

# Auswirkungen des Waldsterbens auf die Lawinengefährdung von Siedlungen und Infrastruktur

Von *Michael Suda*

Das Thema Waldsterben ist inzwischen aus den Schlagzeilen der Massenmedien verschwunden, obwohl sich auch im Jahre 1988 der Gesundheitszustand der Wälder nicht grundlegend verbessert hat. Der Bayerische Alpenraum zählt nach wie vor zu den am schwersten vom Waldsterben betroffenen Gebieten. Niemand kann zum jetzigen Zeitpunkt vorhersagen, wie sich das Waldsterben weiterentwickeln wird. Sollte die Situation eintreten, daß sich der Gesundheitszustand drastisch verschlechtert, so wären die Auswirkungen auf Siedlungen, Infrastruktur und die Bevölkerung der Alpen kaum vorstellbar.

Der Lawinenschutz, der hier im Mittelpunkt stehen wird, ist lediglich ein Teilbereich, der durch das Waldsterben beeinträchtigt werden könnte. Jedoch zeigt bereits die Betrachtung dieses Ausschnitts, wie komplex die Fragen und wie schwierig der Versuch einer Beantwortung ist. Anstelle von Information und Wis-

sen treten vielfach Annahmen und Hypothesen. Wir wissen letztlich viel zu wenig, um genaue Prognosen aufzustellen. Die Abschätzung möglicher Folgen des Waldsterbens ist daher ein Balanceakt zwischen der Komplexität der Zusammenhänge, die wir nur teilweise kennen und der Notwendigkeit, bereits jetzt Entscheidungen treffen zu müssen, ohne zu ahnen, wie sich diese im einzelnen auswirken werden.

Die monetäre Bewertung möglicher Folgen ist als ein Hilfsmittel zu verstehen, um in einer Welt, die an Zahlen glaubt, auf die Dringlichkeit des Handelns hinzuweisen. Es geht jedoch bei der Bewertung nicht darum, zu zeigen, wieviel Geld es kosten würde, den Lawinenschutz durch technische Bauwerke zu ersetzen, sondern welche Geldmittel wir einsparen und alternativ einsetzen müssen, um die Ursachen des Waldsterbens zu bekämpfen.

## 1. Einleitung

Das Thema Waldsterben ist inzwischen aus den Schlagzeilen in die Rubrik Vermischtes gerutscht. Tatsache ist jedoch, daß sich der Gesundheitszustand auch im Jahr 1988 nicht grundlegend verbessert hat. Die Auswirkungen bei einer weiteren Verschlechterung des Gesundheitszustandes auf den Lebensraum Alpen, der am stärksten vom Waldsterben betroffen ist, wären kaum absehbar. Betrachtet man die Ergebnisse der Waldfunktionsplanung für den Bayerischen Alpenraum, zeigt sich, daß 63% des Waldes die Vorrangfunktion Bodenschutz, 42% Lawinenschutz und 64% Wasserschutz zu erfüllen haben (PLOCHMANN, 1985).

Das vom Bergwald geprägte Landschaftsbild und die Erfüllung der Schutzaufgaben bilden eine wichtige Lebensgrundlage für die Bevölkerung. Rund 60% aller Übernachtungen in Bayern finden im Bayerischen Alpenraum statt. Der Fremdenverkehr hat sich zum bedeutendsten Wirtschaftsfaktor entwickelt und ist für viele Gemeinden zur Haupteinnahmequelle geworden.

Diese Situation brachte es mit sich, daß die Entwicklung des Waldsterbens im Alpenraum mit großer Besorgnis verfolgt wird. Als Ursache des Waldsterbens wurde die Luftverschmutzung identifiziert, jedoch ist das Erscheinungsbild derart komplex, daß bis heute die Ursachen-Wirkungsketten weitgehend unbekannt sind. Wir befinden uns in einem Zustand, der am besten mit dem Begriff „objektiver Unsicherheit“ umschrieben werden kann (KROTH 1987). Um diese Unsicherheit näher zu beschreiben und um mögliche Entwicklungen für die Zukunft zu erfassen, werden sogenannte Szenarien entwickelt. Diese Szenarien beschreiben alternative Zukunftsbilder, die eine Interpretation unterschiedlicher Situationen zulassen. Das Ziel solcher Betrachtungen ist, aufzuzeigen, wie sich die Schutzfähigkeit der Wälder und somit die Lebensbedingungen der Bevölkerung bei unterschiedlichen Verläufen des Waldsterbens ändern werden. Im Rahmen dieses Beitrags steht der Lawinenschutz im Mittelpunkt. Jedem der den Alpenraum kennt, weiß, daß die Fähigkeit des Bergwaldes Lawinen zu verhindern nur ein kleiner Ausschnitt aus einer ganzen Palette von Anforderungen ist, die eine moderne Zivilisationsgesellschaft an den Bergwald stellt. Die Betrachtung dieses Ausschnitts zeigt jedoch wie komplex die Fragen und wie

schwierig der Versuch ist, eine zutreffende Antwort zu finden.

Seit der drastischen Verschlechterung des Gesundheitszustandes der Bergwälder stand häufig die Frage im Raum, welche ökonomischen Folgen das Waldsterben nach sich ziehen könnte. Für die Leistungen des Waldes gibt es keine Marktpreise. Aus diesem Grund ist es erforderlich, nach anderen Wegen der Bewertung zu suchen. Man versucht sich dem Problem zu nähern, indem man sogenannte Schattenpreise definiert. Wie aus diesem Begriff deutlich wird, läßt sich der eigentliche Wert mit diesen Berechnungen nur schemenhaft erkennen. Der Zweck einer solchen Bewertung ist, aufzuzeigen, welche Geldmittel mindestens ausgegeben werden müßten, um einen gewissen Schutz für einen beschränkten Zeitraum aufrechtzuerhalten. Die Bewertung zeigt jedoch vielmehr, welche Geldmittel alternativ zur Bekämpfung des Waldsterbens zur Verfügung stehen sollten, um nicht ein Symptom, sondern die Ursachen zu bekämpfen.

## 2. Der Lawinenschutzwald — ein dynamisches System

### 2.1 Wirkungen von Wald gegen Lawinen

Der Mensch war sich der Bedeutung des Waldes zur Verhinderung von Lawinen schon relativ früh bewußt. Bis heute ist es jedoch nicht möglich, präzise Angaben über die Schutzfähigkeit der Bergwälder zu machen. Es ist deshalb auch nicht möglich, genaue Vorhersagen über Auswirkungen des Waldsterbens zu treffen. Die Forschung, die sich seit den letzten Jahrzehnten intensiv mit dem Problem Wald und Lawinen beschäftigt, hat einige grundlegende Ergebnisse erbracht und gezeigt, durch welche Einflüsse Wald in der Lage ist, Lawinen zu verhindern. Dies geschieht an mehreren Stellen gleichzeitig und lediglich die Summe und das Zusammenspiel dieser Einflüsse befähigt Wald, Lawinen zu verhindern.

Bei Schneefall wird vor allem von Nadelbäumen, mit Ausnahme der Lärche ein Teil des Neuschnees im Kronendach zurückgehalten. Ein Teil des Schnees verdunstet dort, der größte Teil wird verzögert abgelagert. Dies verhindert vor allem im Traufbereich der Bäume die Ausbildung einer normal geschichteten Schneedecke, die für die Lawinenbildung eine Voraussetzung darstellt. Es wird hier deutlich, daß zum Beispiel Laubbäume (oder die Lärche) diese Fähigkeit nur sehr eingeschränkt besitzen, es also

somit vor allem Nadelwälder sind, die eine Lawinenbildung verhindern.

Der im Bestand abgelagerte Schnee ist den Einflüssen des Windes in geringerem Maße ausgesetzt als im Freiland. Der Schnee wird kaum verfrachtet und es kommt seltener zur Brettbildung.

Die Entwicklung der Schneedecke während des Winters ist für die Lawinenbildung von herausragender Bedeutung. Die Schneedeckenentwicklung wird durch Wald beeinflusst. Dieser verringert die Sonneneinstrahlung und beeinträchtigt so die Erwärmung der Schneedecke am Tage. Die Setzung der Schneedecke wird verzögert. Die für die Bildung vom Schwimmschnee erforderlichen Temperaturverhältnisse treten im Bestand nur selten auf. Dies gilt wiederum insbesondere für Nadelwälder.

In der Vergangenheit wurde die sogenannte Stützfunktion der Bäume häufig etwas überschätzt. Diese reicht in Abhängigkeit von der Schneeart nur wenige Dezimeter weit (DE QUERVAIN 1968). So wären zum Beispiel auf einem Hang, der 40 Grad steil ist, 800-1000 Bäume je ha notwendig, um das Abbrechen von Lawinen zu verhindern.

Diese grob skizzierten Wirkungen sind verantwortlich für die Lawinenschutzfähigkeit.

Seit langer Zeit hält sich in einer Reihe von Veröffentlichungen das Vorurteil, daß Wald Lawinen lenken, bremsen oder sogar zum Stillstand bringen könnte. Diese Meinung führt häufig dazu, daß „ein starker Schutzwald bergseits des Schutzobjektes (Siedlungen oder Straßen) als sicherer Schild betrachtet wird. Eine Lawine oberhalb des Waldes gönnt dem Wald bisweilen Erholungspausen von Jahrzehnten bis Jahrhunderten, dann zerstört sie plötzlich in einem gewaltigen Schlag alle Illusionen der Widerstandskraft des Waldes und der gewonnenen Sicherheit“ (DE QUERVAIN, 1968). Rechnerische Abschätzungen über Kräfte, die in Fahrt gekommene Lawinen entfalten, zeigen, daß Bäume den auftretenden Kräften keinen wirksamen Widerstand entgegensetzen können. Die Lawinenschutzwirkung des Waldes besteht also primär in der Verhinderung von Lawinen innerhalb des Bestandes und nicht in einer Bremswirkung.

Die Grenzen der Schutzfähigkeit des Waldes gegenüber Lawinen werden erreicht:

- wenn das Anbruchgebiet extrem steil ist und der Standort für Wald nur bedingt geeignet ist
- bei ungünstigster horizontaler und vertikaler Schneeverteilung, bedingt durch einen relativ hohen Anteil sommergrüner Holzarten
- bei Fehlen eines lebensfähigen Unterbaus zur Stabilisierung der Schneedecke
- bei ungünstiger Bodenbedeckung durch großflächige Laubpolster oder langhalmige Gräser
- in künstlichen oder natürlichen Bestandeslücken, in denen sich mehr Schnee ansammelt als auf der Freifläche.

Aus den genannten Gründen gehen auch ohne Einflüsse des Waldsterbens bereits heute Lawinen aus nicht mehr funktionsfähigen Schutzwäldern ab. Der Grund hierfür liegt in einer gestörten Bestandesentwicklung. Da für die Beurteilung möglicher Auswirkungen des Waldsterbens diese Entwicklung von herausragender Bedeutung ist, soll diese nun kurz Gegenstand der weiteren Betrachtungen sein.

## 2.2 Bestandesentwicklung und Lawinengefährdung

Während der natürlichen Entwicklung eines Bestandes lassen sich verschiedene Phasen unterscheiden, in denen die Fähigkeit, Lawinen zu verhindern, stark variiert. Eine Aufforstung ohne den Schutz von Altbäumen kann die Entstehung einer Lawine nicht verhindern, während ein geschlossener Altbestand gegenüber Lawinen einen wirksamen Schutz darstellt. In der natürlichen Bestandesentwicklung treten kritische Phasen dann auf, wenn sich der Bestand verjüngt. Da diese Verjüngung jedoch zumeist kleinflächig abläuft, treten kritische Blößen auf denen sich Lawinen bilden könnten, nur kleinflächig auf. Ferner befinden sich unzählige Verjüngungspflanzen in einer Art Wartestellung, so daß die entstehenden Lücken in relativ kurzer Zeit wieder geschlossen werden. Dieses Verjüngungspotential ist so hoch, daß selbst die großangelegten Kahlschläge im Rahmen der Salinnennutzung ohne drastische Folgen für die Lawinensituation waren und viele der heute noch vorhandenen Bergmischwälder aus diesen Kahlschlägen hervorgehen konnten. Wenn allerdings die Verjüngung der Bestände gestört ist, die Lücken nicht innerhalb weniger Jahre geschlossen werden, besteht die Gefahr, daß der Schnee über die Bodenoberfläche gleitet und sich zunächst kleinflächig Lawinenrutsche bilden.

Diese Gleitbewegungen führen dazu, daß Hindernisse, die die Oberfläche aufräumen, beseitigt werden, und im nächsten Jahr Schneebewegungsprozessen geringere Widerstände entgegenstehen. Gleichzeitig erschweren diese Schneebewegungen eine Verjüngung, auf Steilhängen kann die Situation eintreten, daß eine natürliche Regeneration bereits jetzt nicht mehr möglich ist. Auf solchen Flächen entstehen Lawinen, die dann durch ihre Zerstörungskraft auf weiteren Flächen eine Regeneration erschweren. Es handelt sich hierbei um ein dynamisches, sich aufschaukelndes System, das nur noch mit einem enormen Input an Energie (Lawinenverbauungen) gebremst werden kann.

Die Ergebnisse der Schutzwaldsanierungsplanung zeigen, daß bereits ohne Einflüsse des Waldsterbens 12.000 ha Schutzwald in ihrer Schutzfähigkeit gestört sind, wobei auf 3.000 - 4.000 ha Maßnahmen zur Sanierung eingeleitet werden müssen. Es stellt sich die Frage, wie es zu dieser Situation kommen konnte. Die drei in diesem Zusammenhang am häufigsten diskutierten Ursachen sind das Wild, die Waldweide und die Forstwirtschaft. PLOCHMANN (1985) hat diese drei Faktoren einer historischen Analyse unterzogen und eindeutig gezeigt, daß das Wildproblem heute im Vordergrund steht. Dieses Ergebnis wird durch eine Vielzahl von Untersuchungen bestätigt, sodaß an der Glaubwürdigkeit dieser Aussage eigentlich kein Zweifel mehr bestehen kann. Dieses Problem ist auch bei der Frage des Waldsterbens von so herausragender Bedeutung, daß die möglichen Auswirkungen des Waldsterbens von der Wildfrage entscheidend mitbestimmt werden. Die natürliche und künstliche Verjüngung des Bergwaldes ist heute vielerorts ohne Zaunschut und technische Maßnahmen im Steilhangbereich nicht mehr möglich. Die im Schutzwald entstehenden Lücken können trotz eines bisher ungebrochenen Verjüngungsüberschuß nicht mehr geschlossen werden. Wenn die Situation eintritt, daß zusätzlich zu diesem vorhandenen Problem der Bergwald infolge der Luftverschmutzung abstirbt, sind die Auswirkungen auf Siedlung und Infrastruktur, auf Bevölkerung und die Fremdenverkehrswirtschaft nur schwer zu erfassen. Die Grenzen unseres Vorstellungsvermögens sind sehr bald erreicht, da die Wechselbeziehungen, mögliche Nebenwirkungen oder Spätfolgen nur schemenhaft erkannt werden können. In den Augen des Betrachters entsteht ein unscharfes, ein sehr verschwommenes Bild der Zukunft. Die Natur in ihrer Vielfalt läßt

sich nicht im Detail vorausberechnen. Trotz dieses Mangels ist es erforderlich, bereits heute Entscheidungen zu treffen, da ein Reparaturbetrieb bei den zu erwartenden Problemen überfordert wäre und lediglich Symptome und nicht die Ursachen des Problems beseitigt werden. Eine Möglichkeit besteht darin, Modelle zu entwickeln, um alternative Zukunftsbilder abzuleiten und aus dem in Konturen sichtbaren Bild eine Grundlage für ein sinnvolles Handeln zu entwickeln.

### 3. Lawinenmodell zur Abschätzung möglicher Folgen des Waldsterbens

#### 3.1 Was ist ein Modell?

Nach MEADOWS (1972) „ist ein Modell nichts weiter als eine möglichst systematische Reihe möglichst realer Annahmen über ein wirkendes System, das Ergebnis des Versuchs, durch Wahrnehmung und mit Hilfe vorhandener Erfahrungen, eine von vielen Beobachtungen auszuwählen, die auf das betreffende Problem anwendbar sind, und so einen Ausschnitt aus der sinnverwirrend komplizierten Wirklichkeit zu verstehen.“

Ein Modell, das die Frage möglicher Auswirkungen des Waldsterbens auf die Lawinengefährdung von Siedlungen oder Infrastruktureinrichtungen einer Antwort näher bringen soll, ist ein mehr oder weniger abstraktes Gebilde. Aufbauend auf Untersuchungen, versucht man Regelmäßigkeiten abzuleiten und schrittweise das Wesentliche zu erkennen. Es wird hier deutlich, daß es kein endgültiges Modell geben kann, da sich die Umweltbedingungen laufend verändern. Es gibt also kein bestes Modell, sondern Modelle sind immer verbesserungswürdige Vorschläge.

Betrachtet man natürliche Systeme, wie zum Beispiel Wälder, Seen oder Flüsse, so kann man drei ineinander übergehende Reaktionsweisen beobachten, wie diese auf eine Veränderung der Umweltbedingungen reagieren. Anhand des Beispiels Schutzwald sollen diese drei Reaktionsweisen kurz erläutert werden. Es wird sich hierbei zeigen, daß, wie bereits erwähnt, ein sehr komplexes Zusammenspiel zwischen mehreren Einflüssen letztlich in eine Situation führen kann, die es jetzt zu verhindern gilt.

1. Das System besitzt Strukturen, welche die Auswirkungen der Umweltveränderung neutralisieren

Betrachtet man die Entwicklung der Waldschäden, so fällt auf, daß diese schlagartig mit dem Jahr 1983 bei allen Hauptbaumarten beobachtet werden konnten. Bis zu diesem Zeitpunkt war es lediglich die Tanne, bei der ähnliche Symptome beobachtet werden konnten. Bis zu diesem Zeitpunkt konnte die Luftverschmutzung ohne deutlich erkennbare Symptome vom Wald neutralisiert werden.

## 2. Das System wandelt seine Struktur

Die Ergebnisse der Waldschadensinventuren zeigen, daß mit steigendem Alter der Bäume die Schäden zunehmen. Bisher ist eine Verjüngung der Bestände möglich. Es handelt sich somit um einen Strukturwandel, der bezogen auf die Schutzfähigkeit der Bestände keine tragischen Konsequenzen nach sich ziehen muß. Entscheidend ist an dieser Stelle, welche Folgevegetation sich in den entstehenden Blößen einstellt. Auf diesen entscheidenden Faktor haben JOBST und KARL (1984) bereits eindeutig hingewiesen. Die Umweltveränderung kann zwar nicht mehr neutralisiert werden, jedoch bedeutet der Strukturwandel nicht zwangsläufig, daß die Schutzfähigkeit des Bergwaldes extrem vermindert wird.

## 3. Das System löst sich ganz oder teilweise auf

Drastische Folgen für die Schutzfähigkeit sind dann zu erwarten, wenn die Verjüngung der Bestände nicht mehr oder nur stark eingeschränkt möglich ist. Der Bergwald löst sich hierbei ganz oder teilweise auf. Wie bereits erwähnt, sind gegenwärtig große Teile des Schutzwaldes in ihrer Schutzfähigkeit gestört. Als Haupteinflussfaktor wurde das Wild eindeutig identifiziert, wobei teilweise auch die Waldweide und das Schneegleiten eine Regeneration erheblich erschweren. Dies bedeutet, daß das Waldsterben in seiner bisherigen Ausprägung nur dann zu dramatischen Folgen im Gebirge führen wird, wenn es nicht gelingt, ein Umfeld zu schaffen, in dem eine natürliche Verjüngung aller Baumarten ohne Schutz möglich ist. Eine andere dramatische Wende würde dann eintreten, wenn durch die Luftverschmutzung auch die Verjüngung selbst beeinträchtigt würde, was letztlich nicht auszuschließen ist. In diesem Fall könnte das Waldsterben als Einflußgröße zu einer Zerstörung des Bergwaldsystems führen.

### 3.2 Das Lawinenmodell

Das Lawinenmodell besteht in seiner Grundstruktur

aus einem Regelkreis. Mit Hilfe dieses Regelkreises ist es möglich, die Problematik in einzelne Felder zu gliedern, um die verwirrenden Zusammenhänge besser darzustellen.

Bezogen auf die Waldsterbensproblematik im Schutzwald lassen sich im Regelkreis sechs Problemfelder identifizieren (Abbildung 1). Definiert man die Regelgröße als das labile Gleichgewicht zwischen dem Potential des Standorts für Lawinen und den auftretenden Widerständen, die der Wald diesen Ereignissen entgegensetzt, so wird dieses Gleichgewicht durch den Einfluß der Waldschäden gestört.

Um die Unsicherheit über die Entwicklung des Waldsterbens, die das **Problemfeld I** beschreibt, abzumildern und alternative Zukunftsbilder zu entwerfen, wurden Experten nach ihrer Meinung zur Entwicklung der Schutzwälder im Bayerischen Alpenraum befragt. Aus dieser standardisierten Befragung, an der 57 Fachleute aus Wissenschaft und Praxis teilnahmen, wurden drei Schadensverlaufvarianten ausgehend vom Basisjahr 1984 bis zum Jahre 2009 für den Bayerischen Alpenraum entwickelt. Die Ergebnisse dieser Befragung sind in Abbildung 2 dargestellt.

Nach Meinung der Experten ist ein optimistischer Schadensverlauf gekennzeichnet durch eine Zunahme ungeschädigter Bestandesteile, die aus einer Abnahme der Schadklassen 1 und 2 resultiert. Stark geschädigte und abgestorbene Bestandesteile verharren während des Schätzungszeitraumes auf einem Niveau von circa 13%.

Die mittlere Variante weist nur eine leichte Zunahme der ungeschädigten Bestandesteile auf. Die Schadklassen 3 und 4 nehmen um 3 bzw. 6% zu. Der Anteil beider Schadklassen beträgt im Jahre 2009 circa 20%.

Die pessimistische Variante zeigt eine drastische Verschlechterung des Gesamtzustandes. Die Schadklassen 3 und 4 nehmen deutlich zu. Ihr Anteil beträgt am Ende der Schätzperiode 42%.

Die Varianten dienen zunächst zur näheren Beschreibung der Störgröße Waldsterben im Regelkreis.

Im **Problemfeld II** wird, um den Einfluß der Störgröße auf den Gleichgewichtszustand beurteilen zu können, sowohl das Potential für Lawinen, als auch die auftretenden Widerstände dagegen erfaßt. Das Standortpotential



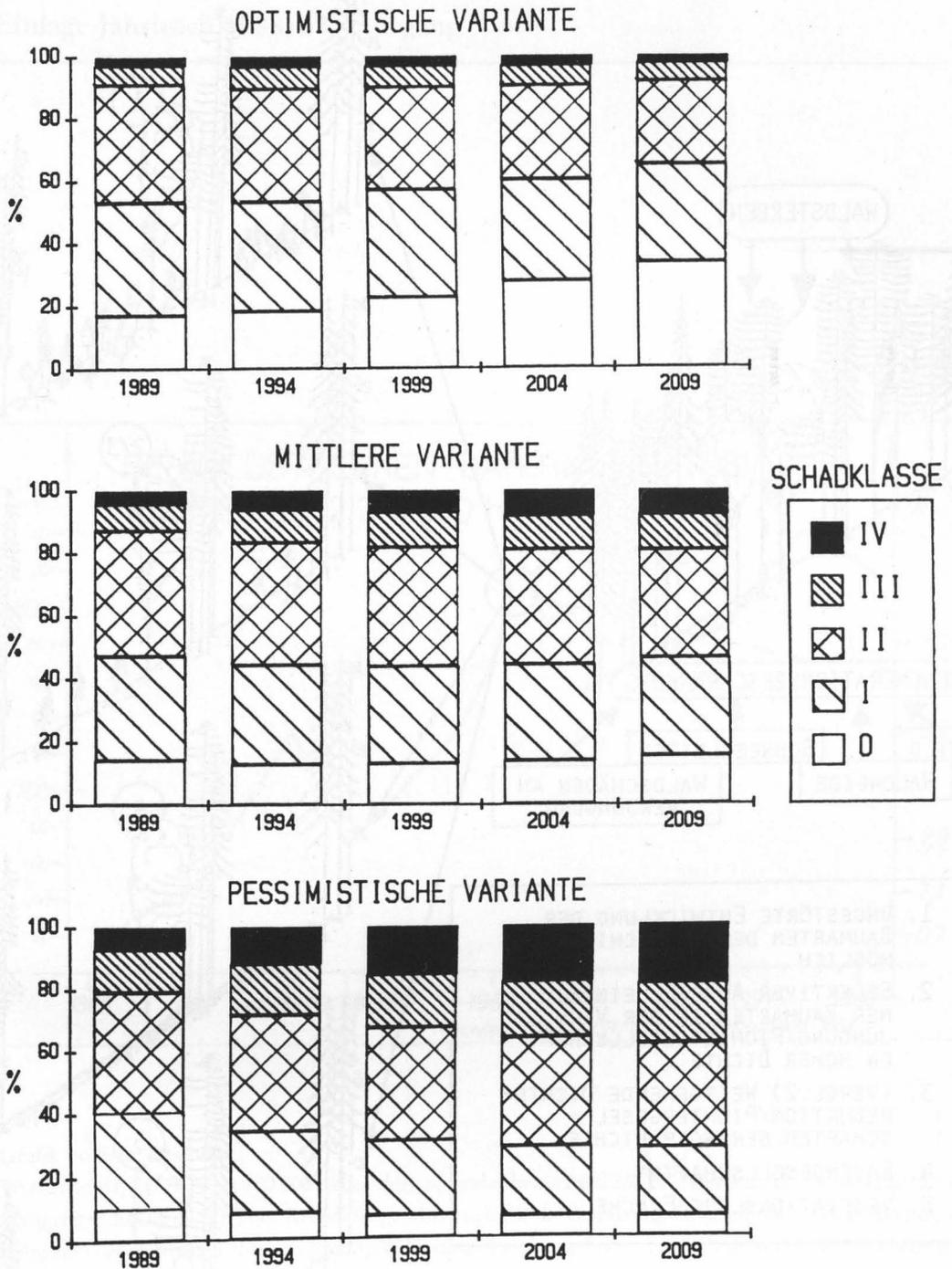
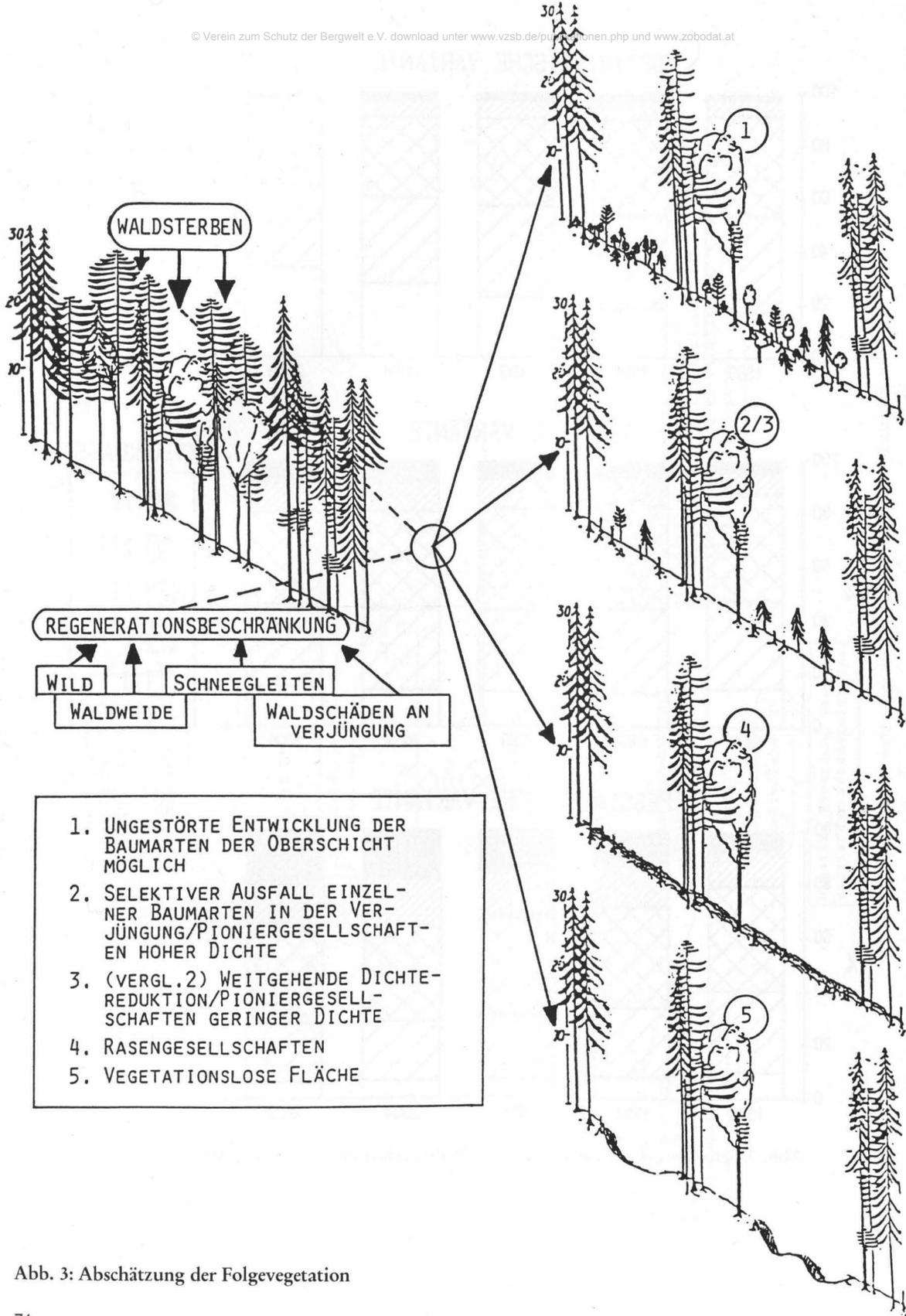


Abb. 2: Schadenverlaufsvarianten für das Waldsterben im Bayerischen Alpenraum



1. UNGESTÖRTE ENTWICKLUNG DER BAUMARTEN DER OBERSCHICHT MÖGLICH
2. SELEKTIVER AUSFALL EINZELNER BAUMARTEN IN DER VERJÜNGUNG/PIONIERGESELLSCHAFTEN HOHER DICHT
3. (VERGL. 2) WEITGEHENDE DICHTEREDUKTION/PIONIERGESELLSCHAFTEN GERINGER DICHT
4. RASEN-GESELLSCHAFTEN
5. VEGETATIONSLOSE FLÄCHE

Abb. 3: Abschätzung der Folgevegetation

Einteilung der Lawenschutzwälder nach Schutzobjekten und Prioritätsstufen	
<b>Prioritätsstufe (I)</b> Bundesstraßen Siedlungen dicht Gleisanlagen	<b>Prioritätsstufe (III)</b> Einzelne Gebäude Leitungen Lift/Skipiste
<b>Prioritätsstufe (II)</b> Nebenstraßen Siedlung vereinzelt	<b>Prioritätsstufe (IV)</b> Ohne Objektschutz

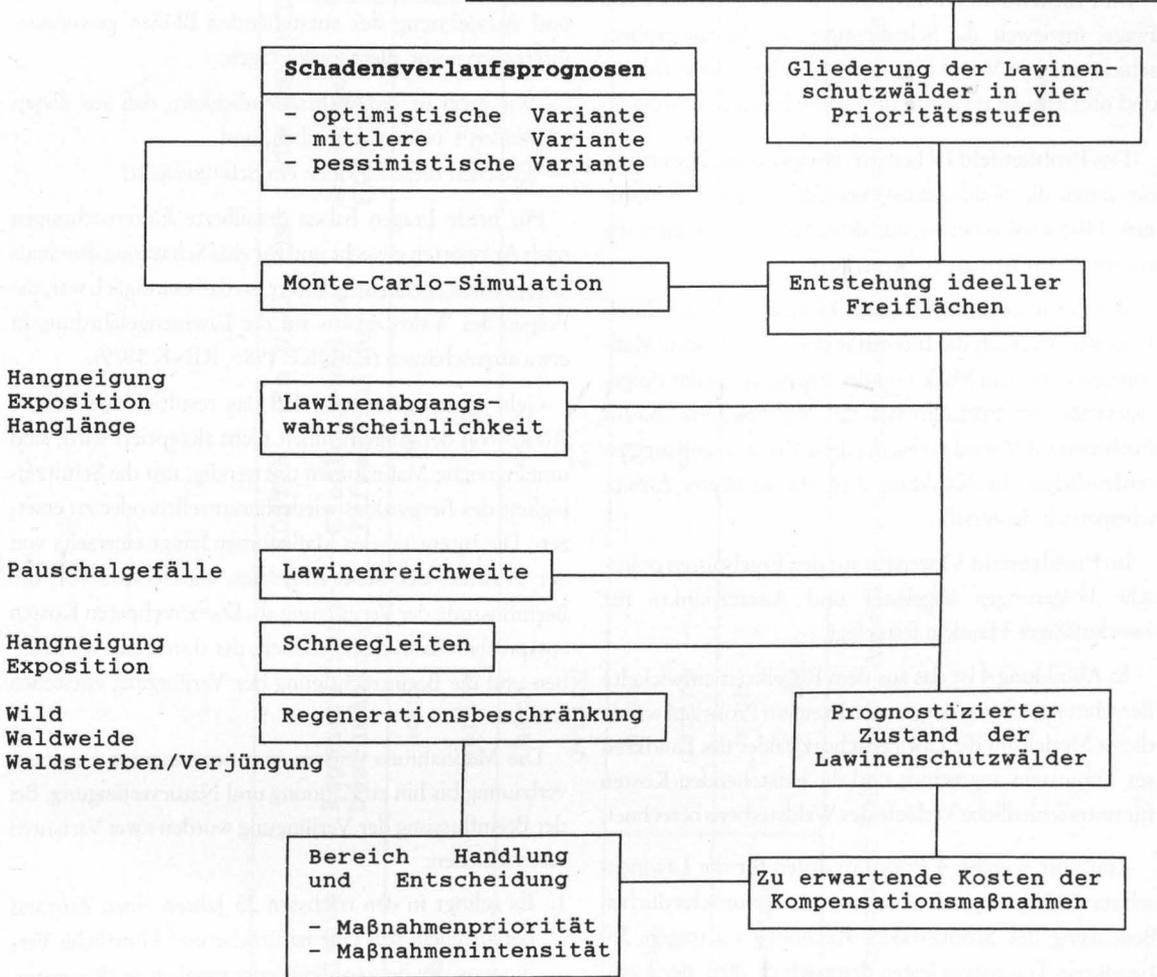


Abb. 4: Lawinenmodell zur Abschätzung möglicher Auswirkungen des Waldsterbens

für Lawinen ist zum Beispiel von der Hangneigung, von der Rauhgigkeit der Bodenoberfläche und von der Hangform abhängig. Je nach Ausprägung des Schutzwaldes wird diesem Potential ein mehr oder weniger wirksamer Widerstand entgegengesetzt.

Aufbauend auf dieser Analyse ist es dann möglich, den Einfluß der Störgröße Waldsterben auf die Bestandesober-schicht abzuschätzen.

Im **Problemfeld III** wird eine Antwort gesucht auf die Frage, inwieweit die Schädigungen der Bestandesober-schicht zu einer Verschiebung des Gleichgewichtes führen und ob Lawinen neu, intensiver oder häufiger auftreten.

Das **Problemfeld IV** betrifft die eigentliche Bewertung der durch die Waldschäden beeinflussten Schutzfunktionen. Hier wird versucht, aus den abgeleiteten Folgen die entstehenden Kosten zu berechnen.

Wie bereits erwähnt, hängt die Höhe der Schäden durch Lawinen, wie auch die Intensität der zu treffenden Maßnahmen in hohem Maße von der Entwicklung der Folgevegetation bei Fortschreiten des Waldsterbens ab. Im **Problemfeld V** wird versucht, diese Zusammenhänge zu verdeutlichen. In Abbildung 3 ist ein denkbarer Ansatz schematisch dargestellt.

Im **Problemfeld VI** werden aus den Ergebnissen politische Folgerungen abgeleitet und Ansatzpunkte für zweckmäßiges Handeln festgelegt.

In Abbildung 4 ist das aus dem Regelkreis entwickelte Berechnungsschema dargestellt. In einem Probelauf wurde dieses Modell auf die Lawinenschutzwälder des Landkreises Traunstein angewandt und die entstehenden Kosten für unterschiedliche Verläufe des Waldsterbens berechnet.

Zunächst wurden 4 Prioritätsstufen für die Lawinenschutzwälder ausgeschieden, um der unterschiedlichen Bedeutung der Schutzwälder Rechnung zu tragen. Im Landkreis Traunstein liegen demnach ca. 30% der Lawinenschutzwälder oberhalb von Siedlungen und Einrichtungen der Infrastruktur und des Fremdenverkehrs. Die ausgeschiedenen Prioritätsstufen beeinflussen sowohl die Priorität wie die Intensität der zu treffenden Gegenmaßnahmen.

Die Verteilung der abgestorbenen Bäume im Schutzwald ist für die Beurteilung der Lawinensituation von großer Bedeutung. Auf einem steilen Hang können schon

aus relativ kleinen Lücken Lawinen abbrechen, wohingegen auf flacheren Hängen (30 - 35 Grad) die Ausdehnung der Blößen relativ groß sein muß, damit es zur Bildung von Lawinen kommt. Eine Möglichkeit zu einer Vorstellung über den Verlauf von Absterbeprozessen und die hierbei entstehenden Blößen zu gelangen, besteht darin mit Hilfe eines Computers Absterbeprozesse zu simulieren (Monte-Carlo Simulation).

Hat man nun eine vage Vorstellung über die Verteilung und Ausdehnung der entstehenden Blößen gewonnen, interessieren vor allem zwei Fragen:

- Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, daß aus diesen Blößen Lawinen abbrechen, und
- erreichen diese Lawinen ein Schutzobjekt?

Für beide Fragen haben detaillierte Untersuchungen nach Antworten gesucht und für eine Schätzung durchaus akzeptable Ergebnisse geliefert, so daß es möglich war, die Folgen des Waldsterbens auf die Lawinengefährdung in etwa abzuschätzen (ZENKE 1985, RINK 1979).

Geht man davon aus, daß das resultierende höhere Risiko von der Allgemeinheit nicht akzeptiert wird, sind umfangreiche Maßnahmen notwendig, um die Schutzfähigkeit des Bergwaldes wiederherzustellen oder zu ersetzen. Die Intensität der Maßnahmen hängt einerseits von der Priorität des Schutzobjektes, andererseits von der Beeinflussung der Verjüngung ab. Die berechneten Kosten entsprechen dann dem Schaden, der durch das Waldsterben und die Beeinträchtigung der Verjüngung entstehen würden.

Die Maßnahmen reichen von permanenter Lawinenverbauung bis hin zu Zäunung und Naturverjüngung. Bei der Beeinflussung der Verjüngung wurden zwei Varianten unterschieden:

1. Es gelingt in den nächsten 25 Jahren einen Zustand herzustellen, daß eine natürliche und künstliche Verjüngung des Bergwaldes wieder möglich ist (Regenerationsbeschränkung gering).
2. Auch in Zukunft ist eine natürliche und künstliche Verjüngung des Bergwaldes ohne Schutzmaßnahmen nicht möglich. Diese Variante entspricht in etwa der gegenwärtigen Situation der Schutzwälder (Regenerationsbeschränkung hoch).

Bei den berechneten Kostensätzen wurden lediglich einmalige Ausgaben berücksichtigt. Wenn man jedoch

Szenariovariante	Regenerations- beschränkung	KOSTEN (in Mill. DM) FÜR DEN SCHUTZ VON		
		Siedlung und Infrastruktur	Sonstige Flächen	Gesamtfläche
optimistische	hoch	0.5	0.4	0.9
	gering	0.2	0.2	0.4
mittlere	hoch	55.5	50.6	106.1
	gering	22.3	22.5	44.8
pessimistische	hoch	234.1	226.0	460.1
	gering	94.9	96.5	191.4
Totale Entwaldung	hoch	531.1	538.3	1069.4
	gering	214.2	218.8	433.0

Abb. 5: Ergebnisse der Kalkulation — Auswirkungen des Waldsterbens durch Lawinen im Landkreis Traunstein

bedenkt, daß die Bauwerke nur begrenzte Lebensdauer besitzen, wird deutlich, daß, wenn es nicht gelingt, in diesem begrenzten Zeitraum eine neue Waldgeneration heranzuziehen, diese Maßnahmen ein weiteres mal durchgeführt werden müssen. Wenn wir also das Verjüngungsproblem nicht lösen, übergeben wir künftigen Generationen ein Schutzsystem, das vielleicht bei dauernder Pflege in der Lage ist, Lawinen zu verhindern, jedoch die vielfältigen anderen Anforderungen des Bergwaldes in keinsten Weise erfüllt. Wir hinterlassen ein mit Hypotheken belastetes Erbe, das von künftigen Generationen nicht ausgeschlagen werden kann.

Die Berechnungsergebnisse für die Lawinenschutzwälder des Landkreises Traunstein sind in Abbildung 5 wiedergegeben.

Es zeigt sich, daß mit zunehmender Schädigung der Lawinenschutzwälder die zu erwartenden Kosten stark ansteigen. Jeweils ca. 50% der hier vorgetragenen Kosten fallen für den Schutz von Siedlungen und Infrastruktureinrichtungen an. Hohe Regenerationsbeschränkung in der Verjüngung, dies entspricht weitgehend der Situation im Alpenraum, führt bei jeder Variante zu einem Anstieg der Kosten um das 2 1/2 fache im Vergleich zu geringer Regenerationsbeschränkung. Für die pessimistische Variante wurden Kosten in Höhe von 460 Mio DM bzw. 190 Mio DM kalkuliert. Eine totale Entwaldung im Landkreis Traunstein würde etwa zu einer Verdoppelung dieser Kosten führen. Sollte es nicht gelingen, die Bestände innerhalb der Lebensdauer der Verbauungen zu sanieren, würden die berechneten Kosten für die Varianten hohe Regenerationsbeschränkung ein weiteres Mal anfallen, letztlich wäre eine Sanierung der Schutzwälder nicht möglich.

Wie bereits anfangs erwähnt, sollen diese Berechnungen zeigen, mit welchen Folgen gerechnet werden muß, wenn es nicht gelingt, sowohl das Waldsterben, wie auch die Verjüngungssituation des Gebirgswaldes zu verbessern. Die Ergebnisse sollen zeigen, welche Geldmittel wir alternativ einsetzen können, um die denkbaren Folgen soweit wie möglich einzuschränken. Die schwierigste Aufgabe wird sein diejenigen, „denen ihr Jagdvergnügen mehr gilt, als das Wohl der Allgemeinheit“ (PLOCHMANN 1985) davon zu überzeugen, nicht nur ihre Rolle im politischen System für sich, sondern für künftige Generationen zu erkennen, und aus einem anderen Bewußtsein, nicht nur kontinuierlich Wollen sondern auch konsequent handeln.

#### 4. Unerwünschte Nebenwirkungen

Dem kritischen Leser ist sicherlich aufgefallen, daß das dargestellte Bewertungsmodell lediglich einen Faden aus einem Knäuel von Wirkungssträngen herauslöst und verfolgt. Wenn man bedenkt, daß Lawinenschutzwälder auf Standorten stocken, die meist über 30 Grad steil sind, wird deutlich, daß der Schutzwald hier weitere Aufgaben erfüllen muß, um die Lebensgrundlagen zu erhalten. Die Bodenerosion wird vermindert, die flachgründigen in Jahrtausenden entstandenen Böden gesichert. Im Gebirge werden häufiger als im Flachland Starkniederschläge verzeichnet. In bewaldeten Gebieten führen diese seltener zu extremen Hochwässern. Diese Fähigkeiten des Bergwaldes sind nicht oder nur mit enormen Kosten zu ersetzen. Ein weiterer nur schwer abschätzbarer Bereich sind Nebenwirkungen auf die Wirtschaftsstruktur des Alpenraumes. Eine wichtige Lebensgrundlage ist für viele Gemeinden des Alpenraumes der Fremdenverkehr geworden. Besucherrückgänge hätten hier weitreichende Folgen. Anhand von zwei Beispielen soll kurz dieser Aspekt verdeutlicht werden.

Im Gebiet der Chiemgauer Alpen werden nach einer Schätzung insgesamt 3,5 Millionen Übernachtungen registriert. Grundsätzlich müssen bei Fortschreiten des Waldsterbens unterschiedliche Reaktionen von Urlaubern, die Erholung im Wald suchen, also die Skifahrer einmal angenommen, berücksichtigt werden.

1. Die Urlauber suchen sich aufgrund der deutlich sichtbaren Zerstörung des Bergwaldes ein anderes Urlaubsziel oder
2. Der mit Bauwerken plombierte Bergwald entspricht nicht mehr den Vorstellungen einer „reinen heilen Ferienwelt“ (Werbeslogan von Reit im Winkl).

Geht man davon aus, daß in den nächsten 25 Jahren die Besucherzahl um nur 1% pro Jahr zurückgeht, so würde der Fremdenverkehrswirtschaft in den Chiemgauer Alpen ein Schaden von ca. 1 Milliarde DM entstehen.

Trotz der Lawinenverbauungen können Katastrophen nicht ausgeschlossen werden, auf die Urlauber, wie Untersuchungen in Österreich zeigen, sehr empfindlich reagieren. Käme es zum Beispiel zu einer Lawinenkatastrophe in der Nähe von Reit im Winkl, so lägen die Einbußen im Fremdenverkehr für die Gemeinde bei ca. 100 Millionen DM.

Dieses Beispiel verdeutlicht, daß die Folgen in nicht unmittelbar betroffenen Bereichen durchaus ähnlich oder sogar größer sein können, als zum Beispiel die Kosten für Lawinenverbauungen.

Aus den Berechnungsergebnissen können drei Schwerpunkte abgeleitet werden, an denen dringender Handlungsbedarf besteht:

1. Es muß alles getan werden, um die Luftverschmutzung auf ein für den Wald erträgliches Maß zu senken, auch wenn dies kurzfristig zu ökonomischen Belastungen führt. Die ökonomischen Folgen des Waldsterbens wären weitaus höher zu veranschlagen.
2. Die Verjüngung des Bergwaldes muß in Zukunft wieder uneingeschränkt möglich sein, um die Schutzfähigkeit zu erhalten.
3. Es soll an dieser Stelle nicht verschwiegen werden, daß in der Vergangenheit Bereiche besiedelt wurden, die auch ohne Waldsterben akut gefährdet sind. Ein eindrucksvolles Beispiel waren die Sommerhochwässer 1987 im Ötz- und Stubaital, für die AULITZKY (1988) eine Analyse vorlegte:

- Es wurden insbesondere, die als natürliche Hochwassergebiete seit alters her bekannten Abschnitte überflutet, verschlammte bzw. vermurt.
- Im Ort Sölden wurden durchweg neuerbaute Häuser überflutet.

Diese Liste könnte noch erweitert werden, jedoch zeigt bereits dieser Ausschnitt ein Problem deutlich. Die nun sichtbar gewordene Gefährdung wird von den Anrainern nicht akzeptiert. Die Tiroler Ache wird wohl weiter verbaut und massiv in den Naturhaushalt eingegriffen. Die Probleme werden nicht gelöst, sondern nur flußabwärts verschoben.

„Wie werden wohl die Hochwässer des Inn und der Donau aussehen, wenn wir nun Dank der weiterhin erfolgten Besiedlung unserer Talräume, der damit notwendig gewordenen Kanalisierung unserer Gewässer, der weiteren Wegnahme von Retentionsräumen durch Überbauung, zunehmender Intensivierung der Landwirtschaft und dem Problem des Waldsterbens gegenüberstehen?“ (AULITZKY 1988).

Diese Problematik ist so weitreichend, daß im Rahmen dieses Beitrages, nicht näher darauf eingegangen werden kann. Vielleicht bietet sich an anderer Stelle einmal Gelegenheit dazu.

Eine von DANZ (1988) vorgestellte Analyse macht deutlich, daß die umweltpolitischen Ziele im Alpenraum in der Vergangenheit nicht erreicht wurden, und daß, um die Ziele in Zukunft zu erreichen, ein sehr hoher Handlungsbedarf besteht.

## 5. Schlußbetrachtungen

Das Problem Waldsterben zeigt deutlich, wie der Mensch in natürliche Systeme eingreift und letztlich nicht nur Verursacher, sondern selbst zum Betroffenen wird. Hierbei ist jedoch zu bedenken, daß die Verursacher selbst nicht zwangsläufig Betroffene sein müssen, weil durch den großräumigen Transport von Schadstoffen zwischen Entstehung und Ablagerung hunderte von Kilometern liegen. Nur langsam, mit zunehmendem Kenntnisstand beginnen wir schemenhaft zu erkennen, welche ökologischen Katastrophen (Waldsterben, Ozonloch, Nordsee, Klimaver-schiebung etc.) denkbar sind, wenn nicht ein Umdenkungsprozess, der ein anderes Handeln nach sich ziehen muß, einsetzt. Die Probleme mehren sich derart, daß ein Reparaturbetrieb, auch mit noch so vielen technischen Neuerungen diesem Tempo nicht standhalten kann. Eine Umweltpolitik, die sich auf Reaktion und die Hoffnung technischer Neuerungen stützt, ist zwangsläufig zum Scheitern verurteilt. Ein Grund hierfür ist eine zeitliche Verzögerung zwischen dem Auftreten und Erkennen eines Problems und den gegebenen Handlungsmöglichkeiten. Ein einfaches Beispiel sind die Fluorchlorkohlenwasserstoffe. Bereits seit 1974 wird die Wirkung auf die Ozonschicht diskutiert, zuvor galten diese Stoffe als „umweltneutral“. Ein besonders heikles Problem ergibt sich daraus, daß zwischen der Freisetzung und einer meßbaren Zerstörung ein relativ langer Zeitraum liegt. Bedingt durch den langsamen Aufstieg in die Atmosphäre würde die Zerstörung auch noch anhalten, wenn es gelänge, die Freisetzung völlig zu unterbinden.

Auch bei der Luftverschmutzung kann eine ähnliche Chronologie erstellt werden. Bereits 1962 wurde im Rahmen eines medizinischen Kongresses darauf aufmerksam gemacht, daß durch zunehmende Schwefeldioxidemissionen die Bronchektasen seit dem II. Weltkrieg um 450% zugenommen haben (SUDA 1988). 1972 versuchten die Delegierten der skandinavischen Länder während der ersten Umweltschutzkonferenz der UNO auf das Problem des sauren Regens hinzuweisen. Die Hochschornsteinpo-

litik oder besser Giftverdünnungspolitik wurde fortgesetzt, die Vorwürfe überhört (MEISTER et al. 1984). Ebenfalls seit langer Zeit bekannt waren die immensen Schäden, die infolge der Luftverschmutzung an Gebäuden entstehen. Seit 1982 wurden die ersten Anzeichen des Waldsterbens registriert. Mit einer Änderung der TA-Luft und der Großfeuerungsanlagenverordnung wurde reagiert. Beide Änderungen wurden jedoch als unzureichend betrachtet. Die Einführung des Katalysators verläuft nach wie vor schleppend. Ob diese Maßnahmen ausreichen, wird die Zukunft zeigen, und diese Frage kann gegenwärtig nicht beantwortet werden.

Beide Beispiele tragen jedoch deutlich die Züge einer reaktiven Umweltpolitik, die dann aktiv wird, wenn bereits ein hohes erkennbares Niveau der Schädigung erreicht ist. Wird schließlich das Problem in seiner Tragweite erkannt, beginnt ein Tauziehen um Gesetze und Verordnungen um Grenzwerte und deren Einhaltung, um technisch Machbarkeit und wirtschaftliche Zumutbarkeit. Es vergeht viel zu viel Zeit, die fehlen wird, wenn die Geschwindigkeit der Problemzunahme weiterhin exponentiell steigt.

Umweltschutz muß auf Ziele ausgerichtet sein. Es reicht nicht aus, ein Ziel zu definieren, wenn es durch das Problem bereits vorgegeben ist.

Die Höhe der festgesetzten Grenzwerte, auf denen unsere Umweltpolitik basiert, ist ein Spiegel für die Ernsthaftigkeit im Umgang mit einem Problem. Als Ausdruck für die Reife im Umgang mit Risiken ist die öffentliche

Diskussion über diese Grenzwerte zu betrachten (RAT DER SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN 1988). Die Luftverschmutzung ist als Thema aus den Schlagzeilen verschwunden, die damit verbundenen Risiken für den gesamten Naturhaushalt schlagen sich kaum noch im Bewußtsein nieder, in einer Welt, die an einer Daten- und Bilderflut zu ersticken droht. Es fehlt bis heute ein vernetztes Denken, das versucht, Auswirkungen des Handelns auf andere Bereiche abzuschätzen und auch die resultierende unscharfe Information in Entscheidungsprozesse einbezieht. Es hat sich in der Vergangenheit zu oft gezeigt, daß Eingriffe und Entscheidungen in einem Bereich auch immer in ihrer Wirkung auf andere Bereiche überdacht werden müssen, weil dort häufig Auswirkungen von oft noch größerer Tragweite auftreten. Die herrschenden Beziehungen sind nur selten geradlinig, sondern meist liegen irgendwo (und niemand kann diesen Punkt vorhersagen) Schwellen- oder Grenzwerte. Effekte und Wirkungen treten beschleunigt, verlangsamt oder nach Verzögerung katastrophenartig auf (VESTER 1985). Eine aktive Umweltpolitik bezieht diese denkbaren Möglichkeiten ein und versucht nicht mit statistischen Hochseilakten, sondern mit konsequentem Handeln oder eben Nicht-Handeln das Risiko zu minimieren.

#### **Anschrift des Verfassers:**

Dr. Michael Suda  
Weidacherbergstraße 4  
8354 Isen

## Literaturverzeichnis

- Aulitzky, H. (1988): Sommerhochwässer 1987 in Tirol — Naturkatastrophen oder fehlende Vorbeugung. Österreichische Wasserwirtschaft, Jg. 40, Heft 5/6, S. 122-128.
- Danz, W. (1988): Warum eine Bilanz zur Umweltpolitik im Alpenraum? Internationale Konferenz Umweltpolitik im Alpenraum — Eine Bilanz. Lindau 24./25. 6. 1988.
- Fiebiger, G. (1975): Ursachen und Auswirkungen des Lawinenabbruchs aus bestockten Flächen. Interpraevent 1975, Bd. 2, S. 77 - 84, Innsbruck.
- Jobst, E. u. Karl, J. (1984): Mögliche Folgen des Waldsterbens im Hochgebirge, Forstwissenschaftliches Centralblatt, Jg. 103, Heft 3, S. 186-194.
- Kroth, W. (1987): Die Szenario-Varianten. Vortragsmanuskript zu Forstlichen Hochschulwoche in München, 28. - 30. 10. 1987.
- Mayer-Grass, H. u. Imbeck, M. (1985): Waldsterben und Lawinengefahr. Holzzentralblatt, Jg. 111, Nr. 137, S. 2014-2016.
- Meister, G.; Schütze, C.; Sperber, G. (1984): Die Lage des Waldes, GEO-Verlag, Hamburg, 352. S.
- Plochmann, R. (1985): Der Bergwald in Bayern als Problemfeld der Forstpolitik. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, Jg. 156, H. 8, S. 138-142.
- Quervain de M. (1968): Die Rolle des Waldes beim Lawinenschutz. Schweizer Zeitschrift für Forstwesen, Jg. 19, H. 4/5, S. 393-399.
- Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (1988): Umweltgutachten 1987, Stuttgart und Mainz, Verlag W. Kohlhammer, 674 S.
- Rink, E. C. (1979): Vorhersage der Wahrscheinlichkeit von Lawinenabgängen mit Hilfe der Diskriminanzanalyse. Wildbach- und Lawinenverbau, Jg. 43, H 2, S. 61-82.
- Suda, J. (1988): Mündliche Mitteilung
- Suda, M. (1987): Auswirkungen des Waldsterbens auf Siedlungen, Infrastruktureinrichtungen und den Fremdenverkehr im Bayerischen Alpenraum. Dissertation Universität München, 346 S.
- Suda, M. (1989): Auswirkungen des Waldsterbens auf Siedlungen, Infrastruktureinrichtungen und den Fremdenverkehr im bayerischen Alpenraum. Forschungsberichte des Deutschen Alpenvereins, Band 4, München. 279 S.
- Vester F., (1985): Neuland des Denkens. Vom technokratischen zum kybernetischen Denken. 3. durchgesehene und ergänzte Auflage, DTV-Verlag, München, 547 S.
- Zenke, B. (1985): Der Einfluß abnehmender Bestandesvitalität auf Reichweite und Häufigkeit von Lawinen. Forstwissenschaftliches Centralblatt, Jg. 104, S. 137-145.



Bild 1 Die einmalige Kulturlandschaft der Bayerischen Alpen ist bedroht. Eine Zerstörung durch das Zusammenwirken mehrerer Einflüsse ist letztlich nicht mit Geld zu bezahlen.

*Eigene Aufnahme*



Bild 2 Stark geschädigter Hochlagenwald. Die Situation wird dann bedrohlich, wenn es nicht gelingt im Schutz der Altbäume eine neue Waldgeneration heranzuziehen. *Eigene Aufnahme*



Bild 3 Kosten in Milliardenhöhe zum Schutz der Talräume sind zu erwarten wenn es nicht gelingt die Probleme Waldsterben und Verjüngung des Bergwaldes zu lösen.

*Landesamt für Wasserwirtschaft*



Bild 4 Eine Lawine bahnt sich einen Weg durch den Wald. Ein intakter Schutzwald ist in der Lage Lawinen zu verhindern. Stirbt der Bergwald, treten Lawinen häufiger und intensiver auf.

*Andreas König*



Bild 7 Waldlawine am Spitzingsattel. Bereits heute sind 12 - 15000 ha des Bergwaldes nicht mehr in der Lage ihre Schutzaufgaben zu erfüllen.

*Andreas König*



Bild 5 Eine Lawine aus einem nicht mehr intakten Schutzwald kann die Aufforstungsbemühungen von Jahrzehnten mit einem Schlag zerstören.

*Andreas König*



Bild 6 Wenn es nicht gelingt im Schutz dieser Lawinengebiete eine neue Waldgeneration zu begründen hinterlassen wir unseren Kindern ein technisches Bollwerk, das Lawinen verhindern aber die anderen Aufgaben des Bergwaldes nicht erfüllen kann.

*Andreas König*



Bild 8 Der Wildverbiss verhindert vielerorts das Aufwachsen einer Verjüngung. Der Jagd kommt in den nächsten Jahren eine Schlüsselrolle zu.

*Eigene Aufnahme*



Bild 9 Aufforstung im Schutz einer temporären Lawinerverbauung.  
*Landesamt für Wasserwirtschaft*



Bild 10 Lawinenbrücke durch Steinschlag zerstört. Die Schäden nach einer Lawinenkatastrophe auf den Fremdenverkehr können größer sein als Kosten für Verbauungen. *Eigene Aufnahme*

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [54\\_1989](#)

Autor(en)/Author(s): Suda Michael

Artikel/Article: [Auswirkungen des Waldsterbens auf die Lawinengefährdung von Siedlungen und Infrastruktur 67-84](#)