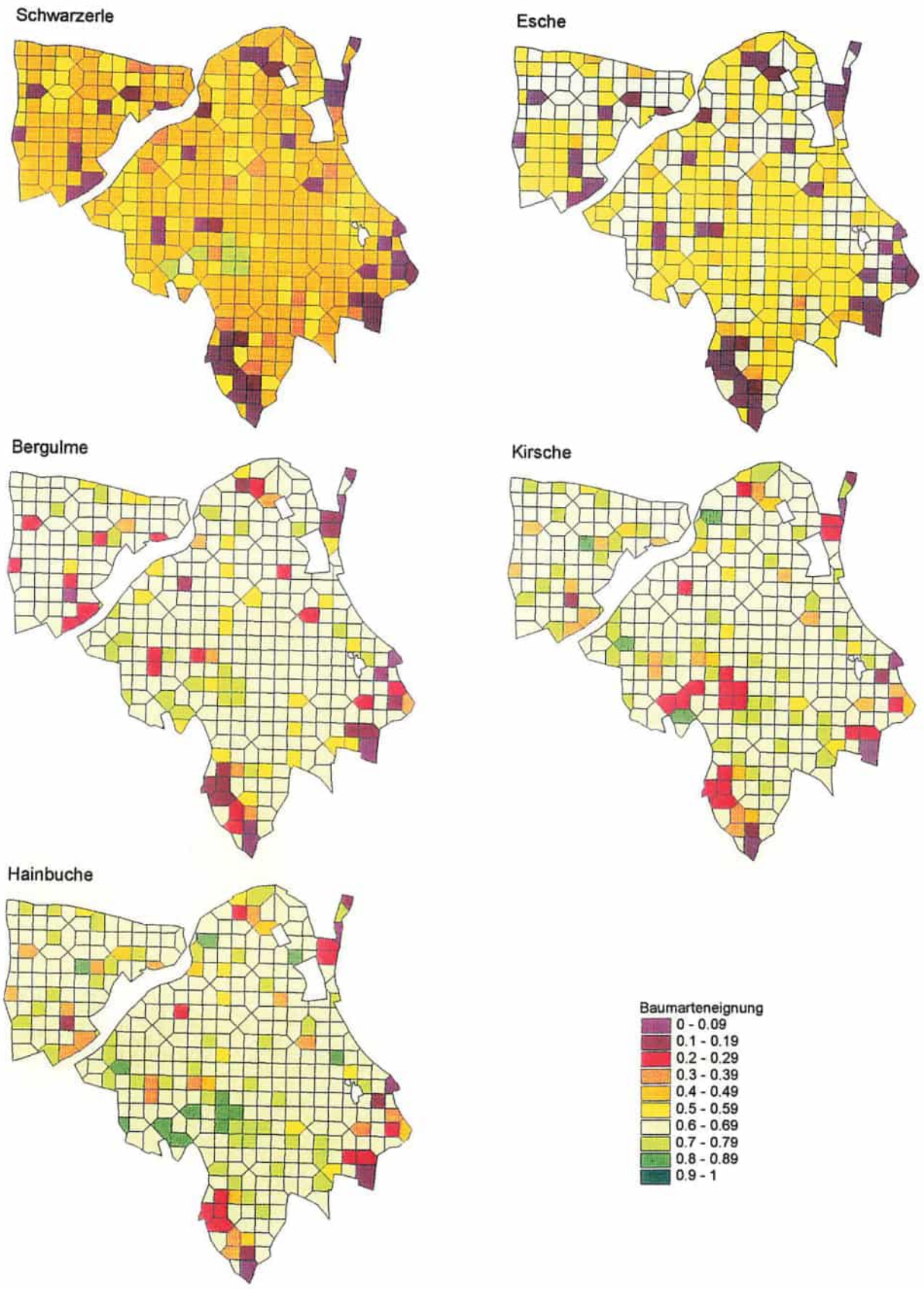


Abbildung 5-7. Relative Häufigkeit der Baumarten Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche in den Eignungsklassen unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992. - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).



Karte 9. Eignung für Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.



Winterlinde (*Talia cordata* Mill [parvifolia])

Die Winterlinde weist auf einem Großteil der Revierfläche (72 %) mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Auch hier verhindert neben den mäßigen Nährstoffverhältnissen vor allem die schlechter werdende Wasserversorgung ein Ausnützen der günstigeren Temperaturverhältnisse. Immerhin 5 % der Fläche weisen gute Eignungen von 0.8 - 0.89 auf. Insgesamt bewegen sich die Eignungen zwischen 0.0 - 0.83 und liegen im Mittel bei 0.66.

(l) Sommerlinde (*Talia platyphyllos* Scop. [grandifolia])

Die Sommerlinde weist weiterhin auf einem Großteil der Revierfläche (73 %) mittlere Eignungen von 0.6 - 0.69 auf. Auch hier wird vor allem die Wasserversorgung neben der Nährstoffversorgung zum limitierenden Faktor. Die Eignungen schwanken zwischen 0.0 und 0.8 und liegen im Mittel bei 0.63.

(m) Birke (*Betula pendula* Roth [verrucosa, alba])

Die Birke weist auf einem Großteil der Revierfläche (69 %) mittlere Eignungen von 0.7 - 0.79 auf. Der flächige Eignungsabfall von einer Eignungsklasse gegenüber den durchschnittlichen klimatischen Bedingungen von 1961-90 erklärt sich durch die schlechtere Wasserversorgung. Die Eignungen reichen von 0.0 bis 0.84 und liegen im Mittel bei 0.67.

Nachfolgend sind in Tabelle 5-10 die absoluten und relativen Verteilungen der Eignungswerte der Baumarten Winterlinde, Sommerlinde und Birke unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992 aufgelistet. Zur graphischen Darstellung der relativen Häufigkeit der vorher genannten Baumarten dient Abbildung 5-8.

Tabelle 5-10. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Winterlinde, Sommerlinde und Birke unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

Eignung	Winterlinde		Sommerlinde		Birke	
	n	%	n	%	n	%
0.0 - 0.09	2	1	8	2	8	2
0.1 - 0.19	3	1	10	3	10	3
0.2 - 0.29	8	2	17	4	17	4
0.3 - 0.39	17	4	8	3	8	2
0.4 - 0.49	13	3	-	-	-	-
0.5 - 0.59	9	2	19	5	11	3
0.6 - 0.69	277	72	280	73	44	11
0.7 - 0.79	39	10	44	11	266	69
0.8 - 0.89	19	5	1	-	23	6
0.9 - 1.0	-	-	-	-	-	-

n = Anzahl, % = Relativwert

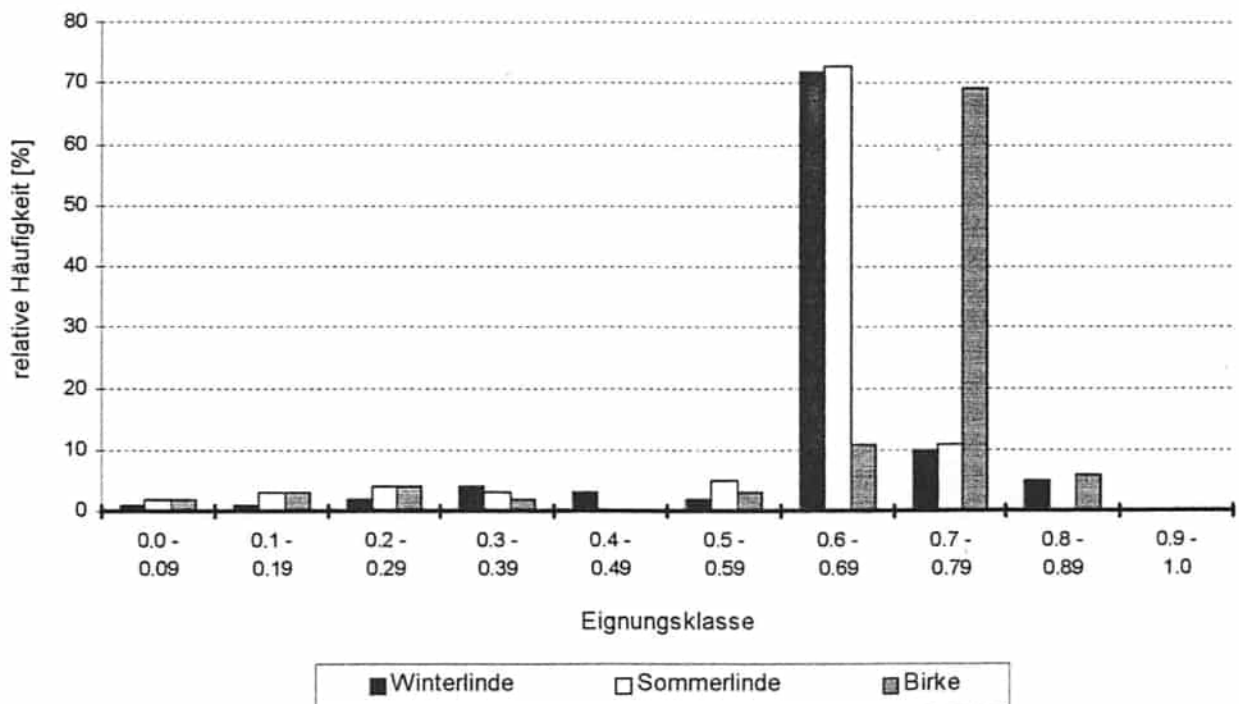
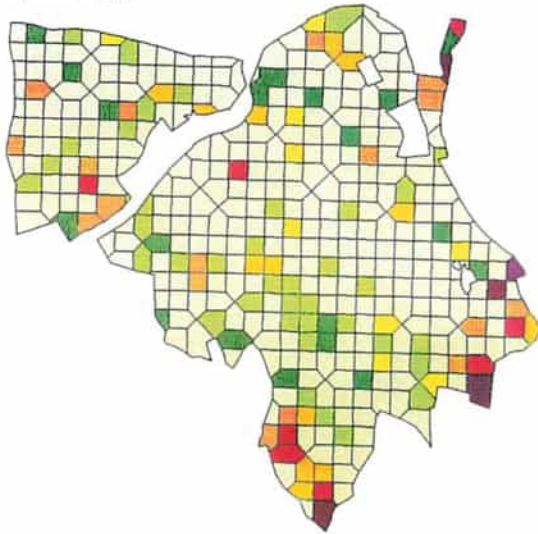
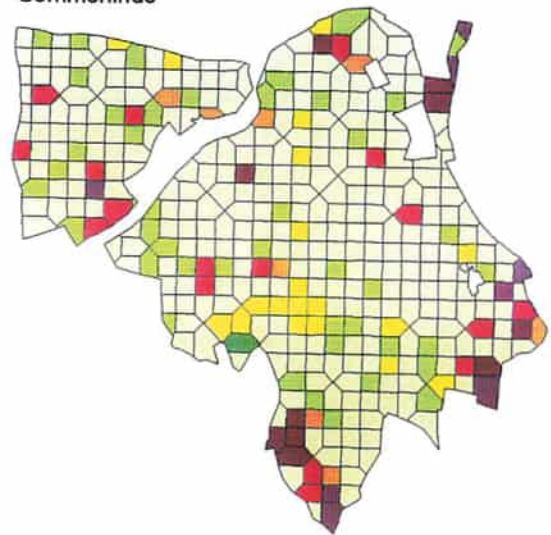


Abbildung 5-8. Relative Häufigkeit der Baumarten Winterlinde, Sommerlinde und Birke in den Eignungsklassen unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992. - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

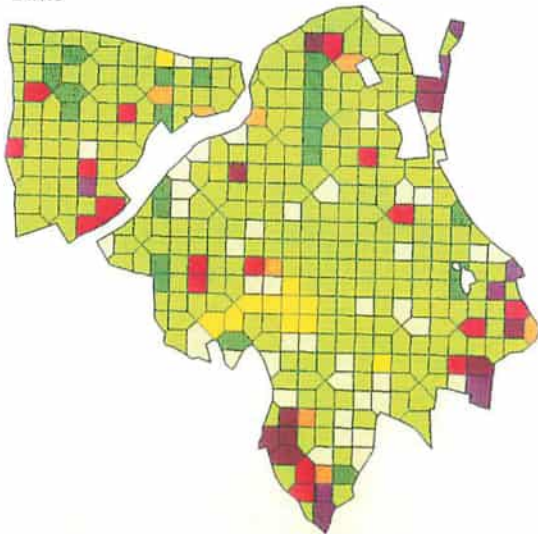
Winterlinde



Sommerlinde



Birke



Baumarteneignung

0 - 0.09
0.1 - 0.19
0.2 - 0.29
0.3 - 0.39
0.4 - 0.49
0.5 - 0.59
0.6 - 0.69
0.7 - 0.79
0.8 - 0.89
0.9 - 1

Karte 10. Eignung für Winterlinde, Sommerlinde und Birke unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.



5.4 Möglichkeiten zur Risikoabschätzung für Baumarten

Die Struktur des eingesetzten Baumarteneignungsmodells bietet auch die Möglichkeit zu einer indirekten Risikoabschätzung. Bei der Berechnung der Baumarteneignungen werden Klimaparameter (Temperatursumme, Wintertemperatur, Niederschlag) berücksichtigt. Durch den Vergleich von Eignungswerten, die mit unterschiedlichen Klimaeingangsparametern berechnet werden, kann die Sensitivität einzelner Baumarten auf Standortveränderungen aufgezeigt und ein damit verbundenes mögliches Risiko abgeschätzt werden. Dieses mögliche Risiko, z. B. in bezug auf biotische Schädlinge, muß für jede Baumart eigens beurteilt werden, da die Folgen eines Eignungsabfalls baumartenspezifisch interpretiert werden müssen. In diesem Beispiel beziehen sich die Klimaparameter auf das 30-jährige Mittel von 1961-90 und auf das klimatische Extremjahr 1992, das durch hohe Temperaturen und geringe Niederschläge während der Vegetationszeit gekennzeichnet war (Details dazu in Kap. 3.2).

Exemplarisch wird für die beiden Baumarten Fichte und Stieleiche ein mögliches Risiko durch Vergleich der Klassenhäufigkeiten abgeschätzt (Tabelle 5-11, 5-12).

Tabelle 5-11. Risikoabschätzung für die Baumart Fichte anhand der Eignungen für das 30-jährige Mittel und das klimatische Extremjahr 1992.

Fichte						
Eignung	1960- 90		1992		$\Delta = [(1992) - (1960-90)]$	
	n	%	n	%	n	%
0.0 - 0.09	14	4	35	9	+21	+5
0.1 - 0.19	9	2	8	2	-1	0
0.2 - 0.29	6	1	-	-	-6	-1
0.3 - 0.39	11	3	1	-	-10	-3
0.4 - 0.49	3	1	17	4	+14	+3
0.5 - 0.59	8	2	196	51	+188	+49
0.6 - 0.69	-	-	130	34	+130	+34
0.7 - 0.79	12	3	-	-	-12	-3
0.8 - 0.89	317	82	-	-	-317	-82
0.9 - 1.0	7	2	-	-	-7	-2

n = Anzahl, % = Relativwert

Aus der Anzahl und vor allem der Größe der Eignungsänderungen (Δ) wird ersichtlich, daß die Eignung der Fichte einer drastischen Veränderung unterworfen ist. Es kommt zu einer Verschiebung der Eignung von den besten drei Eignungsklassen (0.7 - 1.0) in die nächst darunterliegenden (0.4 - 0.69). Auch die Zahl der Standorte mit keiner Anbaueignung für die Fichte erhöht sich. Insgesamt läßt sich ein eindeutiger Trend Richtung geringerer physiologischer Eignung feststellen. Dieser Eignungsrückgang kann nicht nur einen Zuwachsrückgang, sondern auch eine erhöhte Prädisposition gegenüber Sekundärschädlingen signalisieren (SCHWENKE, 1985, SCHIMITSCHEK et al., 1963, 1966). Somit kann man von einem hohen Risiko eines Borkenkäferbefalls ausgehen. Dieser Trend im Modell wird durch die Borkenkäferkalamitäten der 90-iger Jahre im Bereich des Aufnahmegebietes auch in der Natur vorgezeichnet und bestätigt damit wiederum das Modell.

Tabelle 5-12. Risikoabschätzung für die Baumart Stieleiche anhand der Eignungen für das 30-jährige Mittel und das klimatische Extremjahr 1992.

Stieleiche						
Eignung	1960- 90		1992		$\Delta = [(1992) - (1960-90)]$	
	n	%	n	%	n	%
0.0 - 0.09	3	1	4	1	+1	0
0.1 - 0.19	3	1	4	1	+1	0
0.2 - 0.29	2	1	11	3	+9	+2
0.3 - 0.39	8	2	17	4	+9	+2
0.4 - 0.49	9	2	7	2	-2	0
0.5 - 0.59	12	3	-	-	-12	-3
0.6 - 0.69	21	5	26	7	+5	+2
0.7 - 0.79	322	83	294	76	-28	-7
0.8 - 0.89	7	2	24	6	+17	+4
0.9 - 1.0	-	-	-	-	-	-

n = Anzahl, % = Relativwert

Die Größe der Eignungsänderungen (Δ) ist bei der Stieleiche bei weitem nicht so groß wie bei der Fichte. Außerdem läßt sich daraus kein eindeutiger Trend ablesen. Die unterstellten Temperaturverhältnisse von 1992 nähern sich erst dem physiologischen Optimum der Stieleiche und sie ist auch trockenresistenter. Im Durchschnitt bleibt die physiologische Eignung der Stieleiche unter beiden Szenarios ungefähr gleich. Im Gegensatz zur Fichte ist für die Stieleiche keine Prädisposition gegenüber bestimmten

Schädlingen zu erwarten. Möglich wäre ein Vitalitätsrückgang, wie er teilweise im Osten Österreichs seit längerem verzeichnet wird (TIEFENBACHER, 1996).

6 Diskussion

6.1 Datenerhebung im Gelände

Die allgemeinen, vegetationskundlichen und bodenkundlichen Standortmerkmale wurden auf der 250 ha großen Betriebsfläche anhand eines 80 x 80 Meter Stichprobenrasters angesprochen. Damit repräsentiert jeder Stichprobenpunkt 0.64 ha und liegt damit nahe der kleinsten, forstlich sinnvoll bewirtschaftbaren Bestandesfläche von 0.5 ha. Ziel war die repräsentative und räumlich explizite Erfassung wachstumsrelevanter Standortmerkmale. Durch die systematische Stichprobenerhebung könnten kleinräumig auftretende Standortmerkmale eventuell nicht oder überrepräsentativ erfaßt werden (ZÖHRER,1980). Da für die beprobte Fläche jedoch keine solcherart relevanten räumlichen Auftretensmuster zu erwarten waren, kann von der repräsentativen Erfassung der vorkommenden Standortmerkmale ausgegangen werden. Ein weiteres, noch weitgehend ungelöstes Problem stellen kleinräumig variierende Standortmerkmale dar. Cluster-Stichproben wären eine Möglichkeit diese Variabilität zu quantifizieren.

Die Ansprache der bodenkundlichen Merkmale anhand eines mindestens 30 cm tiefen Profils hat den Vorteil des relativ geringen Arbeitsaufwandes. Damit konnte der Hauptwurzelhorizont der meisten Baumarten erfaßt und beurteilt werden. Gleichzeitig kann auch der Grad der Podsolierung und einer etwaigen oberflächennahen Vergleyung ausreichend genau festgestellt werden. Ein Nachteil besteht in der Ansprache der Gründigkeit. Die Gründigkeit ab 30 cm Tiefe wurde gutachtlich mit einem Meter angenommen und stützt sich dabei auf Angaben von ANONYMUS (1986), wonach aufgrund des mächtigen Moränenmaterials bei festgestellten Gründigkeiten, die 30 cm überschreiten, keine Limitierung durch dieses Merkmal zu erwarten sei. Auch zusätzliche Ansprachen von Hanganschnitten und Böschungen im Gelände bestätigten diese Tatsache. Gerade bei der Herleitung der nutzbaren Feldkapazität spielt die Gründigkeit aber eine entscheidende Rolle. Die ebenfalls dazu benötigte Bodenart und der Grobskelettgehalt mußten ab 30 cm Tiefe ebenfalls extraplativ geschätzt werden. Dennoch wäre das Werben von Bodenprofilen, noch dazu auf Schotterböden, an 388

Stichprobenpunkten zu aufwendig gewesen und hätte den Rahmen dieser Arbeit überschritten.

Die hier durchgeführte systematische Werbung von Bodenproben nach dem Stichprobenraster und die anschließenden Laboranalysen sind bei größeren Aufnahmeeinheiten nicht mit vertretbarem Aufwand durchführbar. Hier wäre für größere Aufnahmeeinheiten eine stratifizierte Aufnahme nach Standortstypen sinnvoller.

6.2 Ansprache der physiologischen Ansprüche der Baumarten

Zur Auswahl von für die Beschreibung der physiologischen Eignung von Baumarten relevanten Standortfaktoren wurde auf Angaben von KRAMER (1988) zurückgegriffen. Für ihn sind unter anderem die Wärme-, Wasser- und Nährstoffversorgung entscheidend für die Wachstumsleistung. Anhand von einigen wenigen charakteristischen Parametern sollten diese beschrieben werden, um einerseits den Modellinput so gering wie möglich zu halten und andererseits die Faktorgruppen dennoch ausreichend zu beschreiben.

Probleme bei der Definition der physiologischen Ansprüche (Limits, Optima) der Baumarten stellten einerseits die unterschiedlichen Literaturangaben (Schwankungsbreiten, Klassifikation) und andererseits die für manche Baumarten überhaupt nicht vorhandenen quantitativen Werte dar. Letztere konnten nur anhand von qualitativen Beschreibungen relativ zu den quantitativ bekannten Baumarten gereiht werden. Zusätzlich konnte man sich für einige Hauptbaumarten auf berechnete Werte aus Österreich stützen (LEXER und HÖNNINGER, 1997b) und damit die Plausibilität der gefundenen Literaturangaben überprüfen, um sie in weiterer Folge für den Modellinput übernehmen zu können.

Innerhalb der definierten Limits sollte auch die Wirkung der Parameter auf die Eignung plausibel und durch Literaturangaben sowie Expertenwissen gestützt beschrieben werden. Die mangelhaften, teilweise nur für einige Hauptbaumarten vorliegenden qualitativen Literaturangaben und das geringe, teils noch unerforschte Wissen über die

Abhängigkeit und Wechselwirkungen zwischen den verwendeten Faktoren kann die monokausalen Ansätze rechtfertigen. Bei diesen monokausalen Ansätzen wird ausschließlich der Effekt des jeweiligen Parameters auf die Baumarteneignung berücksichtigt. Für die Wirkungstransformation des Parameters „GDD“ mit Hilfe von symmetrischen und asymmetrischen Funktionen, konnten ausreichende Beispiele in der Literatur gefunden werden. Die Wirkungsfunktionen für die übrigen Parameter wurden aus vorgegebenen Graphiken („pH-Wert“, „SMI“) oder durch einfache Überlegungen hergeleitet. Bei Parametern mit nur qualitativen Literaturangaben (siehe z. B. Tabelle 4-13) wurde zuerst versucht, wenigstens innerhalb der Parameter eine schlüssige Reihenfolge der Baumarten aufgrund der Angaben herzuleiten. Darauf aufbauend wurde als mögliche sinnvolle Transformation des Parametereffekts auf die Baumarteneignung eine Wirkungsmatrix erstellt.

6.3 Eignungsmodell

Die Güte eines Modells ergibt sich unter anderem aus der Genauigkeit der Eingangsdaten. Daher wurde versucht, den Großteil der Eingangsdaten nach gängigen Methoden entweder zu messen (pH-Wert, C/N-Verhältnis) oder zu berechnen (SMI, GDD, Wintertemperatur, nichtgemessene pH- und C/N-Werte). Durch diese zum Teil sehr zeit- und arbeitsintensive Herleitung der Werte wurde versucht, eine größtmögliche Genauigkeit der Eingangsdaten zu gewährleisten. In vielen Standortkartierungen werden Nährstoff-, Wasser- und Temperaturverhältnisse meist nur anhand von vegetationskundlichen oder sonstigen standörtlichen Merkmalen auf einer Ordinalskala angesprochen oder geschätzt. Neben dem Vorteil der einfachen Erhebung weist die Methode den Nachteil auf, diese wichtigen Standortfaktoren in statischer Form, hoch aggregiert, anzusprechen.

Bei der Verknüpfung der Eingangsdaten wurde innerhalb einer Faktorgruppe (Temperatur, Wasser, Nährstoffe) die mögliche kompensatorische Wirkung zwischen den Parametern durch die Art der Verknüpfung (multiplikativ, geometrisches Mittel, Minimum) berücksichtigt. Die vorliegenden Faktoreignungen wurden in weiterer Folge über eine Minimum - Verknüpfung zu einer Gesamteignung verbunden. Mögliche

kompensatorische Wirkungen zwischen Temperaturverhältnis, Wasser- und Nährstoffversorgung wurden nicht berücksichtigt. Aufgrund des einfachen modulartigen Aufbaus des Modells sind bei Vorliegen von neuer Information Modifizierungen und Ergänzungen aber jederzeit leicht möglich.

Schließlich erfolgt die Darstellung der Ergebnisse des Eignungsmodells mit Hilfe eines geographischen Informationssystems, dem GIS ArcView. Anfangs ist der Einstieg aufwendig, denn alle Basisdaten wie Karten, Aufnahmedaten, Ergebnisse, müssen in digitaler Form vorliegen und ins GIS importiert werden. Anschließend bieten sich jedoch eine Vielzahl von Darstellungsmöglichkeiten, die eine zeitgemäße Präsentation der Ergebnisse ermöglichen. Die dabei durchgeführte Extrapolation der Stichprobeninformationen auf die Fläche mittels Thiessenpolygonen stellt eine Möglichkeit dar, Punktinformation auf die Fläche umzulegen. Dabei werden die Entfernungen zu den nächstliegenden Stichprobenpunkten halbiert und abhängig von der Art des Stichprobenrasters entstehen dann mehr oder weniger gleichmäßige Flächen mit gleichem Merkmalsinhalt. Mittels geostatistischer Verfahren, die nicht nur Entfernungen sondern auch andere Merkmale berücksichtigen, könnten möglicherweise noch verbesserte Schätzungen für die Flächen geliefert werden.

Instrumente wie das vorgestellte GIS-gestützte Baumarteneignungsmodell sind für Sensitivitätsanalysen in bezug auf einzelne Standortsfaktoren sowie für ökologische Risikoanalysen, wie die für hochgradig mit Unsicherheit behaftete Entscheidungsfelder eigentlich Standard sein sollten, einsetzbar.

Die notwendige Umlegung der Ergebnisse dieser Arbeit auf die aktuellen Bestände, und daraus abgeleitete waldbauliche Maßnahmen werden in einer gleichzeitig durchgeführten Diplomarbeit behandelt.

7 Zusammenfassung

In vorliegender Arbeit wurde für das Revier Wolschart des Forstbetriebes Ing. H. Kleinszig in St. Veit/Glan die Beurteilung der Baumarteneignung durchgeführt.

Zu diesem Zweck wird zur operationalen Abschätzung der ökophysiologischen Baumarteneignung im Rahmen von Waldumbaumaßnahmen das Konzept für ein statisches klimasensitives Eignungsmodell beschrieben. Für 18 mitteleuropäische Baumarten werden mehrdimensionale Eignungsräume wissenschaftlich definiert. Der Eignungsraum einer Baumart wird dabei in die Bereiche Temperaturverhältnisse, Wasserversorgung und Nährstoffversorgung strukturiert. Innerhalb dieser Bereiche werden zur Charakterisierung der Baumarteneignung folgende Faktoren verwendet. Die Temperatursumme über 5.5 °C und die Winterminimumtemperatur für die Faktorgruppe „Temperaturverhältnisse“, ein aus einer standortsspezifischen Wasserbilanz abgeleiteter Wasserversorgungsindikator sowie die Ansprache von Pseudovergleichung für den Bereich „Wasserversorgung“, pH-Wert und C/N-Verhältnis des Mineralbodens, Gründigkeit, Grobskelett und die Bodenart für die Faktorgruppe „Nährstoffversorgung“. Nach einem hierarchischen Ansatz werden innerhalb eines Bereiches die Wirkungen dieser Einzelfaktoren auf die Baumarteneignung monokausal auf einer Skala zwischen 0 und 1 beschrieben und miteinander verknüpft. Die Gesamteignung ergibt sich sodann aus der Wirkung des sich jeweils im Minimum befindlichen Faktorenbereiches.

Der für das erstellte Modell erforderliche Input wurde auf der Basis einer 80 x 80 Meter Stichprobe bereitgestellt. Dabei wurden allgemeine, vegetationskundliche und bodenkundliche Standortmerkmale aufgenommen und zusätzlich für jeden zweiten Stichprobenpunkt Boden- und Humusproben gewonnen. Für ein Subsample wurden im Labor pH- und C/N-Gehalte analysiert und mittels empirisch ermittelter Zusammenhänge für die übrigen Stichprobenpunkte geschätzt. Klimaparameter (Temperatur- und Niederschlagsmittel auf Monatsbasis) wurden von einer nahegelegenen Klimastation des Hydrographischen Dienstes in Österreich auf die Stichprobenpunkte extrapoliert. Die Sensitivität des Modells auf Klimaextreme wird

durch die Berechnung von Baumarteneignungen für 1961-90 und 1992 demonstriert. Mittels Thiessenpolygonen wird die punktförmige Information in bezug auf Standortmerkmale und Baumarteneignungen auf die Fläche umgelegt und mit GIS ArcView graphisch dargestellt.

8 Literatur

8.1 Zitierte Literatur

- ANONYMUS 1949. Forsteinrichtung Kleinszig. Operat des Revieres Wolschart 1949 - 1958. 305 S.
- ANONYMUS 1960. Forsteinrichtung Kleinszig. Operat des Revieres Wolschart 1960 - 1969. 247 S.
- ANONYMUS 1961. Exkursionsführer für das Forstschutzeckungsgebiet Wolschartwald. 13.IUFRO-Kongreß in Wien.
- ANONYMUS 1986. Bericht über geophysikalische Untersuchungen im Bereich Tschagoster Graben. Geoseis, Gesellschaft für geophysikalisch-geologische Untersuchungen m.b.H.
- ARGE FORSTEINRICHTUNG 1980. Forstliche Standortsaufnahme. Arbeitskreis Standortskartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung. 4. Auflage, IHW-Verlag, München, 315 S.
- ARGE FORSTEINRICHTUNG 1996. Forstliche Standortsaufnahme. Arbeitskreis Standortskartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung. 5. Auflage, IHW-Verlag, München, 352 S.
- BLUM, W.E.H., DANNEBERG, O.H., GLATZEL, G., GRALL, H., KILIAN, W., MUTSCH, F., STÖHR, D. 1989. Bodenzustandsinventur. Konzeption, Durchführung und Bewertung. Arbeitsgruppe Bodenzustandsinventur der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft. BMLF Wien, 59 S.
- BOTKIN, D. B. 1993. Forest dynamics. An ecological model. Oxford University Press, 309 p.
- BUGMANN, H. 1994. On the ecology of mountainous forests in a changing climate: A simulation study. Diss. ETH No. 10638, 258 p.
- BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFTEN 1985. Erläuterungen zur Bodenkarte (1:25000). Kartierungsbereich St.Veit/Glan. BMLF, Wien, 80 S.
- BURSCHEL, P., HUSS, J. 1987. Grundriß des Waldbaus. Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Paul Parey Verlag, Hamburg - Berlin, 352 S.
- CONRAD, V. 1913. Klimatographie von Österreich. Band 6: Klimatographie von Kärnten. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, 139 S.

- DENGLER, A. 1990. Waldbau auf ökologischer Grundlage. 2. Band, Paul Parey Verlag, Hamburg - Berlin, 283 S.
- DENGLER, A. 1992. Waldbau auf ökologischer Grundlage. 1. Band, Paul Parey Verlag, Hamburg - Berlin, 263 S.
- DUNNE, Th., LEOPOLD, L.B. 1978. Water in environmental planning. W.H. Freeman, New York, 818 S.
- EBERT, H.-P. 1995. Klimaänderung und Baumartenentwicklung. Forst und Holz, 24: 802 - 804.
- ELLENBERG, H. 1996. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. 5. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, 1095 S.
- ELLENBERG, H. et al. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Skripta Geobotanika. Volume 18, Verlag Erich Goltze KG, Göttingen, 258 S.
- FELBERMEIER, B. 1994. Die klimatische Belastbarkeit der Buche. Forstw. Cbl., 113: 152 - 174.
- FIEDLER, H. J., NEBE, W., HOFFMANN, F. 1973. Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 481 S.
- FRITZ, A. 1972. Das Spätglazial in Kärnten. In: Frenzel, B.. Vegetationsgeschichte der Alpen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S. 93 - 99.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT 1997. Manuskriptkarte des geologischen Karte von St.Veit/Glan (1:50000). Geologische Bundesanstalt, Wien.
- HEINING, B. 1996. Klimaänderung und Standortseignung der Fichte in Ostbayern. Allg. Forstzeitung, 18: 1012 - 1014.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH 1901 - 1994. Beiträge zur Hydrographie Österreichs. Die Niederschläge, Schneesverhältnisse, Luft- und Wassertemperaturen von 1901-1994. Hydrographisches Zentralbüro im BMLF, Wien.
- KIENAST, F. 1987. FORECE - A forest succession model for southern Central Europe. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, ORNL/TM-10575, Publ. No. 2989, 73 p.
- KILIAN, W., MÜLLER, F., STARLINGER, F. 1994. Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien. Bericht Nr. 82, 60 S.
- KOHL, A., NATHER, J. 1991. Die Douglasie. Kooperationsabkommen Forst-Papier-Platte (FPP), Wien, 32 S.

- KOHLROSS, H. 1993. 1993 droht eine Borkenkäferkatastrophe. Österreichische Forstzeitung, 3: 50 - 51.
- KRAL, F. 1972. Grundlagen zur Entstehung der Waldgesellschaften im Ostalpenraum. In: Frenzel, B.. Vegetationsgeschichte der Alpen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S. 173 - 186.
- KRAL, F. 1974. Grundzüge einer postglazialen Waldgeschichte des Ostalpenraumes. In: Mayer, H.. Wälder des Ostalpenraumes. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S. 236 - 272.
- KRAPFENBAUER, A. 1991. Vorlesungsunterlagen zur Forstlichen Standortlehre I + II. Institut für Forstökologie, Universität für Bodenkultur, Wien.
- KRÄUCHI, N. 1994. Modelling forest succession as influenced by a changing environment. Diss. ETH No. 10479, 116 p.
- LACKNER, J. 1997. Erschreckende Schneebruchbilanz. Kärntner Bauer, 24. 5. 1997, S 10.
- LANG, G. 1994. Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Gustav Fischer Verlag, Jena, 462 S.
- LARCHER, W. 1995. Physiological plant ecology. Third edition, Springer Verlag, Heidelberg - Berlin, 506 S.
- LEXER, M. J. 1995. Beziehungen zwischen der Anfälligkeit von Fichtenbeständen für Borkenkäferschäden und Standorts- und Bestandesmerkmalen unter besonderer Berücksichtigung der Wasserversorgung. Diss. Universität für Bodenkultur Wien, 182 S.
- LEXER, M.J., HÖNNINGER, K. 1997a. On the definition of the physiological amplitude of alpine tree species in forest succession models. Soc.Am.For. Symposium Proceedings on Systems Analysis in Forest Resources (in press).
- LEXER, M.J., HÖNNINGER, K. 1997b. Computergestützte Simulation der Waldentwicklung, Fachlicher Endbericht. unveröffentlicht, Inst. f. Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien, 163 S.
- LEXER, M.J., HÖNNINGER, K. 1998. Defining the physiological amplitude of alpine tree species using the combined network of forest inventory, soil and meteorological data. Ecologie (in press).
- LITTEK, Th. 1993. Die Abhängigkeit des Verjüngungserfolges vom Oberbodenzustand und Säuregrad in geschädigten Waldbeständen des Schwarzwaldes. Kernforschungszentrum Karlsruhe, 212 S.
- MAYER, H. 1992. Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. 4. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart - New York, 513 S.

- MAYER, H. 1985. Europäische Wälder. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart - New York, 384 S.
- OTTO, H.-J. 1986. Standortliche Voraussetzungen, Ziele und Waldbautechnik in Fichten-Buchen-Mischbeständen des Harzes. AFJZ, 11: 214 - 221.
- PETRI, H. 1992. Bedeutung der Standorts- und Waldwachstumskunde für die zielgerechte Baumartenwahl. Forst und Holz, 5: 112 - 117.
- PICHLER, M. 1994. Baumartenempfehlung aus der Standortkartierung unter Verwendung von GIS. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien, 88 S.
- PRENTICE, I.C., HELMSAARI, H. 1991. Silvics of north European trees: Compilation, comparisons and implications for forest succession modelling. For. Ecol. Manage., 42:79-93.
- REHFUESS, K.E. 1990. Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. 2. Auflage, Paul Parey Verlag, Hamburg - Berlin, 192 S.
- ROLOFF, A. 1992. Mögliche Auswirkungen des Treibhauseffektes auf die Konkurrenzsituation in Waldökosystemen. Forstarchiv, 1: 4 - 10.
- SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., BRÜMMER, G., HARTGE, K.-H., SCHWERTMANN, U. 1992. Lehrbuch der Bodenkunde. 13. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 491 S.
- SCHIMITSCHEK, E., WIENKE, E. 1963. Untersuchungen über die Befallsbereitschaft von Baumarten für Sekundärschädlinge. I. Teil, Z. ang. Ent., 51: 219 - 257.
- SCHIMITSCHEK, E., WIENKE, E. 1966. Untersuchungen über die Befallsbereitschaft von Baumarten für Sekundärschädlinge. II. Teil, Z. ang. Ent., 57: 73 - 139.
- SCHMIDT-VOGT, H. 1986. Die Fichte. Wachstum, Züchtung, Boden, Holz, Umwelt. Band 2/1. Paul Parey Verlag, Hamburg - Berlin, 563 S.
- SCHMIDT-VOGT, H. 1989. Die Fichte. Krankheiten, Schäden, Fichtensterben. Band 2/2. Paul Parey Verlag, Hamburg - Berlin, 607 S.
- SCHUH, W. 1991. Waldbauliche Konsequenzen aus der Sturmkatastrophe 1990. Allg. Forstzeitung, 10: 520 - 521.
- SCHÜTZ, J.-P. 1994. Waldbauliche Behandlungsgrundsätze in Mischbeständen. Schweiz. Z. Forstwes., 5: 389 - 399.
- SCHWENKE, W. 1985. Beziehungen zwischen tierischen Schädlingen und Baumerkrankungen. Forstw. Cbl., 104: 220 - 225.
- SPEIDEL, G. 1984. Forstliche Betriebswirtschaftslehre. 2. Auflage, Paul Parey Verlag, Hamburg - Berlin, 226 S.

- STROHSCHNEIDER, I. 1991a. Standorte der Sturmschadensgebiete 1990 mit dem Blick in den „unterirdischen Wald“. Österreichische Forstzeitung, 4: 31 - 34.
- STROHSCHNEIDER, I. 1991b. Ein Blick in den „unterirdischen“ Wald. Österreichische Forstzeitung, 5: 31 - 34.
- THOMASIUS, H. 1991. Mögliche Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Wälder in Mitteleuropa. Forstw. Cbl., 110: 305 - 330.
- TIEFENBACHER, H. 1996. Silvicultural planning under conditions of environmental change: evaluation of options in a dieback in Austrian oak forests. For. Ecol. Manage., 83: 136 - 140.
- ULRICH, B. 1995. Der ökologische Bodenzustand - seine Veränderung in der Nacheiszeit, Ansprüche der Baumarten. Forstarchiv, 66. Jg. (1995): 117 - 127.
- ULRICH, B., SHRIVASTAVA, M.B. 1978. Schätzung quantitativer Bodenparameter bei der forstlichen Standortskartierung am Beispiel dies hessischen Berglands. Forstw. Cbl., 97: 41 - 50.
- ULRICH, B., MEIWES, K.J., KÖNIG, N., KHANNA, P.K. 1984. Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen in Waldböden. Der Forst- und Holzwirt, 11: 278 - 286.
- VOSKO, M., BUBLINEC, E., KLUBICA, D. 1988. Ecological characteristics of beech and beech ecosystems of Slovakia. In: Korpel, St., Paule, L. (eds.). Drittes IUFRO-Buchensymposium, Proceedings, S. 101 - 110.
- ZERBE, S. 1994. Zur Umwandlung von Nadelholzreinbeständen in Laubmischwälder. Forst und Holz, 17: 482 - 484.
- ZERBE, S. 1997. Stellt die potentielle natürliche Vegetation (PNV) eine sinnvolle Zielvorstellung für den Waldbau dar? Forstw. Cbl., 116: 1 - 15.
- ZIMMERLI, S., SCHÜTZ, M. 1995. Zur ökologischen Charakterisierung von Waldgesellschaften am Beispiel des Waldsimsen-Buchenwaldes. Schweiz. Z. Forstwes., 3: 157 - 179.
- ZÖHRER, F. 1980. Forstinventur. Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Paul Parey Verlag, Hamburg - Berlin, 207 S.

8.2 Berücksichtigte Literatur

- AICHELE, D., SCHWEGLER, H.-W. 1986. Unsere Gräser. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 215 S.

- AMANN, G. 1994. Bodenpflanzen des Waldes. Naturbuch-Verlag, Augsburg, 418 S.
- FELBERMEIER, B. 1993. Der Einfluß von Klimaänderungen auf die Areale von Baumarten. Methodenstudie, und regionale Abschätzung für die Rotbuche in Bayern. Forstliche Forschungsberichte, München, 214 S.
- KOCH, G., KIRCHMEIR, H. 1997. Methodik der Hemerobiebewertung. Österreichische Forstzeitung, 1: 24 - 26.
- MAYER, A., SCHÖNHAR, S. 1969. Waldmoose. Verein für forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung e.V., Stuttgart, 41 S.
- ROTHMALER, W. 1994. Exkursionsflora von Deutschland. Band 3, Gustav Fischer Verlag, Jena - Stuttgart, 752 S.

9 Anhang

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 3-1. Lage des Aufnahmegebietes anhand eines Ausschnittes aus einer 1:100 000 Karte.

Abbildung 3-2. Jahressummen der Niederschläge der Station St.Veit/Glan (490 m) von 1961-1990. - (HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1961-1990).

Abbildung 3-3. Monatssummen der Niederschläge der Station St.Veit/Glan (490 m) von 1901-1990, 1961-1990 und 1992. - (HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1901-1992).

Abbildung 3-4. Jahresmittel der Lufttemperatur der Station St.Veit/Glan (490 m) von 1961-1990. - (HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1961-1990).

Abbildung 3-5. Monatsmittel der Lufttemperatur der Station St.Veit/Glan (490 m) von 1961-1990 und 1992. - (HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1961-1992).

Abbildung 3-6. Maximale tägliche Neuschneehöhe der Station St.Veit/Glan (490 m) von 1971-1990. - (HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1961-1990).

Abbildung 3-7. Ausschnitt aus der Manuskriptkarte der geologischen Karte St.Veit/Glan. - (GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT, 1997).

Abbildung 4-1. Beispiel einer symmetrischen (Stieleiche) und asymmetrischen (Buche) Funktion für die Wirkungstransformation des Parameters „Growing Degree Days“. - $GDD_{MIN}(Bu, StEi)$ bzw. $GDD_{MAX}(Bu, StEi)$ = maximal tolerierbare Kälte- bzw. Wärmegrenze der Baumarten Buche und Stieleiche, $GDD_{OPT}(Bu, StEi)$ = optimale Temperaturverhältnisse für das Wachstum der Baumarten Buche und Stieleiche.

Abbildung 4-2. Beispiel für die Wirkungsfunktion des Parameters „Growing Degree Days“ für ausgewählte Baumarten.

Abbildung 4-3. Beispiel für die Wirkungsfunktion des Parameters „Winterfrost“ für ausgewählte Baumarten.

Abbildung 4-4. Beispiel für die Wirkungsfunktion des Parameters „Soil Moisture Index“ für ausgewählte Baumarten.

Abbildung 4-5. Natürlicher Feuchtigkeits- und Säurebereich wichtiger Baumarten Mitteleuropas bei freiem Konkurrenzdruck, d. h. ohne forstliche Eingriffe (ELLENBERG, 1992).

Abbildung 4-6. Beispiel für die Wirkungsfunktion des Parameters „pH-Wert“ für ausgewählte Baumarten.

Abbildung 4-7. Beziehung zwischen C/NM und der multiplikativen Verknüpfung von Rd und Nd für Böden mit rohumusartigen Moderhumus. - C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens, Rd bzw. Nd ist die Reaktions- bzw. Stickstoffzahl nach Durwen.

Abbildung 4-8. Beziehung zwischen C/NM und pHH für Mullhumusböden mit bekannten pHH. - C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens, pHH = pH_{H_2O} - Wert der Humusaufgabe.

Abbildung 4-9. Beziehung zwischen pHH und Rd für Mullhumusböden auf Geologietyp 5 mit unbekanntem pHH. - pHH = pH_{H_2O} - Wert der Humusaufgabe, Rd = Reaktionszahl nach Durwen, Geologietyp 5 = Ablagerung des Eisstaues.

Abbildung 4-10. Entscheidungsbaum für die Berechnung von C/N-Verhältnis und pH-Wert des Mineralbodens.

Abbildung 4-11. Berechnung der Temperatursumme (GDD) aus Monatsmittelwerten der Lufttemperatur.

Abbildung 4-12. Wasserentzugsfunktion für sandig-lehmige Böden (nach DUNNE und LEOPOLD, 1978). - WC_a = aktueller Bodenwassergehalt, WC_p = potentiell möglicher Bodenwassergehalt (nFK), AT bzw. PT = aktuelle bzw. potentielle Transpiration.

Abbildung 4-13. Schematische Darstellung der Struktur des Baumarteneignungsmodells.

Abbildung 4-14. Gesamteignungswerte der Baumarten Fichte, Buche und Stieleiche bei unterschiedlichen bodenchemischen Bedingungen.

Abbildung 5-1. Relative Häufigkeit der Baumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie in den Eignungsklassen unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90). - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

Abbildung 5-2. Relative Häufigkeit der Baumarten Buche, Bergahorn, Traubeneiche, Stieleiche und Roteiche in den Eignungsklassen unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90). - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

Abbildung 5-3. Relative Häufigkeit der Baumarten Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche in den Eignungsklassen unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90). - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

Abbildung 5-4. Relative Häufigkeit der Baumarten Winterlinde, Sommerlinde und Birke in den Eignungsklassen unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90). - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

Abbildung 5-5. Relative Häufigkeit der Baumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie in den Eignungsklassen unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992. - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

Abbildung 5-6. Relative Häufigkeit der Baumarten Buche, Bergahorn, Traubeneiche, Stieleiche und Roteiche in den Eignungsklassen unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992. - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

Abbildung 5-7. Relative Häufigkeit der Baumarten Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche in den Eignungsklassen unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992. - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

Abbildung 5-8. Relative Häufigkeit der Baumarten Winterlinde, Sommerlinde und Birke in den Eignungsklassen unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992. - (0.1 = geringe Eignung, 1 = optimal geeignet).

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 4-1. Charakterisierung der erhobenen Standortparameter (nach BLUM et al., 1989).

Tabelle 4-2. Charakterisierung der erhobenen Humus- und Mineralbodeneigenschaften (nach BLUM et al., 1989).

Tabelle 4-3. Kombinierte Schätzung von Abundanz - Dominanz von Braun - Blanquet (nach BLUM et al., 1989).

Tabelle 4-4. Charakterisierung der zur Beurteilung der Baumarteneignung verwendeten Standortparameter.

Tabelle 4-5. Bandbreite der Parameter für die GDD-Wirkungsfunktionen laut Literaturrecherche. - GDD_{MIN} bzw. GDD_{MAX} = maximal tolerierbare Kälte- bzw. Wärmegrenze der Baumarten.

Tabelle 4-6. Bandbreite des Parameters „ WF_{MAX} “ laut Literaturrecherche. - WF_{MAX} = Winter-temperaturverbreitungsgrenze der Baumarten.

Tabelle 4-7. Bandbreite des Parameters „ SMI_{MAX} “ laut Literaturrecherche. - SMI_{MAX} = maximal tolerierbares Wasserdefizit.

Tabelle 4-8. Bandbreite des Parameters Pseudovergleichung laut Literaturrecherche. - PSVG = Vermögen der Baumart, Wechselfeuchte zu ertragen.

Tabelle 4-9. Beispiel des Effekts der Pseudovergleichung auf die Eignung von ausgewählten Baumarten. - (0 = keine Eignung, 1 = optimal geeignet).

Tabelle 4-10. Optimalbereiche des Parameters „pH-Wert“ (Ergebnis der Literaturrecherche).

Tabelle 4-11. Optimalbereiche des Parameters „C/N-Verhältnis“ (Ergebnis der Literaturrecherche).

Tabelle 4-12. Beispiel für die Wirkung des Parameters „C/N-Verhältnis“ auf die Eignung von ausgewählten Baumarten. - (0 = keine Eignung, 1 = optimal geeignet).

Tabelle 4-13. Optimalbereiche der Parameter „Grobskelett“, „Gründigkeit“ und „Bodenart“ (Ergebnis der Literaturrecherche).

Tabelle 4-14. Beispiel für die Wirkung der Parameter „Grobskelett“, „Gründigkeit“ und „Bodenart“ auf die Eignung von ausgewählten Baumarten. - (0 = keine Eignung, 1 = optimal geeignet).

Tabelle 4-15. Umwandlung der Skala von Braun - Blanquet nach ELLENBERG bzw. DURWEN (ELLENBERG, 1992).

Tabelle 4-16. Nutzbare Feldkapazität in Abhängigkeit von der Bodenart. - (nach ARGE FORSTEINRICHTUNG, 1980).

Tabelle 4-17. Korrelationsmatrix (PEARSON - Korrelationskoeffizient) von C/NM, pHM, pHH, Rd und Nd. - C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens, pHM = $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ - Wert des Mineralbodens, pHH = $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ - Wert der Humusauflage, Rd bzw. Nd = die Reaktions- bzw. Stickstoffzahl nach Durwen.

Tabelle 4-18. Verteilung der 188 Stichprobenpunkte mit bekanntem pHH über die Stratifizierungsmerkmale Humustyp, Bodentyp und Geologie. - pHH = $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ - Wert der Humusauflage.

Tabelle 4-19. Verteilung der 93 Stichprobenpunkte mit bekanntem C/NM über die Stratifizierungsmerkmale Humustyp, Bodentyp und Geologie. - C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens.

Tabelle 4-20. Koeffizientenschätzer und Signifikanzniveau für die Beziehung zwischen C/NM und der multiplikativen Verknüpfung von Rd und Nd für Böden mit rohhumusartigen Moderhumus. - Funktionsform : $y = a + b \cdot x$, C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens, Rd bzw. Nd ist die Reaktions- bzw. Stickstoffzahl nach Durwen, B = Bestimmtheitsmaß.

Tabelle 4-21. Koeffizientenschätzer und Signifikanzniveau für die Beziehung zwischen C/NM und pHH für Mullhumusböden. - Funktionsform : $y = a + b \cdot x$, C/NM = C/N-Verhältnis des Mineralbodens, pHH = $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ - Wert der Humusauflage, B = Bestimmtheitsmaß.

Tabelle 4-22. Koeffizientenschätzer und Signifikanzniveau für die Beziehung zwischen pHH und Rd für Mullhumusböden auf Geologietyp 5 und unbekanntem pHH. - Funktionsform : $y = a + b \cdot x$, pHH = $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ - Wert der Humusauflage, Rd = Reaktionszahl nach Durwen, Geologietyp 5 = Ablagerung des Eisstaues, B = Bestimmtheitsmaß.

Tabelle 4-23. Notwendige Input-Parameter des Eignungsmodells und deren Verwendung.

Tabelle 4-24. Werte der Parameter GDD und WF wie sie im Modell verwendet wurden. GDD_{MIN} bzw. GDD_{MAX} = tolerierbare Kälte- bzw. Wärmegrenze der Baumarten, GDD_{OPT} = optimale Temperaturverhältnisse für das Wachstum, WF = Winter Temperaturverbreitungsgrenze der Baumarten.

Tabelle 4-25. Werte der Parameter SMI_{TOL} , SMI_{MAX} und PSVG wie sie im Modell verwendet wurden. - SMI_{TOL} = mindest Feuchtigkeitsversorgung, SMI_{MAX} = maximal tolerierbares Feuchtigkeitsdefizit (0.0 = optimal wasserversorgt, 1.0 keine Wasser-versorgung), PSVG = Vermögen Wechselfeuchte zu ertragen (0.0 = keine Eignung, 1.0 = optimal geeignet).

Tabelle 4-26. Optimalbereich für pH-Wert und Eignungswerte für C/N-Verhältnis, Gründigkeit, Grobskelett und Bodenart wie sie im Modell verwendet wurden. - (0.0 = keine Eignung, 1.0 = optimal geeignet).

Tabelle 4-27. Eignungswerte für Fichte, Buche und Stieleiche bei unterschiedlichen bodenchemischen Bedingungen. - (0.0 = keine Eignung, 1.0 = optimal geeignet).

Tabelle 4-28. Eignungswerte für Fichte, Buche und Stieleiche für die übrigen Standortparameter (Gründigkeit, Grobskelett, Bodenart), die Wasser- und Temperaturfaktoren. - (0.0 = keine Eignung, 1.0 = optimal geeignet).

Tabelle 4-29. Standortmerkmale und zugehörige Eignungswerte für Fichte, Buche und Stieleiche bei Auftreten von Pseudovergleyung.

Tabelle 5-1. Absolute und relative Verteilung der allgemeinen Standortmerkmale pH-Wert, C/N-Verhältnis, Gründigkeit, Grobskelett, Bodenart, Bodentyp, Altersklasse, Geologie, GDD, Wintertemperatur, SMI und PSVG über die Stichprobenpunkte. - GDD = Growing Degree Days, SMI = Soil Moisture Index, PSVG = Pseudovergleyung.

Tabelle 5-2. Absolute und relative Verteilung der Merkmale GDD, Wintertemperatur, SMI über die Stichprobenpunkte. - GDD = Growing Degree Days, SMI = Soil Moisture Index.

Tabelle 5-3. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Nadelbaumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90).

Tabelle 5-4. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Buche, Bergahorn, Traubeneiche, Stieleiche und Roteiche unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90).

Tabelle 5-5. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90).

Tabelle 5-6. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Winterlinde, Sommerlinde und Birke unter durchschnittlichen klimatischen Bedingungen (1961-90).

Tabelle 5-7. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Nadelbaumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

Tabelle 5-8. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Buche, Bergahorn, Traubeneiche, Stieleiche und Roteiche unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

Tabelle 5-9. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

Tabelle 5-10. Absolute und relative Verteilung der Eignungswerte der Laubbaumarten Winterlinde, Sommerlinde und Birke unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

Tabelle 5-11. Risikoabschätzung für die Baumart Fichte anhand der Eignungen für das 30-jährige Mittel und das klimatische Extremjahr 1992.

Tabelle 5-12. Risikoabschätzung für die Baumart Stieleiche anhand der Eignungen für das 30-jährige Mittel und das klimatische Extremjahr 1992.

Verzeichnis der Karten

Karte 1a. pH- und C/N-Verhältnisse, Gründigkeiten und Grobskelettanteile des Aufnahmegebietes.

Karte 1b. Geologie, Bodenart und Bodentyp des Aufnahmegebietes.

Karte 2. Growing Degree Days, Wintertemperatur und Wasserversorgung des Aufnahmegebietes unter durchschnittlichen (1961-90) und extremen (1992) klimatischen Bedingungen.

Karte 3. Eignung für Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie bei durchschnittlichen Klimabedingungen (1961-90).

Karte 4. Eignung für Buche, Bergahorn, Stieleiche, Traubeneiche und Roteiche bei durchschnittlichen Klimabedingungen (1961-90).

Karte 5. Eignung für Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche bei durchschnittlichen Klimabedingungen (1961-90).

Karte 6. Eignung für Winterlinde, Sommerlinde und Birke bei durchschnittlichen Klimabedingungen (1961-90).

Karte 7. Eignung für Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne und Douglasie unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

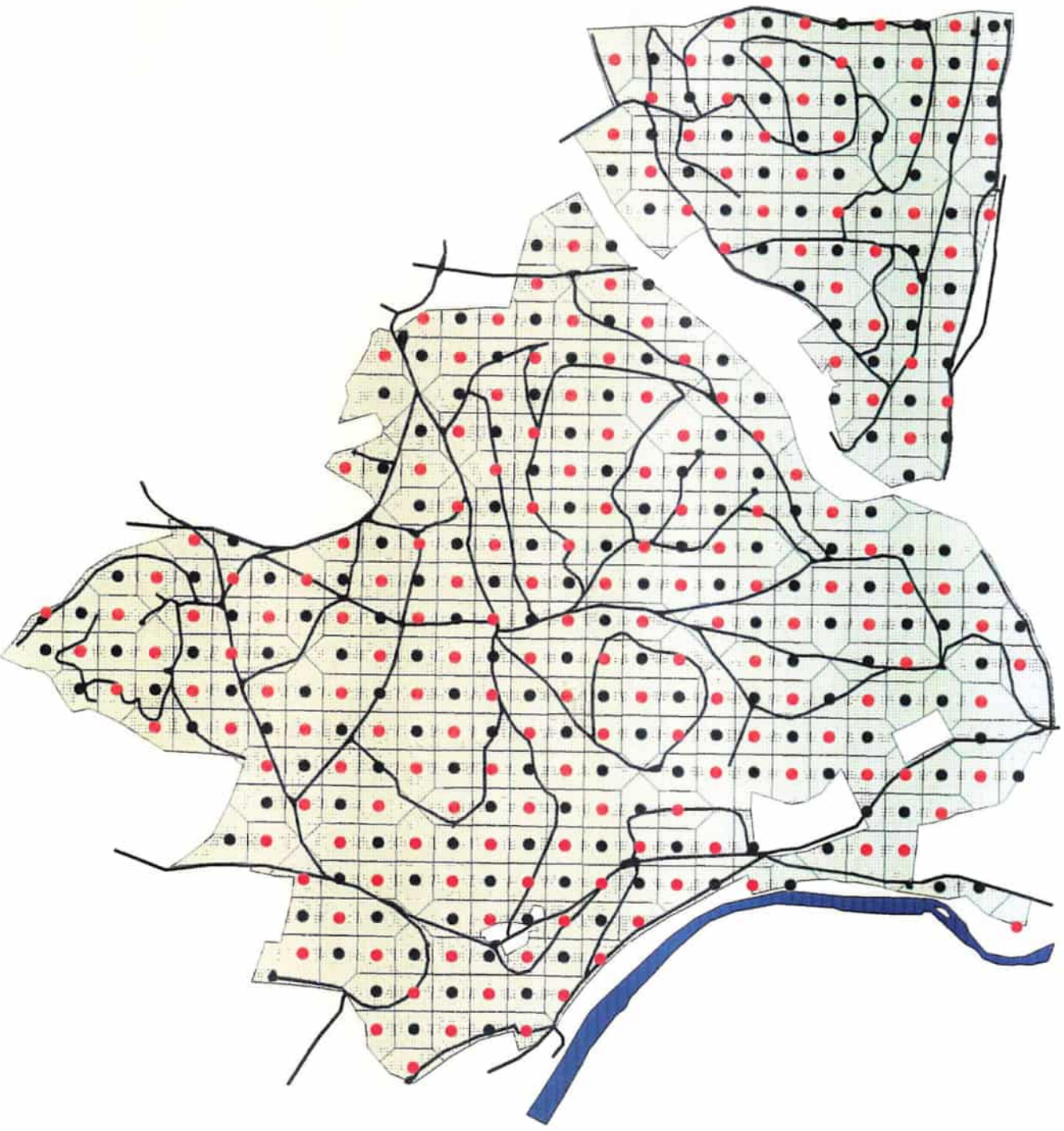
Karte 8. Eignung für Buche, Bergahorn, Stieleiche, Traubeneiche und Roteiche unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

Karte 9. Eignung für Schwarzerle, Esche, Bergulme, Kirsche und Hainbuche unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

Karte 10. Eignung für Winterlinde, Sommerlinde und Birke unter den klimatischen Bedingungen des Jahres 1992.

Aufnahmekarte

Lage der Stichprobenpunkte



Stichprobenpunkte
● mit Bodenprobe
● ohne Bodenprobe
Forststraße
Wolschartwald
Gurk



Aufnahmeformulare der Stichprobenerhebung

Punktnr.:

Allg. Standortinfo

Seehöhe (m): Exposition (^{gem}):

Eben

Hangneigung (%):

Geländeform:

<input type="checkbox"/>	Ebene
<input type="checkbox"/>	Verebnung
<input type="checkbox"/>	Talboden
<input type="checkbox"/>	Terrasse
<input type="checkbox"/>	Platte
<input type="checkbox"/>	Mulde, Kessel
<input type="checkbox"/>	Wanne
<input type="checkbox"/>	Graben
<input type="checkbox"/>	Oberhang
<input type="checkbox"/>	Unterhang
<input type="checkbox"/>	Mittelhang
<input type="checkbox"/>	Hangversteilung
<input type="checkbox"/>	Kuppe
<input type="checkbox"/>	Rücken
<input type="checkbox"/>	Riedel, Wall
<input type="checkbox"/>	Hangfuß
<input type="checkbox"/>	Schwemm-, Schutfächer
<input type="checkbox"/>	Schwemm-, Schuttkegel

Kleinrelief:

<input type="checkbox"/>	ausgeglichen
<input type="checkbox"/>	unruhig
<input type="checkbox"/>	Rinnen, Gräben
<input type="checkbox"/>	Buckel, Schichtköpfe
<input type="checkbox"/>	Blockflur

Geologie:

<input type="checkbox"/>	Grundmoräne
<input type="checkbox"/>	Endmoräne, Moränenwall
<input type="checkbox"/>	Niederterrasse
<input type="checkbox"/>	Eisrandterrasse
<input type="checkbox"/>	Ablagerung d. Eisstaues
<input type="checkbox"/>	Hauptdolomit

AKL:

I	II	III	IV	V	VI+
---	----	-----	----	---	-----

Überschirmung (%): Randeinfluß:

Ja	Nein
----	------

Bodenprobe:

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

Punktnur.: **Bodenmerkmale für physikal. Bodenuntersuchung
(fixe Horizonte)**

Mineralboden				
Horizont (je 10 cm)	Mächtigkeit (cm)	Bodenart	Grobskelettanteil (%)	Durchwurzelung
1				
2				
3				

Eignungsprogramm (SAS-Routine)

```

data Eignung;
infile "F:\diplomanden\steiner\sas\baeig6090.pm";
input TNr Nr TF GDD pHM1 CNM GS BOA GR SMI PSVG;

*****;
** Temperaturverhältnisse **;
*****;

*****;
** Frost **;
*****;

FiF = 1.0;
LaF = (1-(TF/11))**0.25;
TaF = (1-(TF/6))**0.25;
  if TaF = "." then TaF = 0.1;
KieF = 1.0;
DougF = 1.0;
BuF = (1-(TF/5))**0.25;
  if BuF = "." then BuF = 0.1;
TrEiF = (1-(TF/5))**0.25;
  if TrEiF = "." then TrEiF = 0.1;
StEiF = (1-(TF/17))**0.25;
SerF = (1-(TF/16))**0.25;
BAhF = 1.0;
EschF = (1-(TF/17))**0.25;
BUiF = (1-(TF/16))**0.25;
WILiF = (1-(TF/19))**0.25;
SoLiF = 1.0;
KIF = (1-(TF/7))**0.25;
  if KIF = "." then KIF = 0.1;
BiF = 1.0;
HBuF = (1-(TF/9))**0.25;
  if HBuF = "." then HBuF = 0.1;
REiF = (1-(TF/18))**0.25;

*****;
** GDD **;
*****;

FiGDD =4 * (2510 - GDD) * (GDD - 150)/(2510 - 150)**2;
  if GDD gt 2510 then FiGDD = 0;

if GDD lt 1215 then LaGDD =(4 * (2320 - GDD) * (GDD - 110))/(2320 - 110)**2;
  if GDD ge 1215 then LaGDD = (4 * (2770 - (GDD + 170)) *
    (GDD + 170))/(2770)**2;

TaGDD =4 * (4170 - GDD) * (GDD - 420)/(4170 - 420)**2;
KieGDD =4 * (2830 - GDD) * (GDD - 390)/(2830 - 390)**2;
  if GDD gt 2830 then KieGDD = 0;
DougGDD =4 * (4060 - GDD) * (GDD - 330)/(4060 - 330)**2;

```



```

if GDD lt 1440 then BuGDD =(4 * (2380 - GDD) * (GDD - 500))/(2380 - 500)**2;
if GDD ge 1440 then BuGDD = (4 * (5720 - (GDD + 1420)) *
(GDD + 1420))/(5720)**2;

```

```

TrEiGDD =4 * (4330 - GDD) * (GDD - 560)/(4330 - 560)**2;
StEiGDD =4 * (4330 - GDD) * (GDD - 810)/(4330 - 810)**2;
SerGDD =4 * (4890 - GDD) * (GDD - 670)/(4890 - 670)**2;
BAHGDD =4 * (4170 - GDD) * (GDD - 670)/(4170 - 670)**2;
EschGDD =4 * (4170 - GDD) * (GDD - 750)/(4170 - 750)**2;
BUiGDD =4 * (4890 - GDD) * (GDD - 830)/(4890 - 830)**2;
WiLiGDD =4 * (4170 - GDD) * (GDD - 1100)/(4170 - 1100)**2;
SoLiGDD =4 * (4330 - GDD) * (GDD - 1100)/(4330 - 1100)**2;
KiGDD =4 * (4330 - GDD) * (GDD - 810)/(4330 - 810)**2;
BiGDD =4 * (4330 - GDD) * (GDD - 400)/(4330 - 400)**2;
HBuGDD =4 * (4330 - GDD) * (GDD - 670)/(4330 - 670)**2;
REiGDD =4 * (5000 - GDD) * (GDD - 700)/(5000 - 700)**2;

```

```

*****.
** Verknüpfung Temperatur **:
*****.

```

```

FiTEMP = min(FiF,FiGDD);
LaTEMP = min(LaF,LaGDD);
TaTEMP = min(TaF,TaGDD);
KieTEMP = min(KieF,KieGDD);
DougTEMP = min(DougF,DougGDD);

```

```

BuTEMP = min(BuF,BuGDD);
TrEiTEMP = min(TrEiF,TrEiGDD);
StEiTEMP = min(StEiF,StEiGDD);
SerTEMP = min(SerF,SerGDD);
BAhTEMP = min(BAhF,BAhGDD);
EschTEMP = min(EschF,EschGDD);
BUiTEMP = min(BUiF,BUiGDD);
WiLiTEMP = min(WiLiF,WiLiGDD);
SoLiTEMP = min(SoLiF,SoLiGDD);
KiTEMP = min(KiF,KiGDD);
BiTEMP = min(BiF,BiGDD);
HBuTEMP = min(HBuF,HBuGDD);
REiTEMP = min(REiF,REiGDD);

```

```

*****.
** Nährstoffversorgung **:
*****.

```

```

*****.
** pH **:
*****.

```

```

if pHM1 ge "2.0" and pHM1 le "4.0" then Fiph = (-0.6 + pHM1*0.4);
if pHM1 gt "4.0" and pHM1 le "5.0" then Fiph = 1.0;
if pHM1 gt "5.0" and pHM1 le "8.0" then Fiph = (1.5 - pHM1*0.1);

```

```

if pHM1 ge "2.0" and pHM1 le "4.0" then Laph = (-0.8 + pHM1*0.45);
if pHM1 gt "4.0" and pHM1 le "5.0" then Laph = 1.0;
if pHM1 gt "5.0" and pHM1 le "8.0" then Laph = (1.5 - pHM1*0.1);

```

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "4.0" then Taph = (-0.8 + phM1*0.45);
 if phM1 gt "4.0" and phM1 le "5.0" then Taph = 1.0;
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "8.0" then Taph = (1.5 - phM1*0.1);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "3.75" then Kieph = (-0.5 + phM1*0.4);
 if phM1 gt "3.75" and phM1 le "4.5" then Kieph = 1.0;
 if phM1 gt "4.5" and phM1 le "8.0" then Kieph = (1.5 - phM1*0.11);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "4.0" then Dougph = (-0.8 + phM1*0.45);
 if phM1 gt "4.0" and phM1 le "5.0" then Dougph = 1.0;
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "8.0" then Dougph = (1.5 - phM1*0.1);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "5.0" then Buph = (-0.25 + phM1*0.25);
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "6.5" then Buph = 1.0;
 if phM1 gt "6.5" and phM1 le "8.0" then Buph = (2.3 - phM1*0.2);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "4.0" then TrEiph = (-0.8 + phM1*0.45);
 if phM1 gt "4.0" and phM1 le "5.0" then TrEiph = 1.0;
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "8.0" then TrEiph = (1.5 - phM1*0.1);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "4.25" then StEiph = (-0.7 + phM1*0.4);
 if phM1 gt "4.25" and phM1 le "5.0" then StEiph = 1.0;
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "8.0" then StEiph = (1.5 - phM1*0.1);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "5.0" then Serph = (-0.6 + phM1*0.325);
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "7.0" then Serph = 1.0;
 if phM1 gt "7.0" and phM1 le "8.0" then Serph = (2.4 - phM1*0.2);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "5.0" then BAhph = (-0.5 + phM1*0.3);
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "6.5" then BAhph = 1.0;
 if phM1 gt "6.5" and phM1 le "8.0" then BAhph = (1.85 - phM1*0.13);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "5.0" then Eschph = (-0.6 + phM1*0.325);
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "7.0" then Eschph = 1.0;
 if phM1 gt "7.0" and phM1 le "8.0" then Eschph = (2.4 - phM1*0.2);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "5.0" then BUlph = (-0.5 + phM1*0.3);
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "6.5" then BUlph = 1.0;
 if phM1 gt "6.5" and phM1 le "8.0" then BUlph = (1.85 - phM1*0.13);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "4.25" then WlLiph = (-0.7 + phM1*0.4);
 if phM1 gt "4.25" and phM1 le "6.5" then WlLiph = 1.0;
 if phM1 gt "6.5" and phM1 le "8.0" then WlLiph = (1.85 - phM1*0.13);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "5.0" then SoLiph = (-0.5 + phM1*0.3);
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "6.5" then SoLiph = 1.0;
 if phM1 gt "6.5" and phM1 le "8.0" then SoLiph = (1.85 - phM1*0.13);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "5.0" then Kiph = (-0.5 + phM1*0.3);
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "6.5" then Kiph = 1.0;
 if phM1 gt "6.5" and phM1 le "8.0" then Kiph = (1.85 - phM1*0.13);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "3.75" then Biph = (-0.5 + phM1*0.4);
 if phM1 gt "3.75" and phM1 le "6.5" then Biph = 1.0;
 if phM1 gt "6.5" and phM1 le "8.0" then Biph = (1.85 - phM1*0.13);

if phM1 ge "2.0" and phM1 le "5.0" then HBuph = (-0.25 + phM1*0.25);
 if phM1 gt "5.0" and phM1 le "6.5" then HBuph = 1.0;
 if phM1 gt "6.5" and phM1 le "8.0" then HBuph = (2.3 - phM1*0.2);

if pHM1 ge "2.0" and pHM1 le "4.0" then REiph = (-0.8 + pHM1*0.45);
 if pHM1 gt "4.0" and pHM1 le "5.0" then REiph = 1.0;
 if pHM1 gt "5.0" and pHM1 le "8.0" then REiph = (1.5 - pHM1*0.1);

*****;
 ** C/N **;
 *****;

if CNM lt "10.0" then FiCN = "0.8";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then FiCN = "1.0";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then FiCN = "0.9";
 if CNM ge "26.0" then FiCN = "0.7";

if CNM lt "10.0" then LaCN = "0.9";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then LaCN = "1.0";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then LaCN = "0.85";
 if CNM ge "26.0" then LaCN = "0.65";

if CNM lt "10.0" then TaCN = "0.9";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then TaCN = "1.0";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then TaCN = "0.85";
 if CNM ge "26.0" then TaCN = "0.65";

if CNM lt "10.0" then KieCN = "0.8";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then KieCN = "1.0";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then KieCN = "0.9";
 if CNM ge "26.0" then KieCN = "0.8";

if CNM lt "10.0" then DougCN = "0.9";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then DougCN = "1.0";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then DougCN = "0.9";
 if CNM ge "26.0" then DougCN = "0.75";

if CNM lt "10.0" then BuCN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then BuCN = "0.85";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then BuCN = "0.65";
 if CNM ge "26.0" then BuCN = "0.45";

if CNM lt "10.0" then TrEiCN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then TrEiCN = "0.9";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then TrEiCN = "0.75";
 if CNM ge "26.0" then TrEiCN = "0.55";

if CNM lt "10.0" then StEiCN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then StEiCN = "0.85";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then StEiCN = "0.7";
 if CNM ge "26.0" then StEiCN = "0.5";

if CNM lt "10.0" then SerCN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then SerCN = "0.75";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then SerCN = "0.55";
 if CNM ge "26.0" then SerCN = "0.35";

if CNM lt "10.0" then BAhCN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then BAhCN = "0.8";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then BAhCN = "0.6";
 if CNM ge "26.0" then BAhCN = "0.4";

if CNM lt "10.0" then EschCN = "1.0";

if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then EschCN = "0.75";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then EschCN = "0.55";
 if CNM ge "26.0" then EschCN = "0.35";

if CNM lt "10.0" then BUICN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then BUICN = "0.8";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then BUICN = "0.6";
 if CNM ge "26.0" then BUICN = "0.4";

if CNM lt "10.0" then WiLiCN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then WiLiCN = "0.85";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then WiLiCN = "0.65";
 if CNM ge "26.0" then WiLiCN = "0.45";

if CNM lt "10.0" then SoLiCN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then SoLiCN = "0.8";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then SoLiCN = "0.6";
 if CNM ge "26.0" then SoLiCN = "0.4";

if CNM lt "10.0" then KiCN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then KiCN = "0.8";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then KiCN = "0.6";
 if CNM ge "26.0" then KiCN = "0.4";

if CNM lt "10.0" then BiCN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then BiCN = "1.0";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then BiCN = "0.9";
 if CNM ge "26.0" then BiCN = "0.7";

if CNM lt "10.0" then HBuCN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then HBuCN = "0.85";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then HBuCN = "0.65";
 if CNM ge "26.0" then HBuCN = "0.45";

if CNM lt "10.0" then REiCN = "1.0";
 if CNM ge "10.0" and CNM lt "20.0" then REiCN = "0.9";
 if CNM ge "20.0" and CNM lt "26.0" then REiCN = "0.75";
 if CNM ge "26.0" then REiCN = "0.55";

*****;
 ** GS **;
 *****;

if GS le "25" then FiGS = "1.0";
 if GS gt "25" then FiGS = "0.9";

if GS le "25" then LaGS = "1.0";
 if GS gt "25" then LaGS = "1.0";

if GS le "25" then TaGS = "1.0";
 if GS gt "25" then TaGS = "0.9";

if GS le "25" then KieGS = "1.0";
 if GS gt "25" then KieGS = "0.9";

if GS le "25" then DougGS = "1.0";
 if GS gt "25" then DougGS = "1.0";

if GS le "25" then BuGS = "1.0";

if GS gt "25" then BuGS = "0.9";

if GS le "25" then TrEiGS = "1.0";
if GS gt "25" then TrEiGS = "0.8";

if GS le "25" then StEiGS = "1.0";
if GS gt "25" then StEiGS = "0.8";

if GS le "25" then SerGS = "1.0";
if GS gt "25" then SerGS = "0.7";

if GS le "25" then BAhGS = "1.0";
if GS gt "25" then BAhGS = "0.8";

if GS le "25" then EschGS = "1.0";
if GS gt "25" then EschGS = "0.9";

if GS le "25" then BUIGS = "1.0";
if GS gt "25" then BUIGS = "0.9";

if GS le "25" then WLiGS = "1.0";
if GS gt "25" then WLiGS = "0.8";

if GS le "25" then SoLiGS = "1.0";
if GS gt "25" then SoLiGS = "0.8";

if GS le "25" then KiGS = "1.0";
if GS gt "25" then KiGS = "0.9";

if GS le "25" then BiGS = "1.0";
if GS gt "25" then BiGS = "0.8";

if GS le "25" then HBUGS = "1.0";
if GS gt "25" then HBUGS = "0.9";

if GS le "25" then REiGS = "1.0";
if GS gt "25" then REiGS = "0.9";

*****;
** BOA **;
*****;

if BOA = "1" then FiBOA = "0.75";
if BOA = "2" then FiBOA = "0.85";
if BOA = "3" then FiBOA = "1.0";

if BOA = "1" then LaBOA = "0.8";
if BOA = "2" then LaBOA = "0.9";
if BOA = "3" then LaBOA = "1.0";

if BOA = "1" then TaBOA = "0.7";
if BOA = "2" then TaBOA = "0.8";
if BOA = "3" then TaBOA = "0.9";

if BOA = "1" then KieBOA = "0.8";
if BOA = "2" then KieBOA = "0.9";
if BOA = "3" then KieBOA = "1.0";

if BOA = "1" then DougBOA = "0.75";
if BOA = "2" then DougBOA = "0.9";

if BOA = "3" then DougBOA = "1.0";

if BOA = "1" then BuBOA = "0.7";
if BOA = "2" then BuBOA = "0.8";
if BOA = "3" then BuBOA = "0.9";

if BOA = "1" then TrEiBOA = "0.9";
if BOA = "2" then TrEiBOA = "1.0";
if BOA = "3" then TrEiBOA = "1.0";

if BOA = "1" then StEiBOA = "0.75";
if BOA = "2" then StEiBOA = "0.85";
if BOA = "3" then StEiBOA = "1.0";

if BOA = "1" then SerBOA = "0.65";
if BOA = "2" then SerBOA = "0.75";
if BOA = "3" then SerBOA = "0.9";

if BOA = "1" then BAhBOA = "0.7";
if BOA = "2" then BAhBOA = "0.8";
if BOA = "3" then BAhBOA = "0.9";

if BOA = "1" then EschBOA = "0.7";
if BOA = "2" then EschBOA = "0.8";
if BOA = "3" then EschBOA = "0.9";

if BOA = "1" then BUIBOA = "0.7";
if BOA = "2" then BUIBOA = "0.8";
if BOA = "3" then BUIBOA = "0.9";

if BOA = "1" then WiLiBOA = "0.7";
if BOA = "2" then WiLiBOA = "0.8";
if BOA = "3" then WiLiBOA = "0.9";

if BOA = "1" then SoLiBOA = "0.7";
if BOA = "2" then SoLiBOA = "0.8";
if BOA = "3" then SoLiBOA = "0.9";

if BOA = "1" then KiBOA = "0.7";
if BOA = "2" then KiBOA = "0.8";
if BOA = "3" then KiBOA = "0.9";

if BOA = "1" then BiBOA = "0.75";
if BOA = "2" then BiBOA = "0.85";
if BOA = "3" then BiBOA = "1.0";

if BOA = "1" then HBuBOA = "0.7";
if BOA = "2" then HBuBOA = "0.8";
if BOA = "3" then HBuBOA = "0.9";

if BOA = "1" then REiBOA = "0.75";
if BOA = "2" then REiBOA = "0.85";
if BOA = "3" then REiBOA = "1.0";

*****;
** GR **;
*****;

if GR le "15" then FiGR = "0.7";

if GR gt "15" and GR lt "30" then FiGR = "0.9";
if GR ge "30" then FiGR = "1.0";

if GR le "15" then LaGR = "0.6";
if GR gt "15" and GR lt "30" then LaGR = "0.8";
if GR ge "30" then LaGR = "1.0";

if GR le "15" then TaGR = "0.6";
if GR gt "15" and GR lt "30" then TaGR = "0.8";
if GR ge "30" then TaGR = "1.0";

if GR le "15" then KieGR = "0.7";
if GR gt "15" and GR lt "30" then KieGR = "0.9";
if GR ge "30" then KieGR = "1.0";

if GR le "15" then DougGR = "0.6";
if GR gt "15" and GR lt "30" then DougGR = "0.9";
if GR ge "30" then DougGR = "1.0";

if GR le "15" then BuGR = "0.5";
if GR gt "15" and GR lt "30" then BuGR = "0.8";
if GR ge "30" then BuGR = "1.0";

if GR le "15" then TrEiGR = "0.6";
if GR gt "15" and GR lt "30" then TrEiGR = "0.8";
if GR ge "30" then TrEiGR = "1.0";

if GR le "15" then StEiGR = "0.5";
if GR gt "15" and GR lt "30" then StEiGR = "0.8";
if GR ge "30" then StEiGR = "1.0";

if GR le "15" then SerGR = "0.7";
if GR gt "15" and GR lt "30" then SerGR = "0.9";
if GR ge "30" then SerGR = "1.0";

if GR le "15" then BAhGR = "0.5";
if GR gt "15" and GR lt "30" then BAhGR = "0.8";
if GR ge "30" then BAhGR = "1.0";

if GR le "15" then EschGR = "0.5";
if GR gt "15" and GR lt "30" then EschGR = "0.8";
if GR ge "30" then EschGR = "1.0";

if GR le "15" then BUIGR = "0.5";
if GR gt "15" and GR lt "30" then BUIGR = "0.8";
if GR ge "30" then BUIGR = "1.0";

if GR le "15" then WiLiGR = "0.5";
if GR gt "15" and GR lt "30" then WiLiGR = "0.8";
if GR ge "30" then WiLiGR = "1.0";

if GR le "15" then SoLiGR = "0.6";
if GR gt "15" and GR lt "30" then SoLiGR = "0.8";
if GR ge "30" then SoLiGR = "1.0";

if GR le "15" then KiGR = "0.3";
if GR gt "15" and GR lt "30" then KiGR = "0.7";
if GR ge "30" then KiGR = "1.0";

if GR le "15" then BiGR = "0.7";
if GR gt "15" and GR lt "30" then BiGR = "0.9";

if GR ge "30" then BiGR = "1.0";

if GR le "15" then HBUGR = "0.3";

if GR gt "15" and GR lt "30" then HBUGR = "0.7";

if GR ge "30" then HBUGR = "1.0";

if GR le "15" then REiGR = "0.3";

if GR gt "15" and GR lt "30" then REiGR = "0.7";

if GR ge "30" then REiGR = "1.0";

*****;
**** Verknüpfung Nährstoffe ****;
 *****;

Fi1 = min(Fiph,FiCN);

Fi2 = (FiGS*FiBOA);

Fi3 = min(Fi2,FiGR);

FiNAHR = (Fi1*Fi3)**(0.5);

La1 = min(Laph,LaCN);

La2 = (LaGS*LaBOA);

La3 = min(La2,LaGR);

LaNAHR = (La1*La3)**(0.5);

Ta1 = min(Taph,TaCN);

Ta2 = (TaGS*TaBOA);

Ta3 = min(Ta2,TaGR);

TaNAHR = (Ta1*Ta3)**(0.5);

Kie1 = min(Kieph,KieCN);

Kie2 = (KieGS*KieBOA);

Kie3 = min(Kie2,KieGR);

KieNAHR = (Kie1*Kie3)**(0.5);

Doug1 = min(Dougph,DougCN);

Doug2 = (DougGS*DougBOA);

Doug3 = min(Doug2,DougGR);

DougNAHR = (Doug1*Doug3)**(0.5);

Bu1 = min(Buph,BuCN);

Bu2 = (BuGS*BubOA);

Bu3 = min(Bu2,BuGR);

BuNAHR = (Bu1*Bub3)**(0.5);

TrEi1 = min(TrEiph,TrEiCN);

TrEi2 = (TrEiGS*TrEiBOA);

TrEi3 = min(TrEi2,TrEiGR);

TrEiNAHR = (TrEi1*TrEi3)**(0.5);

StEi1 = min(StEiph,StEiCN);

StEi2 = (StEiGS*StEiBOA);

StEi3 = min(StEi2,StEiGR);

StEiNAHR = (StEi1*StEi3)**(0.5);

Ser1 = min(Serph,SerCN);

Ser2 = (SerGS*SerBOA);

Ser3 = min(Ser2,SerGR);

SerNAHR = (Ser1*Ser3)**(0.5);

BAh1 = min(BAhph,BAhCN);
 BAh2 = (BAhGS*BAhBOA);
 BAh3 = min(BAh2,BAhGR);
 BAhNAHR = (BAh1*BAh3)**(0.5);

Esch1 = min(Eschph,EschCN);
 Esch2 = (EschGS*EschBOA);
 Esch3 = min(Esch2,EschGR);
 EschNAHR = (Esch1*Esch3)**(0.5);

BUI1 = min(BUIph,BUICN);
 BUI2 = (BUIGS*BUIBOA);
 BUI3 = min(BUI2,BUIGR);
 BUIAHR = (BUI1*BUI3)**(0.5);

WiLi1 = min(WiLiph,WiLiCN);
 WiLi2 = (WiLiGS*WiLiBOA);
 WiLi3 = min(WiLi2,WiLiGR);
 WiLiAHR = (WiLi1*WiLi3)**(0.5);

SoLi1 = min(SoLiph,SoLiCN);
 SoLi2 = (SoLiGS*SoLiBOA);
 SoLi3 = min(SoLi2,SoLiGR);
 SoLiAHR = (SoLi1*SoLi3)**(0.5);

Ki1 = min(Kiph,KiCN);
 Ki2 = (KiGS*KiBOA);
 Ki3 = min(Ki2,KiGR);
 KiAHR = (Ki1*Ki3)**(0.5);

Bi1 = min(Biph,BiCN);
 Bi2 = (BiGS*BiBOA);
 Bi3 = min(Bi2,BiGR);
 BiAHR = (Bi1*Bi3)**(0.5);

HBu1 = min(HBuph,HBuCN);
 HBu2 = (HBuGS*HBuBOA);
 HBu3 = min(HBu2,HBuGR);
 HBuAHR = (HBu1*HBu3)**(0.5);

REi1 = min(REiph,REiCN);
 REi2 = (REiGS*REiBOA);
 REi3 = min(REi2,REiGR);
 REiAHR = (REi1*REi3)**(0.5);

 ** Wasserversorgung **

 ** SMI **

if PSVG = "1" then SMI = "0.0";
 if SMI lt "0.1" then FiSMI = 1.0;
 if SMI ge "0.1" and SMI le "0.5" then FiSMI = (1.25 - smi * 2.5);
 if SMI gt "0.5" then FiSMI = 0.0;

if SMI lt "0.1" then LaSMI = 1.0;
 if SMI ge "0.1" and SMI le "0.5" then LaSMI = (1.25 - smi * 2.5);
 if SMI gt "0.5" then LaSMI = 0.0;

if SMI lt "0.15" then TaSMI = 1.0;
if SMI ge "0.15" and SMI le "0.6" then TaSMI = (1.33 - smi * 2.22);
if SMI gt "0.6" then TaSMI = 0.0;

if SMI lt "0.2" then KieSMI = 1.0;
if SMI ge "0.2" and SMI le "0.8" then KieSMI = (1.32 - smi * 1.66);
if SMI gt "0.8" then KieSMI = 0.0;

if SMI lt "0.15" then DougSMI = 1.0;
if SMI ge "0.15" and SMI le "0.65" then DougSMI = (1.3 - smi * 2);
if SMI gt "0.65" then DougSMI = 0.0;

if SMI lt "0.15" then BuSMI = 1.0;
if SMI ge "0.15" and SMI le "0.6" then BuSMI = (1.33 - smi * 2.22);
if SMI gt "0.6" then BuSMI = 0.0;

if SMI lt "0.2" then TrEiSMI = 1.0;
if SMI ge "0.2" and SMI le "0.65" then TrEiSMI = (1.44 - smi * 2.22);
if SMI gt "0.65" then TrEiSMI = 0.0;

if SMI lt "0.15" then StEiSMI = 1.0;
if SMI ge "0.15" and SMI le "0.65" then StEiSMI = (1.3 - smi * 2);
if SMI gt "0.65" then StEiSMI = 0.0;

if SMI ge "0.0" and SMI le "0.5" then SerSMI = (1 - smi * 2);
if SMI gt "0.5" then SerSMI = 0.0;

if SMI lt "0.1" then BAhSMI = 1.0;
if SMI ge "0.1" and SMI le "0.6" then BAhSMI = (1.2 - smi * 2);
if SMI gt "0.6" then BAhSMI = 0.0;

if SMI lt "0.1" then EschSMI = 1.0;
if SMI ge "0.1" and SMI le "0.5" then EschSMI = (1.25 - smi * 2.5);
if SMI gt "0.5" then EschSMI = 0.0;

if SMI lt "0.1" then BUISMI = 1.0;
if SMI ge "0.1" and SMI le "0.6" then BUISMI = (1.2 - smi * 2);
if SMI gt "0.6" then BUISMI = 0.0;

if SMI lt "0.15" then WiLiSMI = 1.0;
if SMI ge "0.15" and SMI le "0.7" then WiLiSMI = (1.27 - smi * 1.82);
if SMI gt "0.7" then WiLiSMI = 0.0;

if SMI lt "0.15" then SoLiSMI = 1.0;
if SMI ge "0.15" and SMI le "0.6" then SoLiSMI = (1.33 - smi * 2.22);
if SMI gt "0.6" then SoLiSMI = 0.0;

if SMI lt "0.15" then KiSMI = 1.0;
if SMI ge "0.15" and SMI le "0.65" then KiSMI = (1.3 - smi * 2);
if SMI gt "0.65" then KiSMI = 0.0;

if SMI lt "0.15" then BiSMI = 1.0;
if SMI ge "0.15" and SMI le "0.6" then BiSMI = (1.33 - smi * 2.22);
if SMI gt "0.6" then BiSMI = 0.0;

if SMI lt "0.15" then HBUsmI = 1.0;
if SMI ge "0.15" and SMI le "0.65" then HBUsmI = (1.3 - smi * 2);
if SMI gt "0.65" then HBUsmI = 0.0;

```

if SMI lt "0.15" then REISMI = 1.0;
if SMI ge "0.15" and SMI le "0.85" then REISMI = (1.33 - smi * 2.22);
if SMI gt "0.85" then REISMI = 0.0;

```

```

*****.
** PSVG **
*****.

```

```

if PSVG = "1" then FiPSVG = "0.5";
if PSVG lt "1" then FiPSVG = "1";
if PSVG = "1" then LaPSVG = "0.7";
if PSVG lt "1" then LaPSVG = "1";
if PSVG = "1" then TaPSVG = "1.0";
if PSVG lt "1" then TaPSVG = "1";
if PSVG = "1" then KiePSVG = "0.8";
if PSVG lt "1" then KiePSVG = "1";
if PSVG = "1" then DougPSVG = "0.5";
if PSVG lt "1" then DougPSVG = "1";

```

```

if PSVG = "1" then BuPSVG = "0.5";
if PSVG lt "1" then BuPSVG = "1";
if PSVG = "1" then TrEiPSVG = "0.2";
if PSVG lt "1" then TrEiPSVG = "1";
if PSVG = "1" then StEiPSVG = "0.85";
if PSVG lt "1" then StEiPSVG = "1";
if PSVG = "1" then SerPSVG = "1.0";
if PSVG lt "1" then SerPSVG = "1";
if PSVG = "1" then BAhPSVG = "0.7";
if PSVG lt "1" then BAhPSVG = "1";
if PSVG = "1" then EschPSVG = "0.5";
if PSVG lt "1" then EschPSVG = "1";
if PSVG = "1" then BUIPSVG = "0.7";
if PSVG lt "1" then BUIPSVG = "1";
if PSVG = "1" then WiLiPSVG = "0.7";
if PSVG lt "1" then WiLiPSVG = "1";
if PSVG = "1" then SoLiPSVG = "0.5";
if PSVG lt "1" then SoLiPSVG = "1";
if PSVG = "1" then KiPSVG = "0.2";
if PSVG lt "1" then KiPSVG = "1";
if PSVG = "1" then BiPSVG = "0.5";
if PSVG lt "1" then BiPSVG = "1";
if PSVG = "1" then HBUPSVG = "0.8";
if PSVG lt "1" then HBUPSVG = "1";
if PSVG = "1" then REIPSVG = "0.2";
if PSVG lt "1" then REIPSVG = "1";

```

```

*****.
** Verknüpfung Wasser **
*****.

```

```

FiWASS = min(FiSMI,FiPSVG);
LaWASS = min(LaSMI,LaPSVG);
TaWASS = min(TaSMI,TaPSVG);
KieWASS = min(KieSMI,KiePSVG);
DougWASS = min(DougSMI,DougPSVG);

BuWASS = min(BuSMI,BuPSVG);

```

```

TrEiWASS = min(TrEiSMI,TrEiPSVG);
StEiWASS = min(StEiSMI,StEiPSVG);
SerWASS = min(SerSMI,SerPSVG);
BAhWASS = min(BAhSMI,BAhPSVG);
EschWASS = min(EschSMI,EschPSVG);
BUIWASS = min(BUISMI,BUIPSVG);
WiLiWASS = min(WiLiSMI,WiLiPSVG);
SoLiWASS = min(SoLiSMI,SoLiPSVG);
KiWASS = min(KiSMI,KiPSVG);
BiWASS = min(BiSMI,BiPSVG);
HBuWASS = min(HBuSMI,HBuPSVG);
REiWASS = min(REiSMI,REiPSVG);

```

```

*****;
** Baumarteneignung **;
*****;

```

```

FiEig =min (FiNAHR,FiWASS,FiTEMP);
LaEig = min (LaNAHR,LaWASS,LaTEMP);
TaEig = min (TaNAHR,TaWASS,TaTEMP);
KieEig = min (KieNAHR,KieWASS,KieTEMP);
DougEig = min (DougNAHR,DougWASS,DougTEMP);

```

```

BuEig = min (BuNAHR,BuWASS,BuTEMP);
TrEiEig = min (TrEiNAHR,TrEiWASS,TrEiTEMP);
StEiEig = min (StEiNAHR,StEiWASS,StEiTEMP);
SerEig = min (SerNAHR,SerWASS,SerTEMP);
BAhEig = min (BAhNAHR,BAhWASS,BAhTEMP);
EschEig = min (EschNAHR,EschWASS,EschTEMP);
BUIEig = min (BUIAHR,BUIWASS,BUITEMP);
WiLiEig = min (WiLiNAHR,WiLiWASS,WiLiTEMP);
SoLiEig = min (SoLiNAHR,SoLiWASS,SoLiTEMP);
KiEig = min (KiNAHR,KiWASS,KiTEMP);
BiEig = min (BiNAHR,BiWASS,BiTEMP);
HBuEig = min (HBuNAHR,HBuWASS,HBuTEMP);
REiEig = min (REiNAHR,REiWASS,REiTEMP);

```

```

if FiEig gt "0.95" and FiEig le "1.0" then Fi=0;
if FiEig ge "0.8" and FiEig le "0.95" then Fi=1;
if FiEig lt "0.8" and FiEig ge "0.6" then Fi= 2;
if FiEig lt "0.6" and FiEig ge "0.4" then Fi= 3;
if FiEig lt "0.4" and FiEig ge "0.2" then Fi= 4;
if FiEig lt "0.2" then Fi= 5;

```

```

if LaEig gt "0.95" and LaEig le "1.0" then La=0;
if LaEig ge "0.8" and LaEig le "0.95" then La=1;
if LaEig lt "0.8" and LaEig ge "0.6" then La= 2;
if LaEig lt "0.6" and LaEig ge "0.4" then La= 3;
if LaEig lt "0.4" and LaEig ge "0.2" then La= 4;
if LaEig lt "0.2" then La= 5;

```

```

if TaEig gt "0.95" and TaEig le "1.0" then Ta=0;
if TaEig ge "0.8" and TaEig le "0.95" then Ta=1;
if TaEig lt "0.8" and TaEig ge "0.6" then Ta= 2;
if TaEig lt "0.6" and TaEig ge "0.4" then Ta= 3;
if TaEig lt "0.4" and TaEig ge "0.2" then Ta= 4;
if TaEig lt "0.2" then Ta= 5;

```

```

if KieEig gt "0.95" and KieEig le "1.0" then Kie=0;
if KieEig ge "0.8" and KieEig le "0.95" then Kie=1;

```

if KieEig lt "0.8" and KieEig ge "0.6" then Kie= 2;
if KieEig lt "0.6" and KieEig ge "0.4" then Kie= 3;
if KieEig lt "0.4" and KieEig ge "0.2" then Kie= 4;
if KieEig lt "0.2" then Kie= 5;

if DougEig gt "0.95" and DougEig le "1.0" then Doug=0;
if DougEig ge "0.8" and DougEig le "0.95" then Doug=1;
if DougEig lt "0.8" and DougEig ge "0.6" then Doug= 2;
if DougEig lt "0.6" and DougEig ge "0.4" then Doug= 3;
if DougEig lt "0.4" and DougEig ge "0.2" then Doug= 4;
if DougEig lt "0.2" then Doug= 5;

if BuEig gt "0.95" and BuEig le "1.0" then Bu=0;
if BuEig ge "0.8" and BuEig le "0.95" then Bu=1;
if BuEig lt "0.8" and BuEig ge "0.6" then Bu= 2;
if BuEig lt "0.6" and BuEig ge "0.4" then Bu= 3;
if BuEig lt "0.4" and BuEig ge "0.2" then Bu= 4;
if BuEig lt "0.2" then Bu= 5;

if TrEiEig gt "0.95" and TrEiEig le "1.0" then TrEi=0;
if TrEiEig ge "0.8" and TrEiEig le "0.95" then TrEi=1;
if TrEiEig lt "0.8" and TrEiEig ge "0.6" then TrEi= 2;
if TrEiEig lt "0.6" and TrEiEig ge "0.4" then TrEi= 3;
if TrEiEig lt "0.4" and TrEiEig ge "0.2" then TrEi= 4;
if TrEiEig lt "0.2" then TrEi= 5;

if StEiEig gt "0.95" and StEiEig le "1.0" then StEi=0;
if StEiEig ge "0.8" and StEiEig le "0.95" then StEi=1;
if StEiEig lt "0.8" and StEiEig ge "0.6" then StEi= 2;
if StEiEig lt "0.6" and StEiEig ge "0.4" then StEi= 3;
if StEiEig lt "0.4" and StEiEig ge "0.2" then StEi= 4;
if StEiEig lt "0.2" then StEi= 5;

if SerEig gt "0.95" and SerEig le "1.0" then Ser=0;
if SerEig ge "0.8" and SerEig le "0.95" then Ser=1;
if SerEig lt "0.8" and SerEig ge "0.6" then Ser= 2;
if SerEig lt "0.6" and SerEig ge "0.4" then Ser= 3;
if SerEig lt "0.4" and SerEig ge "0.2" then Ser= 4;
if SerEig lt "0.2" then Ser= 5;

if BAhEig gt "0.95" and BAhEig le "1.0" then BAh=0;
if BAhEig ge "0.8" and BAhEig le "0.95" then BAh=1;
if BAhEig lt "0.8" and BAhEig ge "0.6" then BAh= 2;
if BAhEig lt "0.6" and BAhEig ge "0.4" then BAh= 3;
if BAhEig lt "0.4" and BAhEig ge "0.2" then BAh= 4;
if BAhEig lt "0.2" then BAh= 5;

if EschEig gt "0.95" and EschEig le "1.0" then Esch=0;
if EschEig ge "0.8" and EschEig le "0.95" then Esch=1;
if EschEig lt "0.8" and EschEig ge "0.6" then Esch= 2;
if EschEig lt "0.6" and EschEig ge "0.4" then Esch= 3;
if EschEig lt "0.4" and EschEig ge "0.2" then Esch= 4;
if EschEig lt "0.2" then Esch= 5;

if BUIEig gt "0.95" and BUIEig le "1.0" then BUI=0;
if BUIEig ge "0.8" and BUIEig le "0.95" then BUI=1;
if BUIEig lt "0.8" and BUIEig ge "0.6" then BUI= 2;
if BUIEig lt "0.6" and BUIEig ge "0.4" then BUI= 3;
if BUIEig lt "0.4" and BUIEig ge "0.2" then BUI= 4;
if BUIEig lt "0.2" then BUI= 5;

if WILiEig gt "0.95" and WILiEig le "1.0" then WILi=0;

```

if WLiEig ge "0.8" and WLiEig le "0.95" then WLi=1;
if WLiEig lt "0.8" and WLiEig ge "0.6" then WLi= 2;
if WLiEig lt "0.6" and WLiEig ge "0.4" then WLi= 3;
if WLiEig lt "0.4" and WLiEig ge "0.2" then WLi= 4;
if WLiEig lt "0.2" then WLi= 5;

```

```

if SoLiEig gt "0.95" and SoLiEig le "1.0" then SoLi=0;
if SoLiEig ge "0.8" and SoLiEig le "0.95" then SoLi=1;
if SoLiEig lt "0.8" and SoLiEig ge "0.6" then SoLi= 2;
if SoLiEig lt "0.6" and SoLiEig ge "0.4" then SoLi= 3;
if SoLiEig lt "0.4" and SoLiEig ge "0.2" then SoLi= 4;
if SoLiEig lt "0.2" then SoLi= 5;

```

```

if KiEig gt "0.95" and KiEig le "1.0" then Ki=0;
if KiEig ge "0.8" and KiEig le "0.95" then Ki=1;
if KiEig lt "0.8" and KiEig ge "0.6" then Ki= 2;
if KiEig lt "0.6" and KiEig ge "0.4" then Ki= 3;
if KiEig lt "0.4" and KiEig ge "0.2" then Ki= 4;
if KiEig lt "0.2" then Ki= 5;

```

```

if BiEig gt "0.95" and BiEig le "1.0" then Bi=0;
if BiEig ge "0.8" and BiEig le "0.95" then Bi=1;
if BiEig lt "0.8" and BiEig ge "0.6" then Bi= 2;
if BiEig lt "0.6" and BiEig ge "0.4" then Bi= 3;
if BiEig lt "0.4" and BiEig ge "0.2" then Bi= 4;
if BiEig lt "0.2" then Bi= 5;

```

```

if HBuEig gt "0.95" and HBuEig le "1.0" then HBu=0;
if HBuEig ge "0.8" and HBuEig le "0.95" then HBu=1;
if HBuEig lt "0.8" and HBuEig ge "0.6" then HBu= 2;
if HBuEig lt "0.6" and HBuEig ge "0.4" then HBu= 3;
if HBuEig lt "0.4" and HBuEig ge "0.2" then HBu= 4;
if HBuEig lt "0.2" then HBu= 5;

```

```

if REiEig gt "0.95" and REiEig le "1.0" then REi=0;
if REiEig ge "0.8" and REiEig le "0.95" then REi=1;
if REiEig lt "0.8" and REiEig ge "0.6" then REi= 2;
if REiEig lt "0.6" and REiEig ge "0.4" then REi= 3;
if REiEig lt "0.4" and REiEig ge "0.2" then REi= 4;
if REiEig lt "0.2" then REi= 5;

```

```

Z = 1;
run;

```

```

proc freq;
tables Z*FI Z*La Z*Ta Z*Kie Z*Doug Z*Bu Z*TrEi Z*StEi Z*Ser Z*BAh Z*Esch Z*BUI Z*WLi Z*SoLi Z*Ki
      Z*Bi Z*HBu Z*REi;
run;

```

```

run;
proc print;
run;

```

```

data;
set;
file "F:\diplomanden\steiner\sas\ergebnisse\Eig6090.txt";
put TNr 3. +2 Nr 4. +2 FIeig 4.2 +2 LaEig 4.2 +2 TaEig 4.2 +2 KieEig 4.2 +2 DougEig 4.2 +2 BuEig 4.2
+2 TrEiEig 4.2 +2 StEiEig 4.2 +2 SerEig 4.2 +2 BAHEig 4.2 +2 EschEig 4.2 +2 BUIEig 4.2 +2 WLiEig 4.2
+2 SoLiEig 4.2 +2 KiEig 4.2 +2 BiEig 4.2 +2 HBuEig 4.2 +2 REiEig 4.2;
run;

```