



Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark	Band 132	S. 153–168	Graz 2002
----------------------------------	----------	------------	-----------

## Die Verbesserung der Humusaufgabe durch Laubbäume – das Beispiel sekundärer Fichtenforste in der SE-Steiermark (Österreich)

Von Anton CARLI<sup>1</sup> und Anton DRESCHER<sup>2</sup>  
Mit 11 Abbildungen und 2 Tabellen

Angenommen am 22. Oktober 2002

**Summary: The melioration of humus layer by broadleaf deciduous trees – the example of secondary Norway spruce forest in SE-Styria (Austria).** – The melioration of the humus layer in secondary *Picea abies*-stands on gleyic soils in SE-Styria is demonstrated by the analysis of pH values and C/N ratio along two transects consisting of 1 × 1 m plots. They extend from one broad leaf deciduous tree/transect (*Populus tremula* or *Quercus robur*) to a pure secondary spruce stand. The analysis of the 3-layered humus profile of the standardised area of each plot shows increased pH values below the broadleaf deciduous tree individuals, which even reaches the A-horizon below *Populus tremula*. The melioration is shown better by the C/N ratio. Values around 20 below *Quercus robur* alternate with values between 25 and > 30 below *Picea*. In the *Populus*-transect the contrast is much more distinct, in the Of- and Oh horizons C/N ratios > 40 have been measured.

Finally the share of broadleaf deciduous trees in secondary Norway spruce stands, that lead to a remarkable melioration of the total area is discussed. Different methods of calculations yield values between 26 to 39% crown cover for broadleaf tree individuals. Due to the more extended crowns of broadleaf trees their share of stems/ha is lesser than the above values.

**Zusammenfassung:** Am Beispiel zweier sekundärer Fichtenbestände über staunassen Böden in der Umgebung von Fürstenfeld (E-Steiermark) werden die Auswirkungen von einzelnen Laubbölgern auf die Humusform und -zusammensetzung dargestellt. Die beiden Transekte aus 1 × 1 m groÙen Teilflächen führen jeweils von einem Laubbaum (*Populus tremula* bzw. *Quercus robur*) in einen reinen Fichtenbestand. Die Analyse der dreilagigen Humusprofile der Probeflächen entlang der Transekte zeigt eine Erhöhung der pH-Werte, die unter *Populus tremula* bis in den A-Horizont nachweisbar ist. Das C/N-Verhältnis zeigt die Verbesserung deutlicher. Werte um 20 unter der Laubbaumkrone im *Quercus*-Transekt stehen solchen von 25 bis über 30 (im Oh-Horizont) unter *Picea* gegenüber. Im *Populus*-Transekt sind die Unterschiede noch stärker ausgeprägt, hier sind sowohl im Of- als im Oh-Horizont unter *Picea* C/N-Verhältnisse bis > 40 gemessen worden.

Abschließend wird im Lichte der präsentierten Ergebnisse an den beiden Transekten das Ausmaß der Laubholzbeimischung in sekundären Nadelholzforsten diskutiert, das zu einer merkbaren flächenhaften Verbesserung der Humusaufgabe führt. Unterschiedliche Berechnungsmethoden führten zu Werten zwischen 26 und 39% Überschirmungsanteil der Laubhölzer. Der Anteil an der Stammzahl/ha müÙte aufgrund der größeren Kronenausdehnung der Laubhölzer jedenfalls geringer angenommen werden.

### 1. Einleitung und Problemstellung

Die Waldbestände auf stark pseudovergleyten Böden („Opok“) der Oststeiermark weisen großflächtig hohe Fichtenanteile auf, bzw. stellen oft überhaupt Fichtenmonokulturen dar. Humus- und Oberbodendegradationen sind neben Problemen mit Windwurf- und Borkenkäferschäden der Hauptgrund für den Umbau von Fichtereinbeständen in Laubholz-Fichtenmischbestände (ENGLISCH 2000). Bisher gibt es aber kaum Erfahrun-

<sup>1</sup> Mag. Anton CARLI, Premstätten 6, A-8071 Vasoldsberg; e-mail: anton\_carli@hotmail.com

<sup>2</sup> Mag. Dr. Anton DRESCHER, Institut für Botanik der Universität Graz, Holteigasse 6, A 8010 Graz; e-mail: anton.drescher@uni-graz.at



gen über sinnvolle Mischungsverhältnisse zwischen Laub- und Nadelholz („Schwellenwerte“).

ROTHE (1997: 107) schreibt in diesem Zusammenhang: „Bei allen Untersuchungen liegen Humuszustand und Bodenazidität des Mischbestandes zwischen den Reinbeständen. Deutliche Unterschiede bestehen jedoch in den **quantitativen Auswirkungen unterschiedlicher Laubholzanteile.**“

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Aufschlüsse über die quantitativen Auswirkungen von Laubhölzern auf die Humusaufgabe und die obersten Mineralbodenhorizonte von Fichtenforsten zu gewinnen. Als Versuchsflächen dienten zwei Terrassenstandorte im NW der Bezirkshauptstadt Fürstenfeld (Abb. 1).

## 2. Zur Horizontabfolge in organischen Auflagehorizonten

Die untersuchten Waldbestände weisen eine aus drei Horizonten aufgebaute Humusaufgabe auf.

Der L- bzw. Ol-Horizont (L von schwed. löv, Streu) ist der oberste Horizont der Humusaufgabe und besteht aus nicht oder nur wenig zersetzten Pflanzenresten. Der unterhalb anschließende F- bzw. Of-Horizont (F von schwed. förna, veränderter Bestandesabfall – Grobmoder) wird aus stärker zersetzten aber noch als solchen erkennbaren Pflanzenresten gebildet. Im H- bzw. Oh-Horizont (H von Huminstoffbildung – Fein-

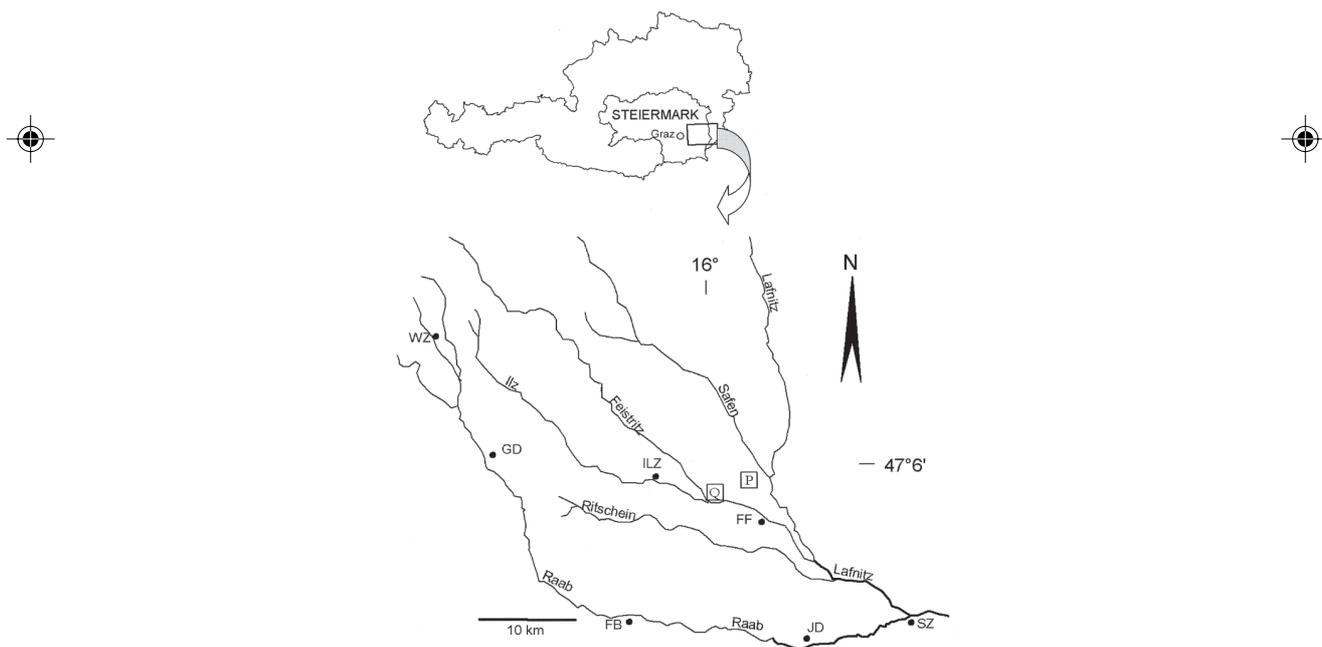


Abb. 1: Lage der untersuchten Waldbestände in der SE-Steiermark. P: *Populus tremula*-Transekt (Commendewald), Q: *Quercus robur*-Transekt (Schröttenwald).

Abkürzung für die Orte: FB: Feldbach, FF: Fürstenfeld, GD: Gleisdorf, JD: Jennersdorf (Burgenland), SZ: Szentgótthard (Ungarn), WZ: Weiz.

The investigated forest stands in SE Styria. P: *Populus tremula* transect (Commendewald) Q: *Quercus robur* transect (Schröttenwald).

Abbreviations for names of places: FB: Feldbach, FF: Fürstenfeld, GD: Gleisdorf, JD: Jennersdorf (Burgenland), SZ: Szentgótthard (Hungary), WZ: Weiz.





moder) sind bereits mehr als 3/4 des Volumens organische Feinsubstanz, Pflanzenreste sind kaum mehr als solche zu erkennen. (NESTROY & al. 2000, BLUM & al. 1996, KUNTZE & al. 1994).

### 3. Methodik

#### 3.1 Versuchsanlage für die Transekte

Die Varianz der Humusaufgabe in Abhängigkeit vom Streuanfall wurde mit Hilfe zweier Transekte überprüft. Beide Transekte verlaufen jeweils vom Stammfuß eines Laubbaumes (*Populus tremula*/Zitterpappel bzw. *Quercus robur*/Stieleiche) bis in eine Fichtengruppe. Im Verlauf des Transektes wurden die Humusaufgabe optisch bewertet, das Verhältnis von Nadel- zu Laubstreu aus Gewichtsdaten errechnet sowie der pH-Wert (für Of-, Oh- und A-Horizont) und das C/N-Verhältnis (für Of- und Oh-Horizont) bestimmt. Da der Beobachtungszeitpunkt für den Humuszustand eine gravierende Rolle spielt (ELLENBERG 1996), sei hier erwähnt, daß die Humusbewertung und Probenahme im Monat Mai (1997) erfolgte.

Der Zitterpappeltransekt liegt auf einer Hochterrassenfläche mit Stagnogleyboden. Die zonale Klimax-Baumart *Fagus sylvatica* (Buche) fällt aufgrund der Staunässe weitestgehend aus. Ein bodensaurer Pfeifengras-Stieleichenwald (*Molinio-Quercetum*) bildet die potentiell natürliche Vegetation (PNV). Die Krautschicht im Bestand beschränkt sich weitestgehend auf *Vaccinium myrtillus* (Heidelbeere) sowie Sämlinge der Baumarten *Picea abies* (Fichte), *Abies alba* (Tanne), *Pinus sylvestris* (Weisskiefer), *Quercus robur* (Stieleiche) und *Populus tremula* (Zitterpappel). Der Großteil der Bodenfläche wird, vor allem außerhalb des Pappelkronenschattenbereichs, von anspruchslosen Moosen wie *Thuidium tamariscinum* (Tamarisken-Thujamoos), *Pleurozium schreberi* (Rotstengelmoos), *Leucobryum glaucum* s.l. (Weissmoos) oder *Bazzania trilobata* (Dreilappiges Peitschenmoos) eingenommen. Eine Übersicht über die Transektanlage im Bestand gibt die Kronenprojektion in Abb. 3. Das östliche Ende wird von einer 52 Jahre alten Zitterpappel beherrscht, die von einem ca. 90-jährigen, lockeren Fichtenforst umgeben ist. Die Probenflächen sind 1×1 Meter groß. Von Quadrat 1–12 sind alle Flächen untersucht und ausgewertet, daran anschließend nur jede zweite.

Der Stieleichentransekt befindet sich am Rand der Niederterrasse gegen die potentielle Auzone. Als PNV kann auf dem pseudovergleyten Standort ein bodenfeuchter Stieleichen-Hainbuchenwald angenommen werden. Als charakteristische Arten der Kraut- und Mooschicht im Bestand können *Moehringia trinervia* (Dreinnervige Nabelmiere), *Oxalis acetosella* (Sauerklee), *Impatiens parviflora* (Kleinblütiges Springkraut), *Luzula pilosa* (Wimper-Hainsimse), *Hypnum cupressiforme* (Zypressen-Schlafmoos) und *Polytrichum formosum* (Schönes Widertonmoos) genannt werden. Die deutlich anspruchsvollere Bodenvegetation bezeugt auf alle Fälle bessere Nährstoffversorgung im Vergleich zum Zitterpappeltransekt. Im 17 m langen Transekt sind alle Flächen aufgenommen und ausgewertet worden. Eine Übersicht über die Transektanlage gibt die Kronenprojektion in Abb. 4.

Um einen Überblick über den Streuanfall auf den zu untersuchenden Probenflächen zu erhalten, wurden Ende November (also nach dem Laubfall) Streuproben genommen (im Zitterpappeltransekt: von 0-22 m, im Stieleichentransekt: von alle Probenflächen). Hierzu wurde der Ol-Horizont, also die oberste noch weitestgehend unzersetzte Schicht der Humusaufgabe, einer genormten Flächeneinheit abgehoben, in Blätter bzw. Nadeln Ästchen- und Borkenstreu jeder Holzart getrennt, getrocknet und gewogen.

Bei der Untersuchung des Humuszustandes wurde in vorliegender Arbeit somit einem Einzelbaumansatz der Vorzug gegenüber einem Großflächenvergleich auf Bestan-



desebene gegeben. Es soll an dieser Stelle auf die Diskussion über Vor- und Nachteile der beiden Ansätze u.a. bei ROTHE 1997 verwiesen und als Vorteil des Einzelbaumansatzes das Ausschalten von Standortsunterschieden hervorgehoben werden.

Ein Nachteil der Transektmethode ist, dass Wechselwirkungen des Gesamtbestandes nur unzureichend erfasst werden. Dies gilt z.B. für den Streueintrag von Laubbäumen außerhalb des Transekts. Im Zitterpappeltransekt stammt (fast) der gesamte Laubstreuannteil von der Transekt-Zitterpappel. Bei höheren Laubholzanteilen im umliegenden Bestand würden verwehte Streuannteile naheliegender Laubbäume eine intensivere Verbesserung bewirken. Im Bereich des Eichentransekts kommen weitere Stieleichen im fichtendominierten Bestand eingesprengt vor, deren Laubstreu zum Teil auch auf die untersuchten Transektflächen geweht wird und den Humuszustand beeinflusst. Der Anteil dieser „Fremdstreu“ an der Gesamteichenstreu der Transektflächen konnte im Rahmen dieser Untersuchung jedoch nicht quantifiziert werden.

### 3.2 Verwendete Chemische Analyseverfahren

Die optische Bewertung der Auflagehorizonte wurde nach BLUM & al. 1996 durchgeführt.

Die pH-Werte wurden mittels elektrochemischer Messung der Bodensuspension in 0,01 M  $\text{CaCl}_2$  Lösung gewonnen (BLUM & al. 1996). Organischer Kohlenstoff wurde nach ÖNORM L 1080 (Oxidation auf trockenem Weg im  $\text{O}_2$ -Strom und nachfolgende IR-Detektion des gebildeten  $\text{CO}_2$ ), Gesamtstickstoff nach ÖNORM L 1082 (Kjeldahl) ermittelt.

## 4. Unterschiede von Nadel- und Laubstreu

### 4.1 Streuproduktion und -zusammensetzung

Zur natürlichen Rhythmik des Streuanfalls der hier untersuchten Holzarten kann folgendes gesagt werden. Der Laubfall am Ende der Vegetationsperiode produziert bei den Laubgehölzen über etwas mehr als einen Monat ein Vielfaches der im Frühjahr anfallenden Streu aus Knospenschuppen und Blüten. Der Streuanfall bei Nadelhölzern ist gleichmäßiger über das Jahr verteilt und pro Flächeneinheit insgesamt geringer (ELLENBERG 1996).

Die Nadelstreu der Fichte ist, wie die Streu der immergrünen Koniferen allgemein, in chemischer Hinsicht ungünstiger zusammengesetzt als die Blattstreu der Laubbäume. Insbesondere höhere Anteile an Lignin und Harzen führen zu einer Anhäufung im Auflagehumus, da die Streu infolge geringerer biologischer Aktivität langsamer zersetzt wird (REHFUESS 1986, ELLENBERG 1996, WITTICH 1961).

### 4.2 Abbaubarkeit der Streutypen

Die Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Zersetzungsdauer der Laubstreu von *Populus tremula* (Zitterpappel), *Quercus spec.* (Eiche) und *Picea abies* (Fichte) im Vergleich mit anderen mitteleuropäischen Baumarten.

Die Blattstreu der Zitterpappel hat ein weiteres C/N-Verhältnis als die der Fichtennadelstreu. Dennoch weist die Zitterpappelstreu trotz mäßigen N-Gehaltes kürzere Zersetzungszeiten auf als die Fichtennadelstreu (vgl. Abb. 2 bzw. WITTICH 1961).

In den Streuproben beider Transekte waren unzersetzte und kaum zersetzte Nadeln mehrerer Jahrgänge, aber nur sehr geringe Anteile an Laubresten aus dem Vorjahr (v. a. Blattstiele) zu finden. Einen Überblick über die Laub- und Nadelstremengen im



### Streuzersetzung auf mittleren Braunerdeböden

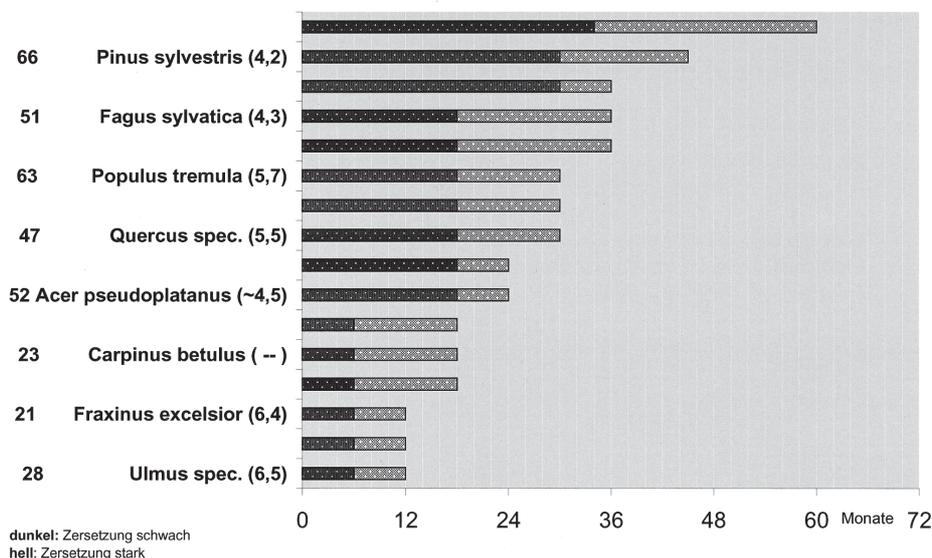


Abb. 2: Durchschnittliche Dauer des natürlichen Abbaus der Blattstreu verschiedener Laub- und Nadelhölzer über einer Braunerde. Die Ziffern links neben dem Artnamen geben das C/N-Verhältnis der frischen Streu an, die Ziffern rechts in Klammern den pH-Wert. Nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1982, etwas verändert in ELLENBERG 1996: 130.

Mean period for decomposition of several broadleaf deciduous trees on a brown soil. The number on the left side of the species name indicate the C/N ratio, the number in brackets on the right side of the species name the pH value of new litter. After SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1982, slightly modified in ELLENBERG 1996: 130.

Verlauf der Transekte – gemessen nach dem herbstlichen Laubfall (Angaben in g Trockengewicht/m<sup>2</sup>) – geben die Streudiagramme in Abb. 3 und 4 (jeweils oben).

## 5. Ergebnisse

Die Abbildungen 3 und 4 (jeweils unten) zeigen die Variation von C/N-Verhältnis und pH-Wert in der Humusaufgabe im Verlauf der beiden Transekte. Für beide Transekte zeigt sich eine deutlich bessere Humussituation am Transektbeginn im Bereich des jeweiligen Laubbaumes.

Die Verbesserung der Humusqualität erreicht unter *Populus tremula* ein höheres Ausmaß als unter *Quercus robur*. Als ein Grund hierfür sind Unterschiede in der Verteilung der Streu anzunehmen (siehe Streumengendiagramme in Abb. 3 und 4). Die windgeschützte Lage im Bereich des Zitterpappeltransektes ermöglicht dort eine recht kontinuierliche Abnahme der Streumenge vom Zentrum der Krone bis zum Kronenrand. Für den Eichentransekt ist nur eine geringe Korrelation der absoluten Eichenstreuemenge mit der Entfernung der Aufnahmefläche vom Kronenmittelpunkt zu erkennen. Der geringere Bestandesschlußgrad im Umfeld des Transektes führt hier dazu, dass sowohl Laubstreu der Transekteiche ausgeweht, als auch Streuanteile umliegender Eichen eingeweht wurden.

Ein besonders hoher Tanningehalt (ELLENBERG 1996) sowie ein niedriger pH-Wert von Eichenstreu (siehe Abb. 2) sind als weitere Gründe für die vergleichsweise geringe

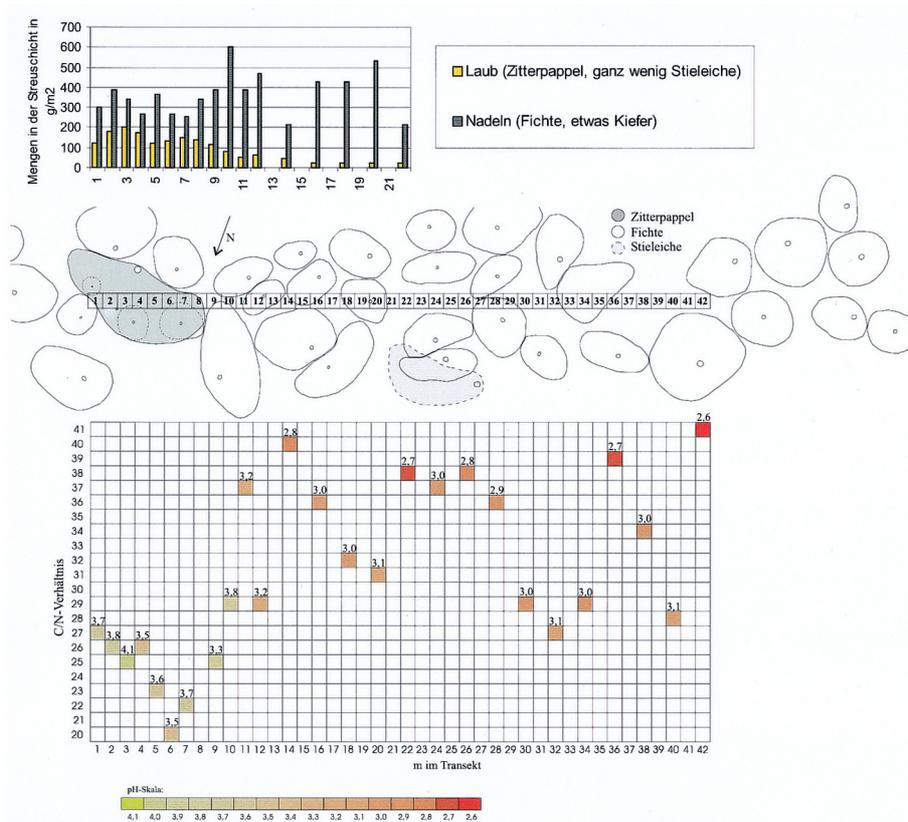


Abb. 3: *Populus tremula*-Transekt. Streuproduktion entlang des Transektes (oben); Grundriß der Kronenprojektion (Mitte); C/N-Verhältnis (linke Skala) und pH-Werte entlang der Transektprobenflächen (unten).

*Populus tremula*-transect. Litter production along the transect (above); groundplan of tree crowns (middle); C/N ratio (left scale) and pH values along the transect (lower).

Humusverbesserung im Stieleichentransekt anzunehmen. Auch WITTICH 1961 stuft Stieleichenstreu als schwerer zersetzbar als Zitterpappelstreu ein.

### 5.1 Humusformen und Humushorizonte

Sowohl im Zitterpappel- als auch im Stieleichentransekt liegen generell hydromorphe Humusformen vor, die sich bei zeitweiligem Wasserüberschuß bilden und einen kohlilig-schmierigen H-Horizont aufweisen.

Abbildung 5 zeigt die Humushorizontmächtigkeiten im Verlauf des Pappeltransektes. Nach den Definitionen von NESTROY & al. 2000 ist die Humusform unter *Populus tremula* als Saurer Moder anzusprechen, der im reinen Fichtenbestand in Rohhumus übergeht. Im Moder am Transektbeginn weist der Of meist nur 1 cm Stärke auf, während der Oh durchschnittlich 4 cm mächtig ist. Unter Fichte ist wiederum der Of meist deutlich mächtiger als der Oh und auch die Gesamtmächtigkeit der beiden Abbauhorizonte (teilweise über 10 cm) ist höher. Ein Mitgrund für das Anwachsen der Humusschicht unter Fichte sind zweifellos bereits mit organischem Material überschichtete (abgestorbene) Polster von *Leucobryum glaucum* (Weissmoos). Das tote Weissmoosmate-



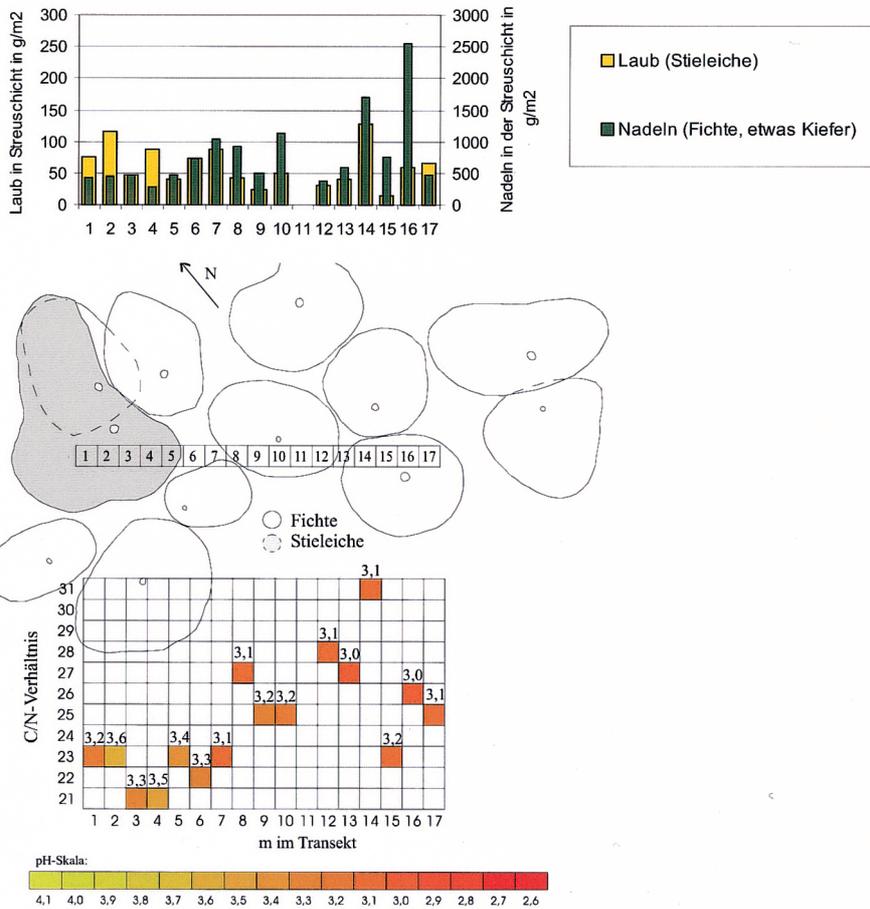


Abb. 4: *Quercus robur*-Transekt. Streuproduktion entlang des Transektes (oben); Grundriß der Kronenprojektion (Mitte); C/N-Verhältnis (linke Skala) und pH-Werte entlang der Transektprobenflächen (unten).

*Quercus robur*-transect. Litter production along the transect (above); groundplan of tree crowns (middle); C/N ratio (left scale) and pH values along the transect (lower).

rial zersetzt sich nur äußerst gehemmt. Neben dem, auch von anderen Moosen verursachten, Wasserstau im Oberboden wirkt sich das Weissmoos also auch durch seine schlechte Abbaubarkeit ungünstig aus. Im Bereich der Pappel ist die Bildung von Weissmoospolstern durch das Bedecken des Bodens mit Blattstreu weitestgehend unterbunden.

Der Ol ist unter der Zitterpappel mächtiger, doch ist dieser Umstand durch die lockere Lagerungsart der Pappelblätter, und nicht durch ein Anhäufen unzersetzter Streu verursacht.

Bei Betrachtung der Abbildungen 3 und 5 ist zu erkennen, dass die dem Zitterpappelstamm nächstgelegenen Probenflächen (2 bis 5) tendenziell etwas mächtigere Humusaufgaben aufweisen, als die anderen Probenflächen im Kronenraum der Zitterpappel. Dies ist auf ein Maximum an Streu um den Stamm zurückzuführen.

Auch RAUCH 1995 ermittelte in einem Buchen-Fichten-Mischbestand, signifikant mächtigere Humusaufgaben im stammnahen Bereich (1,25 m Radius um Stammitte)



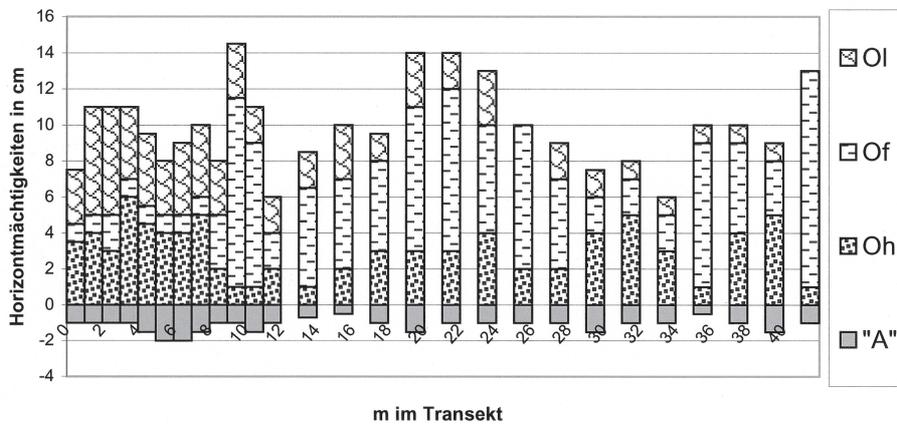


Abb. 5: Mächtigkeit von OL-, Of-, Oh- und A-Horizont entlang des *Populus tremula*-Transektes  
Thickness of OL-, Of-, Oh-, and A horizon along the *Populus tremula*-transect.

beider Baumarten. In den jeweiligen Reinbeständen ist diese Phänomen weniger stark ausgeprägt oder fehlend.

Da im „Fichtenteil“ des Transektes (Probeflächen 10 bis 42) das schwer abbaubare Weissmoos in nicht überschirmten Bereichen verstärkt auftritt, zeigt sich teilweise eine negative Korrelation zwischen Mächtigkeit der Humusauflage und Abstand zu den Fichtenstämmen.

Beim Eichentransekt sind Of und Oh im Schnitt ungefähr gleich und in Summe durchschnittlich 6 cm mächtig. Die Humusauflage ist als Moder zu bezeichnen. Es konnte kein gesicherter Einfluß der Streu auf die Mächtigkeit von Of und Oh festgestellt werden. Unterschiede zeigten sich jedoch in der Lagerungsart. Im Bereich um die Eiche sind Of und Oh locker gelagert, unter Fichte zu Klumpen verklebt.

Die Einarbeitung organischen Materials in den Mineralboden durch Bodentiere ist auf beiden Transekten minimal. Der A-Horizont ist daher nur sehr schwach ausgebildet und seicht (meist unter 1 cm, im Eichentransekt bis 4 cm). Die dunkle Färbung des A-Horizontes rührt fast ausschließlich von der Infiltration gelöster Huminstoffe.

## 5.2 C/N-Verhältnis in den Of- und Oh-Horizonten

Unter C/N-Verhältnis versteht man das Gewichtsverhältnis von Kohlenstoff (C) zu Stickstoff (N) in humosen Bodenhorizonten. Weite C/N-Verhältnisse zeigen eine Hemmung der Streuzersetzung an. KUNTZE & al. 1994 geben für Mull C/N-Verhältnisse von 10 – 17, für Moder 18 – 29, für Rohhumus sind Werte > 29 charakteristisch.

Im Oh-Horizont des Pappeltransektes weisen die Aufnahmeflächen 6 bis 9 die günstigsten C/N-Werte auf (siehe Abb. 6). Dies überrascht, da in diesen Bereichen das Verhältnis von Pappellaub zu Nadelstreu bereits wieder niedriger ist als in den Aufnahmeflächen 2 bis 5 direkt um den Pappelstamm (siehe Streumengendiagramm in Abb. 3). Der Grund könnte im vermehrtem Anfall schwer abbaubarer Borken- und Ästchenstreu (mit weitem C/N-Verhältnis sowie schwer abbaubaren Substanzen wie Lignin, Phenolen oder Tanninen) knapp neben dem Stamm liegen. Im Oh-Horizont ist ein solcher Effekt durch das höhere C/N-Verhältnis in Aufnahmefläche 2 angedeutet.

Aus der Arbeit von FRIEDRICH 1992 gehen sowohl für Buche als auch für Fichte für den Oberboden im stammnahen Bereich weitere C/N-Verhältnisse als in der Kronenmitte und am Kronenrand hervor. Für die Humus-Auflage liegen leider keine Messungen vor.

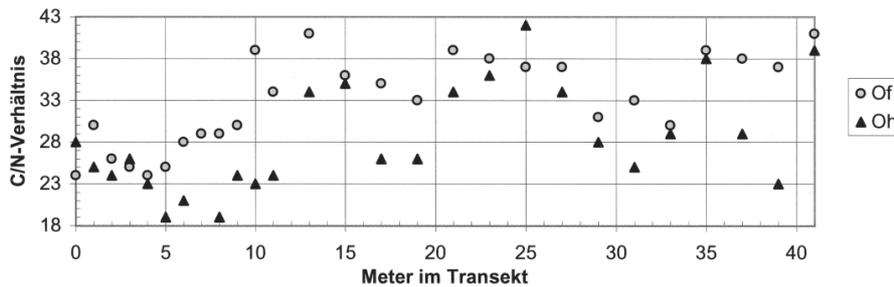


Abb. 6: C/N-Verhältnis entlang des *Populus tremula*-Transektes  
C/N ratio along the *Populus tremula*-transect.

Grundsätzlich ist jedoch zu erwarten, daß die günstigen C/N-Verhältnisse im Oberboden bereits günstigen C/N-Verhältnissen im Auflagehumus folgen. FRIEDRICH weist weitere höhere Humusgehalte im stammnahen Bodenbereich der beiden Baumarten nach und führt diese mit den schlechteren C/N-Verhältnissen in Verbindung.

Auf alle Fälle lässt die Korrelation mit den Ergebnissen von FRIEDRICH die besonders günstigen C/N-Verhältnisse erst in einem gewissen Abstand vom Stamm der Zitterpappel als typisch erscheinen.

Im Of-Horizont kommt es unter der Zitterpappel sowohl zu einer Erhöhung des N-Gehaltes als auch zu einer Verringerung des C-Gehaltes (siehe Abb 7a).

Aus Abbildung 7b geht hervor, dass das günstigere C/N-Verhältnis im Oh-Horizont im Bereich der Pappelstreu durch einen niederen C-Gehalt verursacht ist, während der N-Gehalt im Oh im Verlauf des Transekts recht konstant bleibt. Eine Ausnahme bilden jedoch die Aufnahmeflächen 6 und 9. Hier kommt es zu einer deutlichen N-Anreicherung. ELLENBERG 1996 beschreibt einen Wettbewerb von Pflanzen und Mikroorganismen um Stickstoff sowohl in  $\text{NO}_3^-$  als auch in  $\text{NH}_4^-$ -Form. Hierbei sind die Mikroorganismen den Pflanzenwurzeln überlegen, sodass den Pflanzen nur der überschüssige Stickstoff zur Verfügung steht. Nach KUNTZE & al. 1994 ist bei einem C/N-Verhältnis <20 der N-Bedarf der Mikroben gedeckt. Das C/N-Verhältnis des Oh in den Aufnahmeflächen 6 und 9 unter diesem Schwellenwert könnte mit dem sprunghaften Ansteigen des absoluten Stickstoffgehalts in gerade diesen beiden Aufnahmeflächen zusammenhängen.

Wie bereits aus einem Vergleich der Abbildungen 3 und 4 hervorgeht, sind die Unterschiede des C/N-Verhältnisses im Stieleichentransekt nicht so groß wie beim Zitterpappeltransekt.

Abb. 7a)

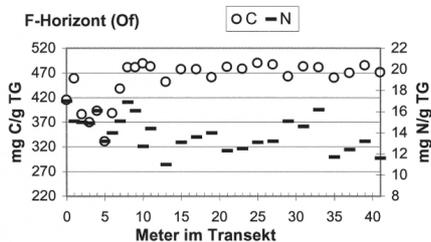


Abb. 7b)

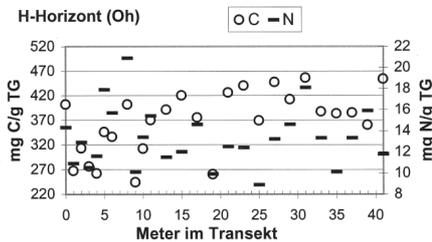


Abb. 7: C- und N-Gehalte des entlang des *Populus tremula*-Transektes: a) Of-Horizont; b) Oh-Horizont  
C and N content along the *Populus tremula* transect: a) Of horizon; b) Oh horizon.

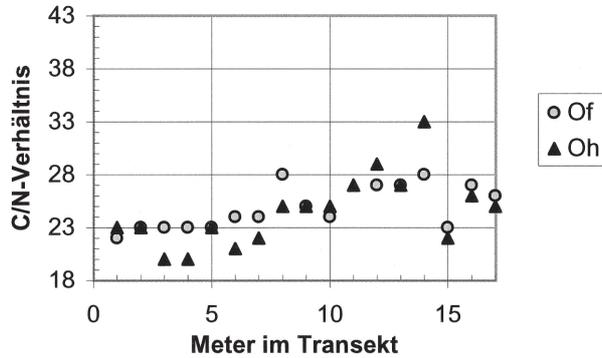


Abb. 8: C/N-Verhältnis des Of- und des Oh-Horizontes entlang des *Quercus robur*-Transektes  
C/N ratio of the Of horizon and the Oh horizon along the *Quercus robur*-transect.

Weiters soll noch erwähnt werden, dass eine Auswertung bezüglich N-Gehalt sowohl im Of- als auch im Oh-Horizont für den Stieleichentransekt durchgehend höhere Werte ergab als für den Zitterpappeltransekt.

### 5.3 pH-Werte in den Of-, Oh- und A-Horizonten

Aus Abbildung 10 geht für den Pappeltransekt hervor, dass die Erhöhung des pH durch Pappellaub im Of-Horizont am deutlichsten ist. Bei hohem Anteil an Pappelstreu ist der pH im Of-Horizont deutlich höher als im Oh- und im A-Horizont. Unter Fichte hingegen ist der pH im A-Horizont höher als in den Auflagehorizonten. Die günstigeren Werte bei 30 und 32 m sind vermutlich auf eingewehtes Eichenlaub zurückzuführen. Im A-Horizont kann bei durchschnittlichem pH von 3,2 unter Fichte eine Erhöhung auf durchschnittlich 3,5 unter Pappel festgestellt werden.

Im Eichentransekt (siehe Abb. 10) zeigen sich grundsätzlich ähnliche Trends. (Stärkste Auswirkung im Of, Absinken der pH-Werte von Of und Oh auf oder unter die des A-Horizontes am Ende des Transekts.) Eine laubstreubedingte Erhöhung des pH im A-Horizont ist allerdings nicht mehr erkennbar.

Im Umfeld von Rotbuchenstämmen treten oft pH-Erniedrigungen durch Stammabfluss-Wasser auf (ELLENBERG 1996). Für die hier vorgestellten Transekte ist kein solcher Effekt zu erkennen. Hierfür dürften die vergleichsweise geringe Luftverschmutzung im

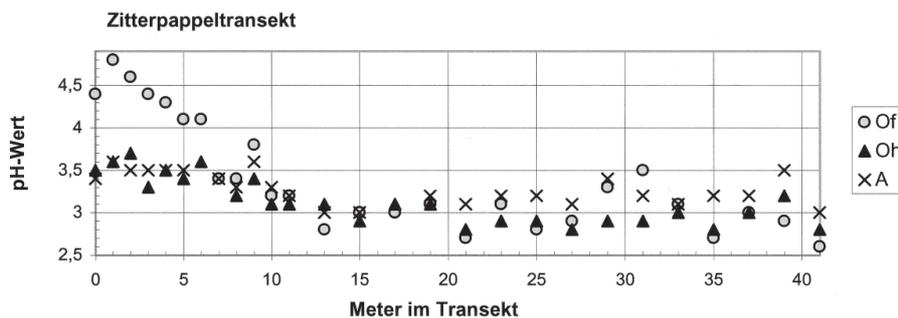


Abb. 9: pH-Werte des Of-, Oh- und des A-Horizontes entlang des *Populus tremula*-Transektes  
PH values of the Of-, Oh- and A horizon along the *Populus tremula*-transect.





### Stieleichentranspekt

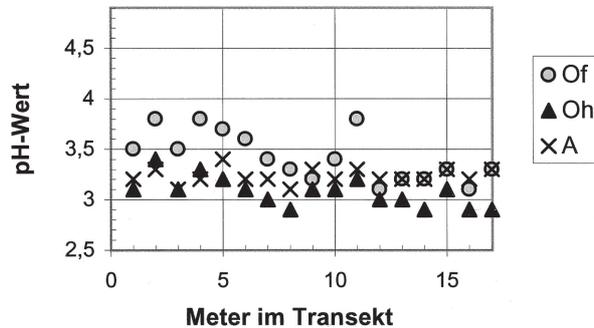


Abb. 10: pH-Werte des Of-, Oh- und des A-Horizontes entlang des *Quercus robur*-Transektes  
PH values of the Of-, Oh- and A horizon along the *Quercus robur*-transect.

weiteren Untersuchungsgebiet sowie die raueren Borke von *Quercus robur* und *Populus tremula* verantwortlich sein.

Die besonders hohen pH-Werte im Of unter der Zitterpappel hängen wohl mit dem hohen pH-Wert für Zitterpappelstreu (vgl. Abb. 2) zusammen.

ROTHE 1997 untersuchte im Höglwald nahe München den unterschiedlichen Einfluss von Fichten- bzw. Buchenstreu auf Humus und Boden. Dabei zeigten sich ebenfalls im Of die größte pH-Verringerung. Und zwar von 3,9 im Buchenwald auf 3,1 im Fichtenforst.

Im Rahmen einer Untersuchung von LEIBUNDGUT 1953 wurden Versuchsflächen in einem Fichtenforst auf einem Eichen-Hainbuchenwald-Standort mit der Blattstreu verschiedener Laubgehölze überschichtet. Die pH-Werte in Tabelle 1 entstammen Proben der obersten 3 cm des Bodens und sind von daher ganz gut mit jenen unserer beiden Transekte aus den obersten 1–2 cm des Bodens vergleichbar.

Bereits im relativ kurzen Versuchszeitraum von nur 6 Jahren ist bei der Versuchsanlage von LEIBUNDGUT eine, in ihrer Deutlichkeit stark von der Streuart abhängige Erhöhung des pH-Wertes zu erkennen (siehe Tab. 1).

Im Zitterpappeltransekt kommt es unter *Populus tremula*, wie bereits oben erwähnt, im A-Horizont zu einer pH-Erhöhung von durchschnittlich 3,2 unter Fichte auf 3,5 (siehe Abb. 9). Die Differenz beträgt also nur 0,3 und liegt somit im Vergleich mit

Tab. 1: Einfluß der Streu verschiedener Laubbäume auf den pH-Wert in den obersten 3 cm des Bodens in einem Fichtenforst bei Zürich auf einem Stieleichen-Hainbuchenwald-Standort mit Aronstab (*Querceto-Carpinetum aretosum*). Nach Angaben von LEIBUNDGUT 1953. U = unbehandelt, L = 6 Jahre hintereinander mit Laubstreu überschichtet (durchschnittlich 350 g Trockensubstanz pro m<sup>2</sup>, d. h. etwas mehr als der mittlere natürliche Streuanfall).

	U	L	Differenz
<i>Tilia cordata</i>	5,2	6,5	1,3
<i>Acer pseudoplatanus</i>	5,2	6,2	1,0
<i>Ulmus glabra</i>	5,3	6,1	0,8
<i>Fraxinus excelsior</i>	5,3	6,1	0,8
<i>Fagus sylvatica</i>	5,5	6,2	0,7
<i>Alnus glutinosa</i>	5,4	5,7	0,3
<i>Carpinus betulus</i>	5,6	5,8	0,2
<i>Quercus robur</i>	5,1	5,3	0,2





Tab. 1 am unteren Ende. Aus Abb. 3 geht hervor, daß der Pappelstreuanteil im Transekt geringer ist als die Laubmengen, mit denen im Versuch von LEIBUNDGUT überschichtet wurden. Da die positiven Wirkungen der Laubstreu in der Transektuntersuchung jedoch bereits deutlich länger einwirken (das Alter der Pappel beträgt 52 Jahre) erscheint die Erhöhung des pH-Wertes im A-Horizont doch vergleichsweise gering. Als Ursache wird die weitestgehend fehlende biologische Einarbeitung humosen Materials in den Oberboden am Transektstandort vermutet. Denselben Grund nehmen wir für das völlige Fehlen einer pH-Erhöhung im A-Horizont des Eichentransektes an.

Da auf den Standortseinheiten der Transektuntersuchungen *Alnus glutinosa* (Schwarz-erle) sowohl als Baumart der PNV als auch als forstliche sinnvolle Mischbaumart einzustufen ist, soll auf die Feststellung von ROTHE 1997 hingewiesen werden: „Eine Sonderstellung nehmen Erlenbestände ein, wo Überschußnitrifikation auf terrestrischen Standorten zu einer deutlichen pH-Absenkung im Vergleich zu Nadelhölzern führen kann.“ (ROTHE 1997: 106 unter Verweis auf BINKLEY & SOLLINS 1990 bzw. VAN MIGROET & COLE 1985).

#### 5.4 Auswirkungen der unterschiedlichen Humusqualitäten auf den Mineralboden

In Kapitel 5.3 werden für den Pappeltransekt im A-Horizont, also in den obersten 1–2 cm des Mineralbodens, Erhöhungen des pH-Wertes von 3,2 unter reiner Fichte auf 3,5 im Pappelkronenbereich angegeben. Entlogarithmisiert man die Werte, entspricht das einer  $H^+$ -Konzentrationsverringerung von  $6,31 \cdot 10^{-4}$  mol/l unter Fichte auf  $3,16 \cdot 10^{-4}$  mol/l im Pappelkronenbereich, also immerhin einer Halbierung der Wasserstoff-Kationen. Für die an den A-Horizont anschließenden Mineralbodenhorizonte liegen keine pH-Messungen vor. Bei der bereits im vorangegangenen Kapitel angesprochenen Untersuchung von ROTHE 1997 liegen die pH-Werte in der Tiefenstufe 0–5 cm jenen des A-Horizontes im Zitterpappeltransektes sehr nahe: 3,4 unter Buche bzw. 3,2 unter Fichte. ROTHE konnte bereits ab 10 cm Bodentiefe keinen Einfluss der Laubholzbestockung mehr auf den pH-Wert feststellen. Man kann daher für den Pappeltransekt annehmen, dass die günstigeren pH-Werte des A-Horizontes unter Zitterpappel sich schon in den oberen Mineralbodenschichten verlieren.

Da im Stieleichentransekt bereits im A-Horizont keine pH-Erhöhung im Kronenbereich der Eiche zu erkennen ist, ist eine solche für die anschließenden Mineralbodenschichten ebenfalls auszuschließen.

Die Basensättigungswerte im Bodenprofil aus dem Bereich des Pappeltransektes wurden von ENGLISCH 2000 erhoben und interpretiert. In der Tiefenstufe 0–5 cm zeigte sich unter Zitterpappel eine vielfach höhere Basensättigung als unter Fichte. Noch in der Tiefenstufe 5–20 cm zeigte sich der Einfluss der Baumart auf die Basensättigung noch in stark abgeschwächter Ausprägung.

Die massive Humusverschlechterung unter Fichte im Zitterpappeltransekt beeinflusst also auch noch den oberen Mineralboden negativ. Da sich der Einfluss jedoch bereits in geringen Tiefenstufen (ab ca. 20 cm) verliert, sollte die fichtenbedingte (als reversibel anzunehmende) Standortverschlechterung bei tiefwurzelnden Laubbäumen keine gravierenden Zuwachseinbußen hervorrufen.

### 6. Schlussfolgerungen

#### 6.1 Allgemeines zur Humusqualität in Laubholz-Nadelholz-Mischbeständen

Bereits in der Einleitung wurde darauf hingewiesen, dass die Humusqualität im Mischbestand von Laub- und Nadelholz immer zwischen den Reinbeständen liegt. Aufgrund von Wechselwirkungen können die Humuswerte in Mischbestandsflächen





jedoch nicht aus jenen ideeller Reinbestände gemittelt werden (ROTHE 1997, ROTHE & KREUTZER 1998).

Generell gilt weiters, dass saure Böden mit geringer Basensättigung anfälliger gegen Degradation durch Fichte sind und somit auf schlechteren Standorten höhere Laubanteile anzustreben sind (ROTHE 1997, MAYER 1974).

Es soll an dieser Stelle jedoch auf eine Untersuchung von GLATZEL & al. 2000 hingewiesen werden, die zu einem umgekehrten Ergebnis kommen. Für pseudovergleyte Braunerden im Übergang zu Pseudogleyen der Flyschzone mit relativ günstigen pH- und Basensättigungswerten wurde eine Degradation im Oberboden nachgewiesen. Auf weit ungünstigeren podsoligen Braunerden mit Übergängen zu Semipodsolen der Molassezone konnte jedoch keine Oberboden-Verschlechterung unter Fichte festgestellt werden. Diese Ergebnisse stellen die Ausnahme dar, belegen jedoch (wieder einmal), dass Erkenntnisse nie 1:1 auf andere forstliche Standortstypen übertragen werden können.

### 6.2 Die Ableitung eines sinnvollen Mindestanteils von Laubholz als Beispiel für die Anwendung in der forstlichen Praxis

Bei Betrachtung der Abbildung 3 geht für den Pappeltransekt eine deutliche Humusverbesserung im unmittelbaren Kronenschatten (Aufnahmeflächen 1–8) hervor. Außerhalb des Kronenschattens zeigt sich in den Aufnahmeflächen 9 und 10, also 1 bis 2m vom projizierten Kronenrand entfernt, auch noch eine eindeutige Humusverbesserung. Selbst die Aufnahme fläche 12, 4m vom projizierten Kronenrand entfernt, weist noch geringfügig bessere chemische Kennwerte auf.

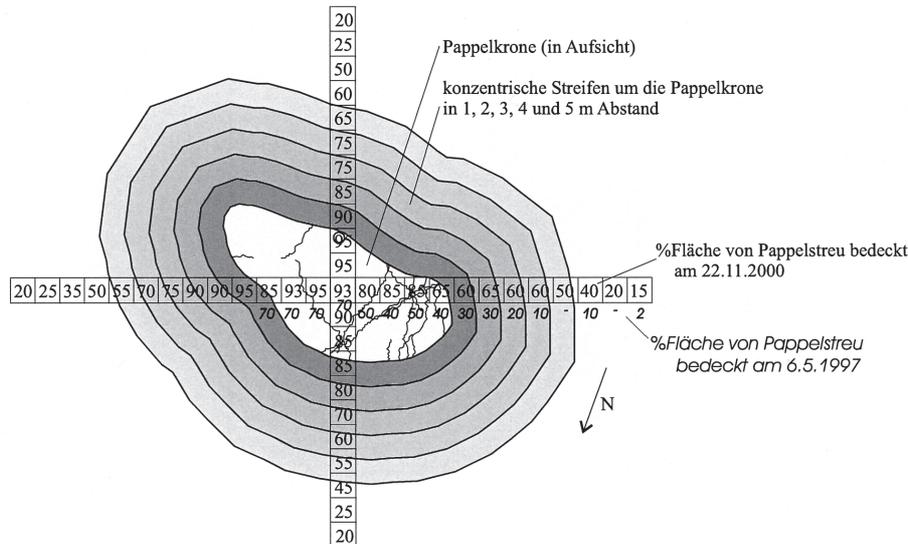


Abb. 11: Überblick über den Deckungsgrad der Pappelblattstreu im Bereich des Pappeltransektes im November (also unmittelbar nach dem Laubfall) sowie im Mai. In der Mitte der Abbildung ist die Kronenprojektion einer Zitterpappel (siehe Transekt) dargestellt. Die konzentrischen Streifen um die Pappelkronen werden als Grundlage für Berechnungen des Laub-/Nadelbaumverhältnisses in Mischbeständen herangezogen (siehe Text). Cover values of litter of *Populus tremula* individual. The numbers indicate the percentage of cover of litter from *Populus tremula* in the 1 × 1 m squares in November and May respectively. The concentric rings around the *Populus* crown are the basis for calculations of the broadleaf deciduous/needle tree ratio (see text).





Im Stieleichentransekt (Abb. 4) zeigt sich ebenfalls eine deutliche Humusverbesserung im direkten Kronenschatten. In Aufnahme­fläche 6 – also 1 m vom projizierten Kronenrand entfernt – ist eine solche ebenfalls noch gegeben. Aufnahme­fläche 7 – 2 m vom projizierten Kronenrand entfernt – weist noch ein vergleichsweise günstiges C/N-Verhältnis auf, während der pH-Wert bereits im Mittelfeld der Werte im Fichtenteil des Transektes liegt.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass die verbesserten Humuswerte nur wenige m über den projizierten Kronenrand ausstrahlen. Als Hauptgrund hierfür ist wohl eine rasche Abnahme der Laubstreu­mengen außerhalb des Kronenschattens zu nennen.

Die rasche Abnahme der Humusqualität außerhalb der projizierten Laubbaumkronen lässt für einen Laub-Nadelholzmischbestand immer ein Nebeneinander etwas unterschiedlicher Humuszustände erwarten. Ein Umstand, der auch aus ROTHE 1997, RAUCH 1995 hervorgeht.

Aus obigen Ausführungen zeigt sich aber auch, dass für eine effektive und flächendeckende Humusverbesserung die Laubbäume einzelstammweise und gleichmäßig verteilt einzubringen sind. So schreiben auch ROTHE & KREUTZER (1998: 787) über die Einbringung von Buchen in Fichtenbestände: „...ist es günstiger den Buchenanteil über innige Mischung als über den getrennten Anbau beider Baumarten zu realisieren.“

Die bedeutende Rolle der herrschenden Windverhältnisse für die Streuverteilung im Mischbestand wurde in Kap. 5 bereits angesprochen. Naturgemäß ist die intensive Durchmischung von Laub- und Nadelhölzern umso wichtiger, je windärmere Bedingungen vorliegen.

Im Folgenden wird ein Modell vorgestellt, um Anhaltspunkte über die Flächenausdehnung laubstreu­bedingter Humusverbesserungen zu gewinnen. Hierzu wurden (am Computer mit Hilfe eines Zeichenprogramms) die Flächengrößen konzentrischer Streifen um die projizierte Pappel- bzw. Eichenkrone aus dem jeweiligen Transekt errechnet. (Für die Kronenschirmfläche der Zitterpappel sind die konzentrischen Streifen in Abbildung 11 dargestellt.) Anschließend wurde für 5 verschiedene Streifenbreiten (1 bis 5 m) errechnet, welchen %-Anteil die Kronenschirmfläche an der Gesamtfläche (= Kronenschirm und Streifen) ausmacht. Würde man in einem idealisierten Bestand Fichten in Idealverteilung zwischen Laubbaumkronen, mit jeweils genau gleicher Schirmfläche wie jener der Transektbäume, unterbringen, wäre dieser %-Anteil auch jener des (projizierten) Laubbaumkronenanteils an der Gesamt-Waldfläche. Unterstellt man dem idealverteilten Mischbestand einen Gesamt-Kronendeckungsgrad (für Fichten und Laubhölzer) von 100%, entspräche der %-Wert aus Tabelle 2 weiters dem Laubholzanteil. (Und zwar dem Schirmflächenanteil, der aufgrund der größeren Laubholzkronen im gleichen Bestand größere Werte annimmt als der Stammzahlanteil.) Die Werte sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Ebenfalls enthalten sind die idealisierten Werte für fiktive exakt kreisrunde Kronen mit 4 bzw. 5 m Radius.

Streifenbreiten von einem Meter können hierbei natürlich keinen realen Bestand widerspiegeln, da die Fichtenkronen dann maximal zwei Meter breit sein dürften.

Realistisch wären 3 Meter breite Streifen, dann wäre zwischen den Laubbaumkronen 6 Meter breit Platz für Fichten. Gemäß den Transektergebnissen (zumindest aus dem Pappeltransekt) sollte dann immer noch eine weitestgehend flächendeckende Humusaufwertung gegeben sein. Es ergeben sich für die verschiedenen, realen (Pappel, Eiche) oder angenommenen (Kreise) Schirmflächen-Formen, Werte zwischen 26 und 39% Laubholzanteil.

Da die idealisierte Verteilung in der Natur natürlich nicht erreicht wird, müssen die Werte nach oben revidiert werden. Hiermit käme man auf ähnliche sinnvolle Laubholzanteile wie sie ROTHE (1997: 149) beschreibt: „Zur Erfüllung der ökologischen Belange sollte der Buchenanteil in Fichten-Buchen-Mischbeständen auf den meisten Standorten



Tab. 2: Ausgangsbasis für die Tabelle sind Flächengrößen von Schirmflächen einer Zitterpappel und einer Stieleiche („Transektbäume“) sowie von Kreisen mit 4 und 5 m Radius. Dargestellt sind weiters die Flächengrößen konzentrischer Streifen um die Schirmfläche bzw. Kreise, sowie der Prozentanteil der Schirmflächen- bzw. Kreisflächen an der Gesamtfläche (= Fläche konzentrischer Streifen und Schirmfläche bzw. Kreis).

	Zitterpappel		Stieleiche		Kreis mit 4 m Radius		Kreis mit 5 m Radius	
	Fläche in m <sup>2</sup>	%Fläche Pappelkrone an der Gesamtfläche	Fläche in m <sup>2</sup>	%Fläche Eichenkrone an der Gesamtfläche	Fläche in m <sup>2</sup>	%Fläche idealisierte runde Krone an der Gesamtfläche	Fläche in m <sup>2</sup>	%Fläche idealisierte runde Krone an der Gesamtfläche
Schirmfläche	36	100	50	100	50	100	79	100
1 m breiter Streifen um Schirmfläche	29	55	33	63	28	64	35	69
2 m breiter Streifen um Schirmfläche	63	36	71	44	63	44	75	51
3 m breiter Streifen um Schirmfläche	104	26	117	32	104	33	123	39
4 m breiter Streifen um Schirmfläche	152	19	170	25	151	25	176	31
5 m breiter Streifen um Schirmfläche	205	15	226	20	204	20	236	25

bei mindestens 40% liegen. Die ökologischen Verbesserungen geringerer Buchenanteile sind auf den meisten Standorten vergleichsweise gering.“

Es soll an dieser Stelle noch erwähnt sein, daß nach ROTHE 1997 über die Mischung Fichte-Eiche wissenschaftlich negative Wirkungen belegt sind. Da jedoch auf den Standortseinheiten beider Transektstandorte die Stieleiche die Hauptbaumart der PNV darstellt, erscheint ihre Förderung in den sekundären Nadelholzbeständen langfristig dennoch sinnvoll.

### Dank

Wir danken Univ.-Prof. Dr. Josef SPÖRK für die Anregung und die Möglichkeit die Fragestellung auf den Waldflächen des Souveränen Malteser-Ritterordens „Commendewald“ bzw. Schröttenwald bei Fürstenfeld bearbeiten zu können, der Forstverwaltung des Souveränen Malteser-Ritterordens (Ligist, W-Steiermark) für die Übernahme der Kosten für die Laboruntersuchungen an der Forstlichen Bundesversuchsanst (heute: Bundesamt und Forschungszentrum für Wald) Wien sowie Franz STARLINGER für anregende Diskussionen.

### Literatur

- BINKLEY D. & SOLLINS P. 1990: Factors determining differences in soil pH in adjacent conifer and alder conifer stands. – *Ecology* 73(6): 2022–2033.
- BLUM W. E. H., SPIEGEL H. & WENZEL W. W. 1996: Bodenzustandsinventur; Konzeption, Durchführung und Bewertung. – Universität für Bodenkultur, Inst. Für Bodenforschung, 2. überarb. Aufl.
- CARLI A. 1999: Vegetationsökologische Untersuchungen in Wäldern im Raum Fürstenfeld (Oststeiermark). – Diplomarbeit, Inst. f. Botanik, Univ. Graz.
- ELLENBERG H. 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Aufl. – E. Ulmer, Stuttgart.



- ENGLISCH, M. 2000: Standortsveränderungen in sekundären Nadelwäldern – Einige Fallbeispiele zur Veränderung von Standortseigenschaften und der Gefährdung von Beständen. – FBVA-Berichte 111: 57–71.
- FRIEDRICH J. 1992: Räumliche Variation bodenchemischer und -physikalischer Merkmalsgrößen sowie der Wurzelverteilung in Buchen- und Fichtenwaldökosystemen. – Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, vol. 83, 245 S.
- GLATZEL G., NEUBAUER CH. & BERGER T. W. 2000: Waldbodenzustand in sekundären Fichtenwäldern und in Mischbeständen auf den Screeningflächen des Spezialforschungsbereiches (SFB) Waldökosystemsanierung. – FBVA-Berichte 111: 73–80.
- KUNTZE H., ROESCHMANN G. & SCHWERDTFEGER, G. 1994: Bodenkunde. 5. Auflage. – E. Ulmer, Stuttgart.
- LEIBUNDGUT H. 1953: Beobachtungen über den Streuabbau einiger Baumarten im Lehrwald der ETH. – Schweiz. Z. Forstwes. 104: 1–14.
- MAYER H. 1974: Wälder des Ostalpenraumes. – G. Fischer, Stuttgart.
- NESTROY O., DANNEBERG O.H., ENGLISCH M., GESSL A., HAGER H., HERZBERGER E., KILIAN W., NELHIEBL P., PECINA E., PEHAMBERGER A., SCHNEIDER W. & WAGNER J. 2000: Systematische Gliederung der Böden Österreichs (Österreichische Bodensystematik 2000). – Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft 60: 1–99.
- RAUCH I. 1995: Stickstoff- und Kohlenstoffvorräte in Rein- und Mischbeständen von Fichte und Buche. – Diplomarbeit, Forstwissenschaftl. Fakultät, Univ. München.
- REHFUESS K.-E. 1986: Wirkungen des Fichtenanbaus auf den Boden. – In: SCHMIDT-VOGT H. (Hrsg.): Die Fichte, Bd.II/1: 151–231. – Parey-Verlag, Hamburg-Berlin.
- ROTHER A. 1997: Einfluß des Baumartenanteils auf Durchwurzelung, Wasserhaushalt, Stoffhaushalt und Zuwachsleistung eines Fichten-Buchen-Mischbestandes am Standort Höglwald. – Schriftenr. d. Forstw. Fak. d. Univ. München u. d. Bayer. Landesanst. f. Wald u. Forstw.: 163: 174 S.
- ROTHER A. & KREUTZER K. 1998: Wechselwirkungen zwischen Fichte und Buche im Mischbestand. – AFZ/Der Wald 15: 784–787.
- SCHAEFFER F. & SCHACHTSCHABEL P. 1982: Lehrbuch der Bodenkunde. 11. Aufl. – Enke, Stuttgart: 442 S.
- VAN MIGROET H. & COLE D. W. 1985: Acidification sources in red alder and douglas fir soils – importance of nitrification. – Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 1311–1318.
- WITTICH W. 1961: Der Einfluß der Baumart auf den Bodenzustand. – Allg. Forstz. 16: 41–45.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: [132](#)

Autor(en)/Author(s): Carli Anton, Drescher Anton

Artikel/Article: [Die Verbesserung der Humusauflage durch Laubbäume - das Beispiel sekundärer Fichtenforste in der SE-Steiermark \(Österreich\). 153-168](#)