

Die beziehung von waldwirtschaft zu umwelt- und naturschutzproblemen (mit besonderer Berücksichtigung der Situation in Flandern)

LUST N.

Abstrakt

Trotz technischer Verbesserungen stehen Umwelt und Natur noch unter schwerem Druck. In der globalen Umweltproblematik spielt die Waldwirtschaft nur eine untergeordnete Rolle. Sie hat einen bedeutungsvollen Vorteil, nämlich dass die Produktionsprozesse im Wald umweltfreundlich sind. Die Waldwirtschaft war und ist jedoch vielen Zerstörungen unterworfen. Diese wurden zum Teil durch den eigenen Sektor verursacht, was zu einem Verlust an Biodiversität und zur Bodendegradation geführt hat. Übrigens steht der Wald die letzten Jahrzehnte unter starkem Druck von externen Faktoren, hauptsächlich Versauerung, Überdüngung und Austrocknung. Fragmentierung ist ein historisch wichtiger Faktor. Neue, größtenteils noch unbekannte Zerstörungen folgen aus Klimaänderung, Angreifen der Ozonschicht und Bildung von Ozon.

Massnahmen sollen ergriffen werden zur Erhöhung der Biodiversität in Waldökosystemen und zur Erholung der Bodendegradation. Sie sind von lokalen Lagen abhängig. Die Implementierung dieser waldbaulich gerichteten Massnahmen erscheint wahrscheinlich. Dagegen ist es sehr zweifelhaft ob die notwendigen allgemeinen Umweltmassnahmen erfolgreich getroffen werden können.

Jedenfalls, das Erreichen eines harmonischen Verhältnisses zwischen Umwelt und Natur einerseits und Wald und Waldwirtschaft andererseits ist ein sehr schwieriger Auftrag und erfordert die notwendigen finanziellen Mittel.

1. Einleitung

Umwelt und Natur stehen unter schwerem Druck. Die Verschmutzung der Luft, des Wassers und des Bodens nimmt noch immer zu, indessen der offene Raum weiter abnimmt (Verbruggen, 1994).

Die Steigerung des Drucks auf die Umwelt ist durch getroffene Massnahmen abgebremst. Die meiste Aufmerksamkeit und finanziellen Anstrengungen sind auf technische Massnahmen, die auf Emissionsquellen und Effekte der Umweltzerstörung gerichtet sind, orientiert. Das Endziel ist jedoch noch nicht in greifbarer Nähe.

Trotz der Abbremsung bleibt der totale Druck auf die Umwelt sehr hoch und nimmt noch immer zu. Der heutige Ansatz ist nur auf einigen Interessensgebieten erfolgreich.

Die gewonnene Atempause ist nur von kurzer Dauer, wenn sie durch steigendes Wachstum kompensiert wird (bessere Wagen aber mehr Wagen und Kilometer).

Technische Eingriffe sind unzureichend in Hinsicht auf die absoluten Grenzen, wie die unumkehrbare Vernichtung von Naturelementen und die Erschöpfung der vergänglichen Vorräte.

Umweltprobleme sind tief verwurzelt, zahlreich, zerstreut, und verwoben. Unsere tiefgewurzelte Lebensweise erfordert viele Umwelt- und Naturgüter, wie offenen Raum, Energie, Wasser und Rohstoffe. Zahlreich sind die Stoffe und Phänomene die die Umwelt zerstören. Die Quellen und

Silva Gandavensis 62 (1997)

die Effekte der Zerstörung sind zerstreut über grosse Flächen. Die verschiedenen Umweltprobleme sind mit einander und mit allen gesellschaftlichen Aktivitäten verwoben.

Wenn sich das Benehmen, die Einrichtungen, die Richtung der technischen Entwicklung und der Investitionen in den gesellschaftlichen Sektoren nicht wesentlich ändert, wird der Druck auf die Umwelt noch stark zunehmen. Eine Wende auf vielen Gebieten ist notwendig (Verbruggen, 1994).

1. Land, Energie, Wasser und Rohstoffe sollen im Preis steigen. Verschwendungen und Zerstörungen sind die Folgen von ungehemmten, freien Zugang zu den Umwelt- und Naturgütern.
2. Die Behörden sollen eine leitende Rolle erfüllen, nicht als Finanzier oder als Bauherr von allerlei Anlagen, aber als Beispiel von gesellschaftlichem Handeln. Die Behörden sollen feststellen wie die Natur und die Umwelt noch benutzt werden können und unter welchen Bedingungen. Übrigens sollen sie darauf achten, dass diese Bedingungen von jedem beachtet werden.
3. Die echte Wende kann nur vom Verursacher der Probleme kommen, mit anderen Worten von uns allen. Jeder von uns soll sein Teil der Verantwortlichkeit akzeptieren und übernehmen.
4. Der Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung ist lang und unbekannt. Es ist unverantwortlich alle Hoffnung auf eine technische Lösung allein zu stellen. Es ist nötig die Aufmerksamkeit und die Anstrengungen nach Struktur- und Gewohnheitsänderungen, nach Neuverteilung und Wachstumsbeherrschung zu orientieren.

Die Waldwirtschaft, und bei Erweiterung die Natur, sind in Flandern Sektoren, die offensichtlich nur eine untergeordnete Rolle in der Umweltproblematik spielen. Viel wichtiger sind die Sektoren Verkehr und Beförderung, räumliche Ordnung, Energie, Landwirtschaft, Infrastruktur und Abfall. Wald und Natur spielen keine Hauptrolle in der Reihe von 15 angenommenen Umweltproblemen. Sie sind nur dominant in Bezug auf Verlust an Biodiversität. In anderen Umweltproblemen spielen sie nur eine sekundäre Rolle, wie bei der Fragmentierung, Versauerung, Austrocknung und Treibhauseffekt. Bei den übrigen Umweltproblemen, nämlich Angreifen der Ozonschicht, photochemischer Luftverschmutzung, Überdüngung, Verbreitung gefährlicher Stoffe, Abfallstoffe, Wasserverschmutzung, Bodenverschmutzung und - angreifen, Behinderung (Lärm und Zittern, Gestank, Risikos), nicht ionisierender Strahlungen und Umweltzerstörung in städtlichen Gebieten, kommt der Wald kaum zur Sprache.

Hieraus könnte man ableiten, dass der Sektor Waldwirtschaft, im Vergleich mit anderen Sektoren, keine grossen Probleme hinsichtlich Umwelt und Natur bietet. Diese Stellung wird auch im gesellschaftlichen Leben bestätigt durch die geringe politische und soziale Aufmerksamkeit, die der Wald täglich bekommt. Andererseits kümmern sich jedoch eine grosse Anzahl von Leuten über die Entwaldungen auf Weltskala und über den Einfluss des sauren Niederschlages auf den Wald. Jedoch, nur eine sehr kleine Anzahl von Menschen beunruhigt sich über den Verlust an Biodiversität in den Wäldern, über die Folgen von Fragmentierung, Treibhauseffekt oder Austrocknung auf den Wald.

Auch hinsichtlich des Problems von nachhaltiger Entwicklung sind die Erhaltung und der Schutz von noch bestehenden Natur- und Umweltwerten nur ein untergeordneter Ausgangspunkt, nächst zu einem Zehner anderer (S.A.,1994).

Die umweltbedrohenden Entwicklungen in den flämischen Wäldern werden in einem wissenschaftlichen Bericht folgenderweise vorgestellt : Flandern hat nur zwei Wälder die grösser als 800 ha (falsch) sind. Mehr als die Hälfte der Waldfläche besteht aus Parzellen kleiner als 100 ha. Die Wälder sind ungleich über das Gebiet zerstreut: von 2% bis 13%. Wälder erfüllen eine Schutzfunktion

vor Lärm, visueller Verschmutzung und Erosion. Die flämischen Wälder liefern jährlich 10% des gesamten Holzverbrauches. Der Rest wird importiert, wodurch Flandern ausländische Ökosysteme belastet. Ein Sechstel der flämischen Wälder ist für das Publikum zugänglich, obwohl Waldbesuch die wichtigste Form von Freizeiterholung ist. Die ökonomischen und Erholungsfunktionen der Wälder geraten oft in Konflikt mit den ökologischen, erzieherischen und wissenschaftlichen Funktionen. Ein ähnlicher Ansatz erscheint jedoch sehr oberflächlich.

2. Gebrauch von Umwelt- und Naturquellen durch die Waldwirtschaft.

Im Gegensatz zu den anderen Sektoren, ist der Gebrauch von Umwelt- und Naturquellen im Waldwirtschaftssektor hauptsächlich auf Reserven, die spontan durch die Natur geliefert werden, beschränkt. Wälder sind also, abgesehen von ihrer Zusammensetzung oder Bewirtschaftung, als relativ sehr umweltfreundlich zu betrachten. Wälder belasten die primären Produktionsfaktoren nur sehr wenig. Sie wurden in der Vergangenheit überwiegend nach marginalen Böden verschoben, die kaum eine Bedeutung für die Landwirtschaft hatten. Also liegt ungefähr die Hälfte der flämischen Waldfläche auf den wenig fruchtbaren Kempischen Sandböden, die übrigens im Laufe der Zeit stark degradiert wurden. Durch Aufforstung dieser Böden wird ein Humuskomplex aufgebaut, der zur Verbesserung des Wasser- und Mineralienhaushalts geführt hat.

Die Holzproduktion erfolgt aus der Wechselwirkung von Sonneenergie, Mineralien, Wasser und CO₂. Die Energie, nötig für die Photosynthese, wird ausschliesslich durch Sonnenlicht erzeugt. Die photosynthetische Effizienz für eine Vegetationsperiode von 200 Tagen und für die photosynthetisch aktive Strahlung beträgt nur 2,5%.

Die Aufnahme von Mineralien durch den Wald ist sehr beschränkt. Übrigens wird der Verlust an Mineralen teilweise durch die Bäume kompensiert, indem sie die tieferen Bodenschichten aufschliessen. Wenn der Holzbetrieb sich auf die Abfuhr von entrindeten Stämmen beschränkt, verschwinden nur 10 bis 20% vom Mineralengehalt der gesamten lebenden Baumbiomasse aus dem Ökosystem. Verwitterung des Muttergesteins, durch die Wurzelaktivität der Wälder stimuliert, und Zufuhr von Mineralen durch Niederschlag kompensieren reichlich die Holzernte. In einem Fichtenbestand in Solling ist der durchschnittliche jährliche Export fast 20 mal kleiner als der Import durch Luftverschmutzung. Für K und Mg ist der Import 10 mal grösser, für Ca mehr als 5 mal, indessen ist bei P die Bilanz im Gleichgewicht bei Export von Stammholz mit Rinde, aber ist 100% Überschuss, wenn die Rinde nicht mitgeerntet wird (Yldrin, 1978; Ulrich et al., 1979; Meies et al., 1984). Verhängnisvolle Folgen können durch Kahlschlag über relativ grosse Flächen und durch totale Abfuhr der Baumbiomasse (total tree use) auftreten. Die Mineralisation übertrifft nach einem Hieb die Aufnahme von Ionen. Hierdurch wird der Kreislauf der Elemente zeitlich zerstört und entsteht eine Versauerung. Beschleunigte Mineralisation und die damit verbundene Versauerung haben nur einen wichtigen Effekt, wenn der Boden nach einem Kahlschlag lange Zeit brach liegen bleibt.

Die Waldwirtschaft verwendet praktisch ausschliesslich natürliche Wassserzufuhr via Niederschlag und Wasserläufe.

C formt ungefähr die Hälfte der trockenen Biomasse und wird integral durch die Bäume in Form von CO₂ aus der Atmosphäre aufgenommen. Wälder sind eine sehr wichtige Quelle für Kohlenstoffspeicherung.

Die Bedeutung von sekundären Produktionsfaktoren ist in der Waldwirtschaft zu vernachlässigen. Düngung wird nur selten angewandt, es sei als Startdüngung oder als Bodenverbesserung durch Kalken. Der Gebrauch von Bioziden ist minimal und meistens zu einem einmaligen Gebrauch bei der Verjüngung, also auf Zeitabstände von ungefähr 100 Jahren beschränkt. Biozide werden jedoch vorwiegend auch bei der Bekämpfung von Exoten, wie Spät-Traubenkirsche, benutzt.

Die Strasseninfrastruktur ist waldbaulich gesehen meistens gut ausgebaut, wodurch die Waldbestände durch die Exploitation nur wenig geschädigt werden. Für die Biodiversität dagegen sind sie als nachteilig zu betrachten.

3. Verhältnis der Waldwirtschaft zu Umwelt- und Naturproblemen

Wichtig ist hierbei einen Unterschied zwischen Zerstörungen zu machen die durch den eigenen Sektor verursacht und jenen die durch andere Sektoren verursacht werden. Übrigens soll auch die Verbundenheit oder die Wechselwirkung zwischen allen Zerstörungen und ihren Effekten betont werden.

3.1. Zerstörungen des Waldes durch den eigenen Sektor verursacht

Besondere Aufmerksamkeit wird am Verlust der Biodiversität und dem Zustandekommen der Bodendegradation gewidmet. Die Verbreitung gefährlicher Stoffe in der Waldwirtschaft ist sehr gering und hauptsächlich beschränkt auf dem einmaligen Gebrauch von Bioziden bei Wiederaufforstung, der Verbrennung von fossilen Brennstoffen, bei Exploitation und indirekt via des Imports von Blei durch die Jagd. Diese Mengen sind jedoch zu vernachlässigen in Hinsicht auf den Import von Stoffen ausserhalb des Ökosystems.

3.1.1. Verlust an Biodiversität

Der Biodiversitätsgrad ist von Natur aus von Umweltfaktoren, wie Temperatur, Niederschlag, Boden und von Wechselwirkung zwischen Pflanzen und Tieren abhängig.

Durch menschliche Aktivitäten, hauptsächlich kleinmasstäbige Landwirtschaft, wurden viele Landschaften im Laufe der Jahrhunderten gründlich verändert, wodurch manchmal sehr artenreiche sekundäre Lebensgemeinschaften sich entwickelt haben. Mehrere Autoren (Verheyen et al., 1994) stellen eben fest, dass ähnliche Landschaften vielleicht abwechslungsreicher an Arten sind als völlig natürliche Gemeinschaften, die hauptsächlich aus Wald bestehen. Diese Stellung sollte jedoch noch weiter untersucht werden.

Biodiversität wird durch zahlreiche menschliche Aktivitäten, wie Intensivierung der Landwirtschaft, Urbanisation, industrielle Expansion und intensive Erholung bedroht. Jedoch auch die Waldwirtschaft hat, und nicht nur in den Tropen, zum Verlust an Biodiversität beigetragen.

Allgemein wird ein Unterschied zwischen quantitativen und qualitativen Zerstörungen gemacht. Quantitative Zerstörungen beziehen sich auf den eingenommenen Raum der Aktivitäten. Durch Schrumpfung der Waldfläche, in Flandern bis weniger als 10% der Gesamtfläche, verschwinden viel Habitate, vermindert die Fläche der bleibenden Einheiten und nimmt ihre Isolation zu (= Fragmentierung). Durch Verkleinerung der Habitatfläche nimmt nicht nur die Zahl der Arten ab,

sondern auch die übrig bleibenden Populationen von Pflanzen- und Tierarten nehmen ab. Dadurch nimmt auch die genotypische Diversität von solchen Populationen ab.

Qualitative Zerstörungen werden durch allerlei Umweltzerstörungen, wie Klimaänderungen, Versauerung, Überdüngung und alle Formen von Verschmutzungen und Behinderung, verursacht. Die Zerstörungsprozesse ändern die Umwelt der individuellen Pflanzen und Tiere. Arten, die ungenügend anpassungsfähig sind, verschwinden. Gleichzeitig entsteht innerhalb der Art eine natürliche Auswahl, so dass, auch durch Mutationen, Populationen sich anpassen können (= genetische Adaptation). Wenn innerhalb eines Ökosystems mehrere Arten verschwinden, oder wenn die verschwundenen Arten eine wichtige Funktion hatten, kann das Ökosystem selbst (gründlich) verändert werden. Typische Beispiele davon werden durch das Verschwinden einer Reihe Predatorarten gezeigt.

Forschung nach Verlust an Biodiversität in Wäldern ist noch relativ beschränkt, obwohl schon eine angemessene Kenntnis besteht über den Verlust an Arten von höheren Pflanzen, manchen niedrigen Pflanzen, wirbellosen Tieren und Wirbeltieren. In Flandern haben hauptsächlich diese Pflanzenarten, die an Waldrändern und auf offenen Flächen leben, grosse Verluste erlitten durch die tiefgreifenden Änderungen in der Waldbewirtschaftung. Der Rückgang von epiphytischen Flechten wird nicht nur durch Umweltverschmutzung verursacht, sondern auch durch das beschränkte Angebot von alten Bäumen. Seltene Spinnen waren gleichfalls mit offenen Plätzen in Wäldern und mit Waldrändern verbunden. Auch seltene Heuschrecken waren mit Waldrändern verbunden. Der Rückgang von Vögeln ist größtenteils Habitatfragmentierung oder -zerstreuung zuzuschreiben. In Flandern sollen, laut der Habitat-Richtlinie (92/43/EU) ein Dutzend Habitats prioritär geschützt werden. Hierzu gehören Moorwälder, und übrig bleibende oder Reliktwälder auf alluvialen Böden (Verheyen et al., 1994).

Der Anbau von Nadelhölzern und die Homogenität der Bestände sind allgemein bekannt als die wichtigsten Gründe vom Verlust an Biodiversität. Hieran kann gleichfalls das Einführen von Exoten gekoppelt werden. Einige Exoten haben ein derartiges Anpassungsvermögen, dass sie die einheimische Fauna und Flora bedrohen. In Flandern ist das schon deutlich der Fall mit einigen amerikanischen Exoten, wie der Amerikanischen Eiche (*Quercus rubra*) und Spät Traubenkirsche (*Prunus serotina*), aber vielleicht auch mit der Douglasie (*Pseudotsuga taxifolia*). Weniger deutlich ist die Position von (wohl oder nicht) kleinen Exoten, wie des Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) oder der Sommerlinde (*Tilia platyphyllos*).

Den Änderungen der Waldränder und den Umwandlungen von Niederwäldern und Mittelwäldern wird weniger Aufmerksamkeit gewidmet. Die typische Fauna und Flora von Waldrandgebieten wird seit einigen Jahrzehnten stark bedroht. Die wichtigsten Ursachen hiervon sind nicht nur die Anreicherung von Waldrändern, sondern auch das Verschwinden von Holzkanten. Waldränder sind vielleicht stärker bedroht als der Wald selbst. Sie fangen denn mehr Verunreinigungen auf als das Zentrum der Wälder. Waldränder sind für die biologische Diversität von grosser Bedeutung. Die Zahl von Organismen, die entlang der Waldränder vorkommen können, übertrifft die Zahl von Arten in Wäldern selbst. Manche Arten sind eben streng mit Waldrändern verbunden. Typisch ist z.B. die Schmetterlingsfauna (Van den Berge, 1994; Mitchell & Kirby, 1989; Tack et al., 1993).

Die Umwandlung von alten Niederwald- und Mittelwaldbeständen in Hochwald kann gleichfalls einen Verlust an Naturwerten verursachen. Seltene, mit dieser Bewirtschaftungsform verbundene Arten, können hierdurch zurücktreten oder verschwinden. Meistens ist der Verlust der typischen Struktur von ähnlichen Beständen hierfür verantwortlich. Kalkhoven und Opdam (1984) stellten fest, dass die Zusammensetzung der Avifauna sich im Laufe des Niederwaldzyklus ändert. Manche Arten sind

typisch für junge Niederwaldphasen, indessen andere mit älteren Phasen verbunden sind. Erstgenannte werden auch in Waldrändern und umgebenden Agrargebieten gefunden, indessen letztgenannte auch ihren Platz in abwechslungsreichen Hochwäldern haben. Bei der Umwandlung von Niederwald in Hochwald soll vermieden werden, dass eine Strukturverarmung entsteht. Darum soll für variierte Hochwälder gesorgt werden und soll dem Anbau von Mantel- und Saumvegetationen Aufmerksamkeit gewidmet werden. Niederwaldbewirtschaftung soll deshalb nicht als ein Dogma betrachtet werden. Oft sind selbst Alternative möglich, die eben einen höheren Naturwert bieten (Londo, 1991). Das Surplus an Pflanzenarten in Niederwäldern besteht hauptsächlich aus mehr allgemeinen Gestrüppkräutern, die eine Samenbank formen, womit sie die Schattenphase im Niederwaldzyklus überbrücken können (Brown & Oosterhuis, 1981). Für die Erhaltung von schattentoleranten Waldpflanzen ist Niederwaldbewirtschaftung nicht notwendig. Das Alter von manchen Niederwaldstößen kann sehr hoch sein und wird durch Hermy (1985) auf 300 Jahr geschätzt. Ähnliche alte Stöße beherbergen oft spezifische epiphytische Moosarten. Es ist besonders schwierig diese Wälder umzuwandeln ohne die Epiphyten zu verlieren. In ähnlichen Fällen ist eine Umwandlung auf kurze Frist nach Hochwald unerwünscht.

Der Waldbetrieb kann übrigens noch durch eine Reihe von anderen Faktoren die Biodiversität bedrohen. Fragmentierung von Wäldern ist eine bekannte Ursache. Anbau von neuen Wäldern in wertvollen Naturgebieten (manchen Talgebieten, Ramsargebieten, usw.) , wohl oder nicht mit tiefgreifenden vorbereitenden Arbeiten, wie tiefer Drainage, bedeutet eine Bedrohung für die typisch feuchtliebende Flora und Weide-, Wasser- und Sumpfvögel. Kurze Umtriebszeiten, vor allem typisch für Nadelholzbestände, beschränken die Entwicklung von Arten, die reifen Wäldern eigen sind. Die Abwesenheit von schwerem totem Holz gefährdet das Fortleben von allerlei Arten niedriger Pflanzen, Insekten und Vögel. Wilde Exploitation führt nicht nur zur Bodenverdichtung, sondern auch zur Zerstörung der Streuschicht und der oberen Bodenschichten. Nebst Vernichtung der Bodenfauna können hierdurch auch seltene Floraelemente verlorengehen.

3.1.2. Entstehen von Bodendegradation

Geschätzt wird, dass 75% der flämischen Waldfläche sich in einem fortgeschrittenen Grad von chemischer und biologischer Bodenarmut befindet. Auch die physikalische Qualität des Bodens ist in vielen Fällen stark angegriffen.

Die anwesende Bodendegradation ist zwar zum Teil die Folge von natürlichen Degradationsprozessen, aber ist hauptsächlich auf allerlei waldbauliche Handlungen, die im Laufe der Geschichte vorgenommen wurden, zurückzuführen : Übernutzungen, Entfernen von sekundären Baumarten, Streunutzung, Homogenisierung von Beständen, Anbau von Nadelhölzern, Kahlschlag- und Exploitationssysteme, usw. Die Auswirkung der rezenten Zerstörungen von externer Art, durch Versauerung und Überdüngung, ist in der Gesamtheit vielleicht noch zu vernachlässigen, obwohl sein direkter Einfluss offensichtlich gross ist. Letztes ist zu erklären, da die kritische Grenze von Versauerung schon näher gerückt war und jetzt leicht überschritten werden konnte. Baumarten haben einen typischen Effekt auf die chemische Charakteristik des Bodens. Die Hauptbaumarten, Eiche, Buche, Fichte, Kiefer, üben einen mehr oder weniger degradierenden Einfluss auf den Standort aus, es sei dass genügend Nebenbaumarten mit einer günstigen Wirkung auf die Bodenaktivität anwesend sind. Die Baumartenwahl ist sehr wichtig zur Prävention oder Beschränkung der bodenversauernden Wirkung.

Die Qualität der Heideböden, die im vorigen Jahrhundert wiederaufgeforstet wurden, war zweifellos kleiner als diese worauf noch der natürliche Eichen-Birkenwald gestanden hat. Durch Streunutzung wurden Mengen von Mineralen von diesen von Natur aus armen Böden geraubt. Podsolisation war hauptsächlich eine Folge von menschlicher Handlung.

Das Verschwinden von sekundären Baumarten, durch ein wertvolles Blattstreu charakterisiert, und die Dominanz von Eiche und Buche haben auf die lehmartigen Böden gleichfalls einen negativen Einfluss ausgeübt.

Die biologische Bodenaktivität wird vor allem durch die Art des Bodens bestimmt, aber auch die Baumart spielt eine wichtige Rolle. In geringerem Masse kommen auch die Bestandesdichte und die Betriebszeit in Betracht. Änderungen in der Baumartenzusammensetzung und weitgehende Versauerung führten zu einer geringen biologischen Bodenaktivität, durch die Abwesenheit von Regenwürmer charakterisiert. Wiedereinführung dieser Arten ist sehr schwierig, aber würde grosse Vorteile haben.

Durch Interaktion entsteht gleichfalls eine ungünstige physikalische Bodenstruktur. Kennzeichnend hierfür ist die zunehmende Bodenverdichtung, die vor allem die letzten Jahrzehnte wegen nicht sachkundiger Waldexploitation zugenommen ist. Eine Bodenverdichtung wird oft durch Tretpflanzen oder Feuchtindikatoren bezeichnet : Flatter-Binse (*Juncus effusus*), Winkel Segge (*Carex remota*), Kleinblütiges Springkraut (*Impatiens parviflora*). Das wichtigste Problem ist dass solche Böden nicht mehr für mehr anspruchsvolle Baumarten, die dank der günstigen Blattstreu eine bodenverbessernde Wirkung haben, geeignet sind.

Auch in diesen Prozessen spielen die Baumarten eine wichtige Rolle. Bei einer verlangsamt Zersetzung des Streues entstehen wasserlösliche organische Säuren, die niederwärts migrieren, Eisen und Aluminium auswaschen und also die Bodenstruktur angreifen. Der Unterschied zwischen den Baumarten hinsichtlich des Einflusses auf die bodenphysikalischen Merkmale, wie spezifisches Gewicht, Porenverteilung, Krümelstruktur und Feuchtgehalt, ist ganz gross. Eine schlechte Baumartenwahl trägt also zur Bodenverdichtung bei (Muys, 1993).

Zerstörungen von Waldböden sind vom Bodentyp abhängig. Chemisch arme Sandböden werden in der Regel mehr als Wälder auf reicheren Böden mit versauernder und eutrophierender Deposition belastet. Lehmböden dagegen sind gegen Kompaktion viel empfindlicher. Wälder auf alluvialen Böden in Bachtälern haben eine grosse Pufferwirkung. In diesen Wäldern gibt es keine Netto-Auswaschung von Mineralen (Van Slycken, 1992). Nasse Talböden sind wohl gegen Bodenverdichtung empfindlich. Diese ist jedoch umkehrbar, weil hier in der Regel eine aktive Bodenfauna anwesend ist. Alluviale Wälder sind jedoch vor allem gegen Austrocknung empfindlich.

Erholung von degradierten Waldböden ist nicht einfach und erfordert viel Zeit. Ein integrierter Ansatz ist notwendig. Auf Sandböden soll zuerst ein Humuskomplex aufgebaut werden, wozu die Nadelhölzer fähig sind. Nachher können auch hier mehr anspruchsvolle Baumarten angepflanzt werden. Auf degradierten, lehmartigen Böden ist das Wachstum von anspruchsvollen Baumarten nur nach Bodenverbesserung mit Kalk möglich. Hier sollte auch versucht werden wieder Regenwürmer einzuführen.

Das Obenstehende zeigt deutlich, dass die Baumartenwahl für das Erhalten der Bodenfruchtbarkeit enorm wichtig ist und deshalb auch für die Realisation einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung.

3.2. Zerstörungen des Waldes durch externe Sektoren

Es ist bemerkenswert, dass Zerstörung des Waldes durch externe Faktoren vor allem eine Erscheinung der letzten Jahrzehnte ist. Fragmentierung hat das Waldökosystem jedoch schon seit längerer Zeit angegriffen. Die externen Faktoren sind, mit Ausnahme der Erholung, von abiotischer Art. Zusammen haben sie einen kumulativen Effekt, gegen den kaum waldbauliche Massnahmen ergriffen werden können.

3.2.1. Versauerung

Infolge eines Niederschlagsüberschuss ist Bodenversauerung in Flandern ein natürlicher Prozess. Diese Prozesse wurden und werden jedoch durch den Mensch auf verschiedene Weisen verstärkt. Die Umwandlung von Wald nach Heide hat zur Verarmung des Bodens geführt. Aber auch das Ersetzen von Baumarten mit einem milden Blattstreu durch Arten mit einem schwierig zerlegbaren Streu hat gleichfalls einen degradierenden Effekt.

Luftverunreinigung mit NH_3 , NO_x und SO_2 ist zur Zeit ein sehr wichtiger externer Grund von Versauerung. Ein wichtiger Teil der versauernden Stoffe setzen sich als trockene Substanz auf die Vegetation ab (Van Breemen et al., 1992). Weil die Depositionsfläche der Wälder gross ist, filtern Wälder und Waldränder mehr verunreinigende Stoffe aus der Atmosphäre als andere Ökosysteme. Die Krone von Nadelbäumen fangen auch mehr trockene Substanz auf, als die von Laubbaumarten.

Geschätzt wird, dass ungefähr 75% der Waldböden in Flandern tiefgreifend degradiert sind (Muys, 1993). Der pH Wert des Bodenwassers ist in vielen Fällen deutlich niedriger als 4. Ronse et al. (1988) zeigten, dass der Säuregrad von Wald- und Heideböden über eine Periode von 25 Jahren mit durchschnittlich 0,6 Einheiten abgenommen hat. Seinerseits stellte Fernandez (1996) während der letzten 10 Jahre .noch eine weitere Abnahme von 0,1 bis 0,8 Einheiten fest.

Die Versauerung der Waldböden hat seinen Einfluss auf die Vegetation, die (Boden)fauna und die Vitalität der Bäume. Im allgemeinen nimmt die Zahl von Pflanzen und Tierarten durch zunehmende Versauerung ab (Dams und Moens, 1994) : hierbei werden folgende Prozesse durchlaufen : erhöhte Abundanz von bestimmten Arten → Dominanz von bestimmten Arten → Verschieben der Artenzusammensetzung → Verschwinden von Arten.

Bei einem niedrigen pH Wert verschwinden säureempfindliche Arten und kommen Indikatoren von Versauerung zum Vorschein. Arten, die gegen hohe Al^3 - Konzentrationen tolerant sind und die N in ammoniakalischer Form aufnehmen können, festigen sich. Viele Heidearten sind hierzu fähig (Runge und Rode, 1991), die Frühlingsflora von Wäldern in der Regel jedoch nicht (Falstengren-Grerup, 1993). Besonders bekannt ist die Empfindlichkeit von vielen epiphytischen Flechten gegen die Versauerung der Rinde worauf sie leben. Infolge der hohen Sauredosition wurde deshalb in ganz Europa ein dramatischer Rückgang festgestellt (Johnsen & Sochting, 1973). Aber auch bei Baumarten gibt es säureempfindliche und tolerante Arten. Durch die allgemeine Bodendegradation, einschliesslich Versauerung, können auf vielen Böden noch kaum anspruchsvolle Baumarten mit einem guten Blattstreu wachsen. Auf diese Weise werden die Degradationsprozesse noch beschleunigt und ist die Umkehrbarkeit sehr schwierig. Wegen des heutigen Zustandes der Waldböden soll der Baumartenwahl viel Aufmerksamkeit gewidmet werden. Auf ehemaligen Heideböden ist eher von einer natürlichen Anreicherung (Retrophierung) durch Baumarten die Rede als von einer Verarmung. Der Gefahr für Bodenverarmung ist grösser auf reicheren Böden. Um einer

schnellen Degradation dieser Böden vorzukommen, ist es abzuraten hier Baumarten mit einem schlecht zerlegbaren Streu grossflächig anzupflanzen. Auf stark sauren Lehm- und Sandböden ist es dagegen wichtig Baumarten mit milder Blattstreu einen grösseren Anteil zu geben um so die Bodenfruchtbarkeit einigermaßen zu erhöhen. Für sandige Böden kommen hierzu vor allem Birken (*Betula* spp) in Betracht, weil für die Lehmböden die Winterlinde (*Tilia cordata*) und der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) gute Perspektiven bieten. Bodenversauerung, verbunden mit Änderungen in der Waldvegetation, hat auch einen negativen Einfluss auf die Bodenfauna. Dieser kommt vor allem in die Streuzersetzung zum Ausdruck. In basischen Böden beschäftigen sich hauptsächlich die Arthropoden und die Enchytraeidae mit der Streuzersetzung. In sauren Böden dagegen sind Fungi und Bakterien die wichtigsten Organismen im Zersetzungsprozess (Mangenot, 1980). Die Regenwürmer spielen hierbei eine wichtige Rolle. Im Sonienwald wurden 80 Jahre nach der Aufforstung mit verschiedenen Baumarten auffallende Unterschiede in der Bodenfauna wahrgenommen. Unter Bergahorn wurden tiefgrabende Regenwürmer gefunden, aber nicht unter Buche (Muys, 1993).

Selbstverständlich beeinflusst Bodenversauerung die Vitalität der Bäume. Zur Sache ist das Verhältnis von Ca^2 und Mg^2 zu Al^3 im Bodenwasser von grosser Bedeutung : wenn es kleiner als 1 ist führt dieses bei säureempfindlichen Arten zu Ernährungsstörungen und Beschädigungen der Haarwurzeln. Hohe Al^3 Konzentrationen erschweren übrigens die Aufnahme von Phosphor und basischen Kationen (Clegg & Gobran, 1995).

3.2.2. Überdüngung

Überdüngung hängt zu einem gewissen Grad mit Versauerung zusammen. Sie verweist insbesondere auf ein Übermass von N und P. Hohe N-Emissionen haben nicht nur eine Versauerung zur Folge, sondern auch eine Eutrophierung

In Versuchsflächen des flämischen Waldbodenmessnetzes wurden 1994 anorganische Stickstoffdepositionen von 24 kg/ha/J bis mehr als 60 kg/ha/J gemessen. Dies ist ungefähr das Doppelte von dem, was in Fichtenwäldern im Westen von Deutschland gemessen wird. Die NO_3 Depositionen in den Wäldern sind mit diesen auf dem freien Feld vergleichbar, aber die Depositionen von Ammoniumstickstoff sind im Wald durchschnittlich fast 8 mal höher als auf dem freien Feld.

In vielen Wäldern sind die hohen Phosphorkonzentrationen der Böden eine historische Gegebenheit und als solche keine akute Bedrohung. Demgegenüber stehen die Wälder mit niedrigen Phosphorkonzentrationen, in denen ein Übermass an P zu einem Gestrüpp von Grosser Brennnessel (*Urtica dioica*) führt, der Indikator wie kein anderer von einem hohen Phosphorangebot. Da ähnliche Waldtypen selten sind, ist es sehr wichtig hier eine Anreicherung mit P vorzukommen.

Die Effekte von Stickstoffüberdüngung kommen in den Waldboden, der Vitalität der Bäume und im allgemeinen in der Vegetation zum Ausdruck.

Durch eine erhöhte N-Immission ist mehr N in einer aufnehmbaren Form im Waldboden zur Verfügung. Aufforstungen von Heideböden, durch einen Mangel an Nährstoffen charakterisiert, profitieren von einer erhöhten Zufuhr von N. Also kann das Waldökosystem für den Aufbau von einem Mineralvorrat in der Streuschicht sorgen (Rode, 1995). Bis zu einem gewissen Grade stimuliert die erhöhte Verfügbarkeit der Minerale das Wachstum und die Vitalität der Bäume. Da jedoch für die Pflanzenernährung vor allem die Verhältnisse von Stickstoff mit anderen Elementen von Bedeutung

sind, kann dies zu Ungleichgewichten führen (De Vries, 1988). Ausserdem kann ein hoher Stickstoffgehalt in den Assimilationsorganen zu einer verminderten Resistenz gegen Frost, Schimmel und Insektenangriffen führen (Dueck et al., 1991; Clement, 1995; De Vries, 1988). Die erhöhte Empfindlichkeit von Kiefern für den Schimmelbefall *Sphaeropsis sapinea* kann in Zusammenhang gebracht werden mit dem N-Gehalt der Triebe. Mycorrhizaformende Fungide gehen infolge hoher Stickstoffdepositionen stark zurück (Taylor, 1995). Die Keimung von Samen und das Wachstum von Sämlingen können stark erschwert werden.

Pflanzen- und Tierarten reagieren verschiedenartig auf eine erhöhte Verfügbarkeit von Nährstoffen. Vor allem Pflanzen und Tiere, die von nahrungsarmen oder mäßig nahrungsarmen Standorten abhängig sind, gehen stark zurück. Die Effekte von Stickstoffanreicherung auf die Bodenvegetation sind nicht immer eindeutig. In jungen Kiefernwäldern wird gezeigt, dass Vertreter der Heidefamilie (Ericaceae) stark zurücktreten mit zunehmendem N-Vorrat, was jedoch in jungen Beständen nicht der Fall ist. In jungen Beständen wird gleichfalls ein Effekt auf die Zusammensetzung der natürlichen Verjüngung notiert: Kiefern sämlinge dominierten in den nicht gedüngten Versuchsflächen, Birkensämlinge in den am stärksten gedüngten (van Dobben, 1993). Allgemein treten in den Krautschicht von Wäldern auf Sandböden die selben Prozesse auf wie auf Heideböden, nämlich Dominanz von Gräsern mit Draht Schmiele (auf die trockene Plätze) und Pfeifengras (auf feuchtige Plätze). Arten wie die Brombeere, Breiter Wurmfarne (*Dryopteris dilatata*) und Weiches Honiggras (*Holcus mollis*) verbreiten sich stark, weil die Zahl kennzeichnender Arten von nahrungsarmen Eichen-Birkenwäldern, wie die Wiesen-Wachtelweizen (*Melampyrum pratense*) und die (Blaubeere), stark zurücktritt. Bemerkenswert ist das Wachstum von Ackerunkräutern abhängig von der Art der Hiebsflächen und Waldränder, vor allem zwischen den nachlassenden Bäumen. Eine Verschiebung der Vegetation ist auch an der starken Entwicklung von mehr stickstoffliebenden Arten, wie Spät-Traubenkirsche und Holunder zu bemerken.

Die Bodenfauna reagiert im Fall von Zufuhr von tierischem Mist auf dieselbe Weise wie die Vegetation. Diese Änderungen führen zu Verschiebungen in der Artenzusammensetzung und letztlich zum Verschwinden von Arten. Eine beschränkte Zahl von Tierarten profitiert durch erhöhten Nahrungsreichtum. Also nimmt infolge Düngung und Kalkung (wenigstens bis zu einem gewissen Grade) die Zahl der Regenwürmer im Boden zu. Allgemein sind Nahrungsarme Waldtypen, wie Eichen- und Birkenwälder, Birkenbrüche und mesotrophe Erlenbrüche besonders empfindliche Biotope für Überdüngung. Aber nicht nur auf armen Böden ist es möglich einen Effekt erhöhter Stickstoffdeposition zu zeigen. In N.O. Frankreich werden innerhalb einer Periode von 20 Jahren Verschiebungen in der Vegetation von Wäldern auf kalkreichen Böden festgestellt. Vor allem entlang des Waldrandes wird eine Ansiedlung oder eine Zunahme von Stickstoffindikatoren festgestellt (Thimonier et al., 1992).

3.2.3. Fragmentierung

Fragmentierung hat ernste Folgen auf Ökosysteme und Populationen, besonders durch Randeffekte und Verlust vom räumlichen Zusammenhang zwischen Biotopen (Antrop et al., 1994).

Hinsichtlich abiotischer Randeffekte sehen wir an Waldrändern eine Zunahme von Strahlungsniveau, Temperatur und Windgeschwindigkeit. Dies führt zu Änderungen in der Waldvegetation bis ca. 30 m vom Rand. Waldränder sind auch für Windschaden empfindlicher. Je nachdem die Biotope kleiner werden sind sie auf hydrologischen Flächen stärker von der Umwelt abhängig und verletzbarer für

Immissionen verschiedener Stoffe. Kleinere Gebiete sind auch mehr für Leute zugänglich. Strassen üben einen starken Randeffect auf Brutvögel aus, bis ca. 50 m bei manchen Waldvögeln.

Der wichtigste biotische Randeffect ist die Anwesenheit von biotopfremden Arten. Die totale Artendiversität liegt meistens hoch in Randzonen, aber die betroffenen Arten sind oft Opportunisten oder Generalisten mit einem beschränkten Wert für den Naturschutz. Fremde Tierarten interagieren mit den biotopeigenen Arten als Wettbewerber für Ernährung oder Nestplätze, als Predator oder als Verbreiter von Nutrimenten, Samen und Parasiten. Eine Zahl typischer Waldpflanze ist weniger zahlreich in einer Zone von 15 bis ca 100 m entlang dem Waldrand.

Je nachdem die Isolation zunimmt, werden die internen ökologischen Prozesse stärker durch die Fläche des Gebietes und/oder dem Umfang der Population bestimmt. Der meist direkte Flächen-Effekt ist, dass das Minimumareal für manche Tiere nicht mehr erreicht wird, zum Beispiel für grosse Gräser und Toppredatoren. Bei der Minimumfläche für Wälder können die bestehenden Leitzahlen zusammengefasst werden in einer 5-50-500 Regel in Hektaren : ungefähr 5 Hektar um Randeffecte wenigstens im Zentrum zu eliminieren, 50 Hektar um eine typische Artenzusammensetzung zu bekommen und 500 Hektaren um auf Zeit lebbare Populationen von den typischen Arten zu beherbergen. Ein anderer Effect ist das Verschwinden von natürlichen grossen Zerstörungen, wie unkontrollierte Brände. Die Folge ist, dass die natürliche Umweltdynamik abnimmt. Allgemein wird festgestellt, dass kleinere Biotope weniger Arten enthalten. Die Kenntnis dieser ökologischen Mechanismen ist noch sehr unvollständig und oft rein theoretisch. Die beststudierten Habitattypen sind Wälder und die beststudierten Organismen sind Vögel. Vor allem die Barriereeffekte von befestigten Strassen sind studiert. Strassen können eine psychologische Barriere formen (u.a. Wirbellose, Mäuse und Amphibien) und/oder ein hohes Sterben verursachen. Die Zahl der Verkehrsoffer (nur Wirbeltiere) beträgt in den Niederlanden ungefähr eine Million pro Jahr. Beim Dachs ist der Verkehr weitaus die wichtigste Todesursache. Fragmentierung hat auch sekundäre Folgen, weil Interaktionen zwischen Arten verschoben werden oder wegfallen. Es ist meistens auch mit Verschiebungen im Landgebrauch und Umweltqualität verbunden. Deswegen ist es auch schwierig den Rückgang von bestimmten Arten der Fragmentierung zuzuschreiben. Es gibt beschränkte Anweisungen, dass Fragmentierung in den Niederlanden dem Rückgang des Dachses und manchen Laubkäfern beigetragen hat. Das Aussterben von Arten infolge Fragmentierung ist in hohem Masse unumkehrbar wegen des Ausbleibens von Wiedereinbürgerung.

3.2.4. Austrocknung

Die Effekte einer Senkung des Grundwasserspiegels haben einen hydrologischen, einen bodenphysikalischen und einen bodenchemischen Charakter (Van der Velden et al.,1994). Grundwassersenkung kann die Feuchtversorgung der Pflanzen gefährden. In Flandern sind ungefähr 30% der höheren Pflanzen vom Grundwasser abhängig (Phreatophyten). Von den 65 obligaten Phreatophyten, die in den flämischen Waldgebieten vorkommen, sind 29 (45%) gegen Grundwassersenkung sehr empfindlich.

Eine Senkung des Grundwassers gibt dem infiltrierenden Oberflächenwasser, das allgemein einen niedrigen Säuregrad hat, mehr Raum. Hierdurch kann die Pufferwirkung des Grundwassers in Bezug auf den Säuregrad angegriffen werden, was zur Versauerung führt. In bestimmten Fällen kommt hierdurch extra Phosphor frei.

Durch Grundwassersenkung nimmt die Menge Luft im Boden zu und steigt die Temperatur schneller. Durch eine Zunahme der aeroben Prozesse nimmt die Zersetzung von organischen Bestandteilen im Boden zu (Mineralisation).

Mehrere Ursachen führen zu einer Senkung des Grundwasserspiegels. Auch die Waldwirtschaft kann hierbei eine Rolle spielen. Übrigens werden die Effekte von Grundwassersenkungen in der Waldwirtschaft nicht immer auf dieselbe Weise beurteilt. Eine Senkung kann einerseits zu verbesserten Wachstumsbedingungen führen, wie bei Drainage von wasserreichen Böden für Pappelanpflanzungen, aber andererseits auch zum Qualitätsverlust und einer erhöhten Verletzbarkeit der Wälder. Ein Mangel an Wasser erhöht den Wettbewerb, vermindert die Wachstumskraft und bringt die Bäume in einen erhöhten Stresszustand, wodurch die Empfindlichkeit für Krankheiten steigt.

3.2.5. Klimaänderungen

Nicht nur mit eventuellen Temperatursteigerungen, sondern auch mit der Quantität und der Verteilung des Niederschlages und allgemein mit dem mannigfaltigeren Vorkommen von Extremen sollte man rechnen (IPCC, 1990 en 1992). Zu erwähnen ist jedoch, dass grosse Entwaldungen in tropischen und subtropischen Gebieten wesentlich zu Klimaänderungen beitragen.

Die Effekte von erhöhter CO₂ Konzentration sind noch schwierig zu evaluieren, sicher am lokalen Niveau. Zuverlässige Vorhersagen über den Einfluss auf die Verbreitung, die Zusammensetzung und die Produktivität von Waldökosystemen sind noch immer nicht vorhanden. Zusammen mit diesen Änderungen wird selbstverständlich auch der Bodentyp beeinflusst.

Waldökosysteme wirken jedoch einer Zunahme des CO₂ Gehaltes entgegen. Wälder legen in der Tat grosse Mengen C fest und nehmen, dank einer erhöhten Photosynthese, mehr CO₂ auf. Die Wirkung ist jedoch nicht eindeutig. Also resultiert eine zunehmende CO₂ Konzentration in verlangsamer Transpiration, indessen eine erhöhte Temperatur die Transpiration ansteigen lässt (Muys & Lust, 1994).

3.2.6. Angreifen der Ozonschicht

Eine Reduktion der Ozonkonzentration der Stratosphäre mit 10% verursacht eine Zunahme des UV-Lichtes um 20 bis 50%, von der Wellenlänge der Strahlung abhängig. UV Strahlung ist dank des hohen Energieinhaltes im Stande biologische Moleküle, wie DNA, Proteine, Chlorophyl und andere Pflanzenpigmente, zu schädigen. Hierdurch wird der Photosyntheseprozess der Pflanzen zerstört (Treshaw & Anderson, 1989). Es ist noch zu früh um die Folgen dieser Zerstörungen auf das Waldökosystem einzuschätzen.

3.2.7. Photochemische Pollution

Durch Angreifen der UV-Strahlung auf NO_x können in der niedrigen Atmosphäre Photo-Oxydantia entstehen, von denen Ozon das wichtigste ist. In einer mehr oder weniger sauberen Umwelt beträgt die Ozonkonzentration 39 µg/m³ (Smith, 1981). Ozon ist ein besonders starkes Oxydant, das jede Oberfläche, womit es in Kontakt kommt, angreift.

Hinsichtlich der Folgen photochemischer Pollution auf Waldökosysteme ist nur sehr wenig bekannt.

3.2.8. Lärm

Lärm beeinflusst die Fauna von Waldökosystemen. Forschung durch Reynen & Thisen (1986) in den Niederlanden betreffs des Einflusses des Verkehrs auf Brutvögelpopulationen hat gezeigt, dass entlang von Strassen die Zahl der anwesenden Arten und die gesamte Dichte um 5% bis 10% niedriger ist. Die Maximumeffektabstände variieren von 500 m bis 1800 m zu der Verkehrsachse.

Weitere Forschung sollte die Folgen von Lärmquellen auf Fauna noch vertiefen.

3.2.9. Erholung

In Flandern beschäftigt sich fast die Hälfte der Bevölkerung während des Wochenendes mit irgendeiner Erholungsform auswärts. Familienbesuch (35%) und Freiluft-erholung (23,2%) sind die wichtigsten Erholungsaktivitäten. Regelmässiger Waldbesuch und eine Rundfahrt mit dem Wagen sind die wichtigsten Formen von Freiluft-erholung.

In Flandern stehen nur 35 m² zugänglicher Wald per Einwohner zur Verfügung, indessen allgemein 100 m² als Norm angenommen wird. Die heutige Walderholung überschreitet die biologische, technische und psychologische Aufnahmekapazität oder Tragkraft der flämischen Wälder. Dieser schwer erholbare Überdruck führt zu der Beschränkung der anderen Waldfunktionen und zur Verarmung des Waldökosystems (S.A., 1993).

4. Diskussion

4.1. Überblick der Situation

Obwohl die Steigerung des Druckes abgenommen hat, stehen Umwelt und Natur noch unter schwerem Druck. Diese Problematik umfasst verschiedene Faktoren, die mit einander und mit der Gesellschaft verbunden sind und kumulativ einwirken. Bestimmte Naturelemente sind schon unumkehrbar vernichtet. Eine Reihe von technischen Massnahmen wurden zwar mit einem gewissen Erfolg getroffen, aber auf vielen Gebieten ist eine Wende noch notwendig : Preise der Rohstoffe sollen steigen, die Behörden sollen eine führende Rolle spielen, ein jeder soll sich anstrengen, fundamentale Massnahmen sollen getroffen werden. Der Weg ist noch lang und unbekannt.

Im Rahmen der globalen Umweltproblematik spielt die Waldwirtschaft nur eine untergeordnete Rolle. Es ergibt sich nur als ein dominantes Problem in Bezug auf die Biodiversität. Die Relationen mit anderen Umweltproblemen, wie Versauerung, Überdüngung, Fragmentierung, Austrocknung und Treibhauseffekt, kommen nicht allgemein zum Ausdruck, obwohl sie für das Waldökosystem selbst von grosser Bedeutung sind. Die gesellschaftliche Aufmerksamkeit für den Wald ist deutlich sehr beschränkt.

Waldwirtschaft ist eine Aktivität die, im Vergleich mit anderen Sektoren, einen sehr grossen Vorteil hat : die Produktionsprozesse sind sehr umweltfreundlich. Die primären Produktionsfaktoren, nämlich Sonne, Nutrimente, Wasser und CO₂, werden nur sehr wenig belastet. Sekundäre Produktionsfaktoren, wie Düngung, Biozide und Strassenbau, sind praktisch zu vernachlässigen. Die Silva Gandavensis 62 (1997)

Holzernte kann nicht als belastend betrachtet werden, wenigstens wenn die Exploitation und die Bewirtschaftung auf eine angemessene Weise geschehen. Eben mehr, die Anwesenheit des Waldes übt einen positiven Einfluss auf die Umwelt aus.

Dennoch unterliegt das Waldökosystem vielen Zerstörungen unterliegend. Sehr wichtig, u.a. wegen ihres längeren historischen Charakters, sind die Zerstörungen, die durch den eigenen Sektor verursacht wurden. Sie haben hauptsächlich zu einem Verlust an Biodiversität und zum Entstehen von Bodendegradation geführt.

Mehrere waldbauliche Tatsachen erklären, nebst anderen menschlichen Aktivitäten, den Verlust an Biodiversität : Einschränkung der Waldfläche (was mit Fragmentierung gepaart ist), Anbau von Nadelhölzern und von Exoten, meistens in homogenen Beständen, die Umwandlung von Niederwald und Mittelwald, die Zerstörung der Waldränder, das Verschwinden der offenen Plätze, das beschränkte Angebot an alten und toten Bäumen , Anbau von neuen Wäldern in wertvollen Naturgebieten.

Gleichzeitig mit dem Verlust an Biodiversität ist Bodendegradation entstanden, zum Teil infolge natürlicher Bedingungen, aber auch größtenteils durch allerlei waldbauliche Maßnahmen im Laufe der Jahrhunderte. Der Impakt von externen Faktoren, der eigentlich noch sehr rezent ist, ist zu vernachlässigen. Geschätzt wird, das 75% der flämischen Waldfläche in einem fortgeschrittenen Grad von chemischer und biologischer Armut sich befindet. Durch Interaktion entsteht auch eine ungünstige physikalische Bodenstruktur, durch Bodenverdichtung gekennzeichnet. Bodenverbesserung in Wäldern ist deshalb notwendig.

In den letzten Jahrzehnten steht der Wald unter starkem Druck von externen, abiotischen Faktoren. Durch anthropogene Versauerung wurde der natürliche Versauerungsprozess stark beschleunigt. Wälder, besonders Nadelhölzer, haben das doppeldeutige Kennzeichen, dass sie viel Pollution filtern, hauptsächlich trockene Substanz. Hierdurch sind gerade die Waldränder sehr empfindlich. Versauerung der Waldböden hat negative Effekte auf die kraut- und baumartige Vegetation , die Bodenfauna und die Vitalität der Bäume. Auf vielen Plätzen können kaum noch anspruchsvollere Arten , mit einem milden Streu, wachsen, so dass die negative Spirale sich weiterdreht. In dieser Hinsicht ist es wichtig zu erwähnen dass die Gefahr für Bodenverarmung auf reichen Böden größer ist . In engem Zusammenhang mit Versauerung steht die Problematik der Überdüngung, die hauptsächlich Anlass zur Eutrophierung gibt. Eine erhöhte Verfügbarkeit von Mineralen kann, zu einem gewissen Grade, das Wachstum und die Vitalität der Bäume steigen lassen, aber ein hoher Stickstoffgehalt kann auch Anlass zu einer verminderten Resistenz gegen Frost, Schimmel- und Insektenangriffen sein. Durch Überdüngung nimmt der Wettbewerb einer Zahl banaler Arten stark zu, indessen die Zahl nahrungsarmer Wälder abnimmt.

Fragmentierung ist ein externer Faktor mit einem historischen Charakter. Sie hat einen negativen Einfluss auf die Waldränder, die viel verletzbarer werden, sie führt zum Einführen von biotopfremden Arten, vermeidet das Zustandekommen von grössen natürlichen Zerstörungen und also auch von natürlicher Umweltdynamik und verhindert dass ein Minimumareal anwesend ist, nötig für das Vorkommen von manchen Tierarten. Eine besondere Problematik zur Sache formen die (befestigten) Strassen.

Austrocknung ist gleichfalls ein Phänomen mit einem historischen Charakter , das jedoch nur in den letzten Jahrzehnten grosse Probleme ergibt. Eine Senkung des Grundwasserspiegels hat einen hydrologischen, einen bodenphysikalischen und einen bodenchemischen Einfluss. Viel

Phreatophyten sind gegen eine Grundwassersenkung sehr empfindlich, was gleichfalls einerseits zu Versauerung und andererseits zu Mineralisation führt.

Zu erwähnen sind auch Zerstörungen, von denen nur wenig bekannt ist, aber die möglicherweise über kurze Zeit eine sehr grosse Bedeutung haben könnten. An erster Stelle wird hierbei an Klimaänderungen gedacht, die nicht nur die Vegetationstypen sondern auch die Bodentypen tiefgreifend verändern könnten. Gleichzeitig soll auf Zerstörungen verwiesen werden einerseits durch Angreifen der Ozonschicht in der Stratosphäre und andererseits durch Entstehung von Ozon in der unteren Atmosphäre. Hinsichtlich des Einflusses des Lärmes auf Ökosysteme ist die Kenntnis auch noch sehr beschränkt. Dagegen ist über den Impakt der Erholung auf die Natur viel mehr bekannt, wobei vor allem auf die biologische, technische und physiologische Aufnahmekapazität oder Tragkraft von Wäldern verwiesen wird.

4.2. Massnahmen um Umwelt- und Naturprobleme in der Waldwirtschaft zu lösen

Die Hauptziele der Waldwirtschaft in Flandern sind deutlich, nämlich Walderhaltung, Walderweiterung, nachhaltige Bewirtschaftung, Erhöhen der Biodiversität und der Stabilität, und Waldschutz. Hierfür ist ein juridisches Instrumentarium vorhanden, das sehr umfangreich ist, aber jedoch nicht immer als waldfreundlich betrachtet werden kann. Auch die Mittel zur Realisierung der Zielsetzungen sind nicht ausreichend.

4.2.1. Massnahmen zur Lösung von Problemen verursacht durch den eigenen Sektor

Inbesondere sollte die Biodiversität erhöht und die Bodendegradation vermieden werden.

- Die ökologische Funktion und der Gesamtwert der Wälder sollten mehr betont werden. Die Waldbewirtschaftung sollte mehr auf die Prinzipien von naturnaher Waldbewirtschaftung abgestimmt werden. Dieses sollte vor allem in öffentlichen Wäldern geschehen, aber auch in Privatwäldern.
- Die homogenen Kiefern- und Buchenwälder sollten zu Waldtypen mit einer höheren Biodiversität, natürlichen Verjüngung, alten Bäumen und einer wichtigen Menge totes Holzes umgewandelt werden.
- Die Verwendung von Exoten sollte vernünftig geschehen. Die Exoten selbst sollten nicht verboten werden, aber ihr Gebrauch und Bewirtschaftung sollte auf eine vertretbare Weise geschehen.
- Dem Gebrauch von einheimischen Arten, insbesondere Arten mit einem milden Streu, sollte viel mehr Aufmerksamkeit gegeben werden.
- Ein Netzwerk von repräsentativen Waldreservaten sollte ausgearbeitet werden, wobei hauptsächlich nach integralen Waldreservaten gestrebt werden sollte.
- Bodenverdichtung infolge unfachmännischer Waldexploitation sollte vermieden werden. Waldexploitation sollte auf eine umweltfreundliche Weise geschehen.
- Der Naturwert von Pappelwäldern sollte in wesentlichem Mass erhöht werden. Die Voraussetzungen sind einfach: Vermeiden einer starken Drainage, Anwendung einer

umweltfreundlichen Exploitation und Anbau einer Unterschicht mit standorteigenen einheimischen Baumarten oder Sträuchern.

- Der eventuelle Anbau von neuen Wäldern auf Böden mit einem hohen Naturwert sollte gut erwogen werden. Hierbei wird besonders an die Aufforstung von Talböden und an die Aufforstung von wasserreichen Böden gedacht. Aufforstung ist nicht überall zu empfehlen, aber darf auch nicht prinzipiell ausgeschlossen werden.

Das juridische Instrumentarium ist in Flandern größtenteils vorhanden, aber sollte verbessert werden in Bezug auf Walderweiterung, Bauernwald und Verfolgung. Insbesondere erscheinen zwei Anpassungen von grosser Bedeutung, vor allem im Privatsektor :

- Die Subventionsregelung sollte noch mehr die Anwendung einer naturnahen Waldwirtschaft betonen.
- Die Erbschaftssteuer auf den Wald, die 100% beträgt, sollte stark vermindert werden.

4.2.2. Massnahmen zur Lösung von Problemen, durch andere Sektoren verursacht

Weitaus die wichtigsten Massnahmen sollten getroffen werden in Bezug auf die Gruppe von Zerstörungen , die auf Versauerung, Überdüngung, Klimaänderung, Angreifen der Ozonschicht und photochemische Pollution Beziehung haben. Der Einfluss der Waldwirtschaft auf diese Gruppe ist jedoch beschränkt.

Trotzdem können und sollen waldbauliche Massnahmen genommen werden um die Folgen von anthropogener Versauerung aufzufangen.

Hierbei sollte ein Unterschied zwischen Wäldern auf armen Sandböden und Wäldern auf Lehmböden gemacht werden. Auf armen Sandböden sollte vor allem Humusbau angestrebt werden. Kahlschläge grösser als ein Hektar, völlige Bodenbearbeitung, Streunutzung, Düngung und Kalkung auf Kahlfächen sind unerwünscht. Nutrimentenverlust bei der Exploitation sollte durch Entrindung im Wald minimiert werden. Das Einbringen von standortseigenen Laubbaumarten und von Baumartenmischung sollte zentral stehen. Auf Lehmböden kann die Versauerung durch Kalkung, Anbau von Arten mit einer bodenverbesserenden Wirkung und eventuell durch Introdution von tiefwurzelnden Regenwürmern entgegengewirkt werden

Eine nachhaltige Lösung ist jedoch nur möglich, wenn die versauernde Deposition drastisch vermindert wird. Deshalb sollen Leitzahlen für die versauernde Deposition formuliert werden. In Flandern stellt der MINA-Plan 2000 folgende Depositionszielzetsungen (Dams & Moens, 1994) :

Ökosystem	Depositionszielsetzungen per ha und pro Jahr	Jahr	geforderte Reduktion in Hinsicht auf 1990
Laubwälder auf armen Sandböden	2400 Saureequivalente	2000	53%
Laubwälder auf reichen Böden	1800 Saureequivalente	2000	65%
Nadelhölzer auf Sandböden	1400 Saureequivalente	2010	65%
Laubwälder	14 kg N	2000	66%
mehr natürliche Baumarten- suzammensetzung in Nadelhölzern	5,6 kg N	2010	86%

Da 1990 noch eine Deposition von 5.126 Saureequivalente/ha/J und 40,8 kg Stickstoff/ha/J berechnet wurde, implizieren diese Zielsetzungen eine sehr wichtige Reduktion, die wahrscheinlich nicht erreichbar ist.

Andere Autoren sind noch strenger, wie Lenders (siehe Dams & Moens, 1994), die Leitzahlen von 400 bis 1400 Saureequivalente/ha/J erwähnen für nahrungsarme Nadelhölzer und 600 bis 1400 Saureequivalente/ha/J für nahrungsarme Laubwälder. Geypens et al. (1994) geben folgende Werte an :

	Leitzahl (kg N/ha)	Grenzwert (kg N/ha)
- Nadelhölzer	6-11	14
- Laubwälder	6-11	20

Weiters kann für eine allgemeine Abnahme der verunreinigenden Elemente zusätzlich an folgendes gedacht werden :

- Walderweiterung : liefert einen Beitrag zur Verminderung der steigenden CO₂ Konzentration.
- Aufforstung von verlassenem Landwirtschaftsböden : reduziert gleichzeitig die Zahl umwelt- und naturbelastender Aktivitäten.
- Anbau von Schutzwäldern und Puffergebieten : beschränken den zerstörenden Einfluss aus der Industrie, dem Verkehr, der Verstädterung, der Wasserversorgung, usw.
- Aufforsten von Restböden : ökologische und ökonomische Valorisation von Baggerschlammböden, usw.
- Öffnung einer genügenden Zahl von Wäldern und Anbringen der notwendigen Infrastruktur um Erholungsschäden zu beschränken.

Juridisch bedeutet dies zuerst, dass kräftige Massnahmen ergriffen werden sollten um die Verunreinigung innerhalb annehmbarer Grenzen zu halten. Dies erscheint jedoch eine Utopie. Gleichzeitig sollten die notwendigen Massnahmen getroffen werden, um die Walderhaltung zu sichern, die Wälder zu schützen und die Walderweiterung zu stimulieren:

- Entwaldung verbieten;
- Errichten eines Aufforstungsfonds;
- Kosten für Waldanbau steuerlich absetzbar machen;
- Verordnungen zur Reduzierung der Düngung in der Landwirtschaft.

Die Waldwirtschaft selbst schafft nur wenig Umweltprobleme, aber wird wohl durch die Umwelt stark bedroht. Der Wald, ursprünglich ein sauberes Stück Natur, bedroht gegenwärtig die Natur.

5. Literatur

- Antrop, M. et al. (1994). Versnippering van de open ruimte. In: Verbruggen, A. (ed.) : *Leren om te keren. Milieu- en natuurrapport Vlaanderen*, Garant, Leuven, 449- 472.
- Brown, A.H.F. & Oosterhuis, L. (1981). The role of buried seed in coppicewoods. *Biological conservation* 21, 19-38
- Dams, R. & Moens, L. (1994). Verzuring. In : Verbruggen, A. (ed.) : *Leren om te keren. Milieu- en natuurrapport Vlaanderen*, Garant, Leuven, 207- 234.
- De Vries, W. & Breeuwsma, A. (1985). De invloed van natuurlijke zuurbronnen, afvoer van biomassa en zure regen op de verzuring van Nederlandse bosgronden. *Nederlands Bosbouw tijdschrift*, 57, 4, 111-117.
- Dueck, Th.A. et al. (1991). Effect of ammonia, ammonium sulphate and sulphur dioxide on the frost sensitivity of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). *Water, Air and Soil Pollution*, 54, 35-49.
- Fernandez, J. (1996). Atmospheric Nitrogen Deposition - Impact on a coniferous Ecosystem in West Flanders. Thesis, University Ghent, 112 p.
- Geypens, M & Rutten, J. (1994). Vermesting. In : Verbruggen, A. (ed.) : *Leren om te keren. Milieu- en natuurrapport Vlaanderen*, Garant, Leuven, 245- 268.
- Hermly, M. (1985). *Ekologie en fytosociologie van oude en jonge bossen in Binnen-Vlaanderen*. Doctoraatswerk, Gent, Faculteit van de Wetenschappen, 755 p.
- Falkengren-Gerup, U. & Tyler, G. (1993). Experimental evidence for the relative sensitivity of deciduous forest plants to high soil acidity. *Forest Ecology and Management*, 60 : 311-326.
- IPCC (1991). *The IPCC Response Strategies*. WMO, UNEP.
- IPCC (1992). *Climatic change. IPCC 1990 and 1992 Assessments*. WHO, UNEP
- Johnsen, I. & Sochting, U. (1973). Influence of air pollution on the epiphytic lichen vegetation and bark properties of deciduous trees in the Copenhagen area. *Oikos*, 24, 344-351.
- Kalkhoven, J.Th.R. & Opdam, P.F.M. (1984). Vogelgemeenschappen en vegetatie in essenhakhout. *De Levende Natuur*, 85, 1, 3-9.

- Kirby, K.J. (1988). Changes in the ground flora under plantations on ancient woodland sites. *Forestry*, 61 (4): 317-338
- Londo, G. (1991). *Natuurtechnisch bosbeheer*. Pudoc, Wageningen, 190 p.
- Mangenot, F. (1980). Les litières forestières. Signification écologique et pédologique. *Revue forestière française*. XXXII, 4, 339-355.
- Meies et al. (1984). Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralboden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden. *Berichte des Forschungszentrums Waldökosystem, Reihe A, Band 7*, 1-67.
- Muys, B. (1993). Synekologische evaluatie van regenwormactiviteit en strooiselafbraak in de bossen van het Vlaamse gewest als bijdrage tot een duurzaam bosbeheer. *Doctoraatsproefschrift RUG, Gent*, 335 p.
- Muys, B. & Lust, N. (1994). Changes in the biogeochemistry of carbon in forest ecosystems : a literature review. In : Veroustraete, F. & Ceulemans, R. (eds.) : *Vegetation, Modelling and Climatic change effects*, 23-35.
- Reynen & Thisen (1986). *Landschap*, 4.
- Rode, M.W. (1995). Aboveground nutrient cycling and forest development on poor sandy soil. *Plant and Soil*, 168, 169, 337-343.
- Ronse, A. et al. (1988). Evolution of acidity, organic matter content, and CEC in uncultivated soils of north Belgium during the past 25 years. *Soil Science*, 146, 6, 453-460.
- Runge, M. & Rode, M.W. (1991). Effects of soil acidity on plant associations. In : Ulrich, B. & Sumner, M.E. (eds.) : *Soil acidity*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 224 p.
- S.A. (1993). *Lange Termijnplanning Bosbouw, Boekdeel I. Administratie Milieu, Natuur en Landinrichting, Bestuur Natuurbehoud en -ontwikkeling (Aminal)*.
- S.A. (1993). *Lange Termijnplanning Bosbouw, Boekdeel II. Administratie Milieu, Natuur en Landinrichting, Bestuur Natuurbehoud en -ontwikkeling (Aminal)*.
- Smith, W.H. (1981). *Air pollution and forests*. Springer Verlag, New York, 379 p.
- Tack, G., Van Den Bremt, P. & Hermy, M. (1993). *Bossen van Vlaanderen, Davidsfonds, Leuven*, 320 p.
- Taylor, A.F.S. (1995). Ectomycorrhizal response to environmental perturbation. *Proc. of BIOFOSP, Ljubljana*, 173-179.
- Thimonier, A. et al. (1992). Floristic changes in the herb-layer vegetation of a deciduous forest in the Lorraine Plain under the influence of atmospheric deposition. *Forest Ecology and Management*, 55, 149-167.
- Treshaw, M. & Anderson, F.K. (1989). *Plant stress from air pollution*. John Wiley and sons, Chichester, 283 p.
- Ulrich, B. et al. (1979). Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen in Solling. *Schrift. Forst. Fak. Göttingen u. Nieders. Forstliche Versuchsanstalt. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/M., Bd 58*, 273 p.

- Ulrich, B. (1991). An ecosystem approach to soil acidification. In : Ulrich, B. & Sumner, M.E. (eds.) : Soil acidity. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 224 p.
- Van Breemen, N. et al. (1982). Soil acidification from atmospheric ammonium sulphate in forest canopy throughfall. *Nature* 299, 548-55.
- Van Den Berge, K. (1994). Natuurgerichte Bosbouw en faunabeheer. *Groene Band*, 90, 28 p.
- Van der Velden, M. et al. (1994). Verdroging. In : Verbruggen, A. (ed.), *Leren om te keren. Milieu- en natuurrapport Vlaanderen.*
- Van Dobben (1992). Vegetation as a monitor for deposition of nitrogen and acidity. Doctoraatswerk, Rijksuniversiteit Utrecht, 214 p.
- Van Slycken, J. (1992). Bosbouw in vallei-ekosystemen. *Groene Band*, 87, 28 p.
- Verbruggen, A. (1994). *Leren om te keren. Milieu- en natuurrapport Vlaanderen.* Garant, Leuven, 823 p.
- Verbruggen, A. (1994). *Leren om te keren : Samenvatting . Milieu- en natuurrapport Vlaanderen,* Garant, Leuven, 9-32.
- Verheyen , R.F. et al. (1994). Verlies aan biodiversiteit. In : Verbruggen, A. (ed): *Leren om te keren. Milieu- en natuurrapport Vlaanderen.* Garant, Leuven.
- Volz, H. A. (1995). 10 Jahre Depositionsmessung in deutschen Wäldern- eine Synopse. *Forst und Holz*, 50, 16, 483-488.
- Yldrin, M. (1978). Der Nährstoffexport aus Fichtenbeständen in Abhängigkeit von Holzernteverfahren. Diss. Univ. Göttingen.