

## Das "Waldsterben" in Österreich und seine ökonomischen Folgen

Das "Waldsterben" als Indikator für die zunehmende Luftverschmutzung hat in den letzten Jahren das Umweltbewußtsein der Bevölkerung sensibilisiert. Obschon die eigentlichen Zusammenhänge des Phänomens Waldsterben noch nicht restlos geklärt sind, waren die zunehmenden Waldschäden eigentlicher Anlaß für verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität. In der vorliegenden Arbeit wird zunächst abgeschätzt, welches Ausmaß die Waldschäden bereits erreicht haben. Dann werden die möglichen wirtschaftlichen Auswirkungen des Waldsterbens auf die Forst- und Holzwirtschaft, den Katastrophenschutz, die Wasserwirtschaft und den Fremdenverkehr untersucht. Es werden weiters die Kosten der bereits getroffenen Maßnahmen zur Luftreinhaltung ermittelt, wobei diese Kosten freilich nicht nur im Zusammenhang mit der Rettung des Waldes gesehen werden dürfen.

### Ursachen der Forstschäden

Waldschäden können auf verschiedene biotische (Insekten, Wild, Schmarotzerpflanzen usw.) und abiotische Schadensursachen (Sturm, Schneedruck, Vergiftungen) zurückgeführt werden.

Gemessen am aufgearbeiteten Schadholz haben bisher Stürme die weitaus größten Waldschäden verursacht, an zweiter Stelle steht der Schneedruck. In den letzten Jahren zeigt der Wald in weiten Gebieten Schwächezeichen mit typischen Krankheitssymptomen, wie Verlichtung der Krone. Die als Waldsterben bekannte Zustandsverschlechterung wird primär auf Luftverunreinigungen zurückgeführt, die zu abiotischen Schäden wie Nährstoffmangel und Vergiftung führen.

Die latenten Schädigungen werden meist in trockenen Jahren oder nach besonders kalten Wintern akut. Die geschwächten Bäume sind aber auch für andere abiotische und biotische Schadfaktoren anfälliger. Das Waldsterben ist eine sehr komplexe Erscheinung, im wesentlichen gibt es fünf Hauptursachen:

#### *Lokale Emittenten*

Rauchschäden in der Umgebung von mit schwefelreicher Kohle befeuerter Schwerindustrie und kalorischen Kraftwerken sowie Aluminiumhütten sind seit

mehr als 100 Jahren bekannt. Die schädigenden Schwefeldioxyd- und Fluorwasserstoffemissionen können aufgrund der hohen Schwefel- und Fluorakkumulation in den Nadeln der direkt "angeräucherten" Bäume relativ leicht nachgewiesen werden.

#### *Saurer Regen*

Säurebildende Luftschadstoffe (Schwefeldioxyd, Stickoxyde, Fluorwasserstoff, Chlorwasserstoff) werden fernverfrachtet und als saure Niederschläge immitiert. Die Böden versauern, es werden Nährstoffe ausgewaschen und toxische Elemente (Aluminium) freigesetzt, Blätter und Nadeln werden auch direkt geschädigt.

#### *Stickstoffüberdüngung*

Stickoxydemissionen werden in Stickstoffverbindungen umgewandelt, die von den Bäumen aufgenommen werden können. Es kommt zu einem Ungleichgewicht in der Nährstoffversorgung, durch das Stickstoffüberangebot wird das Wachstum im Herbst verspätet abgeschlossen, die nicht ausgereiften Triebe frieren im Winter ab.

#### *Langzeitstreß*

Die ständige Belastung der Wälder mit den verschiedenen Schadstoffemissionen stört die Photosynthese, sodaß die Wurzeln der Bäume und ihre pilzlichen Wurzelsymbionten zu wenig mit Nährstoffen versorgt werden. Die geschwächten Bäume sind besonders anfällig für extreme Witterungseinflüsse und biotische Schädlinge.

#### *Photooxydantien und Ozon*

Unter Sonneneinstrahlung reagieren Kohlenwasserstoffe mit Oxyden. Dabei werden Ozon und verschiedene Photooxydantien (z. B. Peroxyacetylnitrat = PAN) gebildet, die auf Pflanzen toxische Wirkungen haben. Auf diese Weise werden vor allem die Blätter (Nadeln) geschädigt. Beim gegenwärtigen Stand der Forschung führt man das immissionsbedingte Wald-

## Waldsterben

sterben zum weitaus größten Teil auf die Oxydantien zurück. Neuere Untersuchungen konzentrieren sich auf Schädigungen durch Phenoloxxydation, Wasserstoffperoxyd und Kohlenmonoxyd

### Waldzustand in Österreich

Schreckensmeldungen über das Waldsterben haben in den letzten Jahren die Bevölkerung alarmiert. Ein objektives Bild über den Waldzustand und seine Entwicklung erhält man aus verschiedenen statistischen Erhebungen, die in der Öffentlichkeit zum Teil wenig bekannt sind.

#### Forstinventur

Mittels Stichprobenverfahren werden vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft in fünfjährigen Zyklen Holzvorrat, Zuwachs, Nutzung und Wiederaufforstung der Wälder überprüft. Dabei werden auch alle Schäden an Baumstämmen erfaßt. Gemäß Forstinventur 1981/1985 (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 1985) sind 46% der Gesamtfläche Österreichs bewaldet. Die weitaus wichtigste Baumart ist die Fichte, sie bestockt mehr als 60% der Waldfläche. Der Flächenanteil der Buche beträgt 10%, weitere wichtige Baumarten sind Kiefer und Lärche. Die Waldfläche nahm in den letzten Jahrzehnten leicht zu, vor allem wurden landwirtschaftliche Grenzertragsböden aufgeforstet bzw. haben sich durch natürlichen Samenanflug wieder bewaldet.

Die Forstinventur 1971/1980 ergab einen jährlichen Holzzuwachs von 18,2 Mill. Vorratsfestmetern (Vfm), gleichzeitig wurden nur 15,5 Mill. Vfm Holz dem Wald entnommen. Dementsprechend hat der Holzvorrat im Wald zugenommen. Der Vorrat pro Hektar im Wirtschaftswald-Hochwald war in der Inventurperiode 1981/1985 um 13,6% höher als zehn Jahre zuvor. Es sind aber auch in schwer zugänglichen Lagen große Mengen von nutzbarem Holz verrottet, weil hier bei den gegebenen Holzpreisen eine intensivere Nutzung nicht wirtschaftlich war. Besonders die Durchforstung geriet in Rückstand. Die Stammschäden sind besorgniserregend hoch, in der Periode 1981/1985 war mehr als ein Drittel der Stämme beschädigt; die meisten Schäden (Verletzungen der Rinde) wurden durch Steinschlag (natürlicher Steinschlag oder durch Forststraßenbau und Waldarbeiten ausgelöst) und Holzrückung verursacht. Die starke Zunahme der Steinschlag- und Rückungsschäden gegenüber der Inventur 1971/1975 ist allerdings zum Großteil auf eine Änderung in der Beurteilungsweise zurückzuführen (bei der jüngsten Inventur wurden auch die Schäden an Wurzelanläufen einbezogen). Vom Rotwild

### Übersicht 1 Ergebnisse der Forstinventuren 1971/1975 und 1981/1985

	1971/1975	1981/1985	Veränderung in %	
Waldfläche	1 000 ha	3 705	3 857	+ 4,1
Wirtschaftswald-Hochwald	Vfm pro ha			
Holzvorrat	257,0	292,0	+ 13,6	
Zuwachs	6,6			
Stammschäden	In % des Gesamtvorrates			
Insgesamt <sup>1)</sup>	19,5	35,8	+ 124	
Fege- Schlag- und Schälschäden <sup>2)</sup>	3,4	4,3	+ 56	
Ernte- und Steinschlagschäden <sup>1)2)</sup>	4,3	16,6	+ 374	
Wipfel- und Kronenbrüche <sup>2)</sup>	1,3	5,2	+ 403	
Sonstige Schäden <sup>2)</sup>	10,5	9,7	+ 13	

Q: Mildner — Haszprunar — Schultze (1978), Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Jahresberichte über die Forstwirtschaft 1981 und 1985. Wien 1982 und 1986. — <sup>1)</sup> 1981/1985 auch Schäden an Wurzelanläufen erfaßt. — <sup>2)</sup> 1981/1985 Stämme mit mehreren Schäden proportional aufgeteilt. — <sup>3)</sup> Blitz, Feuer, Frost, Rindenbrand, Hagel, Stammkrebs, Schneitelung, Fäule, geharzte Stämme usw.

wurden 4,3% des stehenden Holzvorrates geschädigt. Durch die verletzte Rinde können fäulniserregende Pilzsporen in die Bäume eindringen. Besonders stark geschädigt sind die Bestände im Alter von 41 bis 60 Jahren (11%). Die Jungbestände leiden unter Wildverbiß. Gemäß Forstinventur 1971/1980 war die Hälfte der Jungwälder verbissen.

#### Holzeinschlag — Schadholz

Im Rahmen der vierteljährlichen Erhebung des Holzeinschlags durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft wird auch das aufgearbeitete Schadholz gemeldet. Die Österreichischen Bundesforste berichten darüber hinaus über die Ursachen der Schadholznutzung in ihren Wäldern. Diese beiden Erhebungen erlauben gewisse Aussagen über die Dynamik der Waldschäden. Das Schadholz fiel zum überwiegenden Teil aufgrund von Sturm- und Schneebruchkatastrophen an.

Die bisherigen Spitzen im Schadholzaufkommen wurden durch die Sturmkatastrophen in den Wintern 1966/67 und 1975/76 ausgelöst. Tendenziell nimmt der Schadholzanteil zu. Während in den sechziger Jahren und Anfang der siebziger Jahre in Normaljahren der Anteil unter 15% lag, überschritt er in den letzten zehn Jahren durchwegs die 25%-Marke. Nach Angaben der Bundesforste können in den Schadensursachen keine eindeutigen Trends festgestellt werden. Die Zunahme der Wind- und Schneedruckschäden im Privatwald wird zum Teil der zu dichten Aufforstung und verabsäumten Durchforstung der in den fünfziger und sechziger Jahren begründeten Bestän-

**Übersicht 2**  
**Ursachen der Zufallsnutzungen der Österreichischen Bundesforste**

	Insgesamt		Schadholz		
	1.000 fm	In % des Einschlags	Verursacht durch	Anteile in %	
			Wind	Schnee	Sonstiges <sup>1)</sup>
1968	639	36,7	85	5	10
1969	287	16,0	52	6	42
1970	267	16,3	36	23	41
1971	362	20,8	41	26	33
1972	298	16,5	58	9	33
1973	200	12,2	56	7	37
1974	537	29,5	35	50	15
1975	596	33,6			
1976	1.574	67,4	92	4	4
1977	546	28,4	66	10	14
1978	482	24,9	60	14	26
1979	560	27,8	38	41	21
1980	767	37,1	42	45	13
1981	777	38,2	40	46	14
1982	622	31,3	47	35	18
1983	763	35,4	73	11	16
1984	458	22,6	44	12	44
1985	438	21,6	59	5	36
1986	515	23,9	53	18	29

Q: Österreichische Bundesforste Jahresberichte — <sup>1)</sup> Käfer Dürriinge  
Blitz Plaikten Lawinen und sonstige Schäden

de zugeschrieben. Die Widerstandskraft der Bestände wurde auch durch Wildschäden (Schältschäden, selektiver Verbiß) geschwächt. Obgleich das direkt durch Immissionen verursachte Schadholzaufkommen derzeit noch sehr gering ist, haben vermutlich auch aus Immissionsschäden abzuleitende Sekundärschäden zur Zunahme des Schadholzes beigetragen

**Waldzustandsinventur**

Seit Sommer 1984 wird in Österreich von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt eine Waldzustandsin-

**Übersicht 3**  
**Zustand der Waldbestände in den Bundesländern**

1986

Bundesländer	Waldfläche 1.000 ha	Waldbestände		
		Ohne Verlichtung der Baumkronen	Mit schwacher Verlichtung der Baumkronen	Mit mittlerer bis starker Verlichtung der Baumkronen
		In % der Waldfläche		
Wien	6	50,0	45,0	5,0
Niederösterreich	730	55,0	38,0	7,0
Burgenland	114	39,0	30,0	31,0
Steiermark	973	71,0	26,0	3,0
Kärnten	542	88,5	11,0	0,5
Oberösterreich	483	75,5	23,0	1,5
Salzburg	322	80,0	17,0	3,0
Tirol	492	64,0	27,0	9,0
Vorarlberg	91	46,0	47,0	7,0
Insgesamt	3.754	69,0	26,0	5,0

Q: Forstliche Bundesversuchsanstalt Waldzustandsinventur

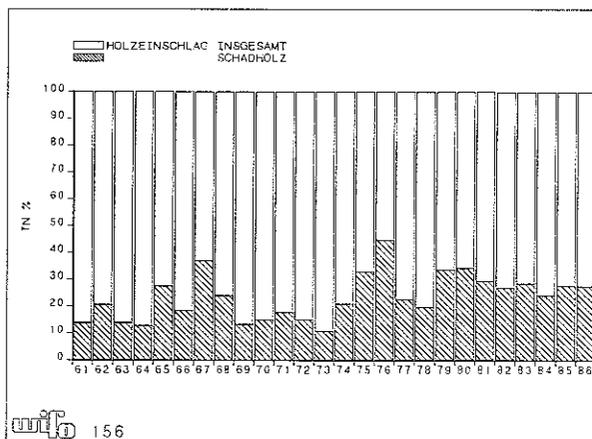
ventur durchgeführt. Die erste Erhebung beschränkte sich auf fünf Bundesländer, 1985 wurde die Stichprobenerhebung auf ganz Österreich ausgeweitet. Dabei werden Waldschäden erfaßt, die sich als Kronenverlichtungen und Kronenstrukturänderungen zeigen. Im Sommer 1986 waren auf 69% der Waldfläche die Baumkronen der beobachteten Probestämme (insgesamt 73.000) nicht oder nicht über das natürliche Ausmaß hinaus verlichtet, auf 26% der Fläche waren die Baumkronen schwach und auf 5% mittel bis stark verlichtet. Gegenüber der Zustandsinventur 1985 haben sich die Verhältnisse 1986 tendenziell leicht verschlechtert. Bei der Beurteilung der Entwicklung des Waldzustands ist zu berücksichtigen, daß für diese Erhebung jeweils die identen Probestämme herangezogen werden, womit sich ein Teil der Zustandsverschlechterung auch aus dem natürlichen Alterungsprozeß erklären läßt.

Besonders starke Kronenverlichtungen wurden 1986 im Burgenland (61% der Probestämme waren schwach bis stark verlichtet), in Vorarlberg (54%), Wien (50%) und Niederösterreich (55%) festgestellt. Relativ günstig war der Waldzustand in Salzburg (20%) und Kärnten (11,5%).

**Bioindikatoruntersuchungen**

1983 hat die Forstliche Bundesversuchsanstalt in Zusammenarbeit mit den Landesforstinspektionen der Bundesländer ein Probestaumenetz eingerichtet. Es werden jährlich Nadel-(Blatt-)Proben entnommen und auf Schadstoff- und Nährstoffgehalt untersucht. Die Analysen ergaben durchwegs Calcium- und Magnesiummangel sowie einen relativ hohen Schwefelgehalt der Nadelproben aus Wien, Niederösterreich und

**Abbildung 1**  
**Anteil des Schadholzes am Gesamteinschlag**



## Waldsterben

Kärnten. Die Werte waren in den drei Untersuchungsjahren 1983, 1984 und 1985 recht unterschiedlich hoch und wurden hauptsächlich durch verschiedene Witterungsbedingungen geprägt

Das Österreichische Statistische Zentralamt publizierte 1987 Graphiken über die Einwirkungsgebiete forstschädlicher Luftverunreinigungen im Jahr 1985 und den Kronenzustand im Jahr 1986 (*Simhandl, 1987*). Ein Vergleich dieser Graphiken zeigt wohl eine gute regionale Deckung von klassischen emissionsstarken Industriegebieten und Ballungszentren mit Gebieten starker Kronenverlichtungen. Der Waldzustand ist aber auch in einigen ausgesprochenen Reinluftgebieten, wie in den Lechtaler Alpen, Nordtiroler Kalkalpen, dem Lammertal in Salzburg, dem Gebiet im Dreiländereck zwischen Oberösterreich, Niederösterreich und der Steiermark und in den Niederösterreichischen Voralpen sowie in der Buckligen Welt sehr schlecht. Die Kronenverlichtungen können hier vielleicht den Einwirkungen von fernverfrachteten Schadstoffen, insbesondere Photooxydantien und Ozon, zugeschrieben werden.

### Bericht über geschädigte Flächen

Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft berichtet jährlich über das Ausmaß der geschädigten Waldflächen. Es stützt sich dabei auf Meldungen der Bezirksforstinspektionen. Demnach waren 1985 18% der Waldflächen durch Luftverunreinigungen geschädigt, 15% durch biotische Faktoren (Insekten, Pflanzen, Pilze, Wild, Weidevieh) und 8% durch Schnee und Sturm.

Zusammenfassend sei hervorgehoben: Neben den unvermeidlichen Naturereignissen wird der österreichische Wald in zunehmendem Maß durch andere Faktoren geschädigt. Viele Indikatoren weisen darauf

hin, daß dabei Luftschadstoffe eine besonders negative Rolle spielen. Die Wälder werden außerdem durch einen zu hohen Wildstand destabilisiert. Dazu kommen forstliche Fehler, die den Wald weniger widerstandsfähig gegen Frost, Trockenheit, Sturm, Schneedruck, Lawinen und andere abiotische Schadensursachen, aber auch anfälliger für biotische Schädigungen durch Insekten, Pilze, Schmarotzerpflanzen und Nematoden gemacht haben. Eine quantitative Zuordnung der Waldschäden auf die verschiedenen Ursachen ist auf der Basis des derzeit verfügbaren Erhebungsmaterials nicht möglich.

### Waldschäden in Europa

In den Kammzonen der Grenzgebirge der ČSSR kam es bereits in den fünfziger Jahren zum Absterben großer Wälder, das sich auf Schwefeldioxidemissionen zurückführen ließ. Ähnliche Schäden werden aus der DDR und aus Polen berichtet. Inzwischen hat sich der Waldzustand in vielen Teilen Europas, die den Abgasen von Industrien und Kohlenkraftwerken nicht unmittelbar ausgesetzt sind, ebenfalls drastisch verschlechtert.

In Westeuropa ist das Waldsterben am weitesten fortgeschritten in Schweden, in der BRD und in Teilen Frankreichs. Wenngleich ein Ländervergleich aufgrund der unterschiedlichen Erhebungsmethoden problematisch ist, kann doch festgestellt werden, daß Österreichs Wälder noch in einem relativ guten Zustand sind.

### Ökonomische Folgen des Waldsterbens

Die durch forstschädliche Luftverunreinigungen verursachten Waldschäden haben Auswirkungen auf die

<i>Übersicht 4</i>		
<b>Schäden am Wald</b>		
1985		
	Geschädigte Waldfläche	
	1.000 ha	In % der Waldfläche insgesamt
Schäden durch Luftverunreinigung ("Waldsterben")	698	18,1
Insektenschäden	222	5,8
Schäden durch Schnee und Raureif	162	4,2
Pflanzen- und Pilzschäden	160	4,1
Aktuelle Wildschäden	130	3,4
Sturmschäden	117	3,0
Schäden durch Weidevieh	64	1,7

Q: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Jahresbericht über die Forstwirtschaft 1985. Wien 1986.

<i>Übersicht 5</i>	
<b>Mittlere und schwere Schäden an Nadelbäumen in Europa</b>	
1985	
	Anteile der geschädigten Bäume am Gesamtbestand in %
Österreich	4,0
Finnland	10,2
Frankreich	19,9
Bundesrepublik Deutschland	23,3
Südtirol <sup>1)</sup>	13,0
Niederlande	15,0
Norwegen <sup>1)</sup>	13,5
Schweden <sup>1)</sup>	27,4
Schweiz	6,0

Q: UNO — ECE — Timber Committee (1986) — <sup>1)</sup> 1984

<i>Übersicht 6</i> <b>Ökonomische Folgen des Waldsterbens</b>	
<p style="text-align: center;"><i>Entstehungsrechnung</i></p> <p>Wertschöpfungsverluste</p> <p>Forstwirtschaft Holzwirtschaft Fremdenverkehr Produktionsstörungen durch Naturkatastrophen</p>	<p style="text-align: center;"><i>Verwendungsrechnung</i></p> <p>Höhere Investitionen</p> <p>Schutzbauten Wiederaufbau nach Katastrophenschäden</p> <p>Höherer öffentlicher Konsum Katastrophenhilfe</p>
<p style="text-align: center;"><i>Vermögensrechnung</i></p> <p>Vermögensverluste</p> <p>Entwertung von Waldbesitz Entwertung von Realitäten in Gefahrenzonen Zerstörung von Sachwerten durch Katastrophen</p>	<p style="text-align: center;"><i>Wohlfahrtsrechnung</i></p> <p>Wohlfahrtsverluste</p> <p>Erhöhte Gefahren Schlechteres Mikroklima Verminderte Erholungsfunktion</p>

Entstehungsseite der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (Produktion von Sachgütern und Dienstleistungen), die Verwendungsseite (Investitionen, Konsum), die Vermögensrechnung und vor allem auf die Wohlfahrtsrechnung

Eine monetäre Bewertung der möglichen Schäden ist nur in Teilbereichen möglich, insbesondere im Wohlfahrtsbereich muß man sich auf qualitative Schadensschätzungen beschränken.

### Verringerte Holzproduktion

Der Rohertrag der Forstwirtschaft aus der Holznutzung bildet zusammen mit verschiedenen forstlichen Nebennutzungen (Pilze, Beeren, Harze usw.) die Endnutzung der Forstwirtschaft. Im Sinne einer nachhaltig betriebenen Forstwirtschaft soll die Holznutzung (Einschlag) langfristig nicht mehr ausmachen, als Holz im Wald zuwächst. Kurzfristig kann der Waldbesitzer den Einschlag entsprechend der Marktlage innerhalb bestimmter Grenzen variieren, die durch die Verfügbarkeit von hiebreifen Beständen (Endnutzung), die notwendige Durchforstung (Vornutzung) und die zwangsläufigen Schadholzentnahmen (Zwangsnutzung) vorgegeben sind.

Die Waldschäden beeinflussen die Wertschöpfung in der Forstwirtschaft sowohl in der Endproduktion als auch in den Vorleistungen: Die Zuwachsschäden verringern das im Sinne des Nachhaltigkeitsprinzips langfristig mögliche Einschlagsvolumen. Kurzfristig muß der Einschlag erhöht werden, da die Vorratschäden vermehrte Zwangsnutzungen verlangen. Die Zwangsnutzungen betreffen meist Einzelbäume, die mit größerem Aufwand (z. B. höhere Vorleistungen an Energie) geschlägert und aus dem Wald gebracht

werden müssen. In vielen Fällen wird eine wirtschaftliche Nutzung nicht möglich sein, Vorräte werden im Wald vermodern. Die Vorleistungen werden auch insofern zunehmen, als die Maßnahmen zur Bodenmeliorierung (Düngung, Kalkung) und zum Forstschutz (Insektenbekämpfung, Wildschutz) verstärkt werden müssen. Vom erhöhten Vorleistungsbezug der Forstwirtschaft können andere Wirtschaftsbereiche profitieren.

Das Waldsterben wird sich auch auf die Holzpreise auswirken. Die Preiseinbußen durch Qualitätsminderung werden aber bei rechtzeitiger Nutzung kranker hiebreifer Bäume gering sein, denn die Holzqualität, d. h. die technologische Eigenschaft des Holzes wird durch Immissionsschäden kaum beeinträchtigt (Schulz *et al.*, 1987). Die vorübergehende Angebotssteigerung durch vermehrte Zwangsnutzungen und ihre Auswirkungen auf den Holzpreis müssen in Zusammenhang mit dem internationalen Holzmarkt gesehen werden. Der inländische Rundholzpreis leitet sich unmittelbar vom Exportpreis (= Weltmarktpreis) für Schnittholz ab. Das österreichische Angebot hat auf den Weltmarktpreis kaum Einfluß, dieser bildet sich aufgrund des Angebotes aus Nordamerika, Skandinavien und der Sowjetunion sowie der Nachfrage in den westlichen Industrieländern und den OPEC-Staaten. Vermehrter Schadholzanfall in Österreich allein führt also, abgesehen von transportkostenbedingten lokalen Preisdifferenzierungen, kaum zu Preiseinbußen. Dies hat sich auch in der Vergangenheit gezeigt. So sind z. B. trotz hoher Schadholzmengen in den Jahren 1976 und 1979/80 die Rundholzpreise in Österreich parallel zu den Schnitthollexportpreisen kräftig gestiegen. Das Waldsterben wird aber weltweit Zwangsschlägerungen bewirken, womit es zu einem internationalen Holzpreisverfall kommen wird. Inwieweit die darauf folgende Holzverknappung die Preise wieder anhebt, ist derzeit kaum abzusehen.

Es soll nun abgeschätzt werden, welche Folgewirkungen das Waldsterben für die Wertschöpfung der österreichischen Forstwirtschaft haben könnte. Die Berechnungen stützen sich auf Einschlag- und Ertragszenarien von *Frauendorfer* (1987). Ausgehend vom Zustand des österreichischen Waldes gemäß der jüngsten Forstinventur wurde die Einschlagsentwicklung unter verschiedenen Waldschadenszenarien dargestellt. Die monetären Erträge (zu Preisen von 1986) ergaben sich aus Simulationen mittels Ertrags- und Sortentafeln. Für die vorliegende Arbeit wurde angenommen, daß die Veränderungsrate der von *Frauendorfer* prognostizierten Jahreserträge den Veränderungsrate der forstlichen Endproduktion entsprechen. Als Folge der zunehmenden Waldschäden wurden außerdem steigende Vorleistungsquoten unterstellt.

Übersicht 7

Entwicklung der forstlichen Produktion

	End- produktion Mrd S	Vorleistun- gen <sup>1)</sup> In % der End- produktion	Wert- schöpfung Mrd S	Anteil am BIP In %
Zu laufenden Preisen				
1960	4,38	18	3 59	2 2
1970	6 87	17	5 70	1 5
1980	15 09	17	12 52	1 3
1986	11 90	20	9 52	0 7
Prognose <sup>2)</sup> Zu Preisen von 1986				
1996 A	11 65	20	9 32	0 5
B	11 77	25	8 83	0 5
C	17 51	30	12 26	0 7
2026 A	12 39	20	9 92	0 4
B	11 04	30	7 73	0 3
C	8 72	40	5 23	0 2

- A Ungestörtes Waldwachstum 120jähriger Umtrieb
- B Waldsterben abgenutzte Flächen neu aufgeforstet
- C Waldsterben Wiederaufforstung unterbleibt zunehmend

Q: Frauendorfer (1987) eigene Berechnungen. — <sup>1)</sup> Annahmen — <sup>2)</sup> Endproduktion: basierend auf Frauendorfer (1987); durchschnittliches jährliches Wachstum des Brutto-Inlandsproduktes 1986/1996 2% 1996/2026 1%

Bei "ungestörtem Waldwachstum" und unter Beibehaltung eines rund 120jährigen Umtriebs wird sich die forstliche Wertschöpfung (zu konstanten Preisen) in den nächsten 100 Jahren wenig ändern. Der Anteil der Forstwirtschaft am Brutto-Inlandsprodukt, der von 2,2% im Jahr 1960 auf 0,7% im Jahr 1986 gefallen ist, würde unter der Annahme eines 2prozentigen Wachstums des Brutto-Inlandsproduktes bis 1996 auf 0,5% zurückgehen.

In einem Szenario "mäßiges Waldsterben" wird die Endproduktion erst nach der Jahrtausendwende merklich abfallen, durch steigende Vorleistungen wird die Wertschöpfung im Jahr 2026 um fast ein Viertel niedriger sein als bei ungestörtem Wachstum.

Im Falle eines pessimistischen Szenarios für das Waldsterben wird die Endproduktion der Forstwirtschaft durch steigende Schadholznutzungen in den nächsten 20 Jahren noch kräftig zunehmen, in der Folge kommt es aber zu einem Abfall, die Wertschöpfung wird im Jahre 2026 nur mehr halb so hoch sein wie bei ungestörter Entwicklung.

Wie also die Szenarien zeigen, wird die Wertschöpfung der Forstwirtschaft durch die zunehmenden Waldschäden in den nächsten 15 Jahren nur marginal berührt; unter pessimistischen Annahmen wird aber in der Mitte des nächsten Jahrhunderts die forstliche Produktion zum Erliegen kommen. Auf so lange Sicht wäre es allerdings denkbar, die in der Forstwirtschaft eingesetzten Produktionsfaktoren (Arbeit, Kapital) rechtzeitig auf andere Wirtschaftsbereiche zu verlagern. Der Faktor Boden wird freilich einen Großteil seines Ertragswertes verlieren.

Unter pessimistischen Annahmen über das Waldsterben würde ab dem Jahr 2020 die Versorgung der Holzwirtschaft (Sägewerke, Zellstoff- und Plattenindustrie) mit Rohholz aus dem Inland drastisch unter das derzeitige Niveau fallen. Sie würde damit ihre Standortvorteile verlieren, und es ist kaum zu erwarten, daß es dann gelingt, die Ausfälle in der inländischen Rohholzversorgung durch Importe zu ersetzen. Der Prozeß würde sich über einen so langen Zeitraum vollziehen, daß eine friktionsfreie Umstellung der in der Holzwirtschaft eingesetzten Produktionsfaktoren erwartet werden könnte. Zu berücksichtigen sind freilich auch regionalwirtschaftliche Folgen, die daraus resultieren, daß die rohstoffabhängige Holzwirtschaft in entwicklungsschwachen Regionen stark vertreten ist (Krott, 1982).

Quantitative Prognosen der unmittelbaren wirtschaftlichen Folgen des Waldsterbens für die Forst- und Holzwirtschaft scheinen aus mehreren Gründen problematisch: Für die der Forstwirtschaft nachgelagerten Wirtschaftsbereiche ist das Waldsterben ein langfristiges Problem, das weit über sinnvolle Prognosehorizonte hinausreicht. Die Forstwirtschaft selbst produziert wohl in 100- bis 120jährigen Umtrieben, Voraussagen über die Verwendung und den Bedarf an Holz in 100 Jahren lassen sich aber kaum machen. Es sei hier daran erinnert, daß es noch bis 1873 eigene staatliche Verwaltungen für Montan- und Salinenforste sowie Marinereservatforste gab (Landsteiner, 1975). Aus den damals gepflanzten Wäldern sollte Grubenholz, Holzkohle, Brennholz für Sudpfannen und Bauholz für Kriegsschiffe gewonnen werden. Diese Bäume sind jetzt hiebreif, sie werden zu Schnittholz für die Bauwirtschaft, Furnieren für die Möbelindustrie, Zellstoff und Spanplatten verarbeitet.

Höhere Aufwendungen für Katastrophenschutz und -schäden

In den gebirgigen Landesteilen sind Siedlungen und Verkehrswege durch Naturgewalten wie Lawinen, Steinschlag, Vermurungen und Überschwemmungen bedroht. Ein gesunder, geschlossener Wald übt eine wichtige Schutzfunktion aus, indem er das Gefahrenrisiko erheblich mindert:

- Auf bewaldeten Hängen entstehen kaum Lawinen und Schneerutsche, weil die Bildung von rutschgefährdeten Schneeschichten gestört und die Schneedecke von den Bäumen abgestützt wird (Merwald, 1983)
- Durch das erhebliche Wasserrückhaltepotential des Waldes und die starke Durchwurzelung des Bodens wird das Ausmaß von Hochwässern und Vermurungen eingeschränkt

— Der Wald kann auch Steinschlag und Felsstürze auffangen bzw. ihre Wucht mildern.

Die Bedeutung der Schutzfunktion des Waldes ist vor allem in den westlichen Bundesländern gestiegen. Hier haben die starke wirtschaftliche Dynamik und der knappe Siedlungsraum dazu geführt, daß Siedlungs- und Verkehrsbauten in zunehmendem Maß in natürliche Gefahrenzonen hineingebaut wurden. Gleichzeitig hat sich der Zustand der Schutz- und Bannwälder laufend verschlechtert. Vor dieser Entwicklung wurde allerdings bereits gewarnt, bevor das Waldsterben in Österreich noch allgemein bekannt war. Sie ist bisher in erster Linie dem Überbestand an Wild anzulasten. Der Wildverbiß behindert generell eine natürliche Verjüngung des Schutzwaldes, der selektive Verbiß von seltenen, biologisch stabilisierenden Baumarten wie Tanne, Buche, Ahorn usw. wirkt sich dabei besonders verheerend aus. Neben Verbiß- und Fegeschäden gefährden die Schältschäden die Stabilität der Schutzwälder. Die Schältschäden führen zu Pilzbefall, bei starkem Sturm oder Schneedruck können die geschädigten Bestände großflächig zusammenbrechen (*Glatzel, 1987*).

Die durch Wildschäden und forstliche Fehlbehandlung (Mindernutzung, gesetzlich vorgeschriebene Pflanzung) vergreisten, verlichteten und geschwächten Schutzwälder sind für das Waldsterben besonders anfällig. Wenn die Bestände über ein gewisses Ausmaß lückig werden und ihre Schutzfunktion nicht mehr erfüllen können, müssen Siedlungen und Infrastruktur durch technische Schutzmaßnahmen abgesichert werden, oder es werden die Schäden durch Naturkatastrophen zunehmen. Die Errichtung von Schneebrücken, Schneestützkörpern, Lawinen- und Steinschlagfangdämmen, Wildbachverbauungen und Hochwasserdämmen ist großteils eine öffentliche Investition (Bund, Länder, Gemeinden). Daneben werden auch von Privaten oder Unternehmen Schutzbauten errichtet (*Fremdenverkehr, Eisenbahnen, Elektrizitätswirtschaft*). Diese unproduktiven Investitionen beleben zwar vorübergehend die Bauwirtschaft, sie haben auch eine relativ hohe inländische Wertschöpfung und sind zum Teil sehr arbeitsintensiv, die zwangsläufig benötigten Mittel könnten aber anderwärts mit größerem volkswirtschaftlichem Nutzen eingesetzt werden.

Das Ausmaß der durch das Waldsterben zusätzlich erforderlichen öffentlichen Investitionen in die Wildbach- und Lawinenverbauung und in den Hochwasserschutz läßt sich derzeit kaum abschätzen. Größenordnungen können aus dem Investitionsvolumen der letzten Jahre abgeleitet werden. 1986 investierten Bund, Länder und Gemeinden rund 2,3 Mrd. S in Schutzbauten, 5,2% der gesamten öffentlichen Investitionen. Fast 60% davon finanzierte der Bund aus Mitteln des Katastrophenfonds. 46% der Investitionen

Übersicht 8

**Ausgaben des Katastrophenfonds**

	1970	1980	1985
	Mill. S		
Förderung der Behebung von Schäden	56 7	352 7	522 3
Schutzbauten gegen Hochwasser und Lawinen	420 8	1 250 7	1 586 8
Insgesamt	477 5	1 603 4	2 109 1

Q: Amtsbehef zum Bundesfinanzgesetz 1 Teil Wien 1972 1982 1987

entfallen auf die Wildbachverbauung, 43% auf die Flußverbauung und 11% auf die Lawinenverbauung. Der Bund hat seine Beiträge zur Finanzierung der Schutzbauten bis Mitte der siebziger Jahre stark erhöht, seither sind die Ausgaben real nicht mehr gestiegen. Innerhalb der Ausgaben gab es eine Verlagerung vom Flußbau zur Lawinenverbauung.

Eine weitere Verschlechterung des Zustands des Schutzwaldes erfordert nicht nur höhere Investitionen in Schutzbauten, es werden auch die Aufwendungen zur Behebung von Katastrophenschäden (Lawinen, Vermurungen, Überschwemmungen) steigen. 1985 wurden vom Katastrophenfonds 522 Mill. S für diesen Zweck ausgezahlt. Diese Mittel decken 100% der Schäden am Bundesvermögen, 50% der Vermögensschäden von Ländern und Gemeinden und rund 15% der Privatschäden. Mit den Schäden sind entsprechende Vermögensverluste und Produktionsstörungen verbunden, die sich schwer abschätzen lassen. Dennoch wird versucht, Größenordnungen von möglichen Verlusten am gesamtwirtschaftlichen Kapitalstock (Bauten, Maschinen, Fahrzeuge) zu orten: Unter der Annahme, daß die durch den Katastrophenfonds gedeckten Schäden (1985 522 Mill. S) auf das Zehnfache steigen, ergäbe sich eine Schadensquote von 0,08% des Kapitalstocks. Vermögensverluste durch Entwertung von Wäldern und Grundstücken in Gefahrenzonen wären zusätzlich zu bewerten.

**Änderungen im Mikroklima**

Wenngleich der Sauerstoffhaushalt und die großräumigen Klimate durch den Zustand der europäischen Wälder nicht berührt werden, hat der Wald einen wesentlichen Einfluß auf das Mikroklima. Er bietet Windschutz, hebt die Luftfeuchtigkeit und mildert Temperaturschwankungen. Weiters filtert der Wald Staub und Schadstoffe aus der Luft und dämpft den Lärm. Sein Wasserspeichervermögen erleichtert eine kontinuierliche Trinkwasserversorgung. Das Waldsterben würde vermutlich zu erheblichen, aber kaum quantifizierbaren Verlusten in der Wohlfahrt führen.

Verminderung der Erholungsfunktion

Der Wald ist nicht nur ein bevorzugter Erholungsraum, er trägt darüber hinaus durch seinen Einfluß auf Kleinklima, Luftqualität und Ästhetik zum Erholungswert einer Landschaft bei. Das Waldsterben bewirkt entsprechende Wohlfahrtsverluste für Menschen, die ihre Freizeit bevorzugt in Waldlandschaften verbringen. Darüber hinaus kann es die Wertschöpfung des Fremdenverkehrs mit seiner erheblichen Multiplikatorwirkung beeinträchtigen. Für eine monetäre Bewertung der Wohlfahrtsverluste, die den Waldliebhabern in ihren Freizeit- und Erholungsaktivitäten durch das Waldsterben entstehen, gibt es bereits eine Reihe von Bewertungsmethoden, deren Ansätze jedoch recht problematisch erscheinen.

Es sollen daher die möglichen Auswirkungen des Waldsterbens auf den Fremdenverkehr nur in ihrer Größenordnung angedeutet werden. Die Bruttoeinnahmen aus dem österreichischen Reiseverkehr betragen 1984 116 Mrd. S. Abzüglich der Vorleistungen ergibt sich eine Wertschöpfung von rund 90 Mrd. S; demnach hatte der Reiseverkehr 1984 einen Anteil am Brutto-Inlandsprodukt von 7%. Von den Bruttoeinnahmen stammten 82% aus dem Ausländerreiseverkehr (*Smeral*, 1986). Das Waldsterben wird sich auf Sommer- und Wintertourismus recht unterschiedlich auswirken. Wie ein Urlaubsmotivprofil zeigt, schätzt der Sommertourist vor allem stark umweltbezogene Faktoren wie schöne Landschaft, reine Luft, viel Wald, Ruhe, Sauberkeit und unberührte Natur.

Sommerfrischler wollen frische Kräfte sammeln und die Natur erleben, ihre Hauptbeschäftigung sind Wan-

derungen und Spaziergänge, der Wald hat also für den österreichischen Sommertourismus eine große Bedeutung. Der Sommerreiseverkehr war in Österreich in den letzten Jahren leicht rückläufig. 1984 entfielen aber noch 55% der Einnahmen auf die Sommersaison. Vor allem ökonomische Faktoren wie die relative Verteuerung des touristischen Angebotes in Österreich und die Verbilligung von Flugreisen, aber auch Änderungen in den Präferenzen, insbesondere bei den jüngeren Touristen, führten zu Marktanteilsverlusten im Sommerreiseverkehr.

Der Wintertourismus nimmt in Österreich noch zu. Der Urlauber kommt in erster Linie wegen des Schisports, überwiegend in alpiner Form, zunehmend aber auch wegen des Langlaufs. Während der Langläufer die vom Wald geprägte Landschaft intensiv erleben kann, ist der Wald für den Alpenschisport mehr oder weniger ein Hindernis oder unter Umständen sogar ein Hindernis. Freilich ist auch zu bedenken, daß der Wald zum Teil die Infrastruktur des Alpenschilaufs und die Abfahrtspisten schützt und das Schifahren auf Waldabfahrten auch bei Schlechtwetter möglich ist. Entsprechende Lawinenschutzmaßnahmen vorausgesetzt, wird das Waldsterben den Wintertourismus in Österreich vermutlich nur wenig berühren; im Sommertourismus muß mit dem Ausbleiben bestimmter Nachfrageschichten vor allem dann gerechnet werden, wenn andere Länder weiterhin das gewünschte Angebot "gesunder Wald" bieten können. In den entsprechenden Konkurrenzländern ist allerdings das Waldsterben schon weiter fortgeschritten als in Österreich. Unter der Annahme, daß das Waldsterben im Sommerreiseverkehr zu einem Nachfragerückgang um 20% führt, ergibt sich eine Wertschöpfungs-minderung von 10 Mrd. S (0,9% des BIP, auf der Basis von 1984).

Für die Bundesrepublik Deutschland wurden die finanziellen Schäden aus dem Waldsterben im Bereich von Freizeit und Erholung geschätzt (*Nohl — Richter*, 1986). Je nach den Annahmen über die Entwicklung des Waldsterbens und den Verlauf der Waldpräferenzen und des Diskontsatzes liegt der Jahreswert zwischen 1,4 und 16,3 Mrd. DM. Daraus ergeben sich Einkommensausfälle im deutschen Fremdenverkehr (mit eingerechneten Multiplikatoreffekten) zwischen 0,8 und 3,5 Mrd. DM, das sind im ungünstigsten Fall 0,2% des Brutto-Sozialproduktes. Für die Schweiz (*Basler*, 1986) wurden die Einnahmenverluste auf 0,01% bis 0,2% des Brutto-Inlandsproduktes geschätzt.

Kosten der Luftreinhaltemaßnahmen

Das Waldsterben führt zu Produktionsausfällen in der Forstwirtschaft und im Fremdenverkehr, bindet ver-

*Übersicht 9*

**Profil der Urlaubsmotive deutscher Sommerurlauber 1985**

	Österreich-Reisende	Alle Reisenden
	in % der Angaben insgesamt	
<i>Gründe für die Urlaubszielwahl</i>		
Landschaft gefällt mir	68	51
Reine Luft	50	37
Viel Wald	45	19
Ruhig wenig Lärm	44	27
Sauberkeit am Urlaubsort	43	21
Unberührte Natur	36	21
<i>Reisemotive</i>		
Frische Kraft sammeln	65	51
Natur erleben	53	40
Aus verschmutzter Umwelt herauskommen	36	30
<i>Urlaubsbeschäftigungen</i>		
Spaziergänge	75	71
Wanderungen	77	47
Fotografieren/Filmen	58	50

Q: Studienkreis für Tourismus Reiseanalyse 85 Starnberg 1986

mehrt öffentliche Mittel für unproduktive Investitionen in Schutzbauten und löst kaum bewertbare Vermögens- und Wohlfahrtsverluste aus. Diese können zum Teil durch Luftreinhaltemaßnahmen vermieden werden. Von den Maßnahmen profitiert allerdings nicht nur der Wald, es werden auch Schäden in der Landwirtschaft und an Bauwerken vermindert und allgemein der Wohlfahrtswert der Umwelt für den Menschen erhöht. Die Kosten der Luftreinhaltemaßnahmen dürfen daher nur zu einem geringeren Teil dem Nutzen aus dem verminderten Waldsterben aufgerechnet werden. Das Erfassen der volkswirtschaftlichen Kosten von Umweltschutzmaßnahmen ist ein vielschichtiges Problem. Die Ausgaben für Umweltschutzeinrichtungen verringern die finanziellen Ressourcen der Unternehmen bzw. ziehen sie von produktiveren Verwendungen ab. Durch die erhöhten Produktionskosten kann die internationale Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigt werden. Die Nachfrage nach Umweltschutzanlagen und Hilfsstoffen gibt aber auch Wachstumsimpulse.

Für die privaten Haushalte verteuern Umweltmaßnahmen den Konsum bestimmter Produkte bzw. Leistungen und erschweren manche Konsumgewohnheiten. Ebenso wie bei den Investitionen in Umweltschutzanlagen können Verschiebungen zu "umweltfreundlicheren" Konsumgütern Wachstumsimpulse auslösen, vorausgesetzt, daß diese Güter im Inland erzeugt werden. Das WIFO hat die ökonomischen Aspekte der Umweltpolitik im Bereich der Luftreinhaltung umfassend untersucht (Bayer, 1987, Puwein, 1987). Im vorliegenden Beitrag sollen nur die aufgrund der gesetzlichen Regelungen anfallenden unmittelbaren Kosten für Unternehmen und private Haushalte ermittelt werden.

Die wichtigsten gesetzlichen Grundlagen zur Bekämpfung der Luftverschmutzung sind:

- Forstgesetz,
- Dampfkessellemissionsgesetz mit Verordnungen,
- Verordnung über höchstzulässigen Schwefelgehalt im Heizöl,

- Kraftfahrzeuggesetz-Durchführungsverordnung, Einführung der US-Norm 1983 für Benzin-Pkw,
- Gewerbeordnung

Durch diese Regelungen sollten die wichtigsten Schadstoffemittenten erfaßt werden. Wie ein Überblick über die Emissionsverhältnisse in Österreich zeigt, werden Stickoxyde, Kohlenmonoxyde und Kohlenwasserstoffe überwiegend vom motorisierten Straßenverkehr ausgeblasen. Industrie und kalorische Kraftwerke stoßen große Mengen an Schwefeldioxyd aus. Haushalte und Gewerbebetriebe sind an den Kohlenmonoxydemissionen stark beteiligt. Daneben werden von Mülldeponien und Kläranlagen Kohlenwasserstoffe emittiert, aus denen Photooxydantien entstehen können (Krapfenbauer, 1986).

#### Kosten der Katalysatorregelung

Die Auflagen für den Pkw-Verkehr verteuern die Anschaffung von Benzin-Pkw (Katalysatorausrüstung), die Wartungskosten (strengere Überprüfungen und niedrigere Grenzwerte) und die Treibstoffkosten (höherer spezifischer Treibstoffverbrauch durch den Katalysator).

Ohne die erhöhten Wartungskosten ergibt sich auf der Basis von 1986 eine jährliche Kostenbelastung von rund 3,2 Mrd. S, wovon rund 2,3 Mrd. S dem privaten Konsum und der Rest dem Unternehmensbereich zuzuordnen sind. 2,3 Mrd. S entsprechen 0,3% des gesamten privaten Konsums. Da sowohl Pkw als auch Erdöl importiert werden, sind die Nachfrageimpulse für die heimische Wirtschaft durch diese Mehrausgaben sehr schwach, die Inlandquote von alternativen Ausgaben wäre vermutlich höher.

#### Kosten der Rauchgasreinigung

Die Anpassung der Anlagen von Industrie und Energiewirtschaft an die verschärften Standards der Luft-

Übersicht 10

#### Emittenten von Luftschadstoffen 1985

	Schwefeldioxyd		Stickoxyde		Kohlenmonoxyd		Kohlenwasserstoffe		Staub	
	1 000 t	Anteile in %	1 000 t	Anteile in %	1 000 t	Anteile in %	1 000 t	Anteile in %	1 000 t	Anteile in %
Kalorische Kraftwerke	44	32	20	10	1	0,1	0,5	0,5	8	15
Verkehr	10	7	149	72	635	60	103	86	12	23
Industrie	48	35	28	13	9	0,9	3	2,5	10	19
Gewerbe Haushalte	36	26	11	5	423	39	13	11	23	43
Insgesamt	138	100	208	100	1 068	100	119,5	100	53	100

Q: Österreichische Bundesregierung Energiebericht 1986 Wien 1986

Übersicht 11

Kosten der Luftreinhaltung im Bereich des Kfz-Verkehrs

US-Norm 1983 für Benzin-Pkw

	Mrd S
Mehrpreis <sup>1)</sup> für Katalysator- bzw. Dieselausführung von Pkw: 5%	
Privater Konsum	1 54
Unternehmen	0 62
Mehrverbrauch <sup>1)</sup> an Treibstoff: 3%	
Privater Konsum	0 80
Unternehmen	0 20
Insgesamt	3 16

<sup>1)</sup> Schätzung aufgrund von Modellvergleichen auf der Basis von 1986

Übersicht 12

Kosten der Luftreinhaltung im Bereich von Industrie, Elektrizitätswirtschaft und Fernwärme

	Investitionen Mrd S	Reinigungsanlagen		Gesamt- kosten
		Abschrei- bung <sup>1)</sup>	Laufende Kosten Mrd S pro Jahr	
Industrie <sup>2)</sup>	19 62	1 96	1 53	3 49
Elektrizitätswerke	11 39	1 14	0 18	1 32
Fernwärme <sup>3)</sup>	1 60	0 16	0 20	0 36
Insgesamt	32 61	3 26	1 91	5 17

Q: Bundeskammer der gewerblichen Wirtschaft, Abteilung für Statistik und Dokumentation, Aufwendungen der Industrie für den Umweltschutz 1982-1990, Wien, 1987; Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, Verband der Elektrizitätswerke Österreichs — <sup>1)</sup> Annahme: 10 Jahre. — <sup>2)</sup> Investitionen: 1982 bis 1990 kumuliert — <sup>3)</sup> Investitionskosten für Nachrüstmaßnahmen

reinhaltung verursacht erhebliche Investitionskosten für Schadstoffreinigungsanlagen und laufend Mehrkosten für Personal und Hilfsstoffe. Für die vorliegende Untersuchung wurde eine zehnjährige Abschreibungsdauer für Abgasreinigungsanlagen angenommen, bei einer Verschärfung der Abgasbestimmungen würde sich diese Abschreibungsdauer entsprechend verringern. Kapitalkosten wurden nicht berechnet, sie werden durch staatliche Förderungsmaßnahmen (z. B. Umweltfonds) stark reduziert. Die Industrie (einschließlich Bergwerke) schätzt, daß sie im Zeitraum 1982 bis 1990 fast 20 Mrd. S in Luftreinigungsanlagen investieren müssen. Die Abschreibungen ergeben zusammen mit den laufenden Kosten jährliche Gesamtkosten von rund 3,5 Mrd. S, das sind 0,45% des Brutto-Produktionswertes. In diesem Betrag sind nicht nur die Kosten der Rauchgasreinigung, sondern auch die Kosten der Heizölentschwefelung und die Mehrkosten für bleifreies Benzin enthalten. Mehr als ein Viertel der Kosten entfällt deshalb auf die Erdölindustrie, daneben haben Chemieindustrie, Bergwerke und Eisenhütten besonders viel für Luftreinhaltemaßnahmen aufgewendet. Die Elektrizitätswerke schätzen ihre aufgrund der Luftreinhalteverordnung notwendigen Nachrüstungsinvestitionen auf 11,4 Mrd. S. Sie geben relativ niedrige laufende Kosten an, die jährlichen Gesamtkosten liegen bei 1,32 Mrd. S, das sind 1,7% des Brutto-Produktionswertes der Elektrizitätswirtschaft. In Luftreinhalteanlagen der neuerbauten Wärmekraftwerke wurden bisher rund 7 Mrd. S investiert. Einschließlich der Finanzierungskosten belastet dies den Preis einer Kilowattstunde mit 4,8 g (Angaben der Verbundgesellschaft), das würde eine 7,7prozentige Verteuerung des Verbundtarifs bedeuten. Erhebliche Ausgaben für die Luftreinhaltung ergeben sich auch bei den Fernwärmewerken; über die Aufwendungen des Gewerbes gibt es noch keine Schätzungen. Die Ausgaben der Unternehmen für die Luftreinhaltemaßnahmen haben merkliche Multiplikatoreffekte. Die zusätzlichen Personalausgaben und die Investitionen in

bauliche Anlagen kommen fast ganz, die Investitionen in die maschinellen Ausrüstungen der Abgasreinigungsanlagen zu einem großen Teil der heimischen Wirtschaft zugute.

Zusammenfassung

Die unmittelbaren Folgen des Waldsterbens auf die Entstehungsseite der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (Verringerung der Wertschöpfung der Forst- und Holzwirtschaft und des Fremdenverkehrs) werden selbst unter pessimistischen Annahmen in den nächsten 30 Jahren kaum 1,5% des Brutto-Inlandsproduktes erreichen. Verliert der Wald seine Schutzfunktion, dann wird die öffentliche Hand Mittel in dieser Größenordnung für Investitionen in Schutzbauten und für Katastrophenhilfe aufwenden müssen. Die hier gebundenen Mittel fehlen für sonstige, vielleicht produktivere Investitionen. Dazu kommen Vermögensverluste und soziale Kosten durch andere verminderte Wohlfahrtsfunktionen. Die durch die neuen gesetzlichen Luftreinhaltebestimmungen bedingten Ausgaben von privaten Haushalten und Unternehmen liegen unter dem Niveau der Wertschöpfungsverluste von Forstwirtschaft und Fremdenverkehr. Die Katalysatorregelung bringt eine jährliche Mehrbelastung für den Pkw-Verkehr von 3,2 Mrd. S, die Rauchgasbestimmungen kosten die Industrie 3 Mrd. S. Die Kosten der Luftreinhaltung dürfen aber nicht allein dem Nutzen des verringerten Waldsterbens gegenübergestellt werden. Verunreinigte Luft verursacht auch Schäden an Bauwerken, Kulturdenkmälern und in der Landwirtschaft. Schließlich ist ein gesunder Wald ein Indikator für saubere Luft, die eine wesentliche Voraussetzung für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen darstellt.

Wilfried Puwein

## Literaturhinweise

- Basler, E. et al., Die wirtschaftlichen Folgen des Waldsterbens in der Schweiz, Schweizerische Gesellschaft für Umweltschutz Zürich 1986
- Bayer, K., 'Instrumente der österreichischen Umweltpolitik — Luftverbesserung bei stationären Emissionsquellen' WIFO-Monatsberichte 3/1987.
- Frauentorfer, R., "Die Forstwirtschaft als Rohstofflieferant im 21. Jahrhundert", in: Rossmann, H. P. (Hrsg.) Waldschäden — Holzwirtschaft Wien 1987 S. 159-172.
- Glatzel, G., "Ursachen des Waldniederganges in Österreich" Österreichische Forstzeitung, 1987 98(5) S. 24-25
- Krapfenbauer, A., "Wie groß ist der Methan-Anteil am Waldsterben?" Allgemeine Forstzeitung, 1986, 97(8), S. 233-235
- Krott, M., "Die regionalwirtschaftliche Bedeutung der Holzwirtschaft in Österreich" Dissertationen der Universität für Bodenkultur in Wien, 1982. (18)
- Landsteiner, V., "Abriß der Geschichte der Österreichischen Bundesforste", in: 1925-1975 Österreichische Bundesforste Wien 1975 S. 142-267
- Merwald, I., "Die Schutzfunktion des Waldes vor Lawinen", Allgemeine Forstzeitung 1983 94(12) S. 325-326
- Mildner, H., Haszprunar, J., Schultze, N., "Österreichische Forstinventur 1971/1980 — Stammschäden" Allgemeine Forstzeitung, 1978 89(II) S. 373-376
- Nohl, W., Richter, U., "Freizeit und Erholung" in: Ewers, H.-J. et al., "Zur monetären Bewertung von Umweltschäden. Methodische Untersuchungen am Beispiel der Waldschäden" Umweltbundesamt Berlin, Forschungsbericht 1986 (4) S. 3-1/3-191.
- Puwein, W., "Ökonomische Aspekte der Umweltpolitik im Verkehrswesen" WIFO-Monatsberichte 3/1987.
- Schulz, H., Fengel, D., Grosser, D., Bues, C. T., "Waldschäden und Holzqualität", in: Rossmann, H. P. (Hrsg.) Waldschäden — Holzwirtschaft Wien 1987 S. 115-118
- Simhandl, G., "Daten zum Zustand des Waldes", Statistische Nachrichten 1987 42(4) S. 272-277.
- Smeral, E., Reiseverkehr und Gesamtwirtschaft WIFO-Gutachten Wien, 1986
- United Nations ECE Timber Committee, Implications of Air Pollution Damage to Forests for Roundwood Supply and Forest Products Markets Restricted Paper 1986