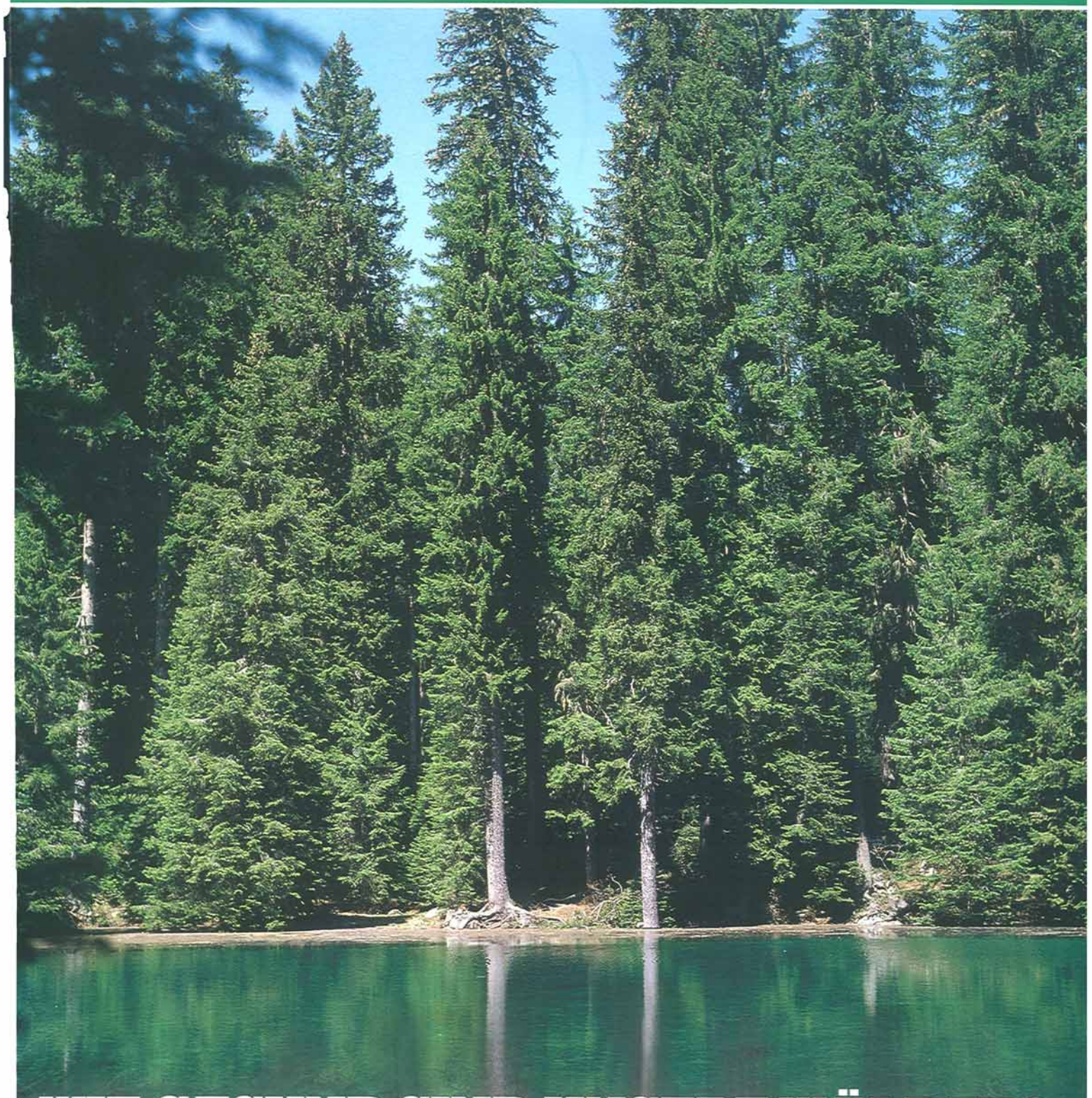
FORSTWIRTSCHAFTS-
INSPEKTORAT
BOZEN

AUTONOME
PROVINZ
BOZEN
SÜDTIROL



WIE GESUND SIND UNSERE WÄLDER?

10. Bericht über den Zustand der Wälder in Südtirol

1992

WIE GESUND SIND UNSERE WÄLDER?

Bericht für das Jahr 1992

INHALTVERZEICHNIS

		Seite
	- Zusammenfassung	4
	- Die phytopathologischen Merkmale des Jahres 1992 in Kurzform	4
1.	- Vorwort	5
2.	- Waldschadenserhebung 1992 in Südtirol	6
2.1.	- Methodik	6
2.2.	- Waldschäden "unbekannter Ursachen"	8
2.2.1.	- Geographische Verteilung der Waldschäden "unbekannter Ursachen"	12
2.2.2.	- Höhenmäßige Verteilung der Waldschäden "unbekannter Ursachen"	12
2.3.	- Waldschäden herkömmlicher Art - Schäden "bekannter Ursachen"	14
2.3.1.	- Spezifische Schadfaktoren	14
2.3.2.	- Allgemeine Schadfaktoren	19
2.3.2.1.	- Verursacher von Stock- und Wurzelfäulen	20
2.3.2.2.	- Abiotische Schäden	20
2.3.2.3.	- Klima- und Witterungsverlauf	20
	Globalstrahlung	20
	Temperatur	20
	Niederschlag	22
2.4.	- Waldschäden gegliedert nach Baumarten	22
2.5.	- Mortalitätsrate	26
2.6.	- Vergilbungserscheinungen	26
3.	- Waldschadenserhebung 1992 durch den Forstschutzdienst	27
3.1.	- Waldschäden durch Witterungseinflüsse	27
3.2.	- Waldschäden durch Insektenbefall	28
3.2.1.	- Raupenfraß von Kleinschmetterlingen	29
3.2.2.	- Raupenfraß von Großschmetterlingen	29
3.2.3.	- Larvenfraß von Blattwespen	30
3.2.4.	- Kronenverfärbungen durch Käferbefall	31
3.2.5.	- Kronenverfärbungen durch Blattsauger	31
3.3.	- Verbißschäden durch Wild und Nagetiere	32
3.4.	- Waldschäden durch Pilzkrankheiten	32
4.	- Kastanienrindenkrebs in Südtirol: Biologische Bekämpfungsmaßnahmen	35
5.	- Die Luftqualität in den größeren Ortschaften Südtirols	37
5.1.	- Meßwerte im Jahre 1992	37
5.2.	- Ergebnisse und Berwertung der Situation	37
5.3.	- Die Luftqualität in den letzten 10 Jahren (1982-1992)	40
6.	- Reinluftmeßstation am Rittner Horn	44
6.1.	- Charakterisierung der Meßstation	44
6.2.	- Jahresvergleich 1990/1992	45
6.3.	- Strahlungspegel (Radioaktivität)	46
6.4.	- Messung karzinogener Kohlenwasserstoffe in Staubproben	46
6.5.	- Das Verhältnis Coronen/Benzo(a)pyren	48
6.6.	- Weitere Projekte	48

Seite

7. - Projekt MEMOSA - Messung und Modellierung des Schadstoffverhaltens im Alpenbereich 49
7.1. - Verteilung der Schadstoffe 49
7.2. - Herkunft der Schadstoffe 51

8. - Untersuchungen der Niederschläge und Kontrolle der Versauerungsprozesse in Hochgebirgsseen 53
8.1. - Niederschläge 53
8.2. - Hochgebirgsseen 58

9. - Über die CO_2-Senkekapazität der Südtiroler Waldökosysteme 61

10. - Statement zu den Erkenntnissen zehnjähriger Untersuchungen 62

11. - Integrated Monitoring Programme 65
11.1. - Entomologische Untersuchungen 65
11.2. - Biologische Überwachung der Luftqualität durch Flechten: Präliminärstudie 68

12. - Schlußfolgerungen 69

Zusammenfassung (für den eiligen Leser)

- An über **einem Viertel** der untersuchten Bäume wurde ein Vitalitätsrückgang, verursacht durch Blattverlust und/oder Kronenvergilbung, festgestellt.

- Die Waldschäden haben im Vergleich zu 1991 um **3,1 %** zugenommen und haben seit dem Beginn der Erhebungen mit einem Gesamtausmaß von **25,9 %** ein Höchstausmaß erreicht (Tab. 2 und Fig. 10)

- Bei **21,8 %** (+ 2,6 %) der Bäume sind die Schadensursachen unbekannt.

- Im Vergleich zum Vorjahr hat sich die gesamte waldgesundheitliche Situation (bekannte und unbekannte Schäden) für die Laubhölzer und für die Schwarzkiefer verbessert; für die Tanne ist sie gleich geblieben, während sie sich für die Fichte, Lärche, Weißkiefer und Zirbe verschlechtert hat.

- Dieser Umstand kommt auch bei der höhenmäßigen Verteilung der Schäden zum Ausdruck. Wo in den Talniederungen Laubwälder vorherrschen, sind die Schäden eindeutung zurückgegangen, in den höheren Lagen, besonders aber über 2000 m. ü.d.M., haben diese zugenommen.

- Besonders angestiegen sind im Vergleich zum Vorjahr die Waldschäden durch unbekannte Ursachen im westlichsten und nordöstlichsten Teil des Landes, sowie in der Nähe von größeren Siedlungen.

- Bereits beobachtete und neu aufgetretene Krankheitsbilder durch tierische und pilzliche Verursacher bestimmen die pathologische Gesamtsituation, wobei der Klimaverlauf nach wie vor eine entscheidende Rolle zu spielen scheint.

- Wie aus den gemessenen Werten abzuleiten ist, weisen Ausmaß und Verteilung der Luftfremdstoffe in der tieferen Troposphäre des Alpenraumes - dies gilt besonders für Ozon - einen klaren regionalen Charakter auf, mit Schwankungen in Bezug auf:
  - die momentane großräumige Wetterlage über der Alpenregion (Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Höhe der Mischungsschicht, usw.);
  - die Eigenschaften der Orographie (Hauptrichtung der Täler);
  - das Vorkommen von Emittenten vor Ort (Autoverkehr und Hausbrand), denen sich gelegentlich grenzüberschreitende Transportepisoden überlagern.

- Während 1992 im Stadtbereich die Werte der Luftverschmutzung auf dem üblichen Niveau lagen, ist in den höheren Lagen die Luftqualität etwas besser geworden; insbesondere haben dort die Ozonkonzentrationen die Spitzenwerte des vorhergehenden Jahres nicht mehr erreicht.

Die phytopathologischen Merkmale des Jahres 1992 in Kurzform

Klimaverlauf

- allgemein sehr schwankend:
  - Winter extrem niederschlagsarm
  - Frühjahr extrem feucht und regnerisch
  - Sommer mit hohen Temperaturen (heißer August)
  - Herbst frisch und feucht

Insektenbefall

- Kiefernprozessionsspinner, Waldgärtner, Kiefernbuschhornblattwespe (Weißkiefer)
- Buchenspringrüßler (Buche)
- Schwammspinner, Schlehenspinner, Läuse (verschiedene Holzarten)

Pilzkrankheiten

- Fichtennadelblasenrost (Fichte)
- Weißer Schneeschimmel, Lachnellula flavovirens, Nectria cucurbitula (Zirbe)
- Triebschwinden der Kiefer (Kiefern)
- Cytospora sp., Lärchenkrebs (Lärche)
- Buchenkrebs (Buche)
- Kastanienrindenkrebs (Edelkastanie)
- Hallimasch (verschiedene Holzarten)

Das Jahr 1992 ist, wie bereits das vorhergehende, durch hohe Samenproduktion (Mastjahr) vieler Baumarten, im besonderen Fichte, Kiefern, Blumenesche, Hopfenbuche u.a. gekennzeichnet.

1. - Vorwort -

Mit einer Fläche von 310.782 ha oder 42 % der gesamten Landesfläche prägt der Wald in Südtirol entscheidend das Landschaftbild. Aufgrund der geomorpholigischen Eigenschaften Südtirols (40 % der Fläche oberhalb 2000 m Seehöhe, 80 % über 1000 m Seehöhe) bietet der Wald einen unersetzlichen hydrogeologischen Schutz der Böden, und ist darüberhinaus Garant für saubere Luft und frisches Quellwasser. Der Wert des Waldes für Erholung und Freizeit wird heute mehr geschätzt als früher und nicht zuletzt trägt der Wald zur Fixierung von ca. 1/3 des in Südtirol durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe freigesetzten Kohlendioxids bei.

Die Aufmerksamkeit, mit der sich der Landesforstdienst dem Phänomen "Waldsterben" bereits seit den ersten Anzeichen in den frühen 80er Jahren gewidmet hat, ist deshalb voll gerechtfertigt.

Das im Jahre 1983 begonnene Untersuchungsprogramm - dies ist bereits die 10. Informationsschrift - hat sich der technischen und wissenschaftlichen Einrichtungen der Landesverwaltung und externer Berater bedient. Dabei waren immer die auf internationaler Ebene (EG-Regelung 1697/87, UN-ECE, Arge Alp-Arge Alpen Adria) beschlossenen Kriterien und Methoden richtungsweisend.

Für das Vorgehen waren grundsätzlich folgende Ziele maßgebend:
- Feststellung der Waldschäden, deren Ausmaß und Entwicklung, mittels jährlicher statistischer Erhebungsverfahren
- Feststellung der Schadenursachen, mit besonderem Augenmerk auf die Umweltverschmutzung, und zwar durch spezifische Untersuchungen auf folgenden Sachgebieten:
  - Entomologie
  - Phytopatologie
  - Klimatologie
  - Dendrochronologie
  - Chemie - Analysen der Blätter/Nadeln
    - Analyse der Böden
    - Analyse der Luftqualität
    - Analyse der feuchten und trockenen Niederschläge

Um eine immer weitreichendere und fundiertere Interpretation des Phänomens "Waldsterbens" bzw. der sogenannten "Neuartigen Waldschäden" zu erlangen, wurden die Untersuchungen durch neue Initiativen (z.B. Projekt MEMOSA) ergänzt, um in natürlicher Folge zur gesamtheitlichen Überwachung der Waldökosysteme zu gelangen (°). Der Zustand der Waldökosysteme ist nämlich der beste und repräsentativste Ausdruck ihrer Vitalität und zugleich ein sensibler (Bio-)Indikator für Umweltveränderungen hinsichtlich verschiedener Aspekte wie Umweltverschmutzung, Klimaverlauf, Insektenbefall, usw.

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die verschiedenen Untersuchungen und beabsichtigt allen Interessierten die notwendigen Informationen über den Gesundheitszustand unserer Wälder zu liefern und somit die allgemeine Umweltsituation darzustellen.

Er ist im besonderen eine nützliche Informationsgrundlage, sowohl für die politischen Entscheidungsträger als auch für alljene, die sich für das Wohl unserer Umwelt einsetzen möchten.

(°) Erklärung von Straßburg der Ministerialkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa vom 18.12.1990

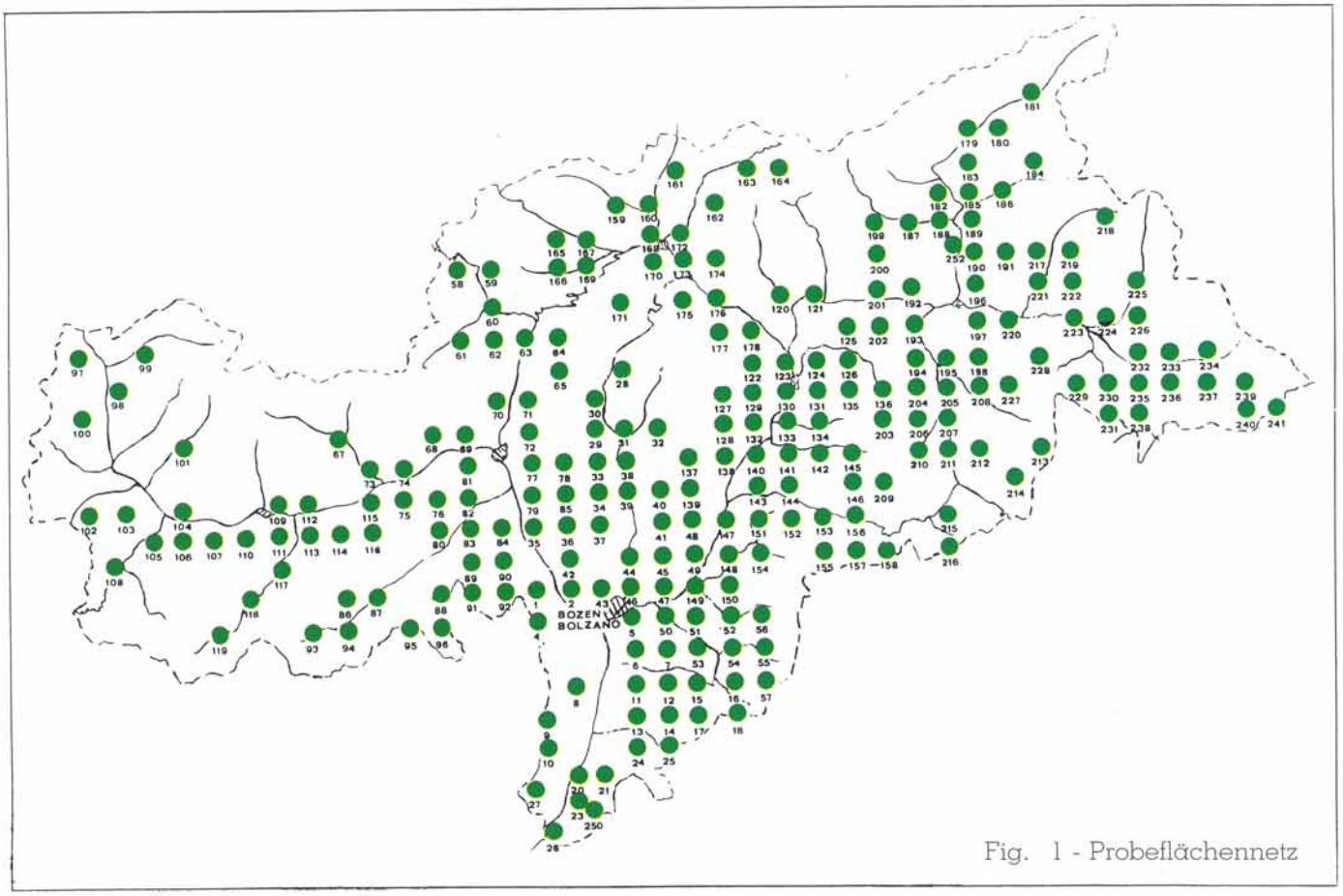


Fig. 1 - Probeflächennetz

2. - Waldschadenserhebung 1992 in Südtirol -

2.1. - Methodik -

Seit 1984 ist dies in Südtirol die neunte aufeinanderfolgende Erhebung.

Nach einem statistisch abgesicherten Inventurverfahren, das auch international angewandt wird, wurden bereits 1983 an den Schnittpunkten eines 4x4 Km Rasters 239 permanente Probeflächen (Fig. 1) eingerichtet und auf jeder von ihnen 30 der dort vorkommenden Bäume ausgewählt.

Die Erhebung des phytosanitären Zustandes eines jeden dieser Bäume (über 7000) erfolgt durch visuelle Abschätzung der beiden Parameter **Blatt- bzw. Nadelverlust und Kronenvergilbung**. Die Einstufung erfolgt in jeweils 5 Klassen (Fig. 2 bis 9):

gesund	- Klasse 0
leichter Schaden	- Schadklasse 1
mittlerer Schaden	- Schadklasse 2.
schwerer Schaden	- Schadklasse 3
abgestorben	- Schadklasse 4

Dabei wird, soweit es die Methodik zuläßt, zwischen **bekannten** und **unbekannten Ursachen** unterschieden.

Erstere beziehen sich auf die vor Ort festgestellten Schadenssymtome, welche bekannten Primärschädigungen zuzuordnen sind: Schädlingsbefall, Pilzinfektionen, mechanische und witterungsbedingte Schäden, usw.

NADEL-BLATTVERLUST

VERGILBUNG

Fig. 3 - Schadklasse 1

Fig. 2 - Klasse 0 - gesund

Fig. 6 - Schadklasse 1

Fig. 4 - Schadklasse 2

Beispiele für Schadstufen der Baumart Fichte

Fig. 7 - Schadklasse 2

Fig. 5 - Schadklasse 3

Fig. 9 - Schadklasse 4 - abgestorben

Fig. 8 - Schadklasse 3

Umgekehrt werden gezwungenermaßen alle Schadensformen, von denen die Ursachen, auch natürliche, nicht unmittelbar und mit Sicherheit festgestellt werden können (unspezifische Symptome) den unbekannten Ursachen zugeordnet, z.B.: physiologischer Streß (Trockenheit, Tiefsttemperaturen, schwierige standörtliche Verhältnisse, usw.), Wurzelfäulen, alter bereits überwundener Schädlingsbefall, Konkurrenz, usw.
Folgeerscheinungen der Umweltverschmutzung werden natürlich nicht ausgeschlossen, sie bedürfen jedoch spezifischer chemisch-analytischer Untersuchungen.

Um die Darstellung der Informationen zu vereinfachen, wird in den dargelegten Ergebnissen - wie in folgender Tabelle ersichtlich - nur der Gesamtschaden (Entnadelung + Verfärbung), ausgedrückt in % der Probebäume, berücksichtigt.

Tab. 1

			VERGILBUNG			
			0%	1–25%	26–60%	>61%
			0	1	2	3
NADEL - BLATT VERLUST	0–10%	0	0	0	1	2
	11–25%	1	1	1	2	2
	26–60%	2	2	2	3	3
	> 61%	3	3	3	3	3

2.2. - Waldschäden "unbekannter Ursachen" -

Eine immer größer werdende Anzahl von Bäumen weist Schadenssymtome an der Krone (Nadel-Blattverlust und dürre Kronenteile) auf, deren Ursachen in den meisten Fällen unbekannt bleiben (2.1.).

Dieses Phänomen, besonders bemerkenswert bei Nadelhölzern, nimmt immer mehr an Bedeutung zu und hat, mit einer Erhöhung von **2,6 %** gegenüber dem Vorjahr, ein Ausmaß von **21,8 %** aller untersuchten Bäume erreicht. (Tab. 2 und Fig. 10)

Den größten Anteil daran hat die Schadklasse 1 - leichte Schäden, mit **16,9%**. Diese Zunahme von **2,7%** im Verhältnis zum Vorjahr ist hauptsächlich für die Erhöhung des Schadensausmaßes insgesamt verantwortlich.

Mit einem zwar irrelevanten Anstieg von **0,2 %** der Schadklasse 2 - mittlerer Schaden auf **4,3 %** erreicht dieser Wert demnach das bisherige Maximum.
Dieser Anstieg wird allerdings durch einen Rückgang der Schadklassen 3 + 4 (schwer geschädigt - abgestorben) kompensiert.

Positiv zu vermerken bleibt, daß die sogenannten "deutlichen Schäden" - Schadklasse 2 bis 4 - mit insgesamt **4,9 %** im Vergleich zum Vorjahr praktisch gleich geblieben sind.

Tab. 2

Schadstufe		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Gesund	0	80,0%	86,2%	85,9%	84,7%	79,8%	81,3%	76,1%	77,2%	**74,1%**
Geschädigt insgesamt		20,0%	13,8%	14,1%	15,3%	20,2%	18,7%	23,9%	22,8%	**25,9%**
Schäden bekannter Ursachen		3,0%	5,5%	6,6%	5,6%	5,6%	4,1%	6,8%	3,6%	**4,1%**
Schäden unbekannter Ursachen:		17,0%	8,3%	7,5%	9,7%	14,6%	14,6%	17,1%	19,2%	**21,8%**
leicht geschädigt	1	14,0%	7,4%	6,7%	7,9%	11,3%	11,1%	12,5%	14,2%	**16,9%**
mittel geschädigt	2	2,5%	0,7%	0,7%	1,5%	2,9%	2,9%	3,6%	4,1%	**4,3%**
stark geschädigt abgestorben	3+4	0,5%	0,2%	0,1%	0,3%	0,4%	0,6%	1,0%	0,9%	**0,6%**

ENTWICKLUNG DER WALDSCHÄDEN IN SÜDTIROL

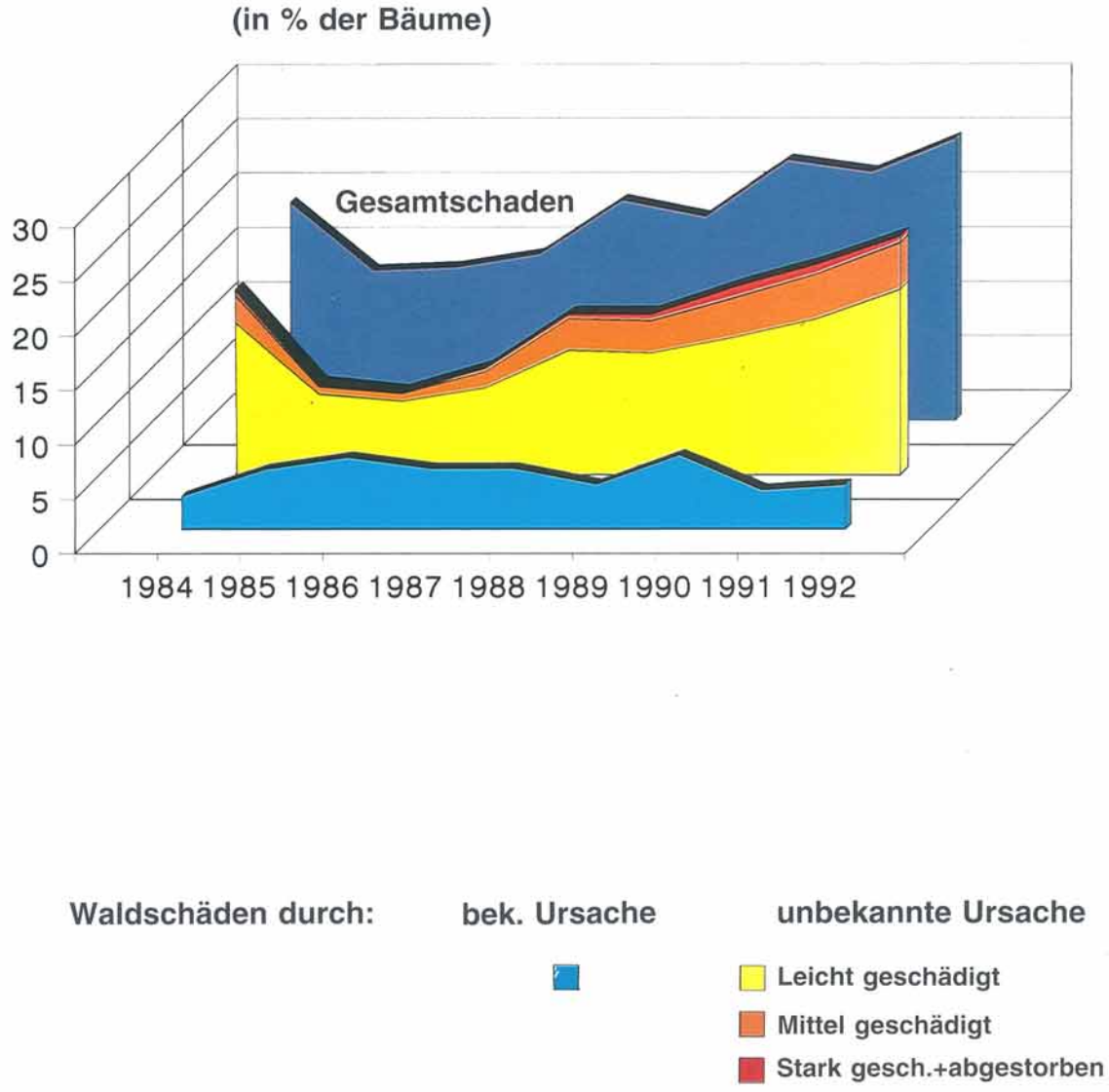


Fig. 10

VERTEILUNG DER WALDSCHÄDEN "UNBEKANNTER URSACHE" 1992

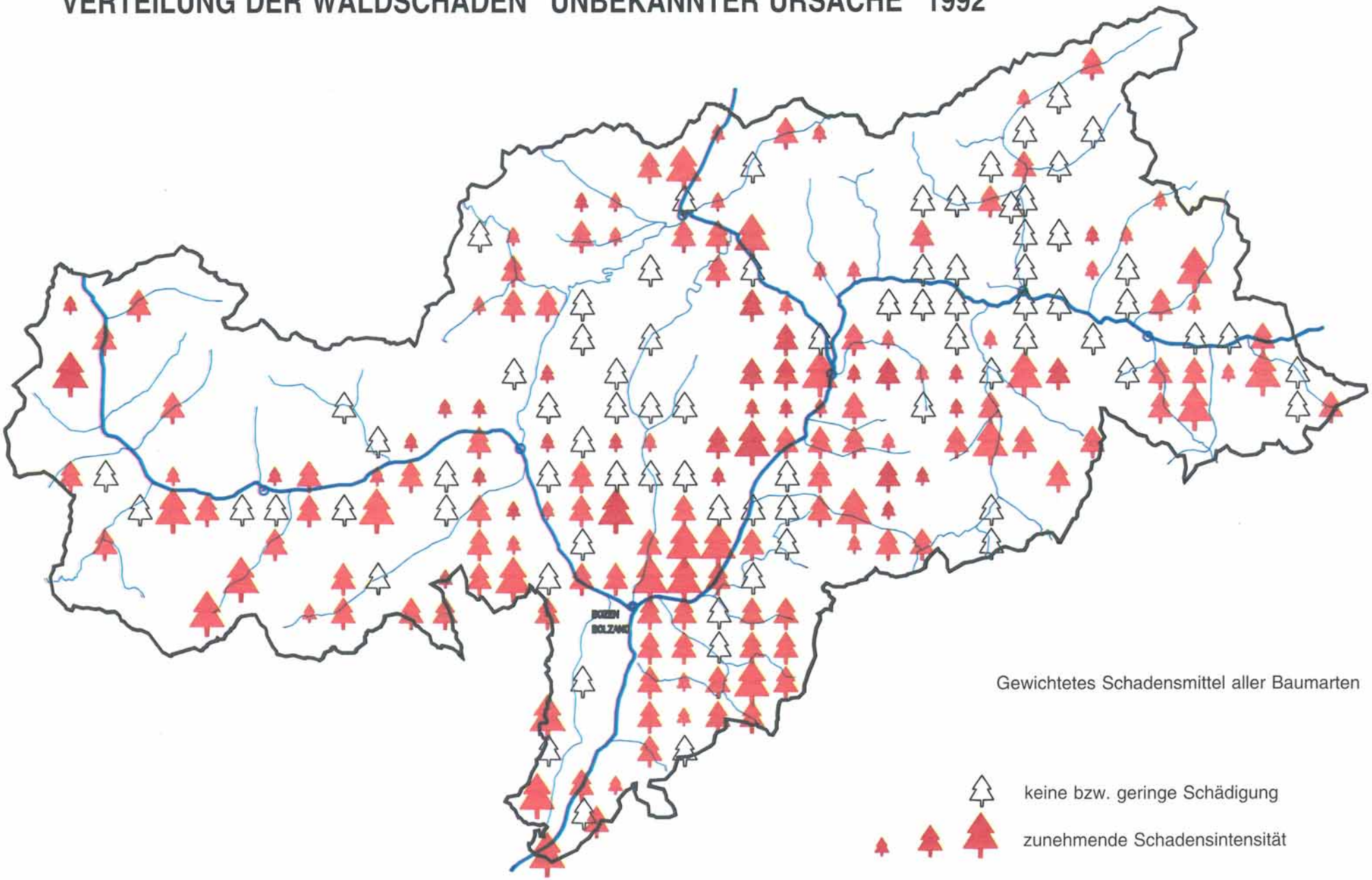


Fig. 11 -

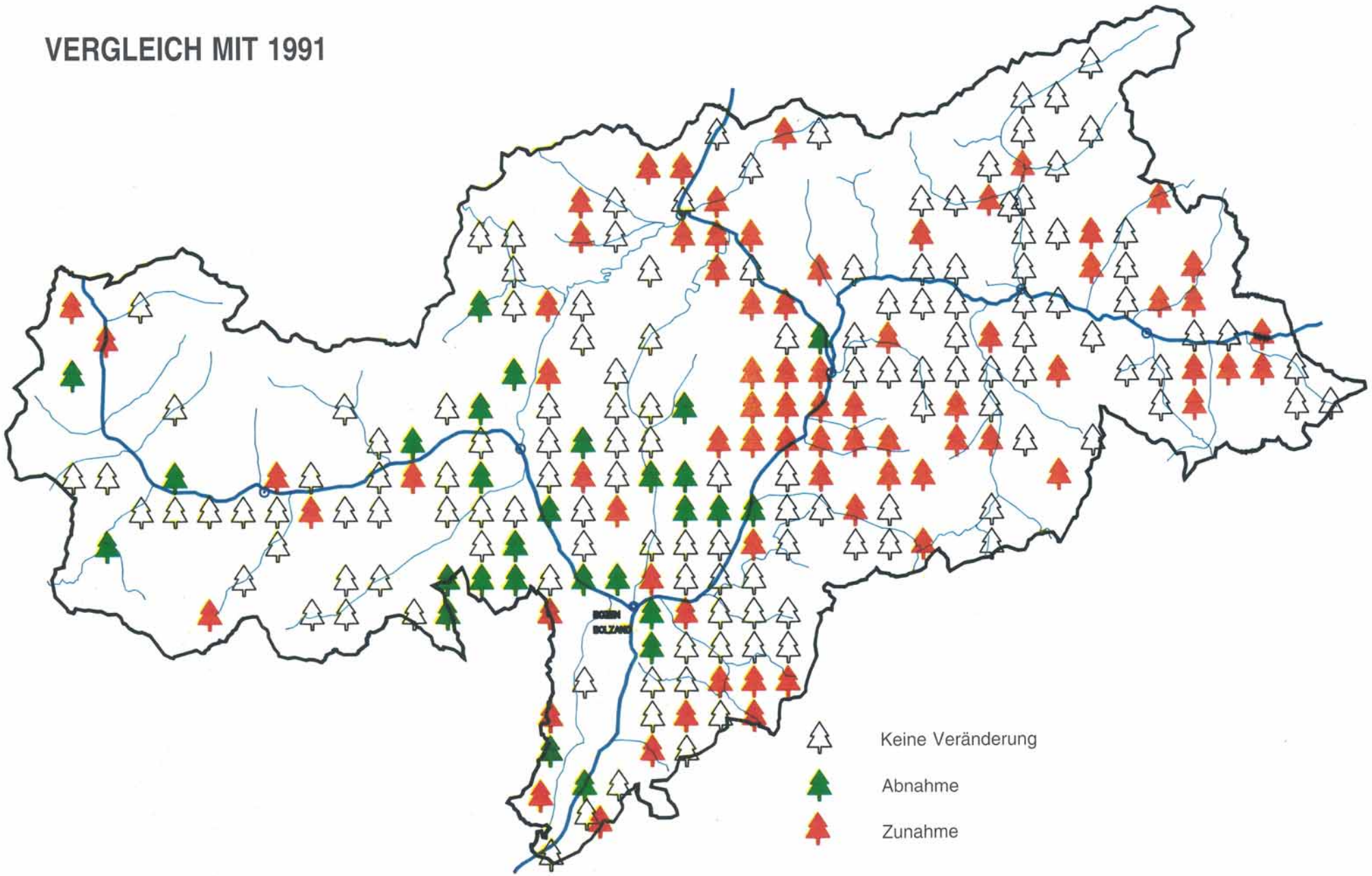

VERGLEICH MIT 1991
BOZEN
BOLZANO
Keine Veränderung
Abnahme
Zunahme

Fig. 12 -

2.2.1. - Geographische Verteilung der Waldschäden "unbekannter Ursachen" -

Die Gegenden mit den augenscheinlichsten Schadsymptomen sind in groben Zügen identisch mit denen früherer Jahre. Sie sind gekennzeichnet durch flachgründige Böden mit geringem Wasserrückhaltevermögen oder durch die Nähe zu den größten Siedlungszentren.

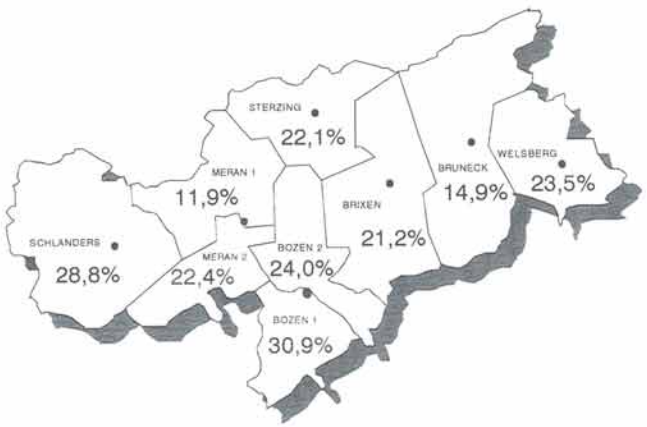


Fig. 13 - Anteil (in %) der durch unbekannte Ursachen geschädigten Bäume aller Arten (Schadstufen 1 bis 4) in den einzelnen Bezirksforstämtern

Die Gesamtsituation hat sich durch eine weitere Zunahme der Schäden im Vergleich zum Vorjahr (Fig. 11 und 12) besonders auf dolomitischem Untergrund und im Oberpustertal (= südöstlicher Teil des Landes) verschlechtert, weiters längs des Eisacktales in der Nähe von Sterzing, Brixen und Bozen, sowie im westlichen Teil des Landes (Obervinschgau).

Leicht gebessert hat sich die Situation hingegen im mittleren-westlichen Teil des Landes. Dieser Umstand kommt durch geringere Schäden in den Forstbezirken Bozen II, Meran I und Meran II zum Ausdruck. (Fig. 13)

2.2.2. - Höhenmäßige Verteilung der Waldschäden "unbekannter Ursachen" -

Die Waldschäden treten nicht nur in den verschiedenen Landesteilen unterschiedlich stark auf, sondern auch in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Höhenstufen.
Dies hängt einerseits mit dem natürlichen Vorkommen der einzelnen Baumarten zusammen, andererseits mit den unterschiedlichen standörtlichen Bedingungen.

Für alle Baumarten zwischen 750 und 2000 Meter Seehöhe gemeinsam (Fig. 14) liegt der Schädigungsgrad aus unbekannten Ursachen bei ca. 20 % (montane bis subalpine Höhenstufe).

Fig. 14 - Ausmaß der Waldschäden unbekannter Ursachen nach Höhenlage (in % der Probebäume)

Oberhalb 2000 m ü.d.M., so ergab die Erhebung, ist jeder dritte Baum geschädigt. Der hohe Schädigungsanteil wird fast ausschließlich durch die Baumart Lärche im östlichen Landesteil bewirkt (Forstbezirke Bruneck und Welsberg).

Im untersten Waldgürtel (submontane Stufe) ist die Situation ganz unterschiedlich. Die Schadensintensität in den vorwiegend laubholzreichen Waldgebieten der Talebenen unter 500 m ü.d.M. hat abgenommen. Die Bäume haben sich hier von den schweren Schädlingsbefällen und Spätfrösten des Vorjahres erholt.

Umgekehrt ist die Situation wiederum in den Waldgebieten zwischen 500 und 750 m ü.d.M., wo der Schädigungsgrad 39,3 % erreicht hat. Besonders betroffen sind hier die Fichte, die Weißkiefer und die Lärche in den Forstbezirken Bozen I und Bozen II.

Um die Höhe der Waldschäden besser und genauer interpretieren zu können, wurden die Schäden in Fig. 15 graphisch dargestellt und zwar getrennt nach Höhenlage, Gebiet (Forstbezirke) und nach den am häufigsten vorkommenden Baumarten: Fichte, Weißkiefer und Lärche (Fig. 16).

Zur Vervollständigung wird auch die höhen- und gebietsmäßige Verteilung des Gesamtschädigungsgrades der Wälder angeführt (Fig. 17).

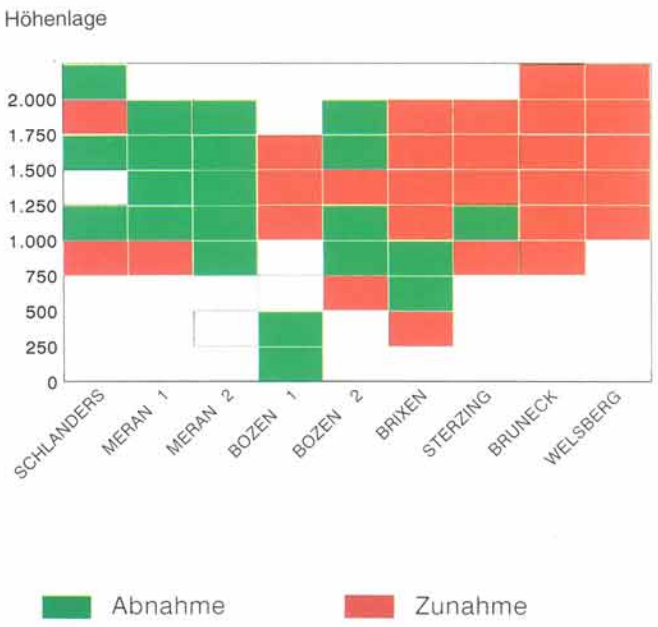


Fig. 15 - Variierung des Schadensausmaßes unbekannter Ursachen nach Höhenlage und Bezirksforstamt im Vergleich zu 1991

Fig. 17 - Variierung des Gesamtschadens (bekannte und unbekannte Ursachen) nach Höhenlage und Bezirksforstamt im Vergleich zu 1991

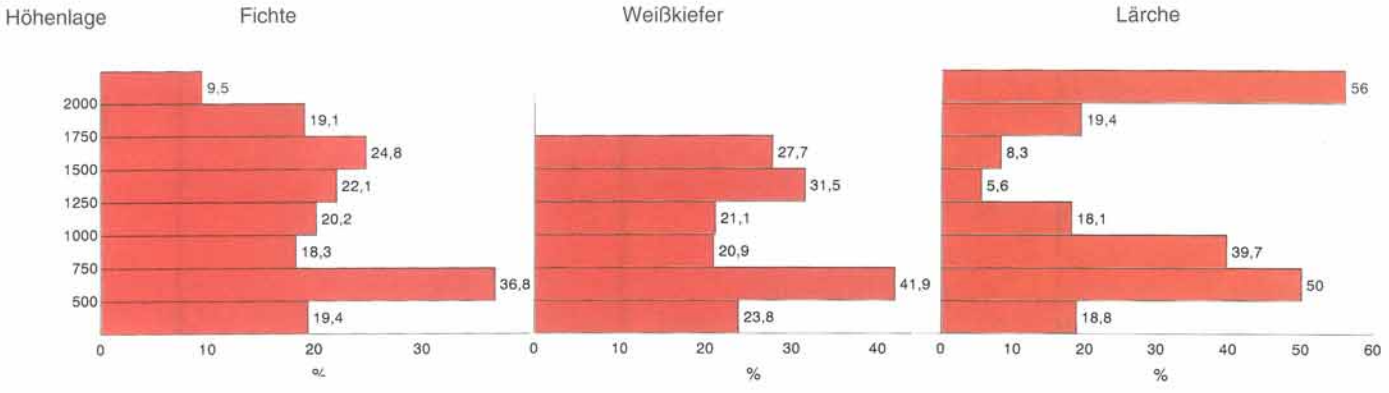


Fig. 16 - Ausmaß der Waldschäden unbekannter Ursachen nach Höhenlage und Baumart (in % der Probebäume)

2.3. - Waldschäden herkömmlicher Art - Schäden "bekannter Ursachen" -

Schädlings- und Pilzbefall, sowie auch jene Symptome, welche auf andere Schäden herkömmlicher Art (siehe auch 3.) zurückzuführen sind, werden am Erhebungsort getrennt aufgenommen.
Sie erreichen ein Ausmaß von **4,1 %** des Gesamtschadens (Fig. 10 und Tab. 2).
Während einige von ihnen baumartenspezifisch sind (2.3.1.), haben andere generellen Charakter (2.3.2.).

2.3.1. - Spezifische Schadfaktoren -

Fichte

-Fichtennadelblasenrost - Chrysomyxa rhododendri. Der größte Teil des Schadens rührt nicht von der starken Kronenvergilbung im Spätsommer 1992 her (Figg. 6 und 18), sondern vom starken, wiederholten Nadelverlust an den Trieben der Vorjahre. Begünstigt durch die hohe Feuchtigkeit im Frühjahr, hat sich der Befall seit 1988 zum fünften Mal wiederholt. Die Intensität war je nach geographischer Lage verschieden, lokal jedoch auch sehr hoch. Besonders betroffen waren die östlichen Landesteile (Forstbezirke Bruneck und Welsberg).

Fig. 19 - Waldgärtner: Triebfaß

Fig. 18 - Fichtennadelblasenrost: auch 1992 zeichnete sich ein hoher Befall ab

Tanne

- Die auffallenden Nadelverluste der Vorjahre durch **Wickler** (Zeiraphera rufimitrana und Choristoneura murinana) sind noch gut erkennbar.Der heurige, sehr schwache Befall durch diese nadelfressenden Insekten, blieb auf konstant heimgesuchte Zonen beschränkt (Südtiroler Unterland).

Weißkiefer

- **Waldgärtner** - Blastophagus sp.: Markröhrenfraß der Triebe (Fig. 19). Stellt einen konstanten Faktor zu Verfärbungen bzw. Verlust der Triebspitzen in den Kiefernbeständen dar.Weiters hat der Waldgärtner zusammen mit anderen pathologischen Elementen, welche in letzter Zeit die Kiefernbestände bedrohen, eine Art subprimären Charakter beim Befall des Stammes (Brutfraßgänge) angenommen.
- **Kiefernprozessionsspinner** - Thaumetopoea pityocampa. Auch wenn sich die Raupenfraßschäden dieses Insektes, aus streng phytosanitärer Sicht, in Grenzen halten (eine größere Gefahr stellen allenfalls die von den giftigen Raupenhaaren hervorgerufenen Allergieen dar) so haben doch die Raupen (Fig. 20) vor allem im unteren Etschtal und im Eisacktal starke Entnadelungen hervorgerufen (Zunahme der Schäden bekannter Ursache, siehe 2.4.)

Fig. 20 - Kieferprozessionsspinner: Raupe

- **Gemeine Kiefernbuschhornblattwespe** - Diprion pini: Befindet sich in einer Rückgangsphase. Die weit verbreiteten Schäden auf den "Vinschgauer Sonnenhängen" sind hauptsächlich auf die Nadelverluste der vergangenen zwei Jahre zurückzuführen (Fig. 40).
- **Triebschwinden der Kiefer** - Cenangium ferruginosum und Mistelbefall - Viscum album verursachen zusammen mit dem Hallimasch-Armillaria sp. (2.3.2.1.) und mit dem bereits erwähnten Waldgärtner - Blastophagus sp. sowie dem Kiefernprozessionsspinner - Thaumetopoea pityocampa ein komplexes Schadensbild an den Kiefernbeständen des Eisacktales rund um Brixen (Fig. 34). Die einzelne oder kombinierte Wirkung dieser Schadfaktoren verursachte auch das Absterben von 8 Probebäumen.

Schwarzkiefer

- An Schwarzkiefern wurde vor allem **Schildlausbefall** durch Leucaspis pini an den Nadeln beobachtet. Dieser Befall führt bisweilen sogar zum Absterben einzelner Bäume oder Baumgruppen, allerdings traten 1992 solche Absterbenserscheinungen unter den wenigen Probebäumen nicht auf.

Fig. 21 - Ein komplexes Schadbild ist für das Absterben von Zirbenjungbäumen verantwortlich

Fig. 22 - Lachnellula flavovirens: Fruchtkörper (Apothezien)

Zirbe

- Außer dem üblichen **Läusebefall** - u.a. Lachnidae sowie **Kiefernnadelbräune** - Rizosphaera pini wurden keine besonderen Schäden beobachtet.
- In der östlichen Landeshälfte wurde seit einigen Jahren lokal begrenzt das Absterben von jungen Hochlagen-Zirbenbeständen (ca. 2000 m ü.d.M.) mit zum Teil hundertprozentigen Ausfällen, festgestellt (Fig. 21).
  Wenn auch nicht zur statistisch-inventariellen Untersuchung gehörend, ist diese Form des Absterbens von besonderem Interesse, da das Zusammenwirken verschiedener Faktoren, unter ihnen schwach parasitäre Pilze, den Krankheitszustand dieser Hochlagenbestände hervorzurufen scheint. (siehe 2.2.2.).

Es wurde die Präsenz von:

- **Phacidium infestans** KARSTENS
- **Brunchorstia pinea** (KARSTENS) HÖHN
- **Lachnellula flavovirens** (BRES.) DENNIS (erster Nachweis in Südtirol-Fig. 22)
- **Nectria cucurbitula** (TODE) FR. (erster Nachweis in Südtirol)
- **Lachnidae**
- **Pissodes pini** L.

beobachtet.

Lärche

- der Befall von **Blattläusen** - Adelges sp. hat zu erheblichen Vergilbungen im Kronenbereich geführt;
- **Lärchentriebmotte** - Blastotere (=Argyresthia) laevigatella: weit verbreitetes Absterben einzelner Langtriebe (Fig. 23);
- der **Lärchenkrebs** - Lachnellula willkommii. Der Lärchenkrebs breitet sich immer stärker aus (Fig. 24 und 43).

Fig. 23 - Lärchentriebmotte: Befall an der Basis des Langtriebes

Fig. 24 - Fruchtkörper (Apothezien) des Lärchenkrebses

Ein besonderer Vorfall im Hochsommer (Ende Juli) hat die Lärchenbestände oberhalb von 1700 m Meereshöhe betroffen, insbesondere auf den Hochplateaus von Jenesien und Ritten, sowie im Trentino (Val di Sole, Nonstal, Etschtal, Cembratal, Fassa- und Fleimstal), in der Schweiz und in Österreich (Fig. 25 und 26).

Die Symptome (Absterben der Seitenäste oder ganzer Wipfeltriebe und Harzaustritt) schlossen Spätfröste (auch aufgrund der Klimadaten) nach dem Blattaustritt aus.

Neben dem Vorkommen von Läusen (Adelgidae), Lärchenkrebs, Grauschimmelfäule und Phomopsis sp., wurde weiters von verschiedenen Instituten (1) die Präsenz der Piknidien von **Cytospora sp.** nachgewiesen, welche zusammen mit Leucostoma (= Valsa) kunzei für das Absterben verschiedener Nadelbäume in Nordamerika verantwortlich ist (2).
Es handelt sich hier um gelegentliche Schwächeparasiten, die vorwiegend dann begünstigt werden, wenn Bäume bereits durch verschiedene Faktoren - mechanische Schäden, Nährstoffmangel, Trockenheit, Temperaturextreme (Frost) - geschwächt sind, was durchaus den Erfahrungen in Österreich entspricht (3), wo als Ursache dafür die Frühfröste im Spätherbst/Winterbeginn 1991 nachgewiesen wurden.
Es gilt jedoch noch zu klären, ob und in welchem Ausmaß **Cytospora** ein epidemischer Charakter in so breitem Rahmen zuzusprechen ist, da ebenfalls der feucht-warme klimatische Verlauf im Frühjahr

Fig. 25 - Triebsterben an Lärche

Fig. 26 - Triebsterben an Lärche

1992 dazu beigetragen haben könnte, oder ob es sich dabei um einen generellen Aspekt des pathologischen Zustandes, bestimmt durch das Klima der letzten Jahre, in den höheren Lagen handelt.

Laubbäume

Insgesamt weisen sie eine schwächere Ausprägung von biotischen und abiotischen pathologischen Erscheinungen auf. Es wiederholten sich verstreut Insektenbefälle in Form von Blatt- und Minierfraß (Fig. 27) sowie Pilzinfektionen an Blättern (**Apiognomonia sp.**); letztere waren vor allem durch das feuchte Frühjahr begünstigt (Fig. 28).

Ein etwas anderes Bild wiesen folgende Baumarten auf:

Buche

- Der Befall durch **Buchenspringrüßler** - Rhynchaenus (=Orchestes) fagi (Fig. 29) war schwächer als in den vorherigen Jahren.

Dasselbe gilt für:

- den Befall durch **Buchenblattbaumlaus** - Phyllaphis fagi
- den Befall von **ungleichem Holzbohrer** - Anisandrus dispar
- den Pilzbefall durch **Buchenkrebs** - Nectria ditissima

Fig. 27 - Minierfraß auf Flaumeichenblatt

Fig. 28 - Gnomonia juglandis: Blattbräune auf Edelnuß

Edelkastanie

- **Der Kastanienrindenkrebs** - Cryphonectria (=Endothia) parasitica - stellt noch immer das größte Problem für diese Baumart dar. Gegenüber einer Gesamtschädigung der Edelkastanien von **38,5%** (40 % im Jahre 1991) weisen **33,4 %** (35,0 % im Jahre 1991) der Stichprobebäume Absterben von Kronenteilen, auch stärkeren Ausmaßes, infolge dieser Infektion auf.

2.3.2. - Allgemeine Schadfaktoren -

Generelle Schäden treten mit unterschiedlicher Bedeutung und Intensität an verschiedenen forstlichen Baumarten als Folge verschiedenartiger Faktoren auf und können sich gegenseitig beinflussen und fördern.
Dies ist der Fall bei:

Fig. 29 - Schadbild des Buchenspringrüßlers (Orchestes fagi)

2.3.2.1. - Verursacher von Stock- und Wurzelfäulen -

Der Vitalitätsverlust als Folge von Wurzelfäule (**Fomes** und **Armillaria** sp.) gewinnt auch großflächig immer mehr an Bedeutung (siehe Bericht 7/1989). Besonders betroffen sind:

- Hiebsreife und ungepflegte Bestände, wo diese Wurzelfäulen natürliche Regulationsmechanismen darstellen und besonders Bäume mit Verletzungen der Wurzeln und des Stammes befallen;
- Bestände, wo in der Vergangenheit und Gegenwart Eingriffe durch den Menschen, wie Waldweide, Streunutzung, Stamm- und Wurzelschäden bei Holznutzungen, Schipisten- und Wegebau, usw. die Infektionsgefahr erhöht haben.

Die Infektion kann auch über mehrere Jahrzehnte für den Beobachter unbemerkbar bleiben und tritt erst beim Absterben der Bäume zum Vorschein.
Eine besondere Rolle spielt dabei auch der Witterungsverlauf, insbesonders Trockenperioden.
Im vergangenen Jahr waren im Durchschnitt von 16 abgestorbenen Bäumen 3 mit Sicherheit dem Befall durch Hallimasch (Armillaria sp.) zuzuschrieben (Fig. 30).

Fig. 30 - Hallimaschbefall am Stammfuß

2.3.2.2. - Abiotische Schäden -

Immer mehr Bäume weisen Verletzungen am Stamm, verursacht durch Holzrückung, Wind- Schneebruch, usw. auf. Es sind dies bevorzugte Eintrittspforten für weiteren Stock- und Wurzelfäulebefall. Auch Verletzungen im Kronenbereich als Folge von Hagelschlag, Peitschen der Äste, Wind, usw. werden immer häufiger festgestellt.

2.3.2.3. - Klima- und Witterungsverlauf -

Außer den vorhergenannten Schadensursachen, welche mittelbare und unmittelbare Folgen hervorgerufen haben, spielt der jahreszeitliche Witterungsverlauf des betreffenden Jahres und der Jahre vorher eine entscheidende Rolle: einerseits durch die Förderung der Entwicklung dieser Pathogene, andererseits durch die direkte Beeinflussung der Vegetationsentwicklung.
Allgemein betrachtet ist die Vegetation durch reichliche Wärmeenergie- und Niederschlagszufuhr begünstigt worden, was ein früheres Austreiben und damit eine längere Vegetationsperiode zur Folge hatte.

Globalstrahlung
Für die meiste Zeit (Jänner - September) lag die Sonneneinstrahlung, gemessen durch die beiden Parametern der Globalstrahlung und der Temperatur, über dem Mittelwert.
Die jährliche Globalstrahlung (J/cm^2) lag an der Meßstation Laimburg somit um **12 %** über dem Durchschnitt, mit Spitzenwerten von **+17 %** während der Vegetationsperiode (Mai - September) und von **+32%** im Mai. Die Sonnenscheindauer (**+5%** im Jahresdurchschnitt) war im August besonders hoch: **+30%**.

Temperatur
Die erhöhte Globalstrahlung hatte eine Erhöhung der Temperatur, je nach Station, um **0,4÷1,5° C** über dem Mittelwert (Tab. 3) zur Folge. Spätfröste im Frühjahr sind praktisch ausgefallen.

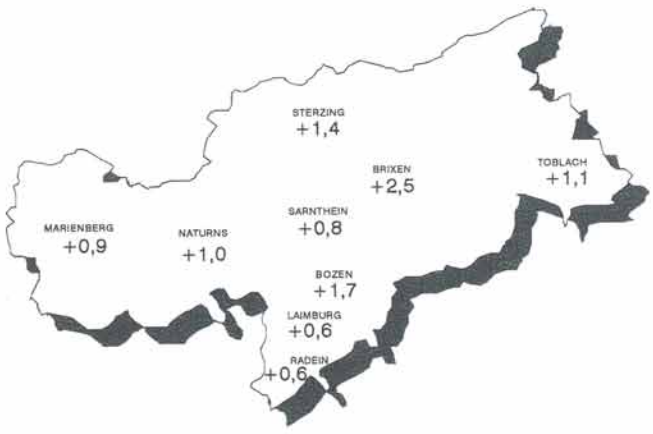


Fig. 31 - Temperaturunterschied in ° C zwischen dem Sommermittelwert 1992 und dem entsprechenden langjährigen Mittel

Tab. 3 - Temperaturwerte 1992 - Differenz zum Mittelwert (° C)

ORT (°) (°°)	SOMMER	VEGETATIONSPERIODE	JAHR
Marienberg	+ 0,9	+ 1,0	+ 0,6
Naturns	+ 1,0	+ 0,9	+ 0,7
Sterzing	+ 1,4	+ 1,1	+ 0,5
Toblach	+ 1,1	+ 0,7	+ 0,4
Brixen	+ 2,5	+ 2,2	+ 1,5
Sarnthein	+ 0,8	+ 0,5	- 0,2
Bozen	+ 1,7	+ 1,5	+ 0,6
Laimburg	+ 0,6	+ 0,8	+ 0,4
Radein	+ 0,6	+ 0,6	+ 0,5

Zu erheblichen Temperaturzunahmen (begleitet von geringerer Niederschlagszufuhr) kam es in den nordöstlichen Landesteilen, vorwiegend im Sommer; besonders große "Hitze" herrschte im Gebiet von Brixen (Fig. 31).

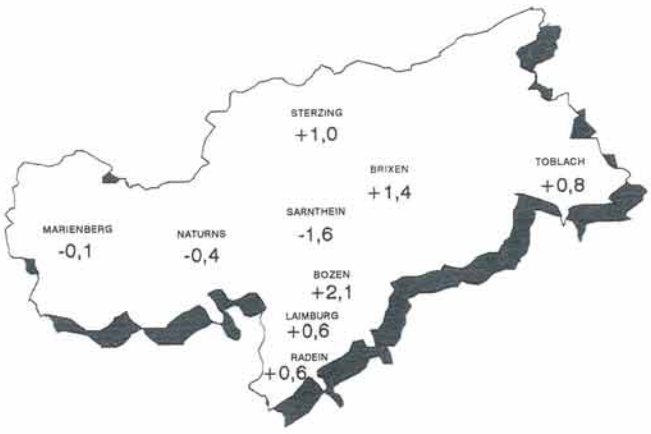


Fig. 32 - Temperaturunterschied in ° C zwischen dem Jahresmittelwert 1992 der Maxima und dem entsprechenden langjährigen Mittel

Eine längere Zeitspanne mit hohen Temperaturwerten (Mitte Juli bis Ende August) hat besonders die Talbodenlagen gekennzeichnet.

Im Juli und August wurde in Bozen die **30° C Marke (Tropentage) 20 bzw. 28 mal** überschritten mit einem Rekordwert von **40° C am 20. August.**
In der Laimburg wurden im Juli und August **14** bzw. **24** Tropentage gegenüber einem statistischen Mittelwert von **12** bzw. **8** gemessen.

Die Maxima haben in den östlichen Landesteilen die langjährigen Mittelwerte überschritten. In den westlichen Landesteilen lagen hingegen sowohl während der Sommer-Vegetationsperiode als auch während des Jahres die Tagesmaxima unterhalb des Mittelwertes (Fig. 32).
Weiterhin bemerkenswert ist das Ansteigen der Minima (Nachtwerte) während des Jahres und insbesondere im Sommer.

(°) Meteorologische Daten des Versuchszentrums Laimburg.
(°°) Daten des Hydrographischen Amtes.

Niederschlag
Die jährlichen Niederschlagsmengen lagen trotz des anfänglichen winterlichen Defizites (Jänner - Februar) über dem Durchschnitt. Dies dank den ergiebigen Niederschlägen (Maxima) im Frühjahr und im Herbst und den Gewitterereignissen während des Sommers.

Dieses Phänomen kennzeichnet einen sub-äquinotialen Verlauf der Niederschlagsverteilung, dessen häufigere Wiederkehr im letzten Jahrzehnt, vor allem in den südlichen Landesteilen (Fig. 33), auf eine Verlagerung des trockenen Mittelmeersommers nach Norden zurückzuführen ist.

Die reichlichen Niederschläge samt den hohen Temperatur- und Feuchtigkeitswerten haben also "tropenähnliche" Milieuverhältnisse für einen Teil der Vegetationszeit geschaffen. Wenn dadurch auch gute Wachstumsbedingungen für die Vegetation geschaffen wurden, so hat dies doch die Verbreitung verschiedener Pilzinfektionen (2.3.1.) gefördert.

Auch Hagelschläge verursachten - wie fast alljährlich - stellenweise flächige Schäden in den Wäldern.

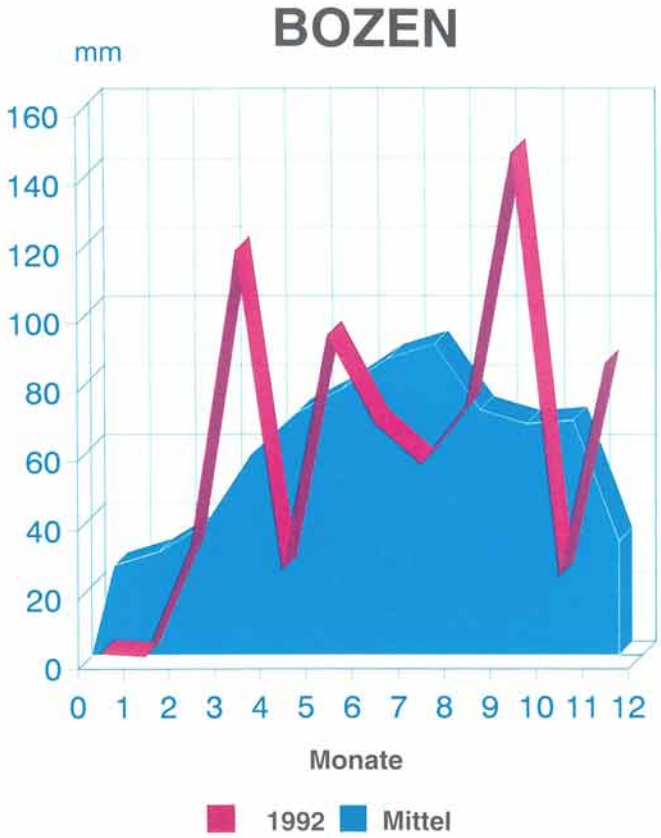


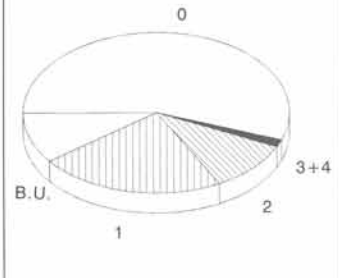
Fig. 33 -

2.4. - Waldschäden gegliedert nach Baumarten -

Verschiedene Faktoren biotischer und abiotischer Natur, unter letzteren besonders das Klima, gestalten jährlich das globale Gesundheitsbild jeder Baumart unterschiedlich.

Während für Koniferen 1992 eine allgemeine Verschlechterung zu verzeichnen ist (bedingt vor allem durch die Zunahme der Schäden bei Fichte und Lärche), so weisen die Laubhölzer hingegen eine deutliche Erholung auf.

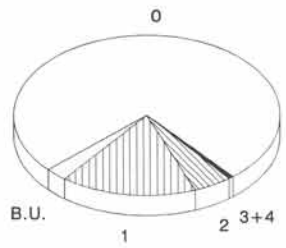
TANNE



Jahr	Gesund (%) 0	Bekannte Ursache (%)	Unbekannte Ursache (%)				
			1	2	3	4	Σ
1984	62,1	2,6	27,5	7,2	0,6	0,0	35,3
1985	78,8	5,5	13,9	1,8	0,0	0,0	15,7
1986	79,3	4,3	12,9	2,9	0,7	0,0	16,5
1987	76,1	4,3	15,9	2,2	1,4	0,0	19,5
1988	78,3	2,9	13,0	4,3	1,4	0,0	18,7
1989	60,1	12,0	14,0	11,9	2,1	0,0	28,0
1990	41,6	39,4	8,8	6,6	3,6	0,0	19,0
1991	56,3	10,2	19,0	10,9	3,6	0,0	33,5
1992	55,5	10,2	22,6	10,2	1,5	0,0	34,3

Sie gehört nach wie vor zu den am meisten geschädigten Nadelbaumarten (insgesamt **44,5 %**).
Auf die bereits erwähnten Schwierigkeiten bei der objektiven Differenzierung der verschiedenen Ursachen (bekannte Ursachen: nur **10,2 %**), ist die Zunahme der Schäden "unbekannter Ursachen" (**34,3 %**) zurückzuführen.

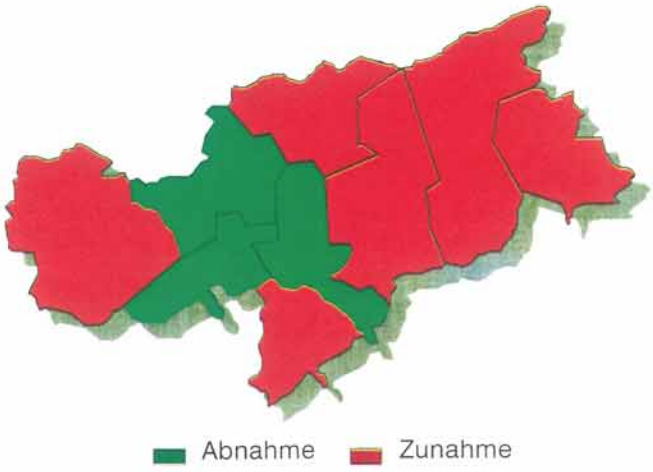
FICHTE



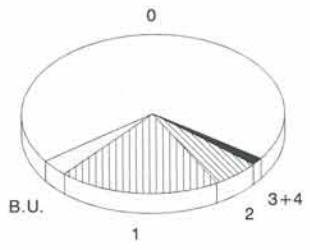
1992

Jahr	Gesund (%) 0	Bekannte Ursache (%)	Unbekannte Ursache (%)				
			1	2	3	4	Σ
1984	81,6	1,9	13,8	2,2	0,4	0,0	16,5
1985	86,5	3,6	8,7	0,9	0,2	0,0	9,8
1986	85,5	5,3	8,1	1,0	0,2	0,0	9,3
1987	84,7	4,3	9,1	1,6	0,3	0,0	11,0
1988	80,1	3,9	12,1	3,5	0,5	0,0	16,1
1989	80,8	3,0	12,4	3,0	0,6	0,1	16,1
1990	77,2	4,9	12,9	4,0	1,0	0,0	17,9
1991	79,0	2,8	13,3	4,2	0,7	0,0	18,2
1992	75,6	2,7	16,4	4,7	0,5	0,1	21,7

Verschiedene Faktoren haben zur erheblichen Verschlechterung des Gesundheitszustandes dieser Baumart beigetragen (Pilzinfektionen, mechanische Schäden, Witterungseinflüße, usw.); der Schädigungsgrad von **24,4 %** der Individuen stellt den bisher absolut negativsten Wert dar.
Davon sind nur **2,7 %** der Schäden bekannten Ursachen zuzuordnen.
Die Zunahme der Schäden unbekannter Ursache (**21,7 %**) kann jedoch zum Teil den regelmäßigen Infektionen durch Fichtennadelblasenrost in den letzten fünf Jahren zugeordnet werden (2.3.1.).
Auf diesen Umstand zurückzuführen ist vor allem die Verschlechterung im nord-östlichen Teil des Landes und im Vegetationsoptimum dieser Baumart, also im subalpinen Fichtenwald (Gesamtschaden: **28,2 %**).
Den Höchstgrad an geschädigten Bäumen findet man in der Höhenlage der submontanen Stufe (500 ÷ 750 m Meereshöhe), also unterhalb des natürlichen Fichtenoptimus.



ZIRBE

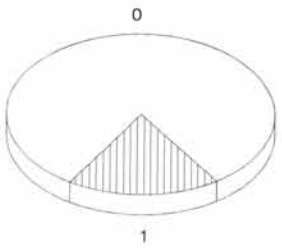


1992

Jahr	Gesund (%) 0	Bekannte Ursache (%)	Unbekannte Ursache (%)				
			1	2	3	4	Σ
1984	-	-	-	-	-	-	-
1985	85,9	11,4	2,3	0,3	0,3	0,0	2,9
1986	85,3	10,4	4,3	0,0	0,0	0,0	4,3
1987	79,8	9,4	7,7	2,2	1,0	0,0	10,9
1988	74,0	6,3	16,7	2,5	0,5	0,0	19,7
1989	81,0	2,9	11,9	3,1	1,0	0,0	16,0
1990	76,0	5,6	12,9	3,5	2,0	0,0	18,4
1991	75,8	3,0	13,9	5,8	1,5	0,0	21,2
1992	69,5	3,5	19,7	5,8	1,5	0,0	27,0

Auch bei der Zirbe haben die Schäden insgesamt (**30,5 %**) zugenommen, auch wenn der größte Teil in die Schadensklasse 1 fällt, leichte Schäden unbekannter Ursachen (**19,7 %**), sind signifikant für eine allgemeine Streßsituation.
Hervorzuheben sind bei dieser Baumart weiters die zahlreichen Fälle von Infektionen durch Hallimasch in latenter Form (Fig. 42).

SCHWARZKIEFER

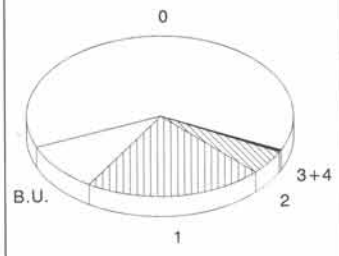


1992

Jahr	Gesund (%) 0	Bekannte Ursache (%)	Unbekannte Ursache (%)				
			1	2	3	4	Σ
1984	-	-	-	-	-	-	-
1985	98,1	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1986	98,1	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1987	96,3	1,9	0,0	1,9	0,0	0,0	1,9
1988	81,5	9,3	7,4	1,9	0,0	0,0	9,3
1989	92,6	0,0	5,6	1,9	0,0	0,0	7,5
1990	87,0	0,0	11,1	1,9	0,0	0,0	13,0
1991	79,6	0,0	20,4	0,0	0,0	0,0	20,4
1992	81,5	0,0	18,5	0,0	0,0	0,0	18,5

Es ist dies die Baumart mit dem niedrigsten Schädigungsgrad (**18,5 %**) und unter den Nadelbäumen die einzige, die eine leichte Besserung (**- 1,9 %** beschädigter Individuen) aufweist.

WEIßKIEFER



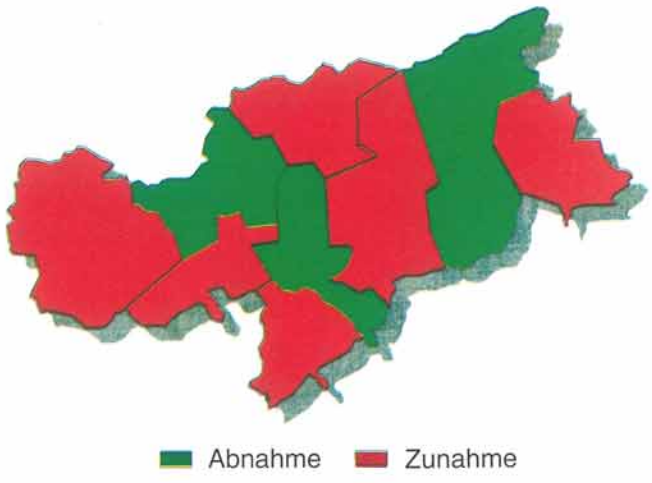
1992

Jahr	Gesund (%) 0	Bekannte Ursache (%)	Unbekannte Ursache (%)				
			1	2	3	4	Σ
1984	74,8	18,9	4,9	0,0	1,4	0,0	6,3
1985	86,0	5,8	7,3	0,3	0,4	0,3	8,3
1986	85,0	8,1	5,9	0,8	0,0	0,1	6,8
1987	83,3	8,7	6,3	1,7	0,1	0,0	8,1
1988	76,6	13,4	7,8	1,8	0,4	0,0	10,1
1989	79,0	8,7	9,0	2,7	0,6	0,0	12,3
1990	60,1	17,8	17,0	3,7	1,3	0,1	22,1
1991	67,7	3,9	20,7	6,0	1,4	0,3	28,4
1992	63,1	9,9	21,6	4,9	0,4	0,1	27,0

Sie weist eine weitere Verschlechterung des Gesundheitszustandes im Vergleich zum Vorjahr auf (**36,9 %** an geschädigten Individuen); der Grund liegt bei der Zunahme herkömmlicher Schadensverursacher (**9,9 %**).

Die Verschlechterung tritt relativ gleichmäßig über das ganze Territorium verteilt auf, vor allem in der submontanen Stufe (500 ÷ 750 m Meereshöhe) und entlang den Haupttälern (Etsch- und Eisacktal).

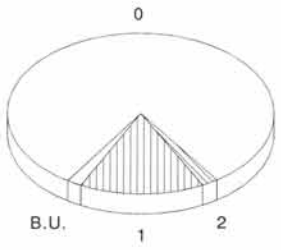
Mit **9** von 16 insgesamt abgestorbenen Individuen (s. 2.5.) ist die Weißkiefer die Baumart mit dem höchsten Sterblichkeitsindex (**1,1%**), in weiten Teilen (**1,0%**) natürlichen Faktoren zuzuordnen und nur **0,1%** nicht näher definierten Ursachen.
In zahlreichen reinen Kiefernbeständen - Dauergesellschaften also ausgeschlossen - welche zu Mischbeständen hin tendieren würden, sind an der Streßsituation andere Faktoren mitbeteiligt. Dazu gehören,



jahrzehntelange Verjüngung durch Monokultur mit entsprechend einseitigem Nahrungsentzug aus dem Boden, Versauerung und mikrobiologische Verarmung desselben, insbesondere der Mykhorrizapilze und der Antagonisten von Weiß- und Rotfäulen.
Nicht umsonst stellt Hallimasch den häufigsten, natürlichen Mortalitätsfaktor in Kiefernbeständen dar.

Der Druck auf die Kiefernbestände seitens dieser wie anderer Schädlinge - Cenangium ferruginosum, Viscum album, Thaumetopoea ptyocampa, Blastophagus sp., hervorgerufen durch abnormale klimatische Verhältnisse in den letzten Jahren, stellt vielleicht die ersten natürlichen Anzeichen einer Erschöpfung jener wesentlichen Aufgaben dieser Pionier- und vorbereitenden Baumart, welche allmählich durch andere ersetzt wird, dar.
Wenn man weiterhin die mangelnden Pflegemaßnahmen (Durchforstungen) infolge der ungünstigen wirtschaftlichen Lage dazurechnet, so wird es klar, daß der Schutz der Kiefernbestände eher ein waldbauliches als ein phythosanitäres Problem ist.

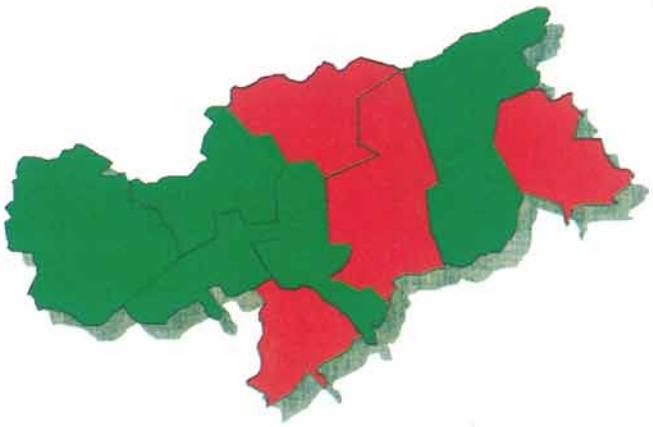
LÄRCHE



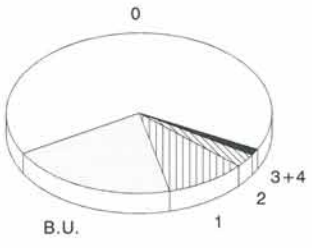
1992

Jahr	Gesund (%) 0	Bekannte Ursache (%)	Unbekannte Ursache (%)				
			1	2	3	4	Σ
1984	-	-	-	-	-	-	-
1985	87,6	6,7	5,3	0,3	0,0	0,0	5,6
1986	89,2	7,4	3,3	0,1	0,1	0,0	3,5
1987	87,6	6,3	5,4	0,7	0,0	0,0	6,1
1988	80,8	6,9	10,5	1,8	0,0	0,0	12,3
1989	86,7	3,7	8,0	1,5	0,1	0,0	9,6
1990	87,7	2,6	8,0	1,5	0,2	0,0	9,7
1991	83,4	2,1	12,4	1,8	0,3	0,0	14,5
1992	81,0	1,8	15,1	2,0	0,1	0,0	17,2

Wie bereits vorher ausgedrückt, ist die Verschlechterung im Vergleich zum Vorjahr großteils natürlichen klimatischen und biotischen Faktoren zuzuschreiben, auch wenn diese wegen des hohen diagnostischen Unsicherheitsgrades während der Erhebung nicht verifiziert werden konnten (zum Beispiel war die Diagnostizierung des Cytospora-Befalls - s. 2.2.1. - erst nach Abschluß der Erhebungen möglich). Über 2000 m Meereshöhe sowie in der submontanen Stufe im nord-östlichen Bereich der Provinz, weist mehr als die Hälfte der Lärchen Schadenssymptome auf, vor allem die Schadensklasse 1 - leichte Schäden betreffend.



LAUBHÖLZER



1992

Jahr	Gesund (%) 0	Bekannte Ursache (%)	Unbekannte Ursache (%)				
			1	2	3	4	Σ
1984	-	-	-	-	-	-	-
1985	96,2	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0
1986	79,8	18,0	2,2	0,0	0,0	0,0	2,2
1987	86,8	11,4	1,3	0,4	0,0	0,0	1,7
1988	88,5	5,7	4,9	0,8	0,0	0,0	5,7
1989	81,9	8,6	7,7	1,8	0,0	0,0	9,5
1990	63,3	15,5	15,9	4,9	0,0	0,4	21,2
1991	54,6	24,9	15,6	3,6	1,3	0,0	20,5
1992	65,7	20,5	9,8	2,7	1,3	0,0	13,8

Laubbäume sind in Südtirols Wäldern nur schwach vertreten (1 % der Gesamtholzmasse) und ihr Vorkommen beschränkt sich vornehmlich auf die niederen Höhenlagen, vor allem in Beimischung zu den Nadelhölzern und im Niederwald. Trotz der beschränkten statistischen Aussagekraft der ermittelten Werte (für einige Baumarten existiert wirklich nur ein einziger Probebaum), sind sie zur Vervollständigung des Gesamtbildes wichtig.
Die Laubbäume als Ganzes stellen allerdings einen empfindlichen Index für Klima- und Umweltveränderungen von einem Jahr zum anderen dar.
Die Verbesserung ihres gesundheitlichen Zustandes im Vergleich zum Vorjahr, ist dem günstigeren klimatischen Verlauf, sowie den geringeren pathologischen Erscheinungen zuzuschreiben. Dies gilt für die Buche (von **32,7 %** im Jahre 1991 auf **67,3 %** gesunde Bäume im Jahre 1992), aber auch für Linde, Zitterpappel, Eiche, Robinie, Eberesche, Hopfenbuche und Birke.
Bei der Edelkastanie ist die Schadens-Situation mehr oder weniger konstant geblieben (**40,0%** Gesamtschäden 1991 und **38,5%** im Jahre 1992) und großteils dem Kastanienrindenkrebs zuzuschreiben.
Für die verschiedenen Eschen, Ahorne und Erlen beobachtete man eine leichte Zunahme der Schäden.

2.5. - Mortalitätsrate -

Im Laufe des Jahres 1992 sind **16** Probebäume abgestorben: 7 wegen nicht näher festellbarer Ursachen, 9 wegen natürlicher Ursachen (Armillaria sp., Cenangium ferruginosum, Viscum album, Blitz- und Witterungsbediengte Schäden, s. 2.2.).
Die Mortalitätsrate 1992 liegt also bei **0,22 %**, während der **mittlere Jahreswert** seit Beginn der Erhebungen bei **0,09 %** (54 Individuen auf 7.170 Probebäumen) liegt.

2.6. - Vergilbungserscheinungen -

Symptomatisch für einen fortschreitenden Streßzustand der Waldbestände Südtirols ist weiters die Zunahme des Anteils von verfärbten Bäumen, ersichtlich als teilweise Vergilbung im Kronenbereich.
Die folgende Tab. 4 stellt die Summe der Verfärbungsklassen leicht, mittel und stark dar: 1992 insgesamt **47,9 %**, wovon nur **3,0 %** auf bekannte Ursachen zurückzuführen sind.
Es muß jedoch unterstrichen werden, daß beim angewandten Erhebungsverfahren ausschließlich die

Fig. 34 - Befall durch Triebschwinden in einem gleichartigen und gleichaltrigen Kiefernbestand.

Verfärbungsklassen mittel und stark (Schadklassen 2 und 3) die Beurteilung des Gesamtschadens beeinflussen (Tab.1). Für das Jahr 1992 machen diese bescheidene **0,5 %** aus.

(1) - Istituto di Patologia e Zoologia Forestale ed Agraria - Università di Firenze - Dr. Paolo Capretti
- Institut für Forstschutz - Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien - Univ. Prof. Dr. Edwin Donabauer
- Istituto Federale di Ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio - Dr. Roland Engesser

(2) - WAYNE A. SINCLAIR - HOWARD H. LYON - WARREN T. JOHNSON (1987): Diseases of trees and shrubs; Comstork Publishing Associates, Cornell University Press - Ithaca and London

(3) - E. DONABAUER (1992): Schwere Schäden an Lärche in Nieder- u. Oberösterreich; Forstschutz Aktuell, Nr. 9/10 - Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, Institut für Forstschutz

(4) - SCHRÖTER H. - ALDINGER E. (1985): Beurteilung des Gesundheitszustandes von Fichte und Tanne nach der Benadelungsdichte - Allgemeine Forstzeitschrift, Nr.18.

(5) - SCHRÖTER H. et. A. (1984): Zur Diagnose und Klassifizierung der Neuartigen Waldschäden - Allgemeine Forstzeitschrift - München.

(6) - SCHWERTDFEGER F. (1981): Waldkrankheiten - P.Parey - Hamburg-Berlin.

(7) - ANONYM (1983): Zum Erkennen von Immissionschäden an Waldbäumen - Allgemeine Forstzeitschrift - München.

(8) - BUTIN H. (1983): Krankenheiten der Wald- und Parkbäume; Verl. G. Thieme - Stuttgart - New York

Tab. 4

JAHR	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
% der verfärbten Bäume	8,5%	8,0%	13,2%	18,1%	26,6%	33,7%	36,2%	47,9%

3. - Waldschadenserhebung 1992 durch den Forstschutzdienst -

Im vorliegenden Abschnitt werden die Ergebnisse der allgemeinen Forstschadenserhebung 1992 in Südtirol durch den **Forstschutz-Überwachungsdienst** dargelegt. Dieser Dienst führt in Südtirol seit 1976 alljährlich landesweit Erhebungen über das Auftreten natürlicher Waldschadesnereignisse durch, das sind Waldschäden, die durch Witterungseinflüsse, Insektenbefall oder Pilzkrankheiten verursacht wurden. Seine Aufgabenbereiche sind daher andere, als die des unabhängig davon arbeitenden Erhebungsdienstes, der seit 1984 mit der visuellen Waldschadens-Inventur im landesweiten Bioindikator-Rasternetz befaßt ist.
Zweck und Aufgabe des Forstschutz-Überwachungsdienstes ist es, neben praktischer Beratung der Förster bei Erkennung und Behandlung von Schädlingsauftreten, auch eine lückenlose kontinuierliche Statistik und Kartierung über das Auftreten der verschiedene Forstschädlinge im ganzen Lande zu erstellen. Erst durch eine langjährige Kenntnis der wichtigsten natürlichen Schadensauftreten lassen sich Entwicklungstrends verfolgen und Wechselwirkungen erkennen. Dadurch werden erst richtige Einschätzungen über mögliche Entstehungsursachen natürlicher Waldschäden und deren weiteren Verlauf ermöglicht, was wiederum Voraussetzung ist für die Erkennung potentieller Gefährlichkeit und allfälliger Notwendigkeit von geeigneten Gegenmaßnahmen.
Bei den im Jahre 1992 festgestellten Forstschädlingsauftreten hielt der vorjährige Trend einer Stabilisierung weiterhin an. Dies hängt teils von natürlichen Gradationsabläufen, zum Teil aber auch vom relativ günstigen Witterungsverlauf 1992 (vor allem im Vergleich mit den Jahren 1989/90) ab. Unter den eingesandten Befallsproben und Schadensmeldungen 1992 der kontrollierenden Förster fanden sich an Schadensfällen, die eindeutig Immissionsbelastungen zuzuordnen waren, nur die üblichen Streusalzschäden aus dem Winter 1991/92, die gleich wie im Vorjahr, etwa 2000 geschädigte Bäume entlang von Staats- und Landesstraßen betrafen.

3.1. - Waldschäden durch Witterungseinflüsse -

Die Bedeutung von Witterungseinflüssen auf das Schadensgeschehen im Walde wird oftmals gewaltig unterschätzt. Man denke hier nur an den Beginn der allgemeinen Waldschadensinventuren in Mitteleuropa, anläßlich des Aufkommens des Waldsterbens vor nunmehr genau 10 Jahren zurück. Mögliche Miteinflüsse von klimatischen Faktoren auf die Waldschäden wurden damals allerseits kategorisch ausgeschlossen. In Südtirol wurde hingegen dem Faktor Witterung eine gewichtige Rolle beigemessen. Inzwischen ist man auch andererorts zu neuen Ansichten gekommen und heute, 10 Jahre später, gibt es wohl keinen Waldschadensbericht in ganz Europa mehr, der neben den Schadstoffimmissionen nicht auch dem Witterungsverlauf eine ganz wesentliche Mitbeteiligung an der Entwicklung der Waldschäden zubilligen würde.
Witterungseinflüsse werden im Walde in mehrfacher

Fig. 35 - Schneedruckschäden

Hinsicht wirksam. Einmal sind es die direkten Einflüsse, wie Frost, Schnee, Sturm, Hagel, Trockenheit u.a.m., mit denen sie das Waldbild und die Schadensbilder unmittelbar beeinflussen und prägen. Nicht minder bedeutsam sind aber die indirekten Einflüsse, mit denen sie mittelbar ins Waldgeschehen eingreifen, indem sie durch den jeweiligen Witterungsverlauf die Entwicklung gewisser Waldschädlinge begünstigen oder umgekehrt hemmen. Dies wiederum läuft auf einer doppelten Ebene ab, nämlich einerseits kurzfristige Entwicklungen betreffend (wie z.B. niederschlagsreiches Frühjahr: förderlich für Nadelrost, hemmend für Borkenkäfer), und zum anderen langfristige Entwicklungen steuernd (wie z.N. den Voltinismus und den Gradationsverlauf vieler Insekten). Im anschließenden Abschnitt werden nur die direkten Witterungseinflüsse behandelt.

Schäden durch Frost und Lawinen 1992
Die Schäden an Waldbäumen durch Frosteinwirkung lagen im Winter/Frühjahr 1992 erheblich niedriger als im Vorjahr. Sie traten teils als Frosttrocknisschäden besonders an Jungfichten im Bereich der Waldgrenze (1800 ÷ 2100 m) auf (z.B. Passeier, Sarntal, Brixen, Gossensaß) und betrafen insgesamt etwa 500 ha (red. 10 ha) und 15.000 Fichten. Ähnliche Erscheinungen mit auffälligen Nadelverfürbungen fanden

sich in gleichen Höhenlagen mancherorts auch an Latschen, waren hier aber teils durch Fröste (z.B. Schaldererscharte), teils auch durch Lawinen (z.B. Antholz) bedingt.
In Mittelgebirgslagen wurden verschiedentlich Frostschäden an Lärchen gemeldet (Kaltenbrunn, Ritten, Bruneck), betroffen waren ca. 50.000 Bäume auf 900 ha.

Schneedruckschäden 1992
Die Schneedruckschäden im Jahre 1992 lagen erheblich unter denen des Vorjahres. Zunächst war es im Winter/Frühjahr 1991/92 (Nov.91 - April 92) mehrmals zu Naßschneefällen gekommen, die landesweit (ausgenommen die beiden Bozner Bezirke) 10.000 Vfm Schneedruckholz verursachten. Weitere Schäden ergaben dann die Schneefälle vom 5. Dez. 1992, die in Höhenlagen zwischen 1000 ÷ 2000 m an die 40.000 Vfm niederdrückten. Der Gesamtschaden betrug mit 50.000 Vfm etwa ein Drittel von dem des Vorjahres (Fig. 35).

Schäden durch Windwurf und Waldbrand-Blitz im Sommer 1992
Windwurfschäden wurden auf einer Fläche von 660 ha (reduziert 60 ha) registriert, mit einem Schadholzanfall von 5.400 Vfm.- Durch Waldbrand und Blitz entstanden Schäden auf 35 ha (reduz. 9 ha) mit 860 Vfm. Damit lag das Gesamtschadensausmaß etwa 40 % über dem des Vorjahres.

Fig. 37 - Hagelschäden

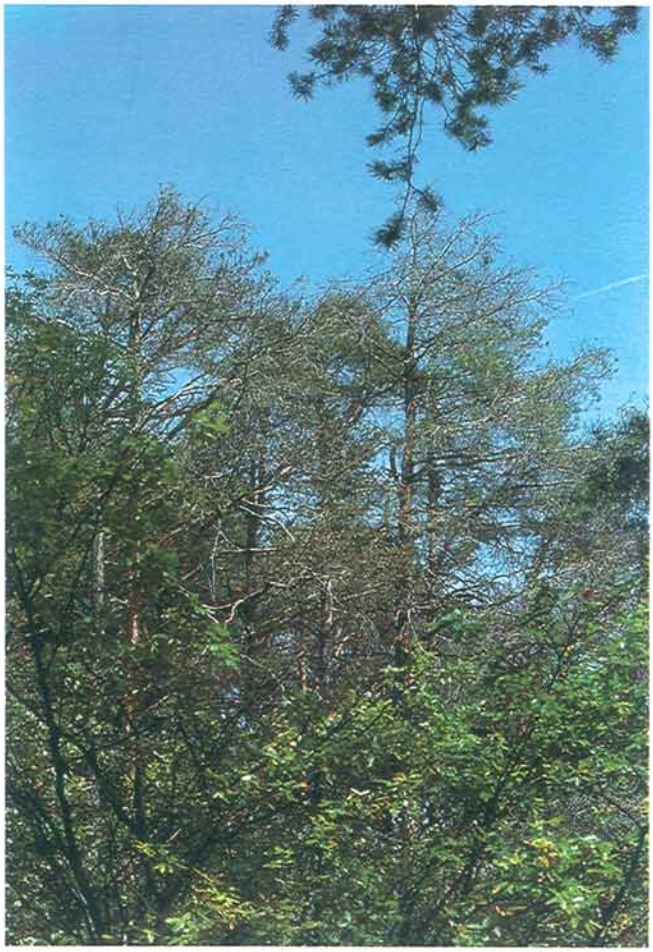


Fig. 36 - Hagelschäden

Hagelschäden 1992
Die Hagelschäden 1992 in den Wäldern waren im allgemeinen ähnlich niedrig wie in den drei vorhergehenden Jahren und betrafen in den meisten Landesteilen zusammen nur 430 ha. Zu einem starken, großflächigen Hagelschlag kam es Anfang August zusätzlich allerdings noch in Welsberg, von dem eine nahezu zehnmal so große Fläche (in Höhenlagen zwischen 1100÷2100 m) betroffen war. Daneben machten sich im unteren Etschtal bei Kurtatsch auch noch die Folgen eines vorjährigen Hagelschlages durch auffällige Kronenverfärbungen in einem 20 ha großen Kiefernbestand bemerkbar. (Fig. 36 und 37)

Schäden durch Sommertrockenheit 1992
Im Gegensatz zu den schweren Dürreschäden, welche im Sommer 1992 aus weiten Teilen Mitteleuropas gemeldet wurden, traten in Südtirol Trockenschäden an Waldbäumen ebensowenig in Erscheinung, wie bereits im Vorjahr 1991. Trotz großer Sommerhitze waren nämlich ziemlich regelmäßig Niederschläge gefallen.

3.2. - Waldschäden durch Insektenbefall -

Ein wesentlicher Teil der Waldschäden geht auf Befall durch forstliche Schadinsekten zurück. Diese Insektenauftreten, deren Massenwechsel häufig im Zusammenhang mit klimatischen Auslösungsfaktoren

steht, führen zwar regelmäßig zu mehr oder weniger auffälligen Verfärbungserscheinungen an Waldbäumen, doch kommt es dabei nur in seltenen Fällen zu nachhaltigen Schädigungen mit Bestandesgefährdung. In den meisten Fällen bleibt es bei Zuwachsverlusten und die befallenen Bäume erholen sich in der Folge wieder.

Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, daß ja auch die sogenannten forstlichen Schadinsekten als wichtige Glieder mit bestimmten Regulator-Funktionen in die Biozönose des Waldes mit eingebunden sind. Nur in seltenen Ausnahmefällen, wie etwa bei den Borkenkäfern, besteht ihre Aufgabe darin, geschwächte Bestandeselemente zum Absterben zu bringen.
Die Forstinsekten hatten in Südtirol 1992 einen ziemlich normalen Befallsverlauf aufzuweisen, wobei bei manchen ein Befallsrückgang, bei anderen hingegen eine Befallszunahme zu verzeichnen war.

3.2.1. - Raupenfraß von Kleinschmetterlingen -

Fraßschäden durch Raupen von Kleinschmetterlingen führen bei stärkerem Auftreten oft zu mehr oder weniger auffälligen Kronenverfärbungen, besonders bei Nadelhölzern.

Fichtennadelmarkwickler (Epinotia pygmaeana)
Nach dem vorjährigen natürlichen Zusammenbruch eines Massenauftretens im Wipptal, ist es 1992 zu zwei neuen, noch schwachen Befallsherden bei Meran (Partschins-Aschbach) und Lana (Eichberg-Völlan) auf insgesamt 210 ha (reduz. 70 ha) gekommen. Diesem Befall kommt nur geringe wirtschaftliche Bedeutung zu.

Tannentriebwickler (Semasia rufimitrana)
Nach dem vorjährigen natürlichen Zusammenbruch lokaler Massenautreten im Wipptal und im Untervinschgau sind 1992 keine neuen Befallsherde bekannt geworden.

Zirbennadelmotte (Ocnerostoma copiosella)
Der vorjährige stärkere Befall im oberen Vinschgau bei Mals (1991: 300 ha) hat sich heuer entgegen den Erwartungen erheblich abgeschwächt; 1992 waren hier nur mehr 50 ha (reduz. 30 ha), in Höhenlagen von 1800÷2300 m stark betroffen. Der Befall bewirkt auffällige Nadelverfärbungen vor allem in jüngeren Zirbenbeständen. Für das nächste Jahr 1993 ist eher wieder mit einer Befallsausweitung zu rechnen (Fig. 38).

Lärchenminiermotte (Coleophora laricella)
Bei der Lärchenminiermotte setzte sich der seit 1990 zu verzeichnende Befallsrückgang auch im Jahre 1992 weiterhin fort, wenn auch nicht mehr so deutlich, wie in den beiden vergangenen Jahren. Schwacher bis mittelstarker Befall wurde 1992 von 1250 ha (reduziert 150 ha) gemeldet. Allerdings gibt es Anzeichen dafür, daß der Befall in den nächsten Jahren wieder zunehmen könnte!

Fig. 38 - Zirbennadelmotte: Schmetterling und Schadbild

Grauer Lärchenwickler (Zeiraphera griseana)
Der seit 1989 ablaufende Massenvermehrung dieses Lärchenschädlings im Vinschgau, die im Vorjahr 1991 noch zu großflächigen Bestandesverfärbungen im Schnalstal und im Pfossental geführt hatte, ist 1992 prognosegemäß in den westlichen Landesteilen völlig zusammengebrochen (aufgrund natürlicher Selbstregulierung). Auch aus anderen Gebieten Südtirols wurde heuer kein Befall gemeldet.

Raupenfraß an Laubgehölzen
Verschiedenlich trat Raupenfraß von Kleinschmetterlingen auch an Laubgehölzen wie Eichen, Linden, Traubenkirschen u.a. in Erscheinung, blieb aber ohne Bedeutung. Besonders verbreitet war Befall der Traubenkirschengespinstmotte (Yponomeuta sp.)

3.2.2. - Raupenfraß von Großschmetterlingen -

Größere Fraßschäden durch Raupen von Großschmetterlingen sind - mit Ausnahme des Kiefernprozessionsspinners - in Südtirol eher selten. Im Jahre 1992 war es nach längerer Zeit erstmals wieder zu solchen Massenauftreten gekommen, deren unbemerkt gebliebene Aufbauphase (progradation) zweifellos schon auf das Vorjahr zurückreicht.

Fig. 39 - Nester des Kiefernprozessionsspinners

Kiefernprozessionsspinner (Thaumetopoea pityocampa)
Dieses wärmeliebende mediterrane Kieferninsekt tritt in Südtirol in wärmebegünstigten Kiefernwälder tiefer und mittlerer Lagen (mit Ausnahme des Pustertales und des Wipptales) auf (Fig. 39). Beim Befall im Herbst/Frühjahr 1991/92 war eine erhebliche Steigerung gegenüber dem bereits überdurchschnittlich starken Befall des Vorjahres 1990/91 zu verzeichnen: auf einer Befallsfläche von 1700 ha (reduz.: 300 ha) waren 62.000 Kiefern von 135.000 Raupen-Gespinstnestern befallen. Dies bedeutete im Vergleich zum Vorjahr zwar nur eine relativ geringfügige Steigerung der Befallsfläche (**+ 15 %**), doch nahm die Anzahl der befallenen Bäume um fast die Hälfte (**+ 42 %**) und die der Raupennester sogar ums Doppelte (**+ 98 %**) zu. Trotz intensiver Bekämpfungsmaßnahmen durch das Forstpersonal, wobei fast zwei Drittel der Raupennester vernichtet wurden, zeigten sich auch im Herbst 1992 wieder überdurchschnittlich viele weiße Raupengespinstnester auf den befallenen Kiefern, so daß im Winter/Frühjahr 1992/93 mit einer weiteren Befallszunahme zu rechnen ist. Trotz dieser Befallsstärke hielten sich die Fraßschäden in Grenzen.

Schwammspinner (Lymantria dispar)
Im unteren Eisacktal kam es 1992 bei Atzwang zu einem unerwartet starken Massenauftreten des Schwammspinners. Durch den massiven Fraß der Raupen wurden die Laubholzbestände (Hopfenbuchen, Flaumeichen) stellenweise völlig kahlgefressen und zeigten dadurch auffällige Verfärbungserscheinungen, die allerdings nach einige Wochen infolge neuer Blattaustriebe wieder verschwanden. Betroffen waren 100 ha (reduz. 60 ha) in Höhenlagen von 370÷670 m; nachhaltige Schäden entstanden nicht. Zu ähnlich starken Befallsauftreten war es hier schon vor 20 Jahren (1971/72) und vor 40 Jahren 1952/53) gekommen.

Schlehenspinner (Orgyia antiqua)
Zu einem überraschenden Massenauftreten des Schlehenspinners war es im August 1992 in Ratschings-Jaufental gekommen; Hier wurden in 1650-1750 m Seehöhe durch starken Raupenfraß vor allem die Alpenrosen-Bestände, verschiedene andere Laubgehölze, sowie vereinzelte Lärchen und Fichten geschädigt. Es kam zu auffälligen Verfärbungen vor allem der Alpenrosen-Bestände auf einer Fläche von 5 ha (reduz. 2 ha). Durch festgestellte starke Parasitierung und Virosen der Raupen wird der Befall im kommenden Jahr 1993 vermutlich natürlich zusammenbrechen.

3.2.3. - Larvenfraß von Blattwespen -

Fraßschäden durch Larven verschiedener Blattwespen vor allem der Gattungen **Diprion**, **Acantholyda**, **Cephalcia** und **Pristiphora**, treten in Südtirol an Na-

Fig. 40 - Afterraupen der gemeinen Kiefernbuschhornblattwespe

delhölzern regelmäßig auf. Besonders betroffen sind dabei Weißkiefern, Zirben, Lärchen und Fichten. Zu großflächigeren Schäden kam es bisher nur gelegentlich an Kiefern.

Kieferbuschhornblattwespe (Diprion pini)
Die seit einigen Jahren im Vinschgau bei Latsch/Kastelbell ablaufende Massenvermehrung der Gemeinen Kiefernbuschhornblattwespe (Fig. 40) ist 1992 aus natürlichen Ursachen völlig zusammengebrochen. Auch schwächere Auftreten dieser und verwandter Arten (**Diprion pini, Diprion simile, Gilpinia sp.**) im Bezirk Brixen, machten sich nur wenig bemerkbar.

3.2.4. - Kronenverfärbungen durch Käferbefall -

Kronenverfärbungen durch Käferbefall entstehen entweder durch direkten Fraß der Käfer oder ihrer Larven an grünen Blattorganen (Blätter, Nadeln) oder Trieben, oder aber sie treten als indirekte Folge von Brutfraß in Ästen oder Stammteilen auf. Im ersten Falle ist der Verlauf meist harmlos, im zweiten hingegen führt er in der Regel zum Absterben.

Buchenspringrüßler (Orchestes fagi)
Dieses Insekt schädigt durch Blattfraß (Larve und Käfer) die Blätter der Rotbuche, wodurch es bei Massenauftreten oft zu auffälligen Blattbräunungen der Buchenbestände kommt, wie in Südtirol in den letzten Jahren regelmäßig. Auch 1992 waren wiederum Buchenwaldflächen von rund 500 ha (red. 150 ha) bei Kaltern, Lana, Ritten und Jenesien betroffen (in Höhenlagen von 400÷1500 m); der Befall war aber flächen- und stärkemäßig gegenüber dem vorigen und den vorhergehenden Jahren erheblich schwächer.

Blattkäfer (Crysomelidae)
Vermutlich auf Nadelfraß durch Blattkäfer sind auffällige Verfärbungserscheinungen in älteren Lärchenbeständen zurückzuführen die bei Naturns und Latsch-Tomberg in Höhenlagen von 850÷1000 m auftraten. Betroffen waren etwa 15.500 Lärchen auf 170 ha (reduz. 33 ha). Der verursachende Schädling kann erst im kommenden Frühjahr genauer ermittelt werden, das Fraßbild (schmaler "Längsrinnen-Fraß" an den Nadeln) war sehr ähnlich dem des Gelben Kiefernblattkäfers (Cryptocephalus pini), der üblicherweise an jüngeren Kiefern in Erscheinung tritt.
Zu begrenzten Fraßschäden durch einen weiteren Blattkäfer, den **Blauen Erlenblattkäfer** (Agelastica alni), kam es bei Jenesien an Weißerlen am Afingerbach (1 ha).

Waldgärtner-Triebfraß (Blastophagus sp.)
Die in Südtirol sehr häufigen Waldgärtner-Borkenkäfer befallen hier alljährlich Kiefernbestände, in denen sie durch Reifungsfraß an grünen Trieben auffällige Verfärbungen der Kronen verursachen. Obschon der Schaden durch Triebfraß nicht schwerwiegend ist, bekommen bei verstärktem Auftreten oft ganze Kiefernbestände ein kränkelndes Aussehen (Fig. 19). Im Jahre 1992 waren etwa 81.000 Kiefern auf 700 ha (red. 200 ha) vom Befall und Triebvergilbung betroffen, das ist etwas weniger als im Vorjahr.

Borkenkäferbefall an Kiefern
Der Primärbefall durch Borkenkäfer (vor allem **Myelophilus minor** und **Ips acuminatus**) an stehenden Kiefern führt zum Vergilben und Absterben derselben. Der Befall 1992 hat gegenüber dem des Vorjahres etwas zugenommen.
Der Frühjahrsbefall betrug 525 Vfm Schadholz auf 35 ha (reduziert: 7 ha), während der Sommerbefall 980 Vfm Schadholz auf 50 ha (reduziert: 8 ha) erreichte.
Anmerkung: Aus Versehen waren beim Waldschadensbericht 1991 die Zahlenangaben für den Frühjahrsbefall Kiefernborkenkäfer mit denen des Sommerbefalls Fichtenborkenkäfer irrtümlich vertauscht worden. (9. Bericht über den Zustand der Wälder, 1992: S.22)

Borkenkäferbefall an Fichten
Der Primärbefall durch Borkenkäfer (vor allem **Buchdrucker** - Ips typographus) an stehenden Fichten führt zum Vergilben und Absterben derselben. Der Befall 1992 hat im Vergleich zum Vorjahr deutlich zugenommen. Beim Frühjahrsbefall waren mit 2200 Vfm Schadholz auf 80 ha (reduziert: 13 ha) um die Hälfte mehr Bäume betroffen, beim Sommerbefall ist der Schaden mit 3385 Vfm auf 260 ha (reduziert: 30 ha) gegenüber dem Vorjahr fast auf das Doppelte angestiegen. Die Hauptursache für diese Zunahme ist im warmen Witterungsverlauf des Mai 1992 zu suchen, der die Entwicklung der Borkenkäfer begünstigte und, im Gegensatz zum Vorjahr, heuer eine doppelte Generation ermöglichte.

3.2.5. - Kronenverfärbungen durch Blattsauger -

Durch die Saugtätigkeit von Insekten (vor allem Blattläuse) und Milben (**Spinnmilben** und **Gallmilben**) an Blättern oder Nadeln von Waldbäumen kommt es häufig zu mehr weniger ausgedehnten Verfärbungserscheinungen, die besonders bei Lärchen oft grössere Flächen betreffen können. Die verursachten Schäden sind in unserem Gebiet oft zwar recht auffällig, meist aber nicht weiter schwerwiegend.

Lärchennadelläuse (Adelges sp.)
Der Befall 1992 hat gegenüber dem Vorjahr flächenmäßig zwar etwas abgenommen, jedoch stärkemässig in einigen Gebieten zugenommen. Es wurden Nadelverfärbungen an 105.000 Lärchen auf 1350 ha (reduziert: 200 ha) verzeichnet.

Tannentriebläuse (Dreyfusia sp.)
Der Befall 1992 an jüngeren Tannen war stärker als im Vorjahr, blieb aber weiterhin sehr lokalisiert. Von den beiden Bozner Bezirken sowie aus dem Wipptal wurden insgesamt Schäden an 3000 Jungtannen auf 100 ha (reduziert: 6 ha) gemeldet.

Fichtenspinnmilbe (Oligonychus ununguis)
Befall durch Nadelholzspinnmilben führt an Fichten aller Altersklassen zu gelbfleckingen Nadelverfärbungen. Der Befall 1992 hat sich gegenüber dem Vorjahr abgeschwächt und war nur mehr stellenweise an jüngeren Fichten kleinflächig ersichtlich (z.B. bei Kaltern).

3.3. - Verbißschäden durch Wild und Nagetiere -

Waldschäden durch Wildeinwirkung nehmen insofern immer mehr an Bedeutung zu, als mit steigendem Wildbestand immer mehr Jungwuchs und Jungbäume in Mitleidenschaft gezogen werden, die den künftigen Waldbestand garantieren sollten (Fig. 41).

Fig. 41 - Wildschäden auf Jungwuchs

Schälschäden durch Nagetiere
Lokale Wipfelschälschäden durch Nagefraß von Siebenschläfer und Eichhörnchen an Lärchen und Fichten wurden 1992 nur aus Naturns, Passeier und Freienfeld gemeldet. Betroffen waren insgesamt 1150 Bäume (vor allem Lärchen-Stangenhölzer), deren Wipfel infolge Rindenschälung abdörrten.

Wildschäden
Auch 1992 wurden wieder landesweit erhebliche Wildschäden, verursacht durch Verbiß, Verfegen und Schälen von Reh-, Gams- und Rotwild gemeldet. Eine genaue Quantifizierung der Schäden ist ohne gezieltere Erhebungen mit speziellen Meldebögen nicht möglich.

Nach groben Schätzungen dürfte der Schaden sich in ähnlichen Größenordnungen bewegen wie schon in den vergangenen Jahren; auf rund 15.000 ha (red. 1500 ha) ist mit einer Schädigung von 1.500.000 Nadelbäumen, vor allem Jungwuchs von Tannen, Fichten und Lärchen zu rechnen.

3.4. - Waldschäden durch Pilzkrankheiten -

Pilzkrankheiten spielten bei den natürlichen Waldschäden auch 1992 eine große Rolle. Viele Pilzkrankheiten traten dabei, wie schon in den vergangenen Jahren großflächig auf und führten zu auffälligen Kronenverfärbungen.
Eine Schwierigkeit bei der Erhebung von Pilzkrankheiten der Waldbäume liegt darin, daß ihr Krankheitsbild sich meist über eine Reihe von Jahren erstreckt. Dies bedeutet einerseits, daß mitunter Jahr für Jahr dieselben, schon seit Jahren kränkelnden Bäume und Bestände immer wieder gemeldet werden, wobei sich allfällige Unterschiede lediglich aus der Differenz mit den inzwischen abgestorbenen und entfernten Bäumen einerseits und den neu hinzugekommenen andererseits ergeben; typisch ist dies für Rindenpilze wie z.B. **Lärchenkrebs, Buchenkrebs** und **Kastanienrindenkrebs**.
Bei Stammfäulepilzen wie Wurzelschwamm, Rotfäule und Hallimasch liegt das Problem hingegen darin, daß der Befall erst in seiner letzten, tödlich wirkenden Phase ersichtlich wird, wenngleich auch lange nicht immer richtig erkannt; erfaßbar ist in diesem Falle also nur die Spitze des Eisberges.
Selbst bei Nadelpilzen, wie etwa dem Fichtennadelblasenrost, gibt es Probleme. Zwar ist hier der jeweilige (witterungsabhängige) Jahresbefall eindeutig erfaßbar und unterscheidbar, doch wirken die Folgen des Jahresbefalles, in Form fehlender Nadeljahrgänge, noch jahrelang nach; dies zeigt seine Auswirkungen dann vor allem bei der späteren visuellen Waldschadenserhebung, bei der die vorhandene Anzahl von Nadeljahrgängen ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung des Gesundheitsgrades bzw. der Schadensklasse bildet.

Fichtennadelblasenrost (Chrysomyxa sp.)
Wie schon in den vier vorhergehenden Jahren 1988-1991 kam es auch im Sommer 1992 bedingt durch eine regnerische Frühjahrswitterung, neuerlich zu starkem Blasenrost-Befall an Fichten in höheren Lagen (Fig. 6 und 18). Der Befall hat sich gegenüber dem Vorjahr wenig geändert. Von auffälligen Bestandesverfärbungen betroffen waren 21.000 ha (reduziert 7.450 ha). Dabei war bei den schwächer befallenen mittleren, südlichen und westlichen Bezirken eher eine leichte Abnahme im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen, hingegen bei den viel stärker betroffenen nördlichen und östlichen Bezirken eine Zunahme.

Hallimasch (Armillaria sp.)
Befallsauftreten und Schäden durch Hallimasch an Zirben, Kiefern, Tannen, Fichten und Lärchen ebenso wie an verschiedenen Laubhölzern, finden sich in allen Landesteilen verbreitet (Fig. 42). Der Befall durch den Pilz wird nach oft jahrelanger Latenz erst in der Endphase durch Kronenvergilbung und Absterben ersichtlich und somit zahlenmäßig erfaßbar.

Fig. 42 - Junge Zirbenbäume sterben in wenigen Wochen durch Hallimasch-Befall ab

Der erhobene Schaden 1992 betrug: 4800 Bäume auf 200 ha (reduziert 15 ha).Damit war bei gleichbleibender Fläche die betroffene Baumzahl etwas höher als im Vorjahr.

Triebschwinden der Kiefer (Cenangium ferruginosum)
Infolge Cenangiose und anderer Pilzkrankheiten (z.B. "**Kienzopfbildung**" - Cronartium sp.) war es in den letzten Jahren in wärmebegünstigten Lagen im Vinschgau, im Überetsch und im mittleren Eisacktal (Fig. 34) zu erheblichen Schäden (Kronenverfärbungen mit Trieb- und Baumsterben) an durch Trockenheit geschwächten Kiefern gekommen. Während sich die Lage bereits im Vorjahr etwas stabilisiert hatte, traten 1992 im Vinschgau keine weiteren Schäden mehr auf; hingegen waren bei Kaltern/Montiggl und ebenso im Raum Brixen neben alten Befallsherden auch weiterhin einige neue Befallsauftreten festzustellen. Der Schadholzeinschlag lag in Kaltern mit 750 Vfm (1300 Kiefern) auf 200 ha (reduz. 5 ha) gleich hoch wie im Vorjahr 1992; für den Raum Brixen dürfte er noch etwas höher liegen.

Lärchenkrebs (Lachnellula willkommii)
Lärchenkrebs, der in akuteren Fällen zum Absterben mehr oder weniger großer Kronenteile führt (Fig. 24 und 43), tritt vor allem im Vinschgau (Mals, Martell) und im Pustertal (Innichen u.a.o.) großflächig als Dauerschädling in Erscheinung. Eine genauere numerische Erfassung ist praktisch nicht möglich, da in den genannten Gebieten einerseits die Befallsflächen zu groß und andererseits die Schadensausprägungen selbst zu unterschiedlich sind; sie reichen an gleichen Standorten von schwach bis hin zum Absterben, und das oft über Jahre hin. Die Befallsschätzung für 1992 beläuft sich daher unverändert auf den Vorjahreswert von 20.000 Lärchen auf 500 ha (red. 70 ha); etwa ein Drittel davon (7000 Lärchen auf 240 ha, red. 25 ha) wurden heuer als "akutere Schäden" gemeldet.

Fig. 43 - Wipfelsterben infolge von Lärchenkrebs

Buchenkrebs - "Buchenwipfelsterben" (Nectria ditissima)
Der Buchenkrebs trat seit einigen Jahren großflächig im Gebiet von Kaltern, Eppan und Tramin mit akuten Schäden in Erscheinung. Der ständige Befallsrückgang seit 1990/91 hat sich auch heuer fortgesetzt, so daß 1992 keine nennenswerten akuten Fälle von "Buchenwipfelsterben" mehr auftraten.

Kastenienrindenkrebs - "Kastaniensterben" (Cryphonectria parasitica)
Im gesamten Verbreitungsgebiet der Edelkastanie herrscht weiterhin mehr oder weniger stark ausgeprägter Befall (Fig. 44). Die gemeldete Befallsfläche 1992 hat sich gegenüber dem Vorjahr nicht verändert: 1200 ha (reduziert: 125 ha). Über die Anzahl der befallenen Bäume lassen sich keine genaueren Schätzwerte angeben, da neben Altbäumen in Kastanienhainen auch unzählige jüngere Bäume und Stockausschläge in Niederwäldern betroffen sind.

Fig. 44 - Myzel des Kastanienrindenkrebses unter der Rinde

Ulmenwelke - "Ulmensterben" (Ceratocystis ulmi)
Vom Ulmensterben sind besonders die westlichen und südlichen Landesteile und Bezirke seit Jahren betroffen. Der Befall 1992 entsprach ungefähr dem des Vorjahres und betraf 665 Ulmen auf 35 ha (reduziert: 3 ha). Die Lage ist insofern dramatisch, als es hierzulande immer weniger Ulmen gibt; eine verstärkte Aufzucht von Berg- und Flatterulmen in den Forstgärten ist dringend anzuraten!

4.- Kastanienrindenkrebs in Südtirol: Biologische Bekämpfungsmaßnahmen -

Die Pilzinfektion durch **Cryphonectria (=Endothia) parasitica** Barr., besser bekannt als **Kastanienrindenkrebs**, hat in den letzten Jahrzehnten der Edelkastanie allgemein, aber besonders der Kastanienbewirtschaftung in ganz Europa erhebliche Schäden zugeführt (Fig. 44).

Da Südtirol am Rande des nördlichen mediterranen Verbreitungsgebietes liegt, hat sich die Krankheit hier relativ später ausgebreitet: erste Feststellung in Italien in den 30er Jahren, in Südtirol erst 1958 in Meran (Burggrafenamt).

Das Forstwirtschaftsinspektorat hat deshalb in Zusammenarbeit mit dem Phytopatologischen Forschungszentrum für Gebirgsholzpflanzen in Florenz (Centro di studio per la Patologia delle specie legnose montane, C.N.R., Firenze) im Frühjahr 1991 ein mehrjähriges Programm zur künstlichen Inokulierung von ca. 6000 jüngeren Kastanienbäumen, verteilt auf das ganze Verbreitungsgebiet dieser Baumart, mittels vier **hypovirulenter** (= "gutmütiger") Isolate der Cryphonectria parasitica gestartet, so daß die derzeit in Südtirol vorherrschenden **virulenten** (d.h. "tödlichen") Formen mittel- bis langfristig konvertiert (*) und somit verschwinden sollen.

Fig. 45 - Mehrere Befallstellen des verheilenden hypovirulenten Typus am Stamm

Fig. 46 - Erfolgreiche Inokulierung mit hypovirulenten Isolaten von Chryphonectria parasitica, gekennzeichnet durch die Bildung von Pyknidien

Die künstliche Ausbringung von Isolaten breiteren Konversionsspektrums beruht darauf, daß die bereits natürlich vorkommenden, verheilenden (hypovirulenten) und intermediären Krebstypen (Fig. 45) nur

*) Die Hypovirulenz kennzeichnet sich durch Ausheilung (Umwallung) der Läsionen (Verletzungen) von seiten des Wirtsbaumes. Sie wird von einem zytoplasmatischen Faktor dsRNS (oder Virus-RNS, virusähnliche Substanz) getragen und durch die zytoplasmatische Verbindung zwischen der hypovirulenten und der virulenten Form der letzten übertragen, sofern diese miteinander eine vegetative Kompatibilität aufweisen (Fig. 48). Die künstliche Ausbringung hypovirulenter Stämme sollte somit den bereits von der Natur aufgezeigten Vorgang der Konversion des Pilzes fördern.

eine beschränkte Konversionsfähigkeit, innerhalb der 7 in Südtirol vertretenen Kompatibilitätsgruppen besitzen (1). Zudem stellt die Entdeckung einer ausschließlich in Süditrol vorkommenden Gruppe, eine reelle Gefahr der Verbreitung von neuen Genotypen dar, dies sowohl in Südtirol, als auch in den benachbarten Regionen, wo bereits eine Hypovirulenz vorkommt.

Entgegen der oft gängigen Meinung muß aber betont werden, daß dieser Vorgang keine Immunität der behandelten Bäume bewirkt, da diese nur als Ausgangspunkte für die weitere Verbreitung der Hypovirulenz dienen und somit weiter befallen werden können, allerdings, sobald sich diese durchgesetzt haben wird, dann nur mehr durch die "gutmütige" Form.

Der in Südtirol laufende Versuch, natürliche Vorgänge zwecks Bekämpfung dieser Pilzinfektion auszunutzen, gewinnt aufgrund des großflächigen und systematischen Charakters einen besonderen wissenschaftlichen und praxisbezogenen Wert.

Die 1992 durchgeführte Kontrolle der bisher inokulierten (3000) Bäume ergab eine durchschnittliche Anwuchsrate von über **40 %** (13,5 % bis 67,9 %) und eine darauf folgende durchschnittliche Pyknidienbildung in **18 %** der Fälle (Fig. 46).

Wie festgestellt wurde, hat die Beschaffenheit der Rinde einen großen Einfluß auf den Erfolg der Inokulierung: bei Bäumen mit grüner Rinde waren Anwuchsrate bzw. Pyknidienbildung fast doppelt so hoch als bei Bäumen mit verholzter Rinde.

Diese Ergebnisse ermutigen zu weiteren künstlichen Inokulierungen, um eine möglichst rasche Verbreitung der Hypovirulenz zu erreichen, da der Befall durch die virulente Form derzeit noch sehr hoch ist.

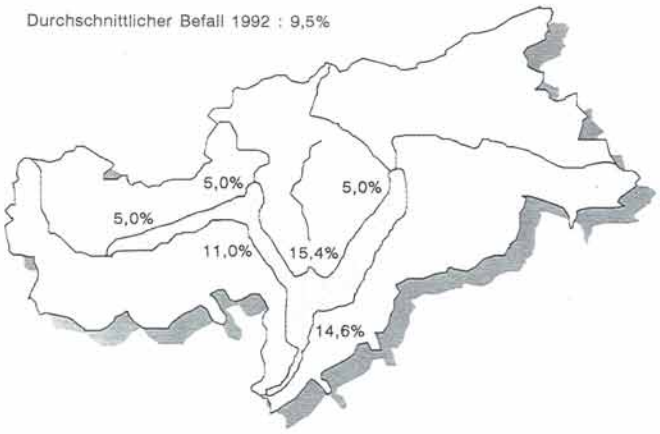


Fig. 47 - Areal der Edelkastanie in Südtirol und Jahresbefall 1992 nach geographischem Gebiet

1992 lag der Neubefall (Fig. 47) auf den Inokulierungsflächen durchschnittlich bei **9,5 %** (13 % im Jahre 1991). Dieser Wert ist mit jenen in 2.3.1 nicht vergleichbar, da letzterer zuzüglich zum laufenden auch frühere Befälle umfaßt.

Fig. 48 - Kompatibilitätsprobe: Virulentes (braunes) und Hypovirulentes (helles) Myzel von Chryphonectria parasitica in vitro

(1) MARESI G., MINERBI S., SOTTOVIA A., TURCHETTI T. (1993) - Der Kastanienrindenkrebs in Südtirol; Informatore Fitopatologico Nr. 4/1992 und Allgemeine Forstzeitschrift Nr. 3.

(2) ANAGNOSTAKIS S. L. (1978) - Testing Endothia parasitica strain for vegetative incompatibility. Proceedings of the American chestnut Symposium, Morgantown (WV), 101-102.

(3) ANAGNOSTAKIS S. L., DAY P. R. (1979) - Hypovirulence conversion in Endothia parasitica. Phytopathology 69, 1226-1229.

(4) BONIFACIO A., TURCHETTI T. (1973) - Differenze morfologiche e fisiologiche in isolati di Endothia parasitica (Murr.) And.. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali XXII, 111-131.

(5) ELLISTON J. E. (1978) - Pathogenicity and sporulation of normal and diseased strains of Endothia parasitica in America chestnut. Proceedings of the American chestnut Symposium, Morgantown (WV), 95-100.

(6) FUITEM A., TURCHETTI T. (1978) - Osservazioni preliminari sul cancro del castango in Provincia di Trento. Esperienze e Ricerche VII, 237-248.

(7) TOMASI G., TURCHETTI T., MARESI G. (1969) - Alcune esperienze sulla ricostituzione dei casagneti da frutto nella Provincia di Trento. Esperienze e Ricerche XIX, 61-72.

(8) TURCHETTI T., MARESI G. (1988) - Mixed inoculum for the biological control of chestnut blight. Bulletin OEPP/EPPO 18, 67-72.

(9) TURCHETTI T., MARESI G. (1991) - Inoculation trials with hypovirulent strains of Cryphonectria parasitica. European Journal of forest pathology, 21, 65-70.

5. - Die Luftqualität in den größeren Ortschaften Südtirols -

Das Meßnetz zur Überwachung der Luftqualität in Südtirol besteht aus 3 fixen Meßkabinen in Bozen, 1 in Meran, 1 in Brixen, 1 in Bruneck. Die Kabine von Sterzing dürfte noch vor Ende des Winters ihre Tätigkeit wieder aufnehmen.
Die Meßkabinen sind auch mit den nötigen Sensoren zur Erfassung der physikalischen und meteorologischen Parameter ausgestattet. Die Meßwerte werden ständig von peripheren Speichern aufgenommen:
Jede Kabine ist mit einem Datenerfassungssystem ausgestattet. Dreimal täglich (um 07^{00} - 13^{00} - und 24^{00} Uhr) werden die Werte automatisch vom Zentralrechner im Chemischen Landeslabor - Amt für Luft und Lärm - eingeholt. Dort werden sie ausgearbeitet und in Form von 1 Stunden-, 8 Stunden-, 24 Stundenmittelwerten auf Tabellen gedruckt.
Um 14^{00} Uhr jeden Tages wird mittels FAX an alle zuständigen Sanitäts- und Umweltbehörden von Land und Gemeinden sowie dem Landespresseamt der Bericht über die Situation der Luftqualität in Südtirol, bezogen auf die letzten 24-Stunden bis 13^{00} Uhr des Ausgabetages weitergeleitet.

5.1. - Meßwerte im Jahr 1992 -

Um das Verhalten der Konzentrationen der verschiedenen Luftschadstoffe deutlicher wiederzugeben, wird die Änderung der höchsten Konzentrationen jedes Schadstoffes bezogen auf die einzelnen Monate in graphischer Form dargestellt (Fig. 49 und 50).

Schwefeldioxyd (SO_2) und Schwebestaub (STB)
Diese Schadstoffe sind in $\mu g/m^3$ als höchster 1 Tagesmittelwert, bezogen auf das angeführte Monat wiedergegeben.

Stickstoffdioxyd (NO_2) und Ozon (O_3).
Diese Verbindungen sind in $\mu g/m^3$ als höchster 1 Stundenmittelwert, der im jeweiligen Monat gemessen wurde, angeführt.

Kohlenstoffmonoxyd (CO)
Dieser Schadstoff ist in mg/m^3 angegeben (höchster 1 Stundenmittelwert = roter Balken; höchster 8 Stundenmittelwert = grüner Balken) und bezieht sich auf den höchsten Wert, der im jeweiligen Monat gemessen wurde.

5.2. - Ergebnisse und Bewertung der Situation -

Schwefeldioxyd (SO_2) und Schwebestaub (STB)
Beide Schadstoffe bilden sich fast ausschließlich im Laufe der Verbrennung von organischem Material: industrielle Heizanlagen und Hausbrand sind daher die Hauptquellen. Schlecht eingestellte Heizanlagen oder Öfen verursachen die Emission von höheren Mengen an Ruß und Staub, während die Verfeuerung von schwefelhaltigen Brennstoffen das Auftreten höherer SO_2 Konzentrationen in den Abgasen und daher in der Luft verursacht.
Es wird fast überall ein beinahe paralleler Verlauf der SO_2 und Staubkonzentrationen beobachtet: die Werte sind im Winter höher und im Sommer niederer. Bei der Überprüfung und Gegenüberstellung der Tabellen ist der fast parallele Verlauf der Höchstwerte der Konzentrationen dieser Stoffe im Winter und im Sommer deutlich ersichtlich und bestätigt somit einen gewissen Zusammenhang zwischen diesen Stoffen.

Stickstoffdioxyd (NO_2)
Dieses Gas entsteht vorwiegend aus der Oxydation des Stickstoffoxyds (NO), welches in Abgasen von Motoren und Heizanlagen enthalten ist. Diese Reaktion, um quantitativ zu verlaufen, benötigt Sonnenenergie und einige Stunden Zeit: aus diesem Grunde treten die höchsten Konzentrationen von NO_2 einige Zeit nach der stärksten Welle des täglichen Verkehrs und der Heiztätigkeit auf.
Die NO_2- Konzentration ist besonders in der Winterzeit beträchtlich vor allem bei thermischen Inversionslagen und Windstille: in diesem Fall weilen die Präkursoren des NO_2, sowie der schon gebildete Schadstoff in den Städten und Ballungsgebieten und können somit u. U. auch die **Vorwarnstufe (200 $\mu g/m^3$/1 Stunde)** erreichen oder sogar überschreiten.
Im Frühling werden die Heizungen abgestellt und somit reduzieren sich zum Teil auch die NO_2-Konzen-

Tab. 5

Schwefeldioxyd (SO_2)	
Grenzwert	250 $\mu g/m^3$ als 98. Perzentilwert der Tagesmittelwerte in 1 Jahr.
Richtwert	100 - 150 $\mu g/m^3$ als 24-Stundenmittelwert
Stickstoffdioxyd (NO_2)	
Grenzwert	200 $\mu g/m^3$ als 98. Perzentilwert der 1-Stundenmittelwerte bezogen auf 1 Jahr
Richtwert	135 $\mu g/m^3$ als 98. Perzentilwert der 1-Stundenmittelwerte bezogen auf 1 Jahr
Kohlenstoffmonoxyd (CO)	Im D.P.C.M. 28.03.1983 sind 2 Grenzwerte festgelegt und zwar: 40 mg/m^3 als höchster 1-Stundenmittelwert/Tag und 10 mg/m^3 als höchster 8-Stundenmittelwert/Tag
Schwebestaub	
Grenzwert	300 $\mu g/m^3$ als 95. Perzentilwert der Tagesmittelwerte in 1 Jahr (D.P.C.M. 28.03.1983).
Richtwert	100 - 150 $\mu g/m^3$ als Tagesmittelwert
Ozon (O_3)	
Grenzwert	200 $\mu g/m^3$ als höchster 1-Stundenmittelwert in 1 Monat

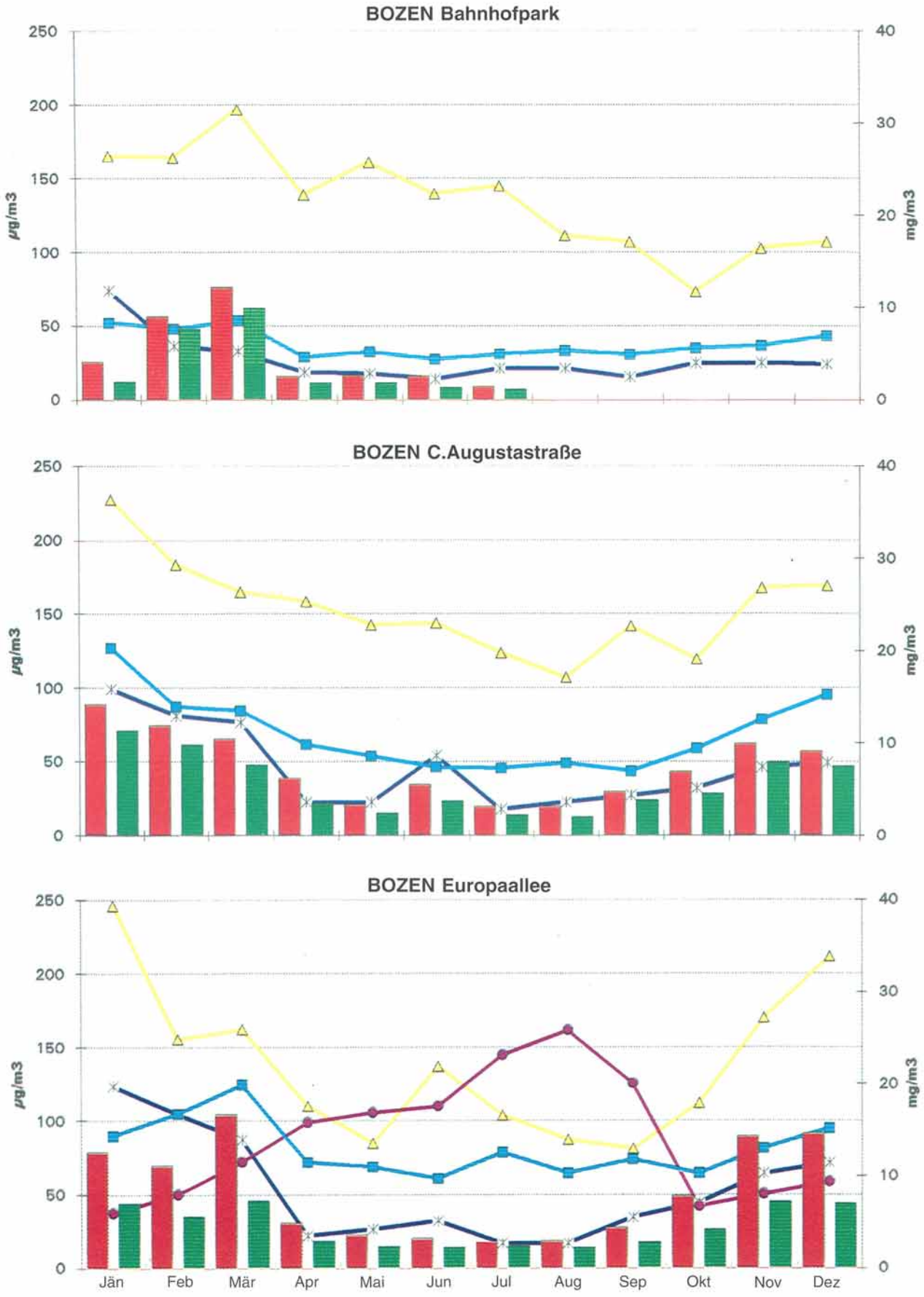

BOZEN Bahnhofpark
BOZEN C.Augustastraße
BOZEN Europaallee
µg/m3
mg/m3
250
200
150
100
50
0
40
30
20
10
0
Jän
Feb
Mär
Apr
Mai
Jun
Jul
Aug
Sep
Okt
Nov
Dez
1992
SO2 µg/m3 TgMw-MeGi Gw-VaLi 250
NO2 µg/m3 1hMw-Me1h Gw-VaLi 200
O3 µg/m3 1hMw-Me1h Gw-VaLi 200
Stb µg/m3 TgMw-MeGi Gw-VaLi 300
CO mg/m3 1hMw-Me1h Gw-VaLi 40
CO mg/m3 8hMw-Me8h Gw-VaLi 10

Fig. 49 -

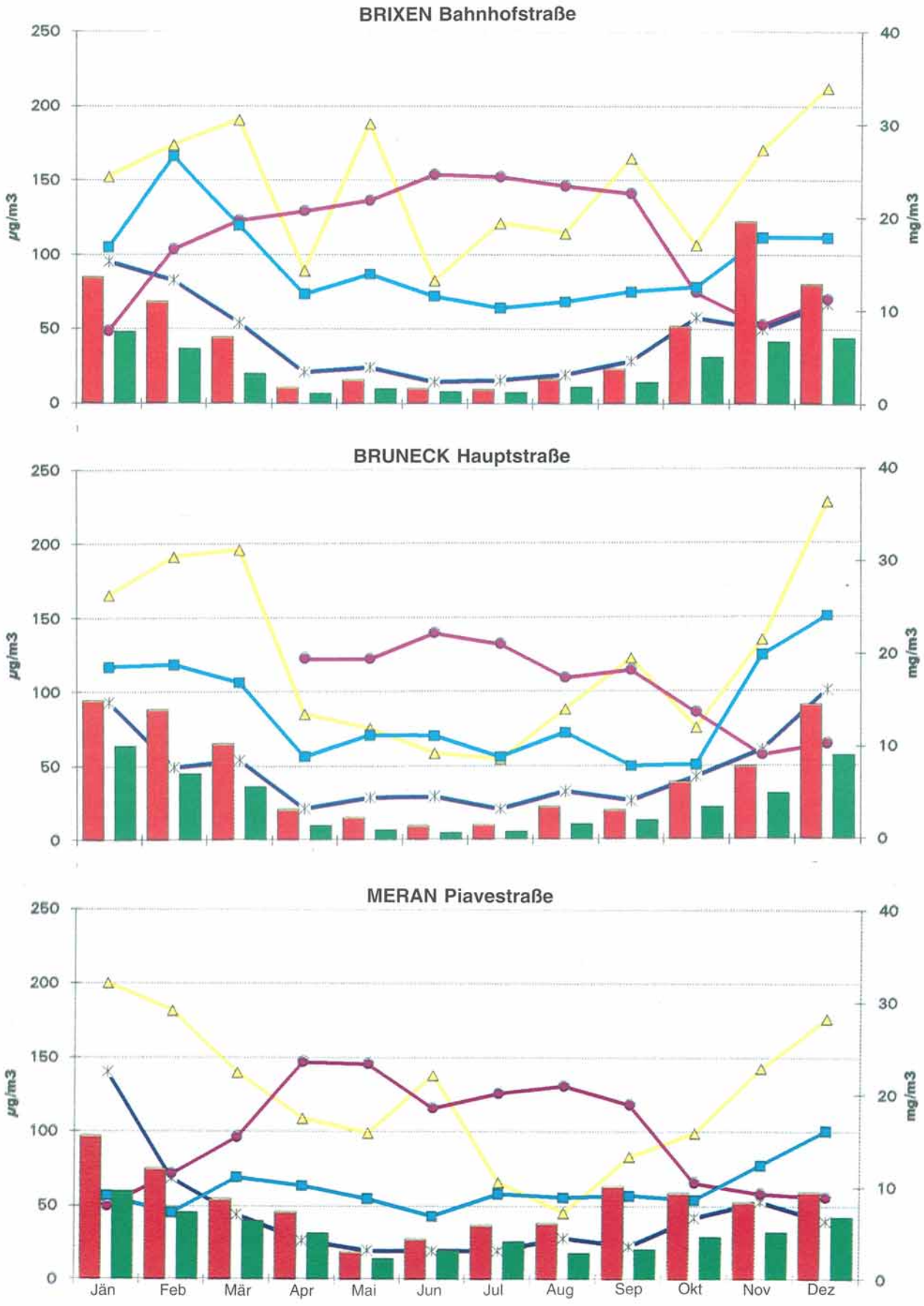

BRIXEN Bahnhofstraße
BRUNECK Hauptstraße
MERAN Piavestraße
µg/m3
mg/m3
250
200
150
100
50
0
40
30
20
10
0
Jän
Feb
Mär
Apr
Mai
Jun
Jul
Aug
Sep
Okt
Nov
Dez
1992
SO2 µg/m3
TgMw-MeGi
Gw-VaLi
250
NO2 µg/m3
1hMw-Me1h
Gw-VaLi
200
O3 µg/m3
1hMw-Me1h
Gw-VaLi
200
Stb µg/m3
TgMw-MeGi
Gw-VaLi
150
CO mg/m3
1hMw-Me1h
Gw-VaLi 40
CO mg/m3
8hMw-Me8h
Gw-VaLi 10

Fig. 50 -

trationen; dazu setzt endlich eine mehr oder weniger konstante Luftdurchmischung und Lüftung ein, wodurch die Schadstoffe verdünnt bzw. vertrieben werden. Die höchsten 1-Stunden Mittelwerte, die im entsprechenden Bezugsmonat gemessen wurden, (gelbe Linie) zeigen daher eine mehr oder weniger ausgeprägte Abnahme in der Sommerzeit.
Ein weiterer Beitrag zum Abbau der NO_2-Konzentrationen wird auch durch die energiereichen Sonnenstrahlen geliefert: im Sommer, an sonnigen und heissen Tagen, sind die U.V. Strahlen imstande das NO_2-Molekül abzubauen, wobei ein Molekül Ozon - gemäß untenangeführter Reaktion, entsteht:

$$NO_2 + \text{U.V. Strahlen} \rightarrow NO + O$$
$$O + O_2 \rightarrow O_3 \text{ (Ozon)}$$

Und tatsächlich zwischen Juni und Ende August sinkt die Konzentration von NO_2 und steigt jene von O_3 (rote Linie). Der Verlauf der Höchstwerte der 1-Stunden Konzentrationen in den jeweiligen angeführten Monaten (gelbe Linie) zeigt deutlich höhere Konzentrationen im Winter und bedeutend tiefere im Sommer. Beinahe in jeder Stadt wurde im Winter der Wert von 200 $\mu g/m^3$/1St. erreicht oder überschritten. Besonders im Dezember 1992 konnte eine allgemeine Tendenz zum Anstieg der NO_2-Werte beobachtet werden.
Diese Tendenz hielt im Januar und anfangs Februar 1993 an - weshalb entsprechende Maßnahmen zur Sanierung der Luft in einigen Südtiroler Ortschaften getroffen werden mußten.

Kohlenstoffmonoxyd (CO)
Das Kohlenstoffmonoxyd bildet sich durch unvollständige oder sauerstoffarme Verbrennung von organischen Stoffen. In den Städten und Ballungsgebieten ist der größte Teil der Konzentrationen dieses Gases dem motorisierten Verkehr zuzuschreiben: dies gilt für Fahrzeuge, die nicht mit dem Katalysator ausgestattet sind, und besonders, wenn sie langsam fahren oder mit laufendem Motor stehen bleiben.
Unter diesen Bedingungen ist mit einer erhöhten Emission von CO zu rechnen. In der Winterzeit, besonders bei dichtem Verkehr, Inversionslage und Windstille, kann das CO nicht entweichen und bleibt größtenteils in den Städten und Ballungsgebieten hängen. Mit Beginn der Frühlingszeit setzt eine mehr oder weniger ständige und bis zum Herbst andauernde Lüftung ein, sodaß auch die CO-Werte stark abnehmen.
Diese Tatsache wird durch die graphische Darstellung des Verhaltens der CO-Maxima (roter Balken = höchster 1 Stundenmittelwert, grüner Balken = höchster 8 Stundenmittelwert im Monat) bestätigt. Weiters ist ein ähnliches Verhalten zwischen CO, SO_2, Staub und NO_2 in allen Meßstationen feststellbar.

Ozon (O_3)
Das Ozon ist ein sekundärer Schadstoff, welcher sich im Sommer in den Städten und in deren Umgebung durch die photochemische Oxydation von reaktiven Kohlenwasserstoffen (Industrie und Autoabgase) sowie infolge der Spaltung des NO_2 - Moleküls durch energiereiche U.V. Strahlen bildet. Wie schon vorher erwähnt, ist die Belastung durch Ozon eher ein sommerliches Vorkommen, besonders am späten Nachmittag sonniger und heißer Tage.

In den Abbildungen wird das Verhalten der höchsten 1-Stunden Konzentrationen, die im betreffenden Monat gemessen wurden, mittels roter kontinuierlicher Linie angeführt. Ein beinahe ähnliches Verhalten ist in allen Städten zu beobachten. Der Grenzwert von 200 $\mu g/m^3$/1 Stunde/1 Monat wurde nie erreicht: dazu haben auch einige regnerische Tage im Juni, die aus der Luft die Präkursoren des Ozons ausgewaschen haben, beigetragen. Aus den Graphiken, die in zusammenfassender Form das Verhalten der höchsten 1 Stunden (bzw. 1-Tage) Mittelwerte, die in den jeweiligen Monaten gemessen wurden darstellen, ist der Beitrag von motorisierten Verkehr und Heizanlagen deutlich zu erkennen.
Zwecks Besserung der Luftqualität ist daher auf diese zwei Faktoren einzugreifen. Sowohl die Landesregierung als auch die Gemeindeverwaltungen befassen sich mit der Studie von Maßnahmen, die sicher zu einer noch besseren Luftqualität führen werden.

5.3. - Die Luftqualität in Südtirol in den letzten 10 Jahren (1982-1992) -

Vor ungefähr 20 Jahren wurde mit dem Aufbau des Luftüberwachungsnetzes in Südtirol begonnen. Als erste kam die Stadt Bozen daran, wo einige feste Meßstellen aufgebaut wurden, in welchen anfänglich mit halbautomatischen Erfassungssystemen, die sich auf konventionellen maßanalytischen Verfahren (Kolorimetrie, Gravimetrie) stützten, später mit vollautomatischen Geräten, Luftschadstoffe, wie Stickstoffoxyde, Stickstoffdioxyd, Schwefeldioxyd, Schwebestaub gemessen wurden. Einige Jahre später konnten automatische Meßgeräte zur Erfassung anderer wichtiger Schadstoffe, wie Kohlenstoffmonoxyd (CO), Ozon (O_3) und Kohlenwasserstoffe (HC) eingebaut werden. Zu Beginn der achtziger Jahre waren auch Meran, Brixen und Bruneck mit festen Meßstationen ausgestattet. In dieser Studie wird das Verhalten der Jahresmittelwerte der Konzentrationen der wichtigsten Luftschadstoffe im letzten Jahrzehnt 1982-1992 überprüft (Fig. 51 und 52).

Bozen
- **Schwefeldioxyd (SO_2)**: dieses Gas bildet sich bei der Verfeuerung von schwefelhaltigen Brenn- und Treibstoffen. Die Hauptquellen dieser Verbindung sind daher Kohle und Schweröl, in welchen erhebliche Mengen Schwefel enthalten sind. Das Einführen von schwefelarmen Brennmaterialien, die ständigen Überprüfungen der Brennstoffe durch das Chemische Landeslabor, sowie der zunehmende Verbrauch von schwefelfreiem Erdgas (Methan) haben in den letzten Jahren zu einer deutlichen und ständigen Verminderung der SO_2 Konzentrationen in der Luft geführt.
- **Stickstoffdioxyd (NO_2)**: die Abnahme der Konzentrationen dieses Luftschadstoffes hat im Laufe der Jahre ein "ondulatorisches" Verhalten gezeigt; in den letzten 3 Jahren (1990 - 1992) haben sich die Konzentrationen bei einem Jahresmittelwert von ca. **50 $\mu g/m^3$** eingependelt. Sollten in Zukunft keine weiteren Faktoren auftreten, die zu einer Reduzierung der NO_2 - Konzentrationen führen, (Einführung von Denoxanlagen sowie Kat-motoren) wird mit diesem Wert weiterhin zu rechnen sein.

BOZEN
MERAN
BRIXEN
µg/m3
mg/m3
100
75
50
25
0
3
2
1
0
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
Jahresmittelwerte
SO2 µg/m3
NO2 µg/m3
Stb µg/m3
O3 µg/m3
CO mg/m3

Fig. 51 -

- **Schwebestaub (STB)**: nach Einstellung der beträchtlichen Staubemissionen aus einigen Anlagen der Bozner Industriezone, hat sich der Jahresmittelwert der Staubkonzentrationen in den letzten Jahren unter **50 µg/m³** stabilisiert. Hauptquellen des Staubes sind z.Z. die Heizanlagen und der motorisierte Verkehr.
- **Kohlenstoffmonoxyd (CO)**: dieses Gas ist ein primärer Luftschadstoff: über **90 %** davon wird in den Städten von Kraftfahrzeugen ohne Katalysator, besonders bei niederen Geschwindigkeiten oder beim Halten mit laufendem Motor erzeugt. Die Tendenz der Jahreskonzentrationen dieses Schadstoffes neigt allerdings zu einer graduellen Verminderung.
- **Ozon (O_3)**: die systematische und kontinuierliche Messung dieses typischen "Sommerschadstoffes" begann in Bozen im Jahr 1988. Der Verlauf der Jahresmittelwerte zeigt eine "ondulatorische" Tendenz, mit Werten, die zwischen **25** *und* **35 µg/m³** liegen. Das Ozon bildet sich in den Wohn und Ballungsgebieten und in ihrer nahen Umgebung durch das Einwirken energiereicher UV- Strahlen auf NO_2 und andere Schadstoffe, die größtenteils dem motorisierten Verkehr, aber auch den Abgasen aus Industrieanlagen zuzuschreiben sind. Nur durch gezielte und großräumige umweltpolitische Maßnahmen, die auf internationaler Ebene getroffen werden müssen, wird das übernationale Ozonproblem eine zufriedenstellende Lösung finden.

Meran
- **Schwefeldioxyd (SO_2)**: schon seit dem Jahre 1988 ist eine deutliche Abnahme der Konzentration dieses Schadstoffes festzustellen: die Jahresmittelwerte, die schon vorher eher nieder lagen, sind ab diesem Jahr stark gesunken. Zu dieser Verbesserung hat die Anwendung von schwefelarmem Brennmaterial einen entscheidenden Beitrag geliefert.
- **Stickstoffdioxyd (NO_2)**: abgesehen von dem eher ungewöhnlichen Verhalten der NO_2 Konzentrationen im Jahr 1982, ist in den darauffolgenden Jahren eine ständige Abnahme dieses Schadstoffes bis zum Jahr 1989 zu beobachten; dann steigt der Jahresmittelwert bis 1992 wieder an: in diesem Jahr liegt der Mittelwert bei ca. **45 µg/m³**. Sei es in Meran, wie auch in Bozen, ist in den letzten Jahren ein leichter Anstieg der NO_2 Konzentrationen festzustellen. Hier ist der Hauptverantwortliche der starke motorisierte Verkehr.
- **Schwebestaub (STB)**: der Umstieg von aschreichen Brennmaterialien (Holz, Kohle, u.ä.) auf ascharmen (Gasöl) oder aschfreie Brennstoffe (Erdgas) hatte als Folge, daß schon ab 1988 eine merkliche Abnahme der Jahresmittelwerte der Schwebestaubkonzentrationen zu beobachten war. Der leichte Anstieg ab 1992 ist sicher auch der Zunahme des Straßenverkehrs zuzuschieben. Ohne geeignete Maßnahmen, die eine Reduzierung des motorisierten Verkehrs in Meran vorsehen, wird es dort kaum Verbesserungen bezüglich NO_2 und Staubkonzentrationen geben.
- **Kohlenstoffmonoxyd (CO)**: nach einem Anstieg bis zum Jahre 1991 ist im Jahre 1992 der Jahresmittelwert wieder gesunken. Diese Belastung ist ausschließlich dem motorisierten Verkehr zuzuschreiben.
- **Ozon (O_3)**: das Jahr 1988 war in Südtirol wie übrigens in anderen Nachbarländern durch das Auftreten merklicher Ozonkonzentrationen in der Sommerzeit gekennzeichnet. Diese Tatsache hat sich auf den Jahresmittelwert ausgewirkt, der bei **52 µg/m³** lag. In den darauffolgenden Jahren konnte eine bedeutende Abnahme des Jahresmittelwertes, der bei ca. **30 µg/m³** lag, festgestellt werden. Der Sommer 1988 war bekanntlich besonders heiß, sonnig und trocken: diese Faktoren führten zu erhöhten Ozonkonzentrationen.

Brixen
- **Schwefeldioxyd (SO_2) und Schwebestaub (STB)**: die Konzentrationen dieser Luftschadstoffe haben im Laufe der Jahre deutlich abgenommen, obwohl in den letzten Jahren eine Neigung zum Anstieg beobachtet wird.
- **Stickstoffdioxyd (NO_2)**: in dem Zeitraum 1982 - 1990 ist eine mehr oder weniger ständige Abnahme der Konzentrationen dieses Gases zu beobachten:
in den darauffolgenden Jahren dagegen wird auch hier, wie in Bozen und in Meran, eine steigende Tendenz bemerkbar.
- **Kohlenstoffmonoxyd (CO)**: auch dieser Schadstoff zeigt eher niedere Jahresmittelwerte.
- **Ozon (O_3)**: im Jahre 1991 wurde auch in Brixen die kontinuierliche Messung der Ozonkonzentrationen aufgenommen. Die erhobenen Jahresmittelwerte sind jenen von Bozen und Meran ähnlich. In dem Zeitraum 1987 - 1989, konnten wegen Umbauarbeiten am Standort der alten Meßstation und gleichzeitigem Aufbau der neuen keine kontinuierlichen Messungen durchgeführt werden. Die alte Kabine wurde nach Sterzing verlegt und einige Messungen wurden in Brixen mittels des mobilen Luftanalyselabors durchgeführt.

Bruneck
- **Schwefeldioxyd (SO_2)**: der Jahresmittelwert ist im Laufe der Jahre regelmäßig gesunken, dank auch der Anwendung immer schwefelärmerer Brennstoffe.
- **Stickstoffdioxyd (NO_2)**: wie schon bereits in anderen Städten beobachtet, sinken die Jahresmittelwerte bis zum Jahre 1989, und steigen dann, wenn auch schwach, in den Jahren 1990 - 1992 an.
- **Schwebestaub (STB)**: die Abnahme der Staubkonzentrationen ist ersichtlich, wenn auch nicht so ausgeprägt wie in anderen Städten; die Heizung mit Holz und der Verkehr sind in diesem Fall die Hauptverursacher der Staubimmissionen.
- **Ozon (O_3)**: im Jahre 1992 wurde auch in Bruneck die kontinuierliche Messung der Ozonkonzentrationen aufgenommen. Der Jahresdurchschnittswert liegt etwas höher als jene, die in den anderen Städten gemessen wurden: dies ist zum Teil durch Zufuhr ozonreicherer Bergluft zurückzuführen.

Sterzing
In Sterzing wurde im Zeitraum 1987 - 1990 vorübergehend die Meßkabine von Brixen aufgestellt. Nachdem die Meßergebnisse - angesichts der Nähe der Autobahn, der Zollstation und der Höhe der Stadt - von relevanter Bedeutung sind, wurde beschlossen, hier eine fixe Meßstelle zu errichten.
Noch vor Ende des Winters 1993 sollte diese Meßstation ihre Tätigkeit aufnehmen.
- **Schwefeldioxyd (SO_2)**: dieser Schadstoff ist den Heizanlagen und dem Verkehr (Diesel enthält bis 0,3 % Schwefel) größtenteils zuzuschreiben. Der Jahresmittelwert ist eher bescheiden und liegt unter **20 µg/m³.**
- **Stickstoffdioxyd (NO_2)**: diese Verbindung stammt größtenteils aus Heizanlagen und besonders aus em Verkehr (Straßen + Autobahn und + Zollstation).

Fig. 52 -

Die Jahresmittelwerte zeigten die schon in den anderen Städten beobachteten Tendenzen. Der Mittelwert des Jahres 1990 lag bei **30 µg/m³**.

- **Staub (STB)**: eine Tendenz zur Abnahme ist auch bei diesem Schadstoff festzustellen: die letzten Werte liegen bei ca. **30 µg/m³**.
- **Kohlenstoffmonoxyd (CO)**: dieser fast ausschließlich vom Straßenverkehr stammende Schadstoff neigt zu einer leichten Abnahme im laufe des Jahres.
- **Ozon (O_3)**: bei Wiederinbetriebnahme der Meßtätigkeit wird auch diese Verbindung ständig gemessen.

In dieser Studie wurde das Verhalten der Jahresmittelwerte der Konzentrationen der wichtigsten Luftschadstoffe in den letzten 10 Jahren (1982 - 1992) in Südtirol überprüft. Aus dieser Untersuchung geht deutlich hervor (und dies wurde anhand weiterer Studien dieses Amtes bezüglich der Luftverschmutzung durch einkernige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTX), mehrkernige kondensierte aromatische Kohlenwasserstoffe -PAK, Blei, usw. bestätigt), daß der motorisierte Verkehr in den Städten und in den Gebieten, die von stark befahrenen Straßen durchzogen sind, bei der Belastung der Luft eine bedeutende Rolle spielt. Man spricht in mehreren Studien von einer Belastung, die in diesem Fall (Ballungszentren) über **60%** der Gesamtbelastung beträgt.

6. - Reinluftmeßstation am Rittner Horn -

Fig. 53 - Reinluftmeßstation am Rittner Horn

Die Luftmeßstation am Rittner Horn ist eine vollautomatische Anlage, die mit der Zielsetzung errichtet wurde, das Auftreten antrophogener Luftschadstoffe in hochalpinen Regionen zu überwachen.

Die Meßstation befindet sich in ca. 7 km Luftlinie nördlich von Bozen, am Südhang des Rittner Horns auf etwa 1750 m Meereshöhe und wurde im Winter 1989 in Betrieb genommen (Fig. 53).

Gemessen werden die chemischen Parameter: **Schwefeldioxid (SO_2)**, die **Stickoxide (NO_x, NO_2, NO)** und **Ozon (O_3)**; die **Ortsdosisleistung (Radioaktivität)** und die wichtigsten **meteorologischen Parameter**, wie **Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperatur, rel. Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Sonneneinstrahlung und Niederschlag**.

6.1. - Charakterisierung der Meßstation -

Bei gegebener Lage der Emissionsquellen, wird die Schadstoffbelastung in einem bestimmten Gebiet, wesentlich durch die vorherrschenden Windrichtungen bestimmt.

Im Talkessel von Bozen sowie am Ritten, weht der Wind im Winter und im Frühjahr vorwiegend von Süden, ab dem Frühjahr steigt die Windstärke und der Südwestwind gewinnt an Bedeutung. Besonders in den Wintermonaten herrscht im Talkessel von Bozen häufig Windstille.

Bisher konnte ermittelt werden, daß die Luftschadstoffe am Ritten eher episodenhaft auftreten und höhere Werte fast ausschließlich bei Süd- oder Südwestwind auftreten.

Die höchsten Schadstoffkonzentrationen werden in den späten Nachmittagsstunden gemessen, während die Morgenstunden kaum belastet sind.

Ferntransport aus dem Norden über die Alpen kommt nur sehr selten vor und normalerweise, nicht öfter als zwei bis dreimal im Jahr, bei länger andauernden Polarlufteinbrüchen.

In diesen Fällen beobachtet man in Nordtirol und Südtirol eine um wenige Stunden zeitlich verschobene Zunahme der **SO_2**- und **NO_2-Werte**.

Die am Ritten gemessene Luftverschmutzung stammt zum überwiegenden Teil aus dem Nahbereich (Raum Bozen und Brennerautobahn).

Charakteristisch für die Meßstation sind geringe Schadstoffwerte in den Monaten Dezember und Jänner, wenn der Smog durch die windarmen Inversionswetterlagen im Talkessel von Bozen festgehalten wird und höhere Werte immer dann, wenn z.B. bei Wetterwechsel die Inversionsschicht im Tal aufgelöst wird.

In diesen Fällen beobachtet man (vor allem im Frühjahr) einen zeitgleichen Anstieg sämtlicher Luftschadstoffe (**NO_2, SO_2, O_3**).

Die Stickoxidwerte (**NO**) liegen hingegen stets nahe der Nachweisgrenze der Geräte (Mod. AC30M Environnement).

Tab. 6: Monatsmittelwerte

SO_2 ($\mu g/m^3$)	1990	1991	1992
Jahresmittelwert	3,2	5	3,3
höchster Monatsmtw.	7 (Dez)	7 (Feb)	6 (Mär)
höchster ½ - Stundenmtw.	57 (Jun)	36 (Feb)	34 (Mär)

NO_2 ($\mu g/m^3$)	1990	1991	1992
Jahresmittelwert	2,5	6	2,8
höchster Monatsmtw.	6 (Sep)	9 (Mär)	7 (Mär)
höchster ½ - Stundenmtw.	44 (Nov)	46 (Okt)	49 (Mär)

O_3 ($\mu g/m^3$)	1990	1991	1992
Jahresmittelwert	81	88	90
höchster Monatsmtw.	117 (Aug)	116 (Jul)	115 (Aug)
höchster ½ - Stundenmtw.	200 (Jul)	218 (Jul)	196 (Jul)

6.2. - Jahresvergleich 1990/1992 -

Die Meßwerte der letzten drei Jahre zeigen im Wesentlichen keine ausgeprägten Unterschiede oder Trendänderungen. 1992 war die Luftqualität am Ritten besser als im Vorjahr. Diese Schwankungen der Meßwerte liegen aber vermutlich im langjährigen Durchschnitt. 1992 hatten wir am Ritten keine Überschreitung des Ozongrenzwertes (**200 $\mu g/m^3$**).

Ob die geringfügige Zunahme des Jahresmittelwertes (1990: **81 $\mu g/m^3$**; 1992: **90 $\mu g/m^3$**) auf einen Anstieg der durchschnittlichen Ozonkonzentration hindeutet, wird sich erst in den nächsten Jahren bestätigen lassen.

Eine graphische Darstellung der Monatsmittelwerte findet man in der Fig. 54.

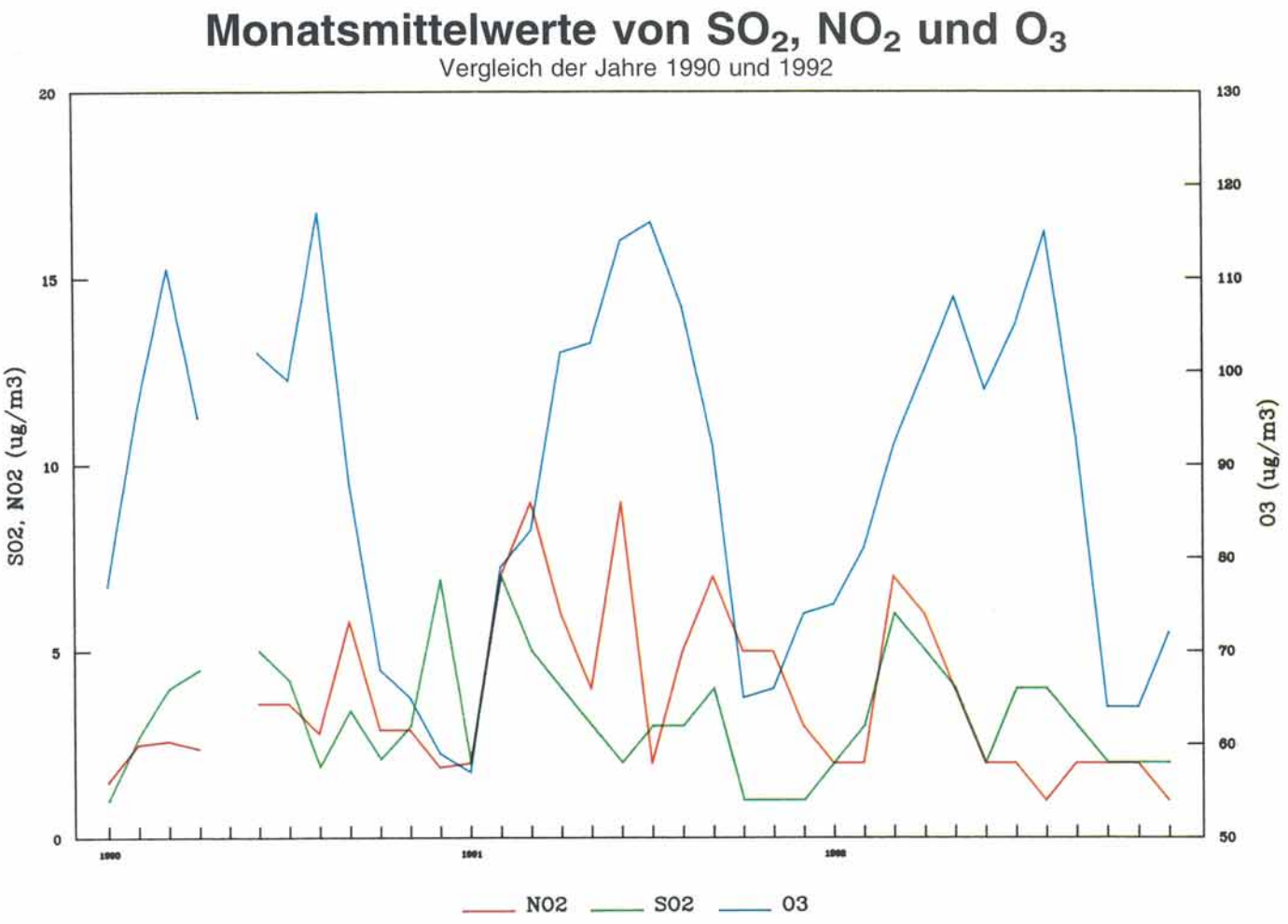


Fig. 54 -

6.3. - Strahlungspegel (Radioaktivität) -

Seit Jänner 1991 wird in der Meßstation, mittels einer Hochdruckionisationskammer, auch der **Strahlungspegel** laufend überwacht. Eine zweite Ionisationskammer befindet sich in Bozen am Sitz des Chemischen Landeslabors. Die Meßwerte beider Stationen gelangen direkt bzw. über Modem ins Chemische Landeslabor. Bei Überschreitung eines best. Strahlenpegels (z.B. radioaktive Wolke) wird ein Alarm ausgelöst. Diese Anlage dient als Frühwarnsystem und ergänzt die Radioaktivitätskontrollen des Chemischen Landeslabors, die routinemäßig an Regenwasserproben (fall out), an Bewuchsproben und an den wichtigsten Nahrungsmitteln mittels Gammaspektroskopie durchgeführt werden.
Fig. 55 zeigt den kontinuierlichen Verlauf der Ortsdosisleistung (24-Stundenmittelwerte) seit Jänner 1991. Wie ersichtlich, schwankt die natürliche Strahlenbelastung in der Umgebung der Meßstation zwischen **0,11** und **0,15 µSv/h**. Die kleineren Meßwerte im Winter sind kein Zufall, sondern steht in direktem Zusammenhang mit der Dicke der Schneedecke im Bereich der Meßstation. Die Schneeschicht schirmt die terrestrische Komponente der natürlichen Strahlung ab, sodaß die Strahlenbelastung im Winter geringer ausfällt.

6.4. - Messung karzinogener Kohlenwasserstoffe in Staubproben -

Im vergangenen Jahr (1991) konnten am Ritten einige Fälle von Ferntransport aus dem Norden über die Alpen nachgewiesen werden.

Bei dieser Gelegenheit stellte sich die Frage, ob es gelänge bei solchen oder anderen Belastungsepisoden, abgesehen von hohen NO_2 und SO_2 Konzentrationen, auch noch andere Schadstoffe nachzuweisen, die unter Umständen eine genauere Aussage über die Emissionsquellen ermöglichen.

Zu diesem Zweck geeignet sind die sog. polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (**PAH**). Diese karzinogenen Verbindungen entstehen in Spuren bei Verbrennungsprozessen und zeigen, je nachdem was oder wie etwas verbrannt wird, eine ganz bestimmte Zusammensetzung (gewissermaßen einen Fingerabdruck der Emissionsquelle).

Da **PAH**'s an Staubpartikeln adsorbiert werden, gelingt ihr Nachweis, indem man größere Luftmengen durch einen geeigneten Filter saugt und den eingefangenen Staub mittels rel. aufwendigen analytischen Methoden anschließend ausmißt.

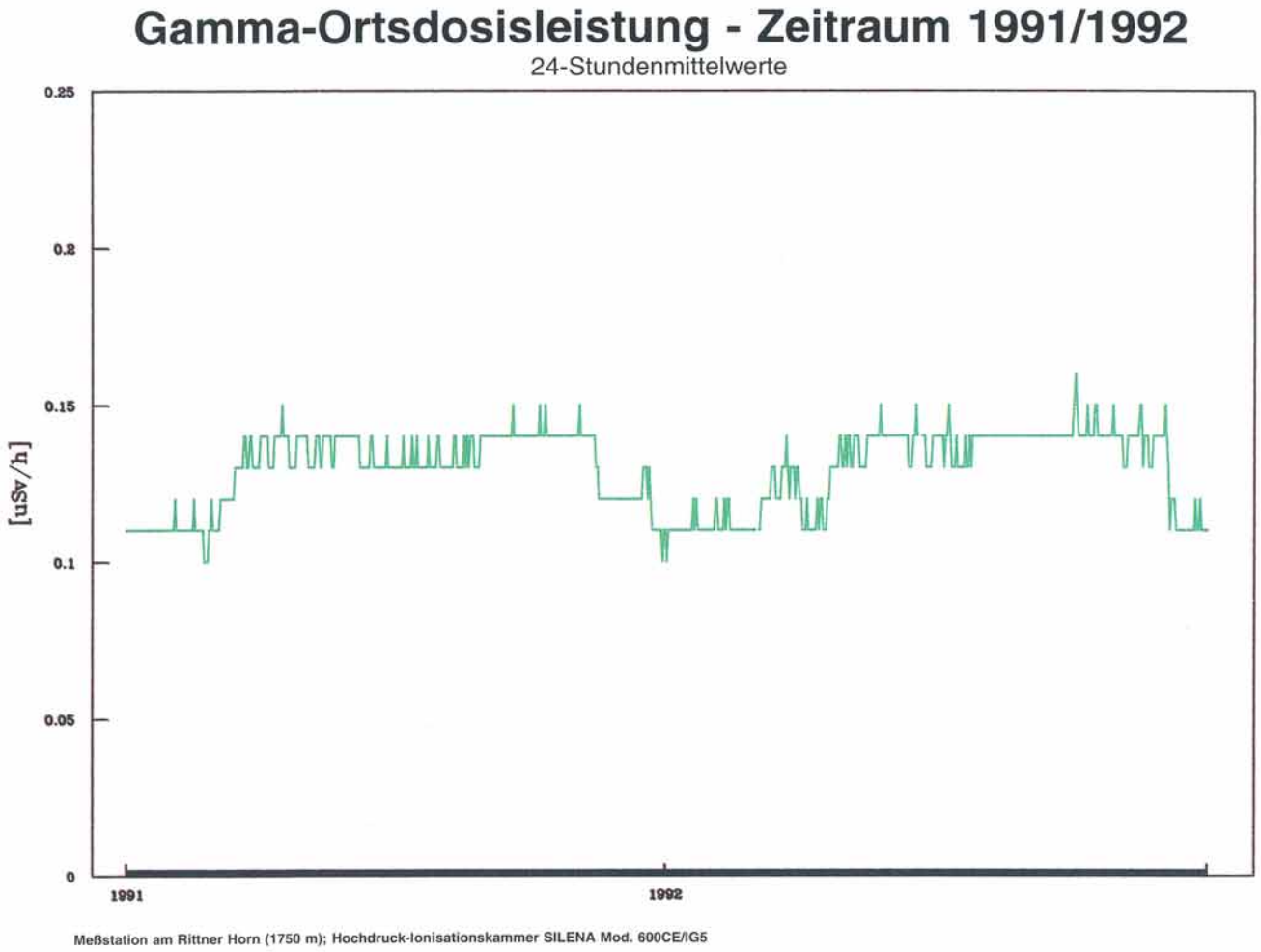


Fig. 55 -

Im Detail: Extraktion mit Ultraschallbad, Reinigung mit Festphasenextraktion, Analyse mit Hochdruckflüssigkeitschromatographie, Detektion mit einem programmierbaren Fluoreszenzdetektor.

Die ersten Probenahmen konnten im Sommer durchgeführt werden und zwar ein bis zweimal die Woche in Bozen (Amba Alagistr. 5) und gleichzeitig, zumindest einmal die Woche an der Meßstation am Ritten. Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß die Probennahme der **PAH**'s in Bozen nach VDI -Vorschrift durchgeführt wurde; um auch am Ritten die Nachweisgrenze der Meßmethode zu erreichen, mußte hingegen mit viel größeren Luftmengen (120 m^3/h) gearbeitet werden. Eine Unterbewertung infolge Verluste durch Abdampfen der bereits gesammelten **PAH**'s vom Filter oder durch Oxidation sind daher nicht auszuschließen.
Bereits die ersten Vergleichsmessungen haben deutlich gezeigt, daß die **PAH**'s in relativ gut nachweisbaren Mengen von der Stadt bis in die hohen Gebirgsregionen gelangen; siehe dazu Fig. 56.

An Hand vom **Benzo(α)pyren**, einer der karzinogensten Kohlenwasserstoffe, kann gezeigt werden, wie dessen Konzentration, in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit der Luftschichten im Talkessel von Bozen, zu oder abnimmt: In den gut durchlüfteten Sommermonaten findet man sowohl am Ritten (grüne Kurve) wie auch in Bozen (rote Kurve) sehr niedrige Werte.

Man beachte, daß in der Grafik für Bozen und Ritten zwei unterschiedliche Skaleneinteilungen gewählt wurden.

Im September steigen gleichzeitig in Bozen und am Ritten die Meßwerte an (auf ca. **150 pg/m^3** am Ritten und ca. **1.000 pg/m^3** in Bozen).

Mitte Oktober zeigt sich, wie infolge der schlechteren Durchmischung der Luftschichten (geringer vertikaler Luftaustausch) am Ritten die Meßwerte wieder absinken, während in Bozen die Luft nun zunehmend schlechter wird.

6.5. - Das Verhältnis Coronen/Benzo(a)pyren -

Für die Interpretation der **PAH**-Meßwerte von besonderer Bedeutung ist der Coronen-Anteil. Coronen kommt im Abgas von Otto-Motoren in wesentlich grösseren Mengen vor, als in anderen Abgasen. Betrachtet man das Verhältnis **Coronen/Benzo(a)pyren**, so liegt dieses im Falle von KFZ-Abgasen bei etwa 2. Bei Emissionen von Feuerungsanlagen ist dieses normalerweise < 1.

Im Falle der in Bozen ermittelten Meßwerte, lag dieses Verhältnis in den Sommermonaten bis Ende Oktober bei ca. 2, pendelt sich ab November auf einen Wert von ca. 1.5 ein und erreicht im Jänner 1993, während der Smogepisoden, mit 1 den Tiefstwert. Daraus ist ersichtlich, daß die Belastung in den Sommermonaten fast ausschließlich durch den KFZ-Verkehr bedingt ist, während in den Wintermonaten auch die Abgase der Feuerungsanlagen hinzukommen. Dominierend in der Bozner Stadtluft bleibt aber der KFZ-Abgasanteil.
Weitere Ergebnisse sind in Ausarbeitung.

6.6. - Weitere Projekte -

Mit der Rittner Meßstation sind wir an zwei internationalen Projekten beteiligt: Einmal das MEMOSA-Projekt (Messung und Modellierung des Schadstoffverhaltens im Alpenbereich) und weiteres ein Projekt, das die Erfassung haltens im Alpenbereich) und weiteres ein Projekt, das die Erfassung der Immissionsbelastung im Alpenraum mit Passivsammlern vorsieht. Über MEMOSA wird im Abschnitt 7. ausführlich berichtet.

Nur die Rittner Meßstation betreffend, sei allerdings erwähnt, daß wir 1990 auf Grund eines einjährigen Meßzyklus zum Schluß gekommen sind, **daß die am Ritten meßbare Luftverschmutzung überwiegend hausgemacht ist** (siehe Bericht des Chemischen Landeslabors - Reinluftmeßstation am Rittner Horn - Zwischenbericht 1989/1990); die im Rahmen des MEMOSA-Projektes mittels Flugzeugen durchgeführten Messungen, haben dies nun voll bestätigt.

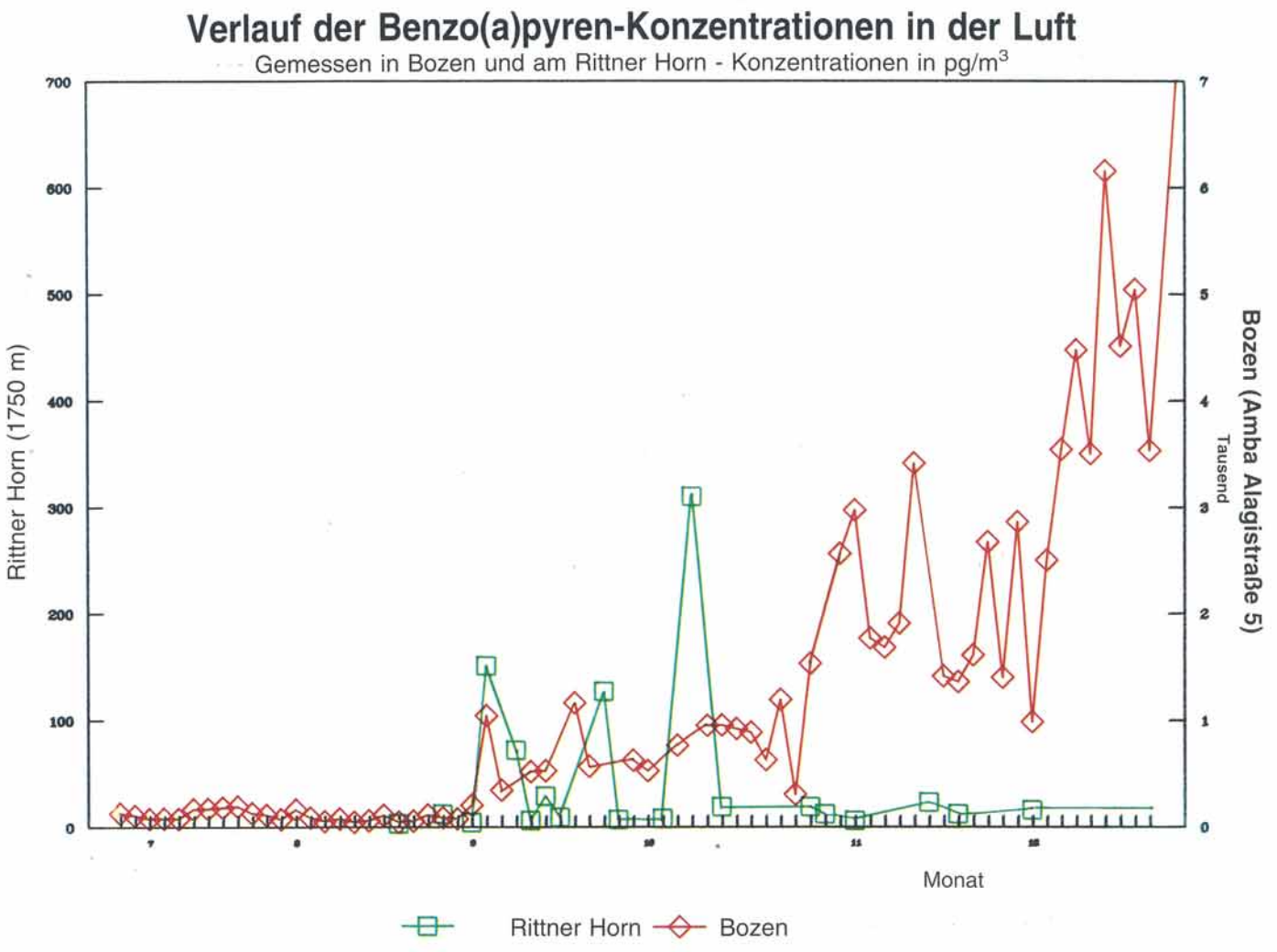


Fig. 56 -

7. - Projekt MEMOSA - Messung und Modellierung des Schadstoffverhaltens im Alpenbereich -

Dieses Projekt entstand im Rahmen der bereits traditionellen Zusammenarbeit zwischen den Forstdiensten der Arge-Alp Mitglieder - Freistaat Bayern, Bundesland Tirol, Autonome Provinz Bozen, Autonome Provinz Trient - und aus der gemeinsamen Notwendigkeit, den möglichen Zusammenhang des Vitalitätsverlustes der alpinen Wälder mit der Belastung durch Luftschadstoffe näher zu erforschen.

Zweck und Ziel waren die Gewinnung von Aussagen über großräumige Konzentrationsverteilung, Herkunft, Transport, höhenmäßiger Gradient von primären und sekundären Luftschadstoffen im betroffenen Alpengebiet (Mesoskala), mit besonderem Augenmerk auf die Photooxidantien (Ozon) und deren Vorläufersubstantien.

Mit der Durchführung der Studie wurde das Institut für Physik der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen bei München, in Kooperation mit der Fa. AERODATA in Braunschweig und dem Fraunhoferinstitut für Atmosphärische Umweltforschung in Garmisch-Partenkirchen, beauftragt.

Die Untersuchungen bestanden im wesentlichen aus der meßtechnischen Erfassung der Luftschadstoffe entlang bestimmter Routen und bei bestimmten Wetterlagen mittels Flugzeug als Meßgeräteträger und aus Modellrechnungen zur Simulation von Strömungs- und Ausbreitungsvorgängen im gesamten Alpenbereich und in einzelnen Tälern.

Die Meßkampagne begann im August 1990 und wurde 1991 abgeschlossen, wobei hauptsächtlich während der Sommerzeit geflogen wurde.

Zwei Flugzeuge, ausgerüstet mit empfindlichen Meßsonden zur Bestimmung der Konzentration von **Schwefeldioxyd, Stickoxyd, Ozon, Wasserstoffperoxyd, Kohlenwasserstoffen** und **Partikeln** in der tiefen Troposphäre, flogen hauptsächlich entlang der N-S Route (Fig. 57) - München, Garmisch P., Innsbruck, Bozen, Trient, Verona, Brescia, Bergamo - sowie über die nördlichen und südlichen Voralpen in W-O Richtung. Insgesamt wurden acht Meßflüge durchgeführt.

Gleichzeitig wurden meteorologische Parameter, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Wind, gemessen. Ergänzt wurden diese Messungen durch die routinemäßig vorgenommenen Registrierungen von Schadstoffen und meteorologischen Parametern längs der Flugroute an den Boden- und Bergmeßstationen der beteiligten Länder, wie eben am Rittner Horn (Chemisches Landeslabor - Amt für Physikalische Chemie) und am Hühnerspiel - Gossensaß (ENEL).

Die Schadstoffmessungen und Modellsimulationen lassen folgende Aussagen zur Verteilung und Herkunft der Luftverunreinigungen im Alpenraum zu (Auszug aus dem MEMOSA Abschlußbericht - 1)

7.1. - Verteilung der Schadstoffe -

An den MEMOSA-Meßtagen und entlang der Flugzeug-Meßrouten wurden sowohl vormittags als auch nachmittags im allgemeinen südlich des Alpenhauptkammes höhere Konzentrationen als nördlich davon für die primären Schadgase, Stickstoffoxide und **flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC = Volatile Organic Compounds)**, sowie für das sekundäre gebildete Ozon beobachtet.

In beiden Alpenbereichen gibt es jedoch mehr oder weniger stark belastete Gebiete. Im Norden treten höhere Schadstoffkonzentrationen im Inntal auf, im Süden im Etschtal und Iseosee sowie im Alpenvorland.

Bei den Flugzeugmessungen wurden am Vormittag im nördlichen Alpenraum bodennahe (150÷300 m u.G.) **NO_x** - und **VOC**-Konzentrationen von **5 ÷ 10 ppb** bzw. **15 ÷ 20 ppbC** registriert mit Ausnahme des Inntals, in dem NO_x- und VOC-Werte von **10 ÷ 30 ppb** bzw. **20 ÷ 35 ppbC** gemessen wurden.

Südlich des Brenners liegen die **NO_x**- und **VOC**-Konzentrationen im Eisack-, Garda- und Iseosee bei **8 ÷ 10 ppb** bzw. **10 ÷ 40 ppbC** sowie im Etschtal und Südalpenvorland bei **10 ÷ 50 ppb** bzw. **25 ÷ 60 ppbC**.

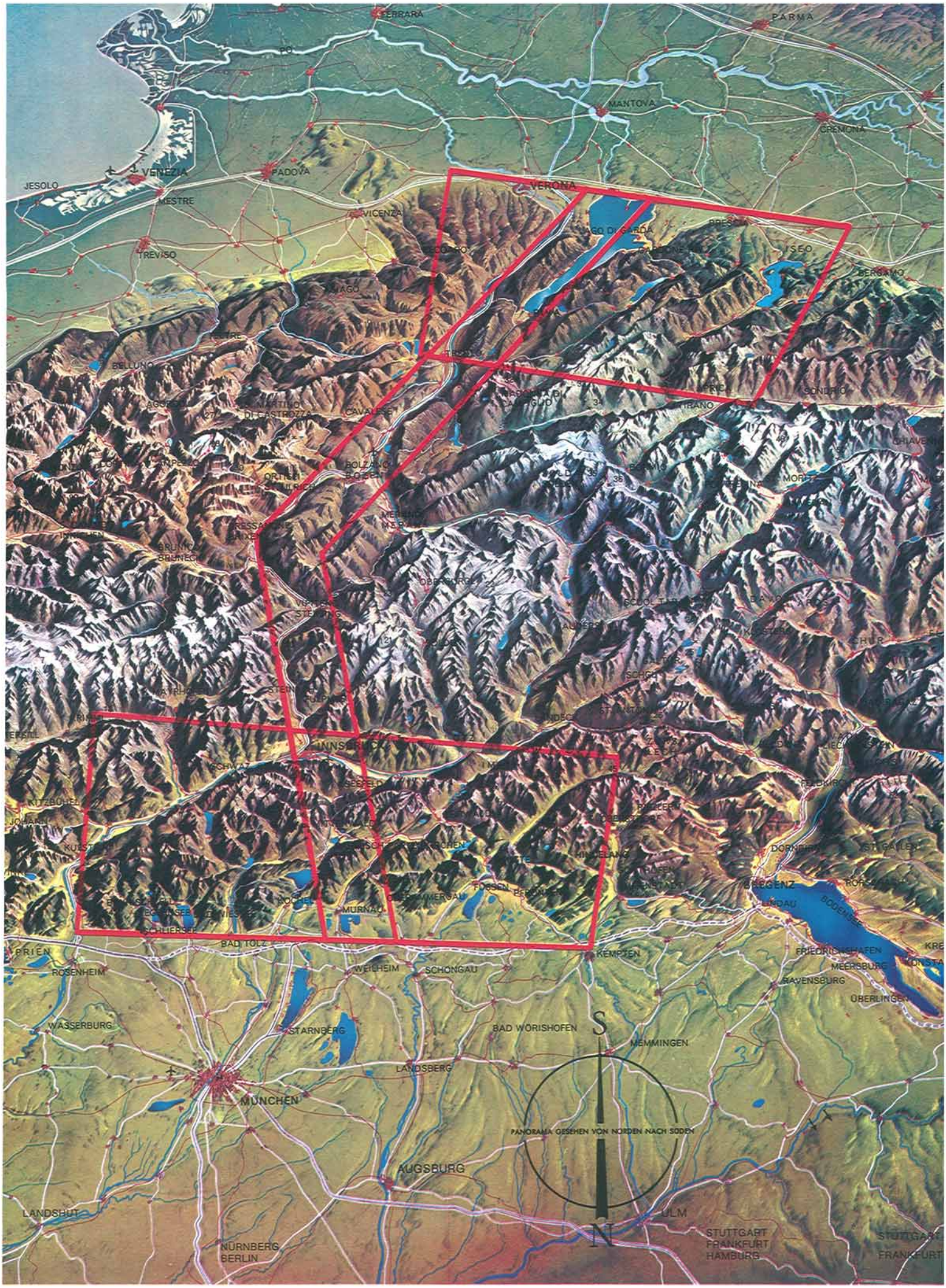


Fig. 57 - Verlauf des MEMOSA-Fluges (Copyright TGA Zürich, painting by H.C. Berann, Innsbruck)

Nachmittags nimmt die bodennahe Konzentration der primären Schadgase aufgrund der guten Durchmischung der Grenzschicht ab.
Auch zu dieser Zeit werden regionale Unterschiede festgestellt.

Im Norden finden wir im bayerischen Alpenvorland sowie im Loisach- und Isartal **NO_2**-Konrentrationen von **5 ÷ 6 ppb**, im Inntal von **7 ppb**. Die VOC-Konzentrationen liegen im nördlichen Alpenraum zwischen **15** und **20 ppbC**.
Südlich des Brenners wurden **NO_2**-Werte von **8 ÷ 10 ppb** und **VOC**-Konzentrationen von **18 ÷ 25 ppbC** gemessen, mit Ausnahme des Iseosee. Hier wurden **VOC**-Werte von etwa **45 ppbC** beobachtet.

Für das **Ozon** wurden während der Meßtage im Sommer im Bereich der Nordalpen Konzentrationen von **80 ÷ 90 ppb** gemessen, gegenüber **100 ÷- 120 ppb** im südlichen Alpenraum.

Spitzenwerte von **160 ppb** und **200 ppb** wurden am 11.07.1991 beim Iseosee bzw. östlich von Bergamo registriert. Hier wurden am selben Tag auch die höchsten **VOC**-Konzentrationen von bis **60 ppbC** gemessen.

Südlich des Brenners wurde in belasteten Gebieten eine positive Korrelation zwischen Ozon und VOG-Konzentrationen beobachtet während nördlich davon praktisch keine besteht.

(°) N.B. 1 ppb O_3 = 2 µg O_3/m^3

7.2. - Herkunft der Schadstoffe -

Die vorliegenden Messungen und Modellstudien zeigen, daß die regionale Verteilung der alpinen Schadstoffe während Hochdruckwetterlagen überwiegend durch lokale Quellen, insbesondere den Kfz-Verkehr, sowie durch den Transport aufgrund thermisch induzierter Gebirgs-Vorland- und Berg-Tal-Zirkulationen bedingt ist.

Der Ferntransport von Schadstoffen in den Alpenraum ist über das ganze Jahr gesehen als eher unbedeutend einzustufen, wie folgende Untersuchungsergebnisse nachweisen.
Bei den Flugzeugmessungen wurden große Unterschiede in der Schadstoffbelastung zwischen verkehrsarmen und verkehrsreichen Tälern beobachtet.

Die mehrfachen direkten Vergleiche zwischen dem Eisacktal und dem Sarntal bei den Nord-Süd-Traversierungen ergaben eine etwa **3 - fach höhere NO_x-Belastung** für das Eisacktal, durch das die Brennerautobahn führt. Auch ein Vergleich der NO_x-Messungen im Inntal zwischen Innsbruck und Jenbach vor und nach der Verkehrsbehinderung auf der Inntalautobahn aufgrund des abgesackten Mittelpfeilers der Autobahnbrücke bei Kufstein ergab eine **4-fach geringere NOx-Belastung** im verkehrsarmen Zeitraum.

Die Zusammensetzung der nachgewiesenen Kohlenwasserstoffe deutet auf den Kfz-Verkehr als Hauptquelle für diese Vorläufersubstanz hin.

Im südlichen Alpenraum konnte an mehreren Meßtagen eine sehr ausgeprägte Berg-Tal-Zirkulation beobachtet werden mit folgenden Auswirkungen auf die Schadstoffverteilung:

- Der Abfluß von Kaltluft in der Nacht von den Berghängen ins Etschtal führt dort zu einer sehr stabilen Inversionsschicht. Dadurch wird die im Tal über der Sperrschicht liegende Luftmasse von Ozonabbauprozessen, wie trockene Deposition oder chemischer Abbau durch Reaktion mit **NO** aus Quellen am Talboden, isoliert.

  Mehrfach wurde an Meßtagen eine ausgeprägte Ozonreservoirschicht im Etschtal beobachtet (Fig. 58). Tagsüber werden die ozonreichen Luftmassen in tiefere Tallagen eingemischt und erhöhen insgesamt das Ozonkonzentrationsniveau.

- In der Sperrschicht reichern sich die am Talboden emittierten Luftverunreinigungen in der Nacht und am Vormittag stark an und werden während des Tages durch den starken Talwind (es wurden Windgeschwindigkeiten bis 8 m/s im Etschtal gemessen) in Richtung Brenner in wenigen Stunden transportiert.

Die Modellsimulation zur Gebirge-Vorland-Zirkulation in den Alpen zeigen, daß Schadstoffe entlang des Etsch- und Eisacktals bis zum Spätnachmittag zum Brenner verfrachtet werden können.

Ist dem thermischen Windsystem noch eine großräumige südliche Strömung überlagert, können die Schadstoffe vom Südalpenvorland bis ins Inntal gelangen.

Die Simulationen zeigen auch, daß die thermischen Windsysteme am Südrand der Alpen stärker ausgeprägt sind als am Nordrand.

Die Modellrechnungen zum großräumigen Transport im Alpenbereich für verschiedene Anströmungsrichtungen lassen erkennen, daß ein Schadstofftransport über die Alpen nur für bestimmte Windrichtungen und dann über spezielle Pfade stattfindet (die Alpen wirken in der Tat wie eine Barriere, mit Ausnahme zweier Transportwege: der Brennerpass und ein Durchlaß bei Triest).

Für einen großräumigen Transport aus Industriegebieten nördlich und südlich der Alpen treten geeignete Windrichtungen im Mittel nur an 5 % bzw. 13 % der Tage im Jahr auf.

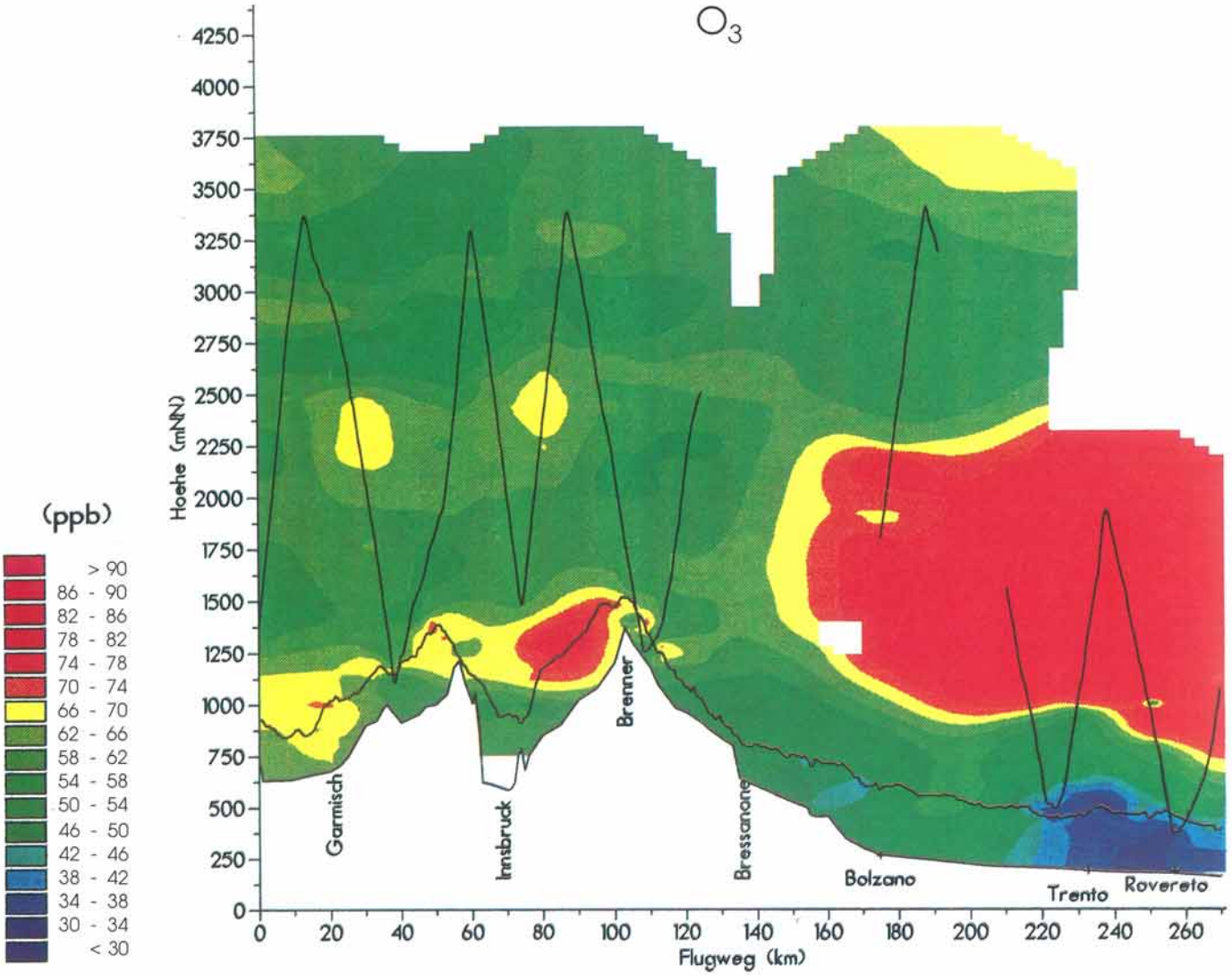


Fig. 58 - Vertikalprofil des MEMOSA-Fluges am Vormittag des 06.08.1991
Man beachte das Ozonreservoire in 500÷2.500 m Höhe auf der Alpensüdseite

Die Schadstoffbelastung in den Alpen kann somit durch lokale Maßnahmen wirklich reduziert werden. Für den sekundären Schadstoff Ozon müssen dabei luftchemische Aspekte, d.h. die Abhängigkeit der Ozonbildung vom **NO_x-/VOC**-Verhältnis und **NO_x**-Konzentrationsniveau, berücksichtigt werden.

Ist NO_X im Überschuß vorhanden, dann bestimmt die VOC-Konzentration entscheidend den Ozonaufbau: die Ozonbildung ist VOC-limitiert.

In Gebieten mit geringen NO_X-Belastungen hängt die Ozonbildung hauptsächlich von der NO_X-Konzentration ab und praktisch nicht von der VOC-Konzentration. Der Übergang zwischen den beiden Regimen liegt im Alpenraum bei einem NO_X/VOC-Verhältnis von etwa **1:5**.

Wie die Flugzeugmessungen und Chemie-Modellrechnungen zeigen, ist im Nordalpenbereich eine Verminderung der Ozonspitzenbelastung eher durch eine Reduktion der Stickstoffoxid-Emissionen zu erreichen; im südlichen Alpenraum durch eine Verminderung der VOC-Emissionen. Da jedoch in beiden Alpenbereichen das Niveau der Stickoxidkonzentration zum Teil nahe an dem Umschlagpunkt von einem in das andere Ozon-Reduktionsregime liegt, ist eine Verminderung der Emissionen beider Primärschadstoffe anzustreben.

(1) - SCHLAGER H., GRAF J., KRAUTSTRUNK M., BRÜNNER M. (1992): Messung und Modellierung des Schadstoffverhaltens im Alpenbereich - D.L.R., Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen (D) im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen in München, der Tiroler Landesregierung Innsbruck, der Autonomen Provinz Bozen, der Autonomen Provinz Trient.

8. - Untersuchung der Niederschläge und Kontrolle der Versauerungsprozesse in Hochgebirgsseen Südtirols -

8.1. - Niederschläge -

Im Rahmen des Untersuchungsprogrammes "Waldzustandserfassung" begann das Biologische Landeslabor im Jahre 1983 mit der Erfassung des Schadstoffeintrages durch Niederschläge. Es wurden 7 Meßstellen in verschiedenen Landesteilen eingerichtet, um die geographisch und jahreszeitlich unterschiedlichen Belastungen zu ermitteln. Ab dem Jahre 1990 wurden die Untersuchungen an zwei Meßstellen, sog. Dauermeßstellen (Montiggl, Ritten), fortgeführt. Anhand des vorhandenen Datenmaterials können die Beobachtungsstellen hinsichtlich ihrer Schadstoffbelastung charakterisiert werden.

In Fig. 59 sind die Konzentration der Anionen im Niederschlag für die Stationen Leifers, Montiggl, Ritten, Eyrs und Terenten dargestellt. Wie aus der Abbildung hervorgeht, zeigt die SO_4-S Konzentration deutlich regionale Unterschiede: höhere Konzentrationen werden an den Stationen im Raum von Bozen (Leifers, Montiggl) ermittelt, die niedrigsten SO_4-S-Werte an den abseits größerer Siedlungsgebiete gelegenen Meßstellen wie Eyrs und Terenten.
Die geographische Verteilung der NO_3-N Konzentrationen weist eine homogenere Struktur auf, ebenso zeigen die Chloridkonzentrationen geringe regionale Unterschiede.

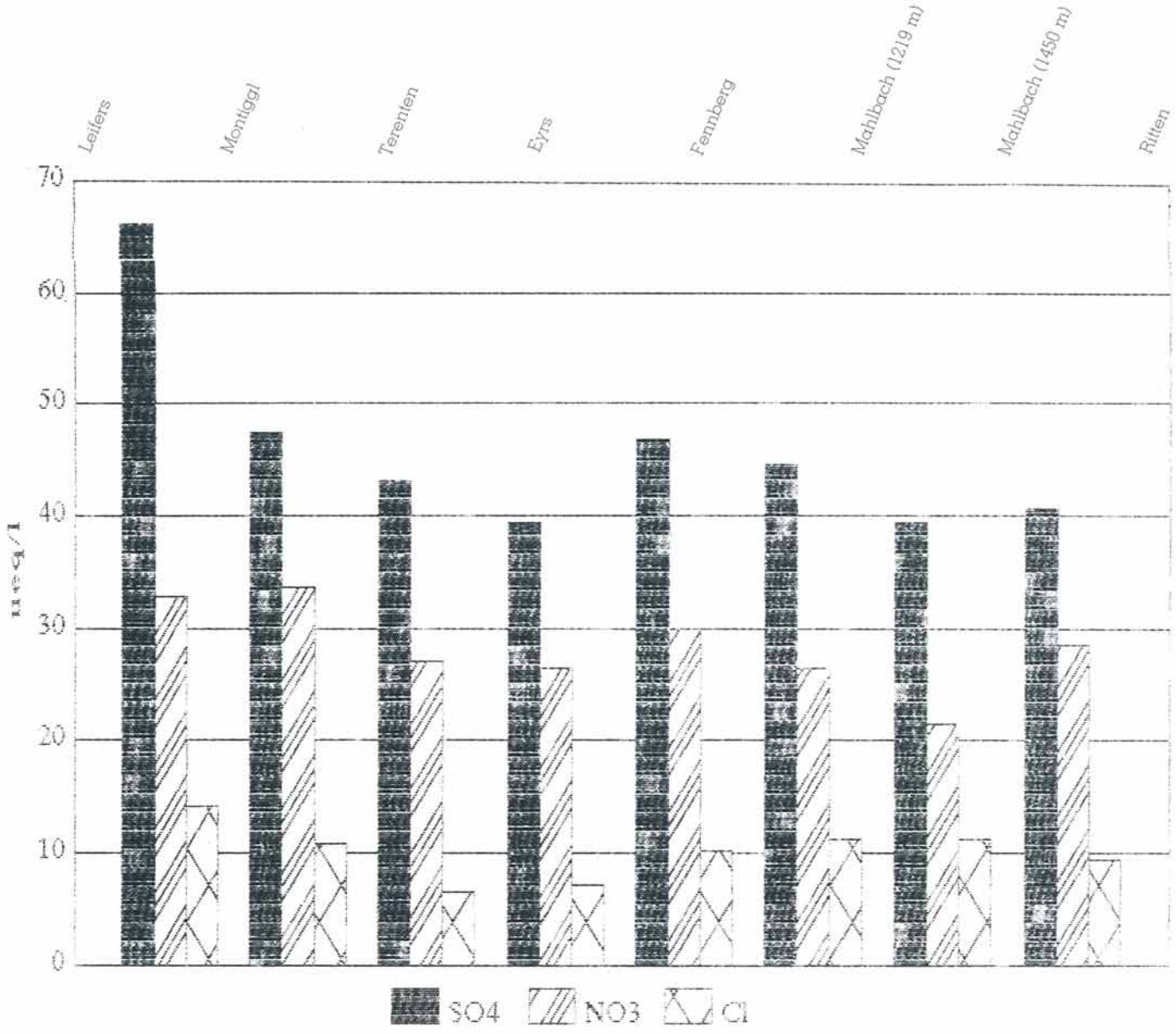


Fig. 59 - Konzentrationen der Anionen im Niederschlag (Bulk)

Bulk

		H mg/l	pH	Cond. µS/cm	S-SO4 mg/l	N-NO3 mg/l	N-NH4 mg/l	Cl mg/l	precip. (mm)	H+ g/m²y	S-SO4 g/m²y	N-NO3 g/m²y	N-NH4 g/m²y	Cl g/m²y
Malbach	1983	0.011	4.97	19.6	0.69	0.35	0.41	0.5	871.9	0.010	0.61	0.31	0.35	0.39
1450 m	1984	0.014	4.84	14.4	0.58	0.25	0.29	0.3	1001.4	0.014	0.58	0.25	0.29	0.27
Bulk														
Malbach	1983	0.010	5.02	20.1	0.72	0.42	0.50	0.5	777.5	0.008	0.56	0.33	0.39	0.36
1219 m	1984	0.016	4.79	16.9	0.71	0.32	0.40	0.3	906.2	0.015	0.64	0.29	0.36	0.27
Bulk														
Montiggl	1983	0.014	4.85	21.0	0.89	0.44	0.43	0.5	707.2	0.010	0.63	0.31	0.30	0.38
Monticolo	1984	0.019	4.72	19.6	0.83	0.38	0.33	0.4	737.8	0.014	0.61	0.28	0.25	0.28
530 m	1985	0.012	4.92	18.5	0.85	0.46	0.58	0.3	680.2	0.008	0.58	0.31	0.39	0.22
Bulk	1986	0.014	4.84	18.6	0.75	0.51	0.48	0.3	732.4	0.010	0.55	0.37	0.35	0.19
	1987	0.014	4.85	17.2	0.73	0.42	0.45	0.4	889.5	0.013	0.65	0.37	0.40	0.32
	1988	0.015	4.83	19.5	0.93	0.47	0.52	0.4	672.6	0.010	0.63	0.32	0.35	0.25
	1989	0.013	4.89	17.8					718.4	0.009				
	1990	0.013	4.88	16.0	0.73	0.47	0.53	0.36	696.0	0.009	0.51	0.33	0.37	0.25
	1991	0.016	4.81	18.4	0.56	0.54	0.49	0.50	539.4	0.008	0.30	0.29	0.27	0.27
	1992	0.014	4.87	13.9	0.55	0.50	0.44	0.29	910.2	0.012	0.50	0.46	0.40	0.26
Fennberg	1983	0.011	4.95	21.3	0.83	0.46	0.53	0.6	926.3	0.010	0.77	0.42	0.50	0.55
Favogna	1984	0.015	4.84	16.9	0.72	0.32	0.37	0.3	1083.0	0.016	0.78	0.35	0.40	0.35
1160 m	1985	0.012	4.92	16.2	0.77	0.39	0.53	0.3	1107.6	0.013	0.85	0.43	0.59	0.33
Bulk	1986	0.018	4.75	21.1	0.83	0.55	0.54	0.3	980.1	0.018	0.81	0.54	0.53	0.33
	1987	0.016	4.80	18.1	0.80	0.39	0.46	0.4	1262.4	0.020	1.02	0.49	0.57	0.52
	1988	0.017	4.78	18.6	0.86	0.42	0.48	0.4	855.9	0.014	0.74	0.36	0.41	0.34
	1992	0.012	4.91	13.0	0.47	0.41	0.38	0.24	1267.3	0.016	0.59	0.52	0.49	0.30
Leifers	1983	0.010	5.05	29.2	1.19	0.48	0.49	0.6	769.4	0.008	0.92	0.37	0.38	0.45
Laives	1984	0.008	5.10	22.3	1.16	0.41	0.39	0.6	754.2	0.006	0.88	0.31	0.29	0.48
260 m	1985	0.006	5.19	22.7	1.14	0.49	0.68	0.4	762.2	0.005	0.87	0.38	0.52	0.34
Bulk	1986	0.009	5.07	20.4	0.90	0.50	0.51	0.4	862.7	0.008	0.78	0.43	0.44	0.33
	1987	0.007	5.13	18.1	0.95	0.42	0.48	0.5	896.6	0.007	0.86	0.38	0.43	0.48
	1988	0.012	4.90	20.3	0.99	0.43	0.50	0.5	673.6	0.008	0.67	0.29	0.33	0.30
Eyrs	1985		5.55	12.6	0.66	0.34	0.67	0.2						
Oris	1986	0.007	5.15	15.0	0.60	0.33	0.39	0.2	633.8	0.004	0.38	0.21	0.25	0.13
1153 m	1987	0.008	5.11	16.5	0.57	0.40	0.64	0.3	562.9	0.004	0.32	0.22	0.36	0.17
Bulk	1988	0.008	5.11	15.1	0.70	0.39	0.50	0.3	533.3	0.004	0.37	0.21	0.27	0.15
Terenten	1985		4.99	15.5	0.78	0.38	0.58	0.2						
Terento	1986	0.012	4.89	17.8	0.66	0.42	0.52	0.2	753.4	0.009	0.50	0.31	0.39	0.17
1140 m	1987	0.012	4.93	13.1	0.51	0.33	0.47	0.2	930.9	0.011	0.48	0.31	0.44	0.22
Bulk	1988	0.014	4.86	20.2	0.79	0.38	0.65	0.3	736.2	0.010	0.58	0.28	0.48	0.19
Ritten	1985	0.011	4.97	16.3	0.76	0.38	0.58	0.3	968.5	0.011	0.75	0.37	0.56	0.28
Renon	1986	0.016	4.80	15.9	0.60	0.40	0.44	0.2	978.4	0.016	0.59	0.39	0.43	0.23
1780 m	1987	0.014	4.85	14.4	0.60	0.32	0.41	0.3	1172.6	0.017	0.70	0.38	0.49	0.35
Bulk	1988	0.017	4.76	17.1	0.79	0.38	0.56	0.3	946.8	0.017	0.75	0.36	0.53	0.28
	1989	0.014	4.85	13.6					1014.6	0.014				
	1990	0.014	4.85	15.2	0.70	0.43	0.83	0.43	1058.0	0.015	0.74	0.45	0.88	0.46
	1991	0.016	4.79	18.4	0.58	0.49	0.52	0.56	856.5	0.014	0.50	0.42	0.44	0.48
	1992	0.012	4.92	12.9	0.49	0.42	0.39	0.25	1091.0	0.013	0.53	0.46	0.43	0.28

Wet-only

		H mg/l	pH	Cond. µS/cm	S-SO4 mg/l	N-NO3 mg/l	N-NH4 mg/l	Cl mg/l	precip. (mm)	H+ g/m²y	S-SO4 g/m²y	N-NO3 g/m²y	N-NH4 g/m²y	Cl g/m²y
Montiggl	1985	0.015	4.85	16.8	0.74	0.39	0.56	0.2	680.2	0.010	0.38	0.27	0.50	0.16
Monticolo	1986	0.016	4.80	15.0	0.49	0.39	0.39	0.2	732.4	0.012	0.29	0.28	0.36	0.14
530 m	1990	0.019	4.71	15.6	0.64	0.42	0.43	0.23	691.0	0.013	0.44	0.29	0.30	0.16
Wet	1991	0.018	4.74	17.4	0.45	0.40	0.39	0.43	539.4	0.010	0.24	0.22	0.21	0.23
	1992	0.017	4.76	15.1	0.49	0.48	0.43	0.25	910.2	0.016	0.45	0.44	0.39	0.23
Ritten														
Renon	1990	0.016	4.80	14.7	0.67	0.38	0.80	0.23	984.0	0.015	0.66	0.37	0.79	0.23
1780 m	1991	0.017	4.77	15.8	0.40	0.46	0.54	0.48	856.5	0.015	0.34	0.39	0.46	0.41
Wet	1992	0.013	4.90	15.3	0.44	0.35	0.37	0.26	1091.0	0.014	0.49	0.38	0.41	0.29

Tab. 8 - Mengengewichtete Mittelwerte der Ionenkonzentrationen in den Niederschlägen und entsprechende Depositionen der Untersuchungsjahre 1983 bis 1992

Tab. 7

pH-Werte - Bewertung nach SMIDT (1984)	
> 7,11	stark basisch
6,51 - 7,11	deutlich basisch
6,11 - 6,50	schwachbasisch
5,11 - 6,10	**normal basisch**
4,61 - 5,10	leicht sauer
4,11 - 4,60	ziemlich sauer
< 4,11	stark sauer
Gehalt an Jonen: (SO_4^{--}, NO_3^-, HCl^-, NH_4^+, Ca^{++}, Mg^{++}) in mg/l	
< 2,5	**niedrig**
2,6 - 5,0	erhöht
5,1 - 10,0	stark erhöht
> 10,0	sehr stark erhöht
Elektrolytische Leitfähigkeit (µS/cm)	
< 15,0	**unbedeutend**
15,1 - 30,0	schwach erhöht
30,1 - 45,0	deutlich erhöht
45,1 - 60,0	stark erhöht
> 60,1	sehr stark erhöht

Die leicht erhöhten Chloridwerte in der Umgebung von Bozen dürften auf die anthropogenen Emissionen in diesem Gebiet zurückzuführen sein.
Ebenso lassen sich durch langjährige Meßreihen (Tab. 8, Fig. 60) Trends in der Schadstoffbelastung ableiten. Für Sulfat-Schwefel kann an der Meßstelle in Montiggl und etwas schwächer auch am Ritten ein über die Jahre leicht fallender Konzentrationsverlauf festgestellt werden (Fig. 61). Diese Abnahme ist auf den Rückgang der SO_2-Emissionen (Substitution des Erdöls durch Methan bzw. schwefelärmere Produkte) zurückzuführen. Für die Nitrat-Stickstoffkonzentration (Fig. 62) hingegen zeigt sich im Niederschlag ein leicht zunehmender Trend (Emissionsquellen: Verkehr und Hausbrand). Auch NH_4-N weist eine leichte Zunahme auf (Fig. 63). Bei den pH-Werten kann kein Trend ermittelt werden (Fig. 64). Ein ähnlicher Verlauf konnte für SO_4-S und NO_4-N auch an den Stationen in Reutte und Kufstein, in Pallanza am Lago Maggiore und in den USA beobachtet werden.
Im Jahre 1992 wurde am Standort Ritten auch mit der Erfassung des Bestandsniederschlags begonnen. Zu diesem Zweck wurden unter dem Kronendach von Fichten Auffanggefäße aufgestellt. Im Kronenbereich der Bäume können Gase, Aerosole und Stäube ab- und adsorbiert werden und zusammen mit den durch Niederschläge eingetragenen Säuren ausgewaschen werden. Die Niederschläge unter den Bäumen weisen meist höhere Ionenkonzentrationen auf als jene im Freiland. Bei diesen Untersuchungen konnten für SO_4-S, NH_4-N und Cl unter dem Kronendach wesentlich höhere Konzentrationen ermittelt werden als im Freiland.
Der **pH-Wert** des Bestandsniederschlags lag bei **4,64** und war wesentlich tiefer als der des Freilandes mit **pH-Wert 4,92**.

	pH	µS(20°C)	SO_4-S	NH_4-N	NO_3-N	Cl
			mg/l			
Freiland	4,92	12,9	0,49	0,47	0,39	0,25
Bestand	4,64	50,2	0,76	1,07	0,46	1,17

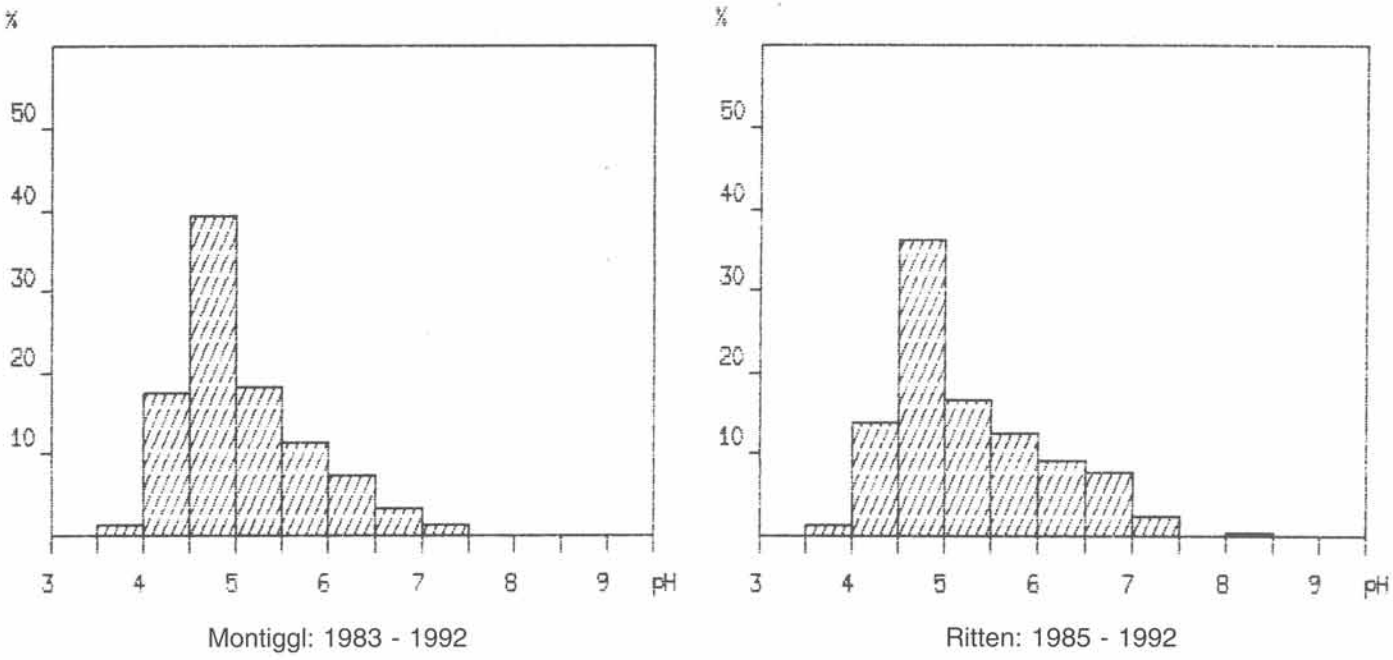


Fig. 60 - Häufigkeitsverteilung der pH - Werte im Regen

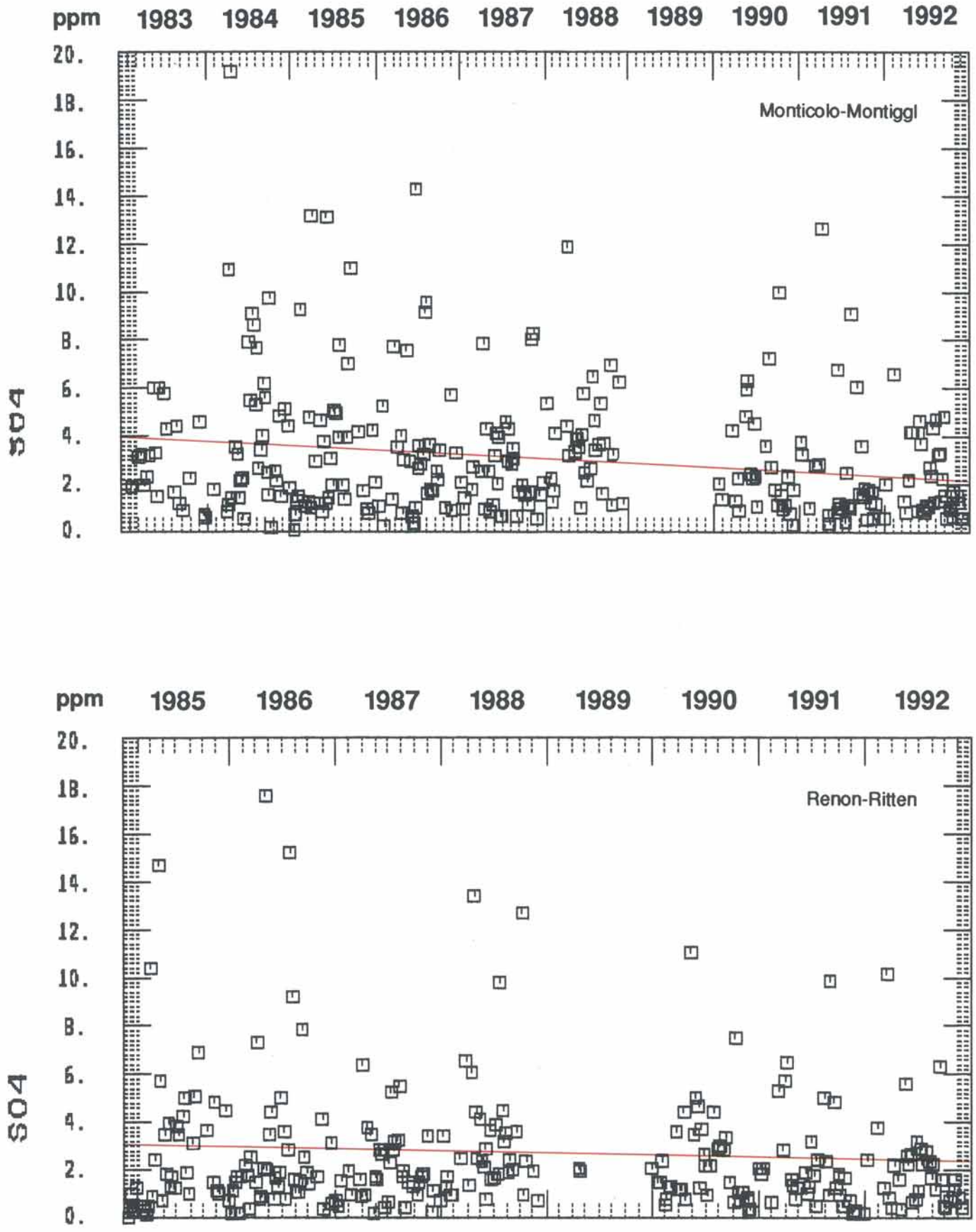


Fig. 61 - Trendanalyse, Sulfatschwefelkonzentrationen im Niederschlag der Jahre 1983 bis 1992
Stationen: Montiggl und Ritten

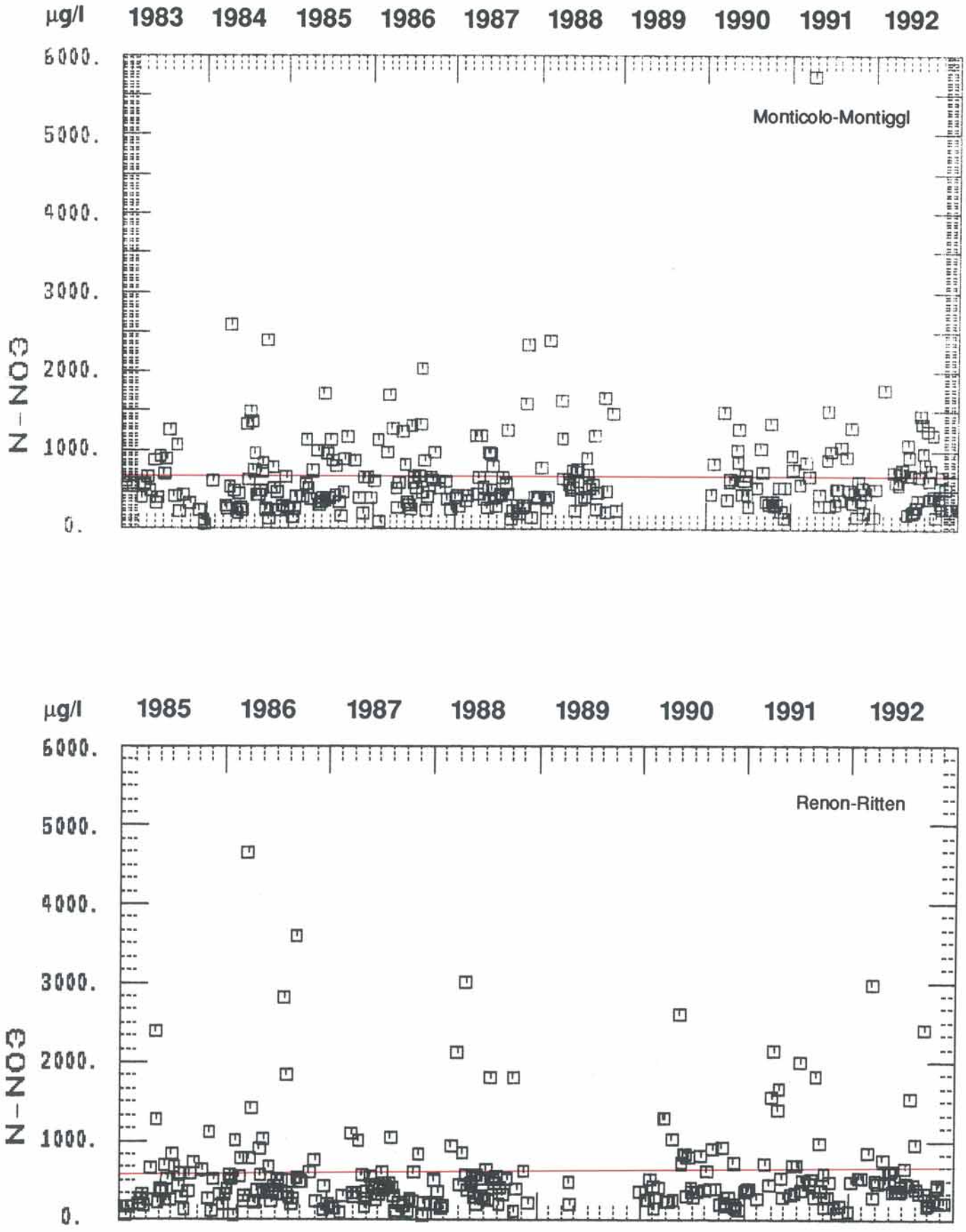


Fig. 62 - Trendanalyse, Nitratkonzentrationen im Niederschlag der Jahre 1983 bis 1992
Stationen: Montiggl und Ritten

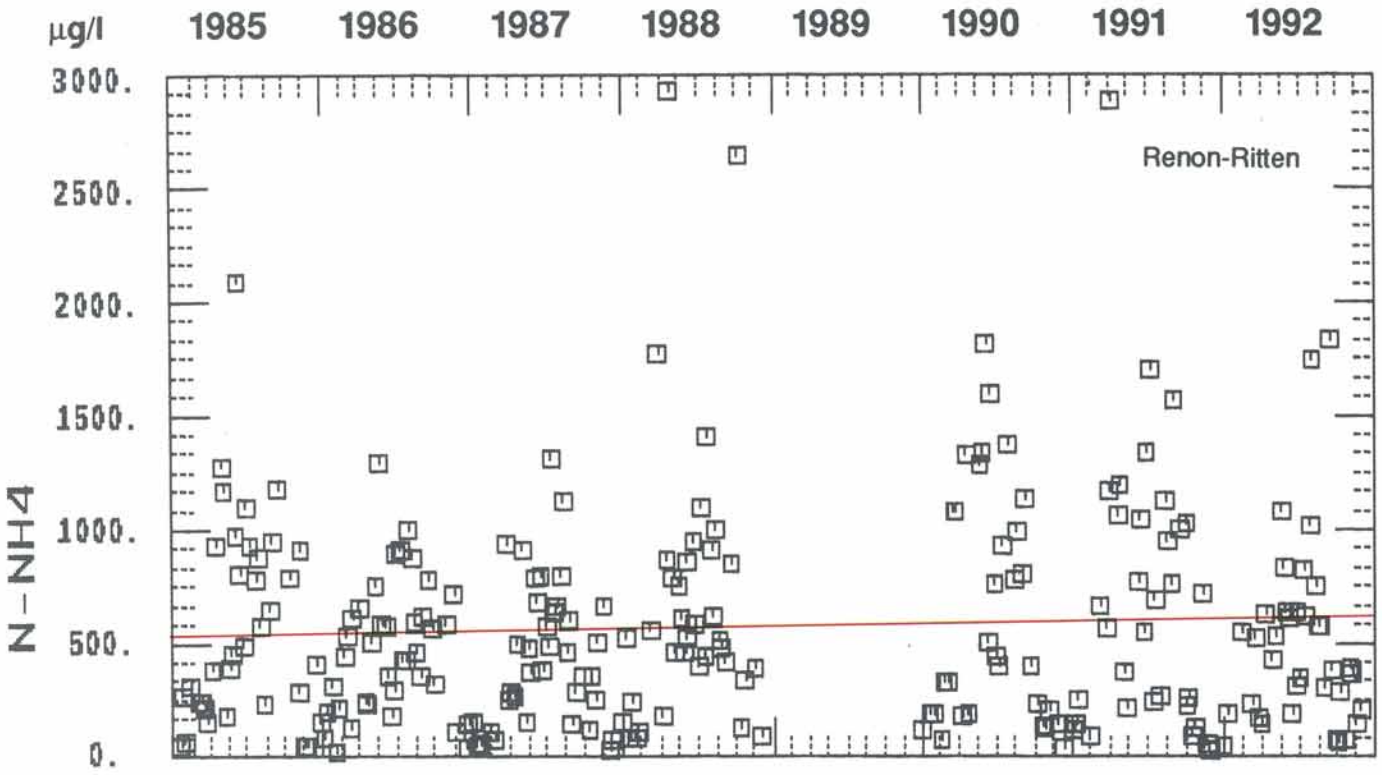


Fig. 63 - Trendanalyse, Ammoniumkonzentrationen im Niederschlag der Jahre 1985 bis 1992 Station: Ritten

Seit dem vergangenen Jahr werden an den Stationen Montiggl, Ritten und Fennberg zusätzlich auch Gesamtstaub- und Schwermetalldepositionen erhoben. Mit Hilfe von Bergerhoff-Geräten wird in monatlichen Abständen der Niederschlag und die trockene Deposition erfaßt. Tab. 9 zeigt die Depositionen von Gesamtstaub, Blei, Kupfer, Chrom, Mangan, Cadium und Nickel sowie die entsprechenden Niederschlagsmengen für den Zeitraum Juni bis Dezember 1992. Die Nickeleinträge sind aufgrund der sehr geringen Konzentrationen in den Einzelproben (häufig < 1 ppb) als Näherungswerte aufzufassen.

Tab. 9: Gesamtstaub- und Schwermetalleinträge für den Zeitraum Juni - Dezember 1992 an den Stationen:

	RITTEN	MONTIGGL	FENNBERG
REGEN (mm)	735,9	676,2	943,3
G.staub (µg/m²)	19,5	19,4	26,2
Blei (µg/m²)	2771	3770	2243
Kupfer (µg/m²)	3008	4903	4950
Chrom (µg/m²)	1054	2122	1235
Mangan (µg/mg²)	5476	13397	8248
Cadium (µg/m²)	178	213	209
Nickel (µg/m²)	430	791	658

Die Schwermetalleinträge sind in Montiggl für alle gemessenen Elemente am höchsten, es folgt die regenreiche Station Fennberg; die Station Ritten weist die geringsten Werte auf. Diese Reihung deckt sich mit der jeweiligen Entfernung der Stationen zu dichter besiedelten und verkehrsreicheren Gebieten.
Hauptquellen der Schwermetallfracht sind natürliche Staubverwehungen, sowie Emissionen bei Verbrennungsprozessen (Öl, Benzin, Müllverbrennung). Aufgrund der kurzen Meßperioden sind detaillierte Aussagen noch verfrüht; in einem größenordnungsmäßigen Vergleich mit Daten aus Deutschland, wo diese Messungen bereits zum Standardmeßprogramm gehören, liegen die hier gemessenen Konzentrationen für alle Elemente im unteren Konzentrationsbereich.

8.2. - H o c h g e b i r g s s e e n -

Das Biologische Landeslabor führt seit 1983 Untersuchungen über die Versauerung der Südtiroler Hochgebirgsseen durch.
Seit 1988 erfolgen diese Studien im Rahmen von internationalen Forschungsprojekten, die zum Teil von der EG finanziert werden.
Die Ausarbeitung aller in den Alpen erhobenen Daten (Piemont-Lombardei, Südtirol, Nordtirol, Kanton Tessin) hat gezeigt, daß sich die in den Hochgebirgsseen der Alpenregion ablaufenden Versauerungs-

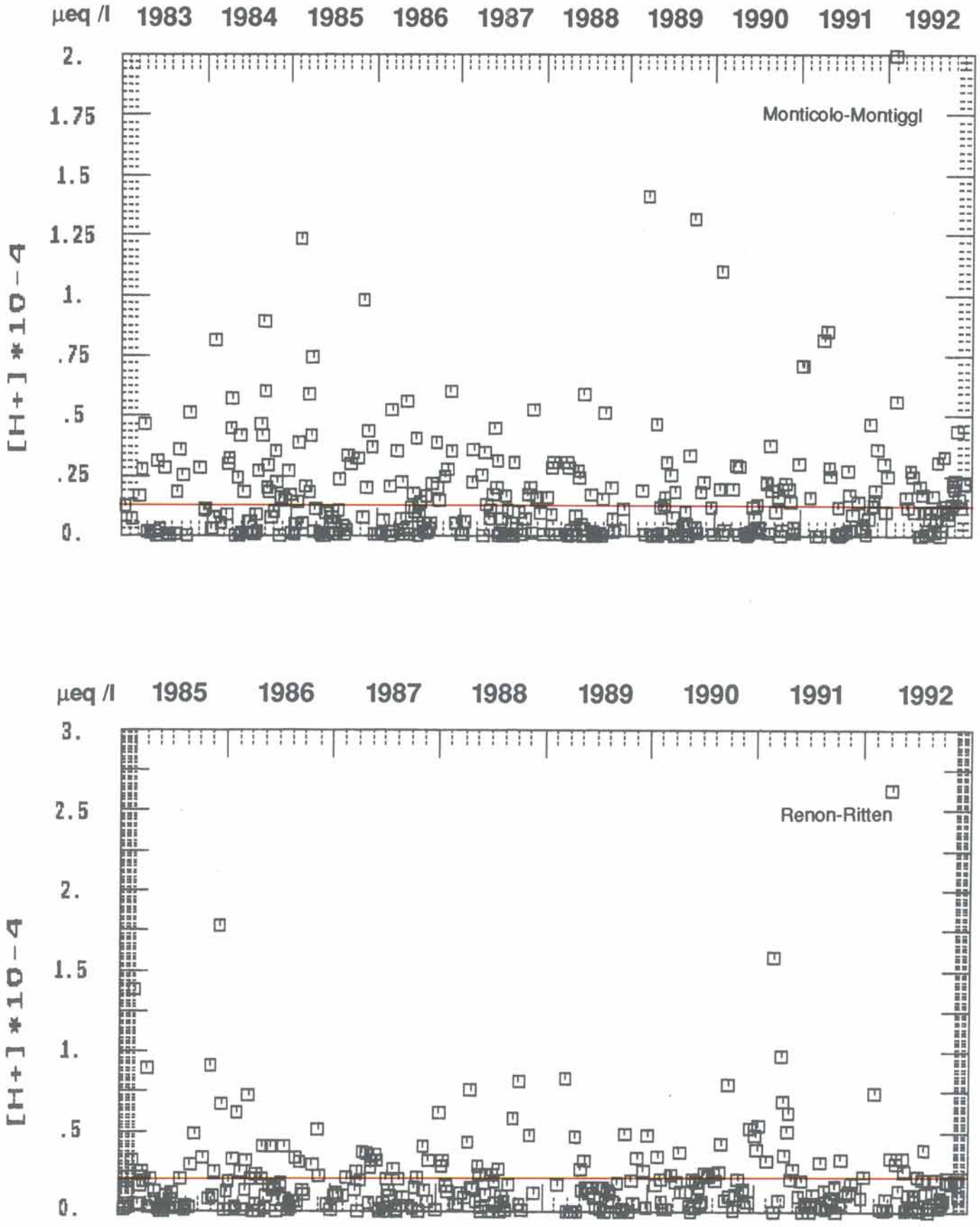


Fig. 64 - Trendanalyse, H^+-Konzentrationen im Niederschlag der Jahre 1983 bis 1992
Stationen: Ritten und Montiggl

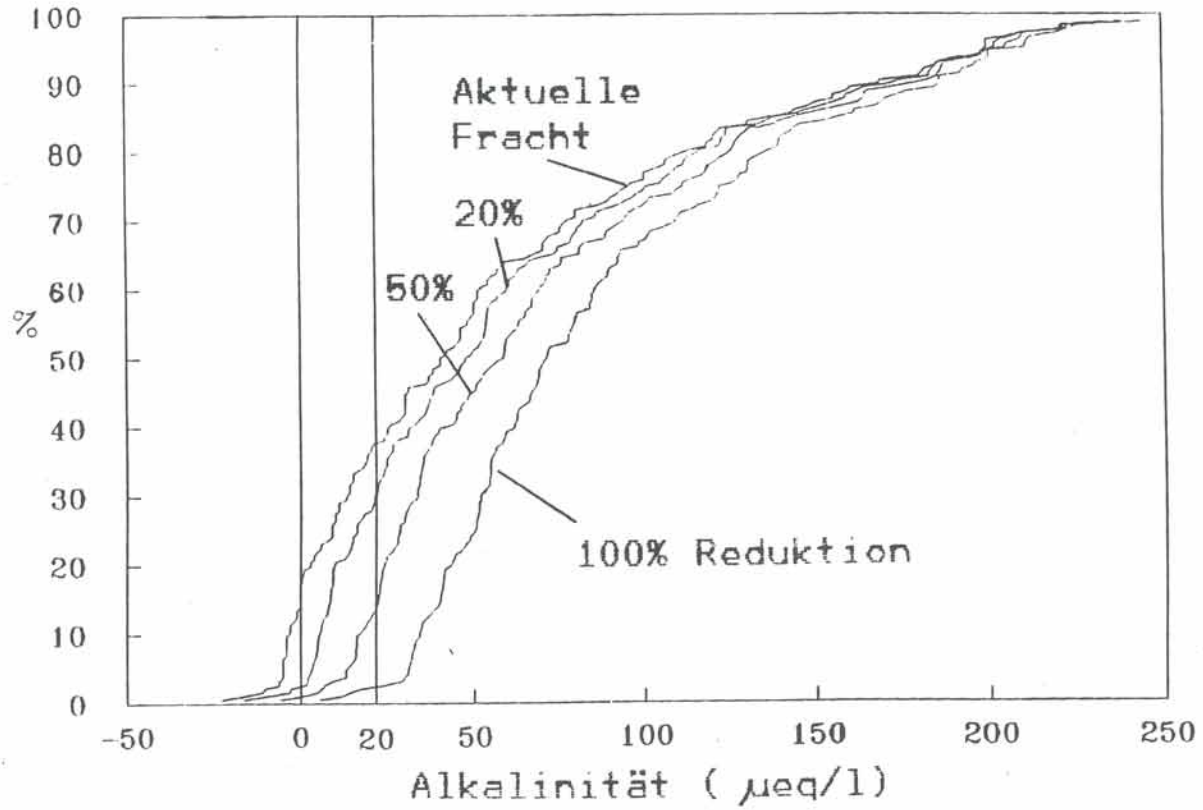


Fig. 65 - Summenhäufigkeiten der Alkalinität der empfindlichen Hochgebirgssee: Aktuelle Verteilung und Verteilung nach hypothetischer Verringerung der Säurebelastung.

prozesse deutlich von denen der skandinavischen und kanadischen Seen unterscheiden. Dieser Unterschied ergibt sich vor allem durch die starke Heterogenität in der Gesteinszusammensetzung, die eine große Vielfalt in der chemischen Zusammensetzung des Seewassers mit sich bringt, und durch das stärkere Hervortreten von Stickstoffverbindungen.

Die Fähigkeit eines Gewässers, eingetragene Säuren zu neutralisieren, wird durch die Alkalinität ausgedrückt. Der gegenwärtige Alkalinitätsverlust, der dem mittleren Versauerungswert entspricht, beträgt für die Alpenseen mit geringer Pufferkapazität, je nach verwendetem Modell, **30÷50 µeq/l**.

Akute Versauerungsbedingungen und schwere Schädigungen der Fischpopulationen treten meist bei Alkalinitätswerten unter Null auf, viele Fischarten werden aber bereits bei Werten unter **20 µeq/l** geschädigt. Dieser Wert wird zur Zeit von **32%** der empfindlichen Alpenseen unterschritten. Das unter Zugrundelegung aller aus dem Alpenraum verfügbaren Daten erstellte Modell gibt an, daß jeder auch noch so geringe Säureeintrag ausreicht, um die Alkalinitätswerte einiger besonders empfindlicher Seen unter diesen Wert zu senken. Anhand dieses Modells erfolgten folgende Berechnungen: Um zu erreichen, daß nur 10% der empfindlichen Seen beeinträchtigt werden, müßten die Depositionswerte um 50% gesenkt werden; bei einer Verminderung der Deposition um 20% würden 25% der empfindlichen Seen eine Alkalinität aufweisen, die unter dem Schwellenwert von 20 µeq/l liegt (Fig. 65).

Aus paläologischen Untersuchungen, die in zwei Seen des oberen Vinschgau (Rasaßsee und Portlessee) durchgeführt wurden und bei welchen die Verteilung der Diatomeen (Algen) und der Pollen in den obersten Sedimentschichten analysiert wurde, **geht eine leichte jedoch eindeutige Tendenz zur Versauerung in den letzten 50 - 60 Jahren hervor. Es wurde außerdem festgestellt, daß der Säuregrad während des gesamten 19. Jahrhunderts mit den Temperaturen korreliert war: in kalten Jahren sind stets niedrigere pH-Werte zu beobachten. Seit dem Einsetzen der sauren Niederschläge anthropogener Herkunft zu Beginn dieses Jahrhunderts wurde diese Verbindung zwischen Temperatur und pH unterbrochen, die Versauerung nahm zu und die pH-Werte sanken bis auf 5,6-5,8 ab.** Im Augenblick ist noch nicht klar, ob die in den letzten Jahren beobachtete Nivellierung der pH-Werte auf einen Temperaturanstieg oder auf eine Verringerung des sauren Niederschlags zurückzuführen ist.

(1) PSENNER, R.; SCHMIDT, R. (1992): Climate-driven pH control of remote alpine lakes and effects of acid deposition. Nature Vol. 356.

(2) MOSELLO, R. et al (1992): Evaluation of the level of acidification and the critical loads for alpine lakes (in stampa).

(3) THALER, B., TAIT, D., BENDETTA, G. (1991): Effect of Acidification on remote alpine lakes in the Province of Bolzano (South Tyrol, Italy). Final Report.

9. - Über die CO_2 - Senkekapazität der Südtiroler Waldökosysteme -

Die Waldgesellschaften sind ein hochentwickeltes und komplexes Ökosystem und entscheidend an den biochemischen Kreisläufen der wesentlichen biogenen Elemente (C, O, H, N, P, S, H_2O, usw.) beteiligt. Deshalb stellen sie einen empfindlichen Parameter für Störungen im trophisch-energetischen Bereich der Ökosphäre als Folge natürlicher bzw. anthropogener Faktoren dar.
Die Fähigkeit der Waldökosysteme den schädlichen Auswirkungen der im System überschüssigen (Schad)Stoffe durch deren Umsatz in den biochemischen Kreisläufen entgegenzuwirken, hängt entscheidend von der (photosynthetischen) Effizienz ab, die Standortsfaktoren für die eigene Erhaltung und für das Wachstum optimal auszunutzen, was durch die Nettoproduktion des Ökosystems (NPÖ) ausgedrückt werden kann.
Unsere bewirtschafteten Wälder der gemäßigten Breiten werden künstlich in einer Zuwachsphase (Produktion > Atmung) erhalten und befinden sich deshalb fern von einem konstanten Zustand (steady state). Die Nettoproduktion stellt hier einen synthetischen Ausdruck jener Effizienz dar, welche ihrerseits von deren Unversehrtheit, sprich Gesundheitszustand, abhängt.
Die Nettoproduktion der Waldökosysteme wird durch die Differenz zwischen **Bruttoproduktion der Autotrophen** (Erzeuger) -**PA**- und den **Atmungsprozessen** derselben -**RA**- sowie der **Heterotrophen** (Verbraucher und Zersetzer) -**RH**- nach der Gleichung

$$NPÖ = PA-RA-RH$$

gegeben.

Aus praktischen Gründen wurde die Schätzung der **Netto Primärproduktion** (NPP = PA-RA) herangezogen, d.h. man bediente sich der vereinfachten "Erntemethodik", welche für Waldgesellschaften bekanntlich durch den laufenden Jahreszuwachs (1991) der ober- und unterirdischen Masse gegeben ist.
In Abwesenheit von allometrischen Schätzungstafeln, war man auf statistischen Daten angewiesen.
Dies ergibt also das Maß der vom "Kapital Wald" angereiften Jahreszinsen, sprich die Kohlenstoffmenge, welche nach Abzug der Atmung, jährlich der Umwelt entzogen und als Biomasse gespeichert wird.
Diese beläuft sich auf ges. 206.720 tC Äquivalent und beinhaltet die nicht genutzte stehend verbleibende Holzmasse (Vorratszuwachs), die Holzaufarbeitungsreste im Wald sowie die Wurzelmasse und schließlich die Werkholzmasse erster Verarbeitung (Balken und Holzbretter).
Dies entspricht ca. **einem Drittel** des 1991 in Südtirol aus fossilen Brennstoffen erzeugten CO_2 - Ausstoßes, welcher sich mit 636.682 t C Äquivalent folgendermassen aufteilt: **49,4%** Transporte, **43,4%** Haushalte, **5,2%** Industrie, **2,0%** Landwirtschaft.
Daraus ergibt sich ein weiterer Grund zur Aufwertung der unersetzlichen Funktion des Waldes (°).

(°) Beitrag in Veröffentlichung.

(1) AUTONOME PROVINZ BOZEN (1991): Der Wald in Südtirol, Sammlung der Hauptdaten - 1991; Forstwirtschaftsinspektorat Bozen
(2) AUTONOME PROVINZ BOZEN (1992): LEROP - Landesentwicklungs- und Raumordnungsplan - Bozen,
(3) AUTONOME PROVINZ BOZEN (1991): Statistik der Holznutzungen; Forstwirtschaftsinspektorat Bozen
(4) STAFFETTA QUOTIDIANA PETROLIFERA: Vendite provinciali e regionali di prodotti petroliferi in Italia; Ag. Stampa Fonti En., Suppl. al n. 190, 29.08.1992
(5) LAHMEYER INTERNATIONAL FRANKFURT (1991): Energiekonzept Südtirol; Im Auftrag der Autonomen Provinz Bozen

Fig. 66 - Der Wald gilt gleichzeitig als CO_2 - Speicher und als erneubare Energiequelle

10. - Statement zu den Erkenntnissen zehnjähriger Untersuchungen -

Fig. 67 - Luftverschmutzung im Bozner Raum

10 Jahre vielseitiger Untersuchungen haben es erlaubt, einige Aspekte des angegriffenen Zustandes, in dem sich einige Waldbreiche befinden, zu klären. Die Ergebnisse bezüglich Ausmaß und Ursache des Vitalitätsrückganges in den Wäldern, auch unter Berücksichtigung der allgemeinen Umweltsituation, können wie folgt zusammengefaßt werden.

A. - Waldschäden -

Aus den jährlichen Erhebungen (Tab. 2) geht ein durchschnittlicher Gesamtschaden (bekannte und unbekannte Ursachen) von **20 %** hervor, mit einem Minimum im Jahr 1985 (**13,8 %**) und einem Maximum im Jahr 1992 (**25,9 %**).

Im Durchschnitt ist also **jeder fünfte Baum** aus irgendeinem Grund geschädigt. Die deutlichen Schäden (Klasse 2, 3 und 4) durch unbekannte Ursachen liegen jedoch bei nur **3 %**. Die jährliche Mortalitätsrate liegt bei **0,09 %**. Dabei sind jedoch Schneedruckschäden, die Holznutzungen, sowie alle außergewöhnlichen Ereignisse, die nicht auf patologische Ursachen zurückzuführen sind, ausgeschlossen. Das Absterben ist hauptsächlich auf biologische Ursachen, besonders Wurzelfäule zurückzuführen (2.3.2.1.).

Diese statistischen Daten besitzen zwar keine absolute Aussagekraft, sie stellen jedoch, auf Grund der angewandten Erhebungsmethodik einen Standard des Schädigungsgrades der Südtiroler Wälder dar. Die aus der Reihe mehrerer aufeinanderfolgender Erhebungen sich ergebenden Hinweise sind jedenfalls für die Entwicklung des Phänomens ausschlaggebend: ab 1985 nehmen die Waldschäden zu.

Vor allem nimmt die Anzahl der Bäume in der Schadstufe 1 - leichte Schäden, welche allgemein als Vorwarnstufe angesehen wird, zu. Diese Tatsache und das Fehlen akuter, auf Immissionsbelastungen zurückzuführender Schäden der klassischen Form (Rauchschäden), läßt ein diffuses Leiden chronischer bzw. latenter Art sowie komplexer und unterschiedlicher Ägentien vermuten. Dies betrifft insbesondere jene Waldgesellschaften auf flachgründigen Böden mit geringem Wasserückhaltevermögen, vorzugsweise auf kalkigem und dolomitischem Grundgestein der süd-östlichen Landesteile, sowie jene in unmittelbarer Nähe der Städte- und Verkehrszentren (Bozen, Brixen, Sterzing) oder jedenfalls auf hydrisch benachteiligten Standorten (Fig. 8).

B. - Ursachenforschung -

Leicht erhöhte, auf lokale Emmissionen zurückzuführende Schwefelgehalte in Fichtennadeln wurden im Umkreis der erwähnten Ortschaften festgestellt (1). Sowohl die Niederschlagsgehalte - S-SO_4 Ionen (8.) als auch die Luftqualitätswerte im Städtebereich (5.) und in den höheren Lagen (6.), weisen allerdings auf eine Reduktion der Sulfatkonzentrationen im Vergleich zu früheren Zeiten hin. Dies ist besonders auf die gesetzlichen Bestimmungen zur Kontrolle der Emmissionen (L.G. Nr. 12 vom 04.06.1973) sowie auf einem zunehmenden Umstieg auf Erdgas bzw.

Brennstoffe geringeren Schwefelgehaltes zurückzuführen (1971 wurden in Bozen noch SO_2 - Emmissionswerte um 182 $\mu g/m^3$ gemessen).
Die pH-Werte der nassen Depositionen (wet-only) nach der Klasseneinteilung von SMIDT fallen mit Bezug auf das gewichtete Mittel (Jahresdurchschnitt) der verschiedenen Meßstationen, in den leicht saueren pH-Bereich (4,61-5,10) hinein (Tab. 7).
Die absoluten Minimalwerte reichen allerdings bis **3,75** (Ritten, 1985), die Maxima bis **7,58** (Leifers, 1985).
Der wichtigste Umweltverschmutzer ist dabei der Verkehr, an zweiter Stelle die Haushalte, von denen der meiste Stickoxydausstoß abhängt. Vor allem das Stickstoffdioxyd (NO_2) übernimmt eine wesentliche Rolle als Vorläufersubstanz während der photochemischen Produktion des Ozons.
Typische und symptomatische Schäden an Blattorganen durch Ozon sind jedoch nicht festgestellt worden. Es wurden allerdings in Waldgebieten am Ritten mittlere jährliche Konzentrationswerte von **40 ÷ 45 ppb** mit halbstunden Spitzenwerten von über **100 ppb** gemessen.
Wie die Messungen aus der Luft ergaben (7.), findet am Südabfall der Alpen eine bevorzugte photochemische Ozonbildung mit Stauphänomenen in Form von Ozonreservoirschichten in den höheren Lagen statt (Fig. 58). Dies ist besonders im Sommer als Folge der intensiven Sonneneinstrahlung der Fall und wird hauptsächlich durch örtliche Emmissionen d.h. durch den Autoverkehr begünstigt.

Der grenzüberschreitende Transport von Luftverunreinigungen nimmt damit einen zweitrangigen Charakter an und ist an bestimmte Großwetterlagen gebunden.

Während die chemischen Blattanlaysen für die Luftverschmutzung durch S, NO_x, O_3 und andere toxischen Substanzen keinen direkten Zusammenhang mit den Waldschäden ergeben haben, ist dies für einige Mineralnährstoffe (N-Mg-B) anders, wo unabhängig vom geologischen Substrat fast überall ein Mangel festgestellt wurde (1).

N-Mangel und Mg-Nährstoffdefizit in den Blattorganen sogar auf Dolomit, welche Ursache für ein geringeres Wachstum, Blattvergilbung und Blattverlust sind, wurde besonders auf trockenen, flachgründigen Böden festgestellt, da dort aufgrund der unzureichenden Wasserversorgung diese Elemente den Pflanzen nicht zur Verfügung stehen. Eine Auswaschung der Nährstoffe aus dem Boden wurde nur selten festgestellt.

Dies läßt den Schluß zu, daß ein Teil der **Waldschäden unbekannter Ursache** lokal auf physiologisch nährstoffbedingte Probleme während Trockenperioden zurückzuführen ist.

Die Untersuchungen zeigen somit, daß das Klima eine besondere Rolle spielt und direkt oder indirekt das natürliche Gleichgewicht der Waldbestände beeinflußt (3.).

In diesem Sinne ist die Reaktion der Ökosysteme als solche, vor allem der verschiedenen Organismen (Bioindikatoren), auf den Witterungsverlauf als natürlicher Vorgang anzusehen: besonders auffälliges Vorkommen von Parasiten und Krankheiten als Folge der vergangenen Trockenperioden - Fichtennadelmarkwickler, Kiefernbuschhornblattwespe, Kiefernprozessionsspinner, verschiedene Läusearten und Pilzinfektionen, wie Hallimasch und Wurzelfäule-, und dem entgegengesetzt das Auftreten von Blattpilzen - Fichtennadelblasenrost, Blattbräune, usw. - als Folge von niederschlagsreichen Jahreszeiten.

Besonderes Augenmerk wurde deshalb dem Klimaverlauf und insbesonders den Niederschlägen während der Vegetationsphase in den letzten Jahrzehnten geschenkt.

Die Analyse der Niederschlagsdaten (1921÷1984), der Temperatur und der Windrichtungen in den Höhenlagen (1975÷84) hat es erlaubt folgende Aussagen zu machen (2):

- Der Anteil der meridianen Höhenwindströmungen (N ↔ S) hat zugenommen und dies zu Lasten der zonalen niederschlagsführenden Westwinde (W→O).

- Die jährlichen Niederschlagsmengen sind seit Beginn der 60er Jahre im Vergleich zum langjährigen Mittel graduell zurückgegangen, begleitet von einer mehr ausgesprochenen sub-äquinoktialen statt sub-kontinentalen solstitialen (mit Sommermaximum) Niederschlagsverteilung.
  Dieses Phänomen war besonders in den Jahren 1926, 1959, 1962, 1980, 1983, 1984 ausgeprägt, etwas weniger in den Jahren 1923, 1928, 1940, 1961.
  Es ist dies also keine besondere Neuheit für Südtirol. Äußerst merkwürdig ist hingegen die erhöhte Häufigkeit und Intensität, mit der sich dies in letzten Zeiten geäußert hat.
  Die festgestellte Zunahme mediterraner Komponenten ist höchstwahrscheinlich auf eine ausgeprägtere Wirkung des Azorenhochs zurückzuführen, welches während der Sommerzeit über dem Mittelmeergebiet herrscht und zeitweise seine Einflüsse bis auf die Zentralalpen und Südtirol ausdehnt.
  Die normalerweise dort gleichzeitig vorherrschende mitteleuropäische Tiefdruckzirkulation wird somit abgeschwächt, so daß die Wetterfronten nordwärts verschoben werden.
  Dieser Umstand (Großwetterlage) ist in der Tat für das typische Merkmal des Mittelmeerklimas, gekennzeichnet durch Trockenheit im Sommer bzw. während der Vegetationsperiode, verantwortlich.

- Die zunehmende Häufigkeit und Intensität der Dürreperioden (im statistischen Mittel alle 2,6 Jahre) seit 1959. Besondere trockene Vegetationsperioden und/oder Sommer gab es in Südtirol in den Jahren 1936, 1943, 1949, 1959, 1961, 1962, 1964, 1969, 1971, 1976, 1980, 1983 und 1984.

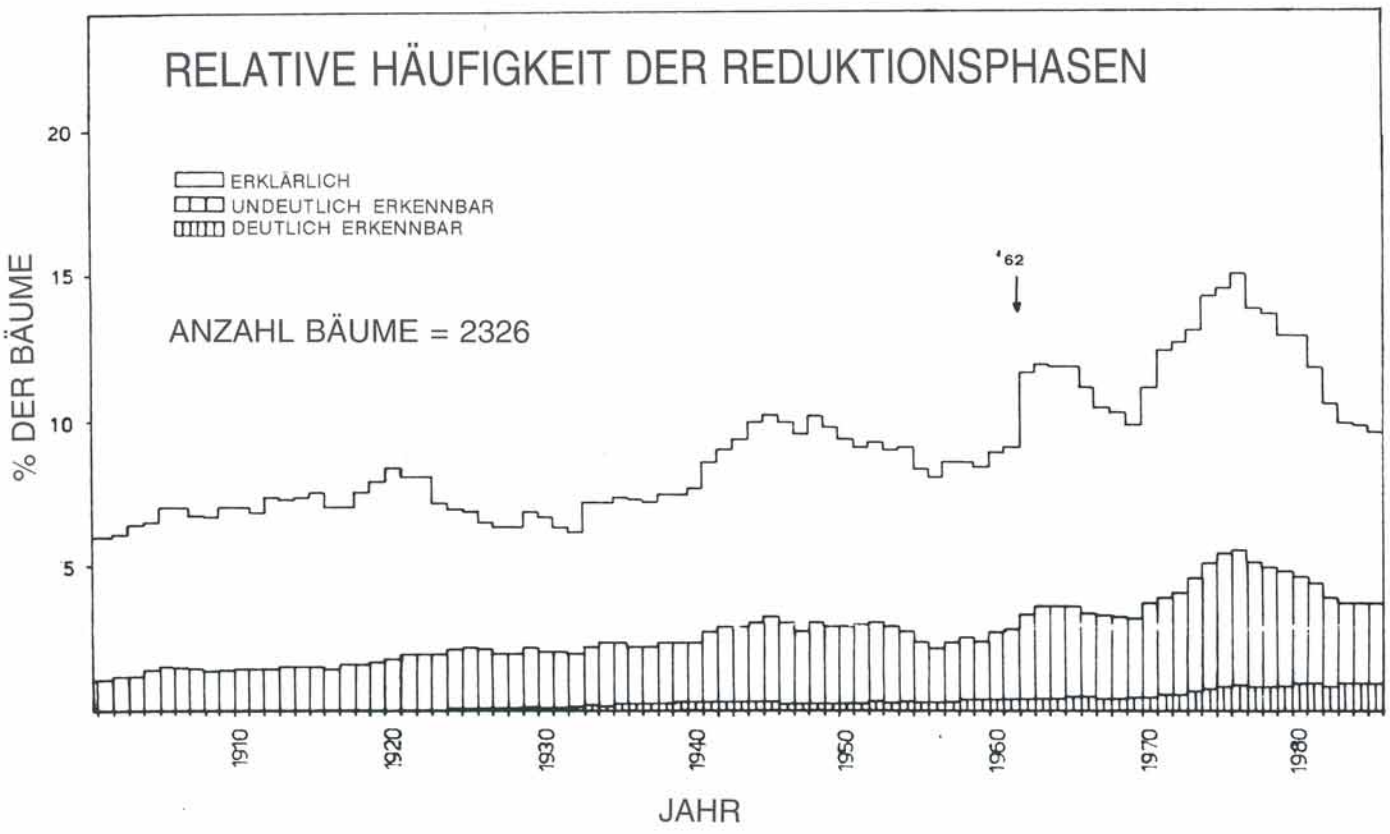


Fig. 68 - Von Bedeutung ist die Zunahme der Probebäume, welche seit 1962 geringere diametrische Zuwachsraten aufweisen

Dendrochronoligsche Untersuchungen (3), welche 1985 zwecks Ermittlung und Interpretierung des Zuwachsverlaufes von annähernd 2.400 Fichten in der Zeitspanne 1901÷1985 - dieselben Probebäume des Inventurnetzes (2.) - durchgeführt wurden, unterstreichen weiterhin die enge Abhängigkeit der Jahrringbreite vom Klimaverlauf der letzten Jahrzehnte.

Von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Übereinstimmung zwischen dem geringeren Jahrringzuwachs der Fichte und der erhöhten Häufigkeit von Dürreperioden während der Sommer bzw. Vegetationszeit seit dem Jahre 1962 (Fig. 68). Dieser Umstand ist sogar in den darauffolgenden 70er Jahren noch mehr ausgeprägt.

Es konnte weder ein räumlicher noch ein zeitlicher Zusammenhang zwischen Wachstumsrückgang und "neuartigen Waldschäden" festgestellt werden. Bäume auf Standorten tieferer Lagen und in der Nähe von Ballungszentren sowie Hauptverkehrsadern weisen jedoch höhere Häufigkeitswerte von Reduktionsphasen auf!

Zusammenfassend stellt sich nun heraus wie die herkömmlichen Schadensursachen sowohl natürlicher (Klima, Schädlinge, Pilzinfektionen) als auch anthropogener Art (Waldweide, unangemessene Bewirtschaftung der Wälder in der Vergangenheit) eine ausschlaggebende Rolle ausüben. Doch gewinnen jene anthropogene Belastungsfaktoren auf die Umwelt eine immer besorgniserregendere Bedeutung, denen ein immer geringer werdender Erholungsspielraum der natürlichen Ökosysteme gegenübersteht.

(1) HUBER W.: Biochemiche Analysen der Blattorgane und der Böden - Agrikulturchemiches Laboratorium am Vorsuchszentrum Laimburg
(2) MINERBI S. (1987): Clima e danni boschivi di nuovo tipo in Alto Adige - Dendronatura, n. 1
(3) KLOTZ P. (1986): Bericht über die Ergebnisse der dendrochronologischen Untersuchungen zur Ermittlung neuartiger Waldschäden in Südtirol; in collaborazione con l'Istituto Federale di Ricerche Forestali di Birmensdorf (CH), Prof. F. H. Schweingruber - Information des Forstwirtschaftsinspektorates Nr. 5 - Autonome Provinz Bozen
(4) SCHWEINGRUBER F.H. (1983): Der Jahrring; Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart

11. - Integrated Monitoring Programme -

Die "ganzheitliche Überwachung" (Integrated Monitoring) der Waldökosysteme stellt die natürliche Entwicklung zehnjähriger Untersuchungen über das Waldsterben in Südtirol dar.
Im Rahmen der Konvention über weittragende grenzüberschreitende Luft-Verunreinigung (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution) hatte die United Nations Economic Commission for Europe (UN ECE) 1989 ein internationales Pilot-Projekt **"International Cooperative Programme on Assessment and Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Forests - IMP"** zur "ganzheitlichen Überwachung" der Waldökosysteme eingeleitet. Leitung und Koordinierung wurden den beiden skandinavischen Ländern Schweden und Finnland übertragen.
Die Umsetzung in die Praxis in Form eines europaweiten Netzes von Dauerbeobachtungsflächen - "European network of permanent sample plots for monitoring of forest ecosystems" - wurde weiterhin mit der "Erklärung von Straßburg - Erste Resolution" am 18.12.1990 von Seiten der Ministerialkonferenz zum Schutz der Europäischen Wälder als Vorsatzerklärung gutgeheißen.
Das integrierte Monitoring Programme umfaßt Messungen und Untersuchungen in den Bereichen der Meteorologie, der Luft-, Boden- und Gewässerqualität (Feststellung von Schadstoffeinträgen), der Standortserkundung, sowie der Flora und Fauna. Von den an den jeweiligen Versuchsstandorten vorkommenden Boden- und Wasserlebewesen ("terrestrial and aquatic biota") sollen möglichst alle oder zumindest viele erfaßt werden.
Mit seinen wissenschaftlich fundierten Untersuchungs-Kriterien kann das IMP als ein Ökosystem-Überwachungs-Programm, geeignet für tiefreichende Verlaufs-Studien verschiedenster Art definiert werden.

Die dabei nach standartisierter Methodik erzielten Erhebungsdaten, dienen sowohl internationalen Vergleichen, als auch späteren Vergleichen über ökosystemare Veränderungen im eigenen Lande. Durch den Einsatz verschiedener Meßparameter und auf Grund des biologischen Wertes des ermittelten faunistischen (vor allem wirbelloser Tiere) und floristischen (Bodenvegetation, Makropilze, Flechten, usw.) Materials, verspricht man sich insbesondere eventuelle Umweltbelastungsformen bzw. Veränderungen im klimatischen Bereich ebenso wie im Nährstoff und Energiehaushalt (z.B. Biomasse Berechnungen) auf Waldökosysteme hervorzuheben.
In enger Zusammenarbeit mit der benachbarten Autonomen Provinz Trient, Istituto Sperimentale di S.Michele all'Adige, wurden 1992 in jeder Provinz zwei Langzeit-Versuchsflächen bestimmt und ausgewiesen: die eine in der klimatisch "kühlen" Subalpinstufe des Fichtenwaldes ("Picetum subalpinum") am Ritten (1750 m), und die andere in der "wärmebegünstigten" kollinen Stufe der Eichenbuschwaldzone ("Quercetum pubescentis"), bei Montiggl (600 m), bzw. Lavazejoch und Pomarolo-Rovereto im Trentino.

11.1. - Entomologische Untersuchungen -

Die Versuchsflächen wurden mit einer Reihe von Fallentypen ausgestattet - Boden-Becherfallen, freihängende Pheromon-Lockfallen, Farbfallen, Alkoholfallen, Insektenleimbänder, Fangbäume, usw. - die in regelmäßigen Zeitabständen kontrolliert und geleert wurden (Fig. 69).
Fallweise kamen auch Lichtfallen zum Einsatz.
Die damit gefangenen Insekten übertrafen sowohl an Individuenanzahl als auch an Artenvielfalt bei weitem die Erwartungen.

Fig. 69 - Verschiedene Insektenfallen finden auf den Beobachtungsflächen Montiggl und Ritten Anwendung

Entsprechend dem großen Umfang des Untersuchungsmaterials konnten die Auswertungen, die sich als sehr zeitaufwendig erwiesen haben, für das Jahr 1992 noch nicht abgeschlossen werden. Dennoch haben sich bereits interessante faunistische Teilergebnisse abgezeichnet: neben einigen Neufunden für Südtirol, wurden auch zahlreiche Insektenarten erstmalig für das Gebiet Etschtal nachgewiesen.

Beobachtungsfläche Ritten - "Picetum subalpinum"
Als Beobachtungsfläche für die mehr kälteliebende Flora und Fauna wurde ein "subalpiner Fichtenwald" unterhalb des Rittner Horns, in Nähe der dortigen Luftmeßstation und auf 1750 m Seehöhe, ausgewählt. Neben der dominierenden Fichte kommen hier auch noch Zirben und Lärchen vor.

Erwartungsgemäß erwies sich hier die vorgefundene Fauna als weniger artenreich, als jene tieferer und wärmerer Lagen. Dennoch überraschte bei manchen Arten die große Anzahl der gefangenen Individuen. So fanden sich etwa in den Borkenkäfer-Pheromonfallen unglaubliche Mengen von **Nutholzborkenkäfern** (Xyloterus lineatus) bis zu 20.000 Individuen/Falle und Woche; etwas weniger zahlreich waren die **Buchdrucker** (Ips typographus).

Neben den Borkenkäfern waren aber auch deren natürliche räuberischen Feinde, wie etwa **Ameisenbuntkäfer** und der **Ostomid (Nemosoma elongata)** reichlich vertreten. An den Klebebändern überwogen bei weitem die **Fliegen (Diptera)**, die im Walde eine ganz wesentliche Regulatorenrolle spielen.

Auch **Wespen (Vespidae, Pamphiliidae)** und andere **Hautflügler (Hymenoptera)** waren häufig.
In den Bodenfallen überraschte die große Anzahl von kleineren **Laufkäfern (Carabidae)**, die im Gegensatz zur Versuchsfläche Monitggl, jene der hier ebenfalls häufigen **Waldgrillen** und **Waldschaben** aber deutlich übertraf. Auch **Mistkäfer (Geotrupes sp.)**, die in Montiggl völlig fehlten, fanden sich hier in großer Anzahl. Ebenso waren Spinnen und Heuschrecken häufig, wobei bei den letzteren besonders kälteliebende Arten, wie die **Sibirische Keulenschrecke (Aeropus sibiricus)** und die **Gebirgsschrecke (Podisma pedestris)** Erwähnung verdienen.
Die Fänge der schwieriger bestimmbaren Insekten werden noch einige Zeit bis zur gänzlichen Auswertung benötigen.

Beobachtungsfläche Montiggl - "Quercetum pubescentis"
Als Beobachtungsfläche für die wäremeliebende Flora und Fauna war ein "Flaumeichen-Mannaeschen"-Buschwaldgebeit ausgewählt worden, welches oberhalb eines Fichtenwaldgürtels am Kleinen Montiggler-See, im Bereich einer felsdurchsetzten Kuppe in 600 m Seehöhe lag.
Bei den Bodenfallen-Fängen überraschte die überaus große Anzahl eingegangener **Waldgrillen (Nemobius sylvestris)**, die sich hier ebenso wie die Gemeine **Erdwespe (Paravespula vulgaris)**, als die mit Abstand dominierenden größeren Insekten erwiesen. Relativ häufig waren auch verschiedene **Waldschaben (Ectobius sylvestris u.a.)**.

8/10/92 Ritten

Pinus cembra

Art		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Umfang		80	80	125	78	88	61	122	134	105	81
Buellia punctata						2					
Candelariella reflexa										5	
Candelariella xanthostigma		10	5	10	6		5		1		
Cetraria chlorophylla		6	4	1				1	3		
Cetraria pinastri											b
Hypogymnia physodes		10	10	7	10	10	10	10	10	10	10
Parmelia sulcata						1		6	2		
Parmeliopsis ambigua			10	10	10	10	10	10	10	10	5
Parmeliopsis hyperopta		b	7	10	6	5	10	b	10	10	10
Pseudoevernia furfuracea		10	6	10	8	10	10	10	10	10	10
Usnea spp.		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
I.A.P.=	51	46	52	58	50	48	55	47	56	55	45

23/9/92

Picea abies

Art		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Umfang		138	153	131	120	114	160	150	160	170	56
Buellia punctata		5							5		
Candelariella reflexa						b				10	10
Candelariella xanthostigma					5	5	3				
Cetraria chlorophylla		5	10	10	7	10	10	10	10	6	5
Cetraria pinastri		3	b	b	b	b	b	2		b	
Hypogymnia physodes		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Lepraria incana		1	10	4		10	5	5	1	4	
Parmelia glabratula								t			
Parmelia sulcata		5	t	6	3	8	b	8	b	b	7
Parmeliopsis ambigua		5	6	10	10	b	10		6	3	10
Parmeliopsis hyperopta		t	b	b	b	1	b	b	b	b	b
Pertusaria amara		6			8				10		
Plastimatia glauca		3		3	6			7			
Pseudoevernia furfuracea		10	8	10	10	9	10	1	10	10	9
Ramalina pollinaria			3	2			1			3	
Usnea spp.		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
I.A.P.=	61	63	57	65	69	63	59	53	62	56	61

17/9/92 Montiggl

Quercus pubescens

Art		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Umfang		104	63	57	96	50	47	57	57	50	48
Buellia punctata		10	10			10		1		4	
Candelaria concolor		1									
Candelariella xanthostigma		6	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Cetrelia olivetorum			b	4		2	5			3	
Evernia prunastri						1					
Hypogymnia physodes			1		2	3	2	7	3	2	4
Lecania cyrtella										1	
Lecanora carpinea									2	2	
Lecanora chlarothera			1		1						
Lepraria incana		10				1		3		2	2
Parmelia caperata					3	3		t	b	b	
Parmelia glabratula		4	3	1	7		7	1	6	5	8
Parmelia sulcata			1			2				1	1
Parmelia tiliacea						bt					
Phyacia adscendens			b	1							1
Physcia orbicularis		5									
Physcia stellaris											3
Physcia tenella		5	2	4		10	6	2	10	10	5
Pseudoevernia furfuracea			3					2			1
Usnea spp.						3	4	3			2
I.A.P.=	33	41	31	20	23	45	34	29	31	40	37

Tab. 10

In den Alkoholfallen waren vor allem zwei holzbohrende **Laubholzborkenkäfer (Anisandrus dispar und Xyleborus saxeseni)** regelmäßig zahlreich vertreten. Sehr bemerkenswert war das Vorkommen einiger **südlichen Heuschrecken**, wie etwa zwei Arten von **Sichelschrecken (Phaneroptera falcata, Phaneroptera nana)**, die **Yersin-Strauchschrecke (Yersinella raimondi)**, die **Bergschrecke (Antaxius pedestris)** und zwei Arten von **Schönschrecken (Calliptamus italicus, Calliptamus siciliae)**; für die letztgenannte Art lagen schon seit Jahren keine Fundmeldungen aus Südtirol vor und Freilandfunde von Hausgrillen oder Heimchen **(Acheta domestica)** waren von hier noch überhaupt nicht bekannt gewesen.

Als faunistisch besonders interessant gilt die Auffindung von zwei mehr südosteuropäischen Arten, nämlich der **Höhlenschrecke (Troglophilus neglectus)** sowie des **Karpathen-Skorpions (Euscorpius carpathicus)**, die hier beide in felsigen Bodenspalten leben und aus diesem Gebiet noch nicht bekannt waren.
Von herausragender faunistischer Bedeutung ist weiter die Entdeckung einer hochspezialisierten, an Ulme gebundenen **Kleinschmetterlingsart - Hypatopa segnella** - (det. Huemer). Diese war bisher erst von wenigen Stellen Europas bekannt und es handelt sich um den ersten Nachweis in den Alpen überhaupt!

11.2. - Biologische Überwachung der Luftqualität durch Flechten: Präliminärstudie -

Zwecks Analyse der Luftqualität wurden die epiphytischen Flechten herangezogen, da diese auf Grund ihrer weiten Verbreitung und artspezifischen Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffen besonders geeignet sind.

Im Rahmen dieser Erhebung wurde die floristische Methodik angewendet, welche es erlaubt innerhalb des Standortes die Qualität durch den I.A.P. Index (Luft-Reinheit-Index) auszudrücken.
Dieser beruht auf der Bestimmung des Artenreichtums und Artenhäufigkeit der Flechtenflora.

Für die Ermittlung der Häufigkeit findet ein Raster mit 10 Rechtecken Anwendung, welcher auf den gesamten Stammumfang auf Brusthöhe ausgedehnt werden kann.
Die Flechtenarten und ihre Häufigkeit werden dann innerhalb dieser Rasterflächen erhoben: die gesamten I.A.P. bilden die Summe des zuletzt beschriebenen Parameters.

I.A.P. ist also der standörtliche durchschnittliche Wert der einzelnen pro Probebaum ermittelten gesamten I.A.P.. Für die Örtlichkeit Ritten wurden die Baumarten Fichte und Zirbe gewählt, für Montiggl die Flaumeiche.

Jede Untersuchungsfläche ist durch zehn Bäume gleicher Art, Größe und gleichen Alters repräsentiert.
Die Ergebnisse werden in Tab. 10 und Fig. 70 dargestellt.
Eine bessere Luftqualität entspricht einem höheren I.A.P. Wert.

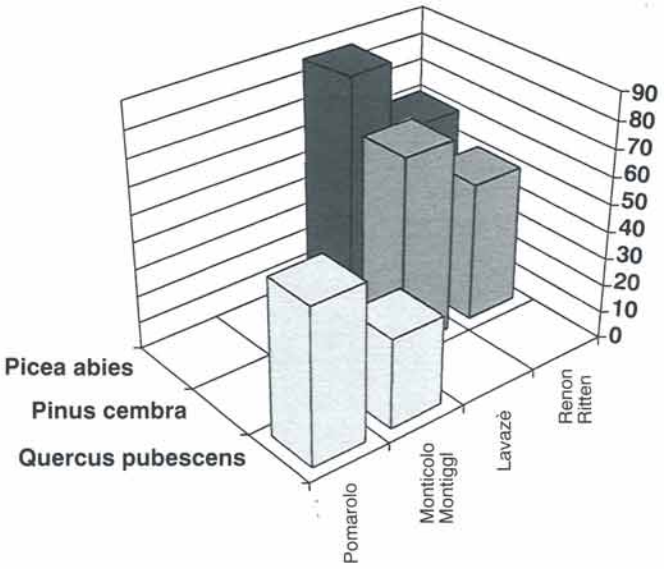


Fig. 70 - I.A.P. der Versuchsflächen nach Baumarten

Wenngleich die bisher erworbenen Untersuchungsergebnisse schlicht einen präliminären Charakter und ein besonderes faunistisches Interesse beinhalten, lassen diese doch schon jetzt erahnen, welche Möglichkeiten hier in einem mehrjährigen Untersuchungszeitraum ausgeschöpft werden können.
Insbesonders stellen diese ein wertvolles Ausgangsmaterial für zukünftigte Vergleiche bzw. Hinweise hinsichtlich Veränderungen in den untersuchten Ökosystemen dar.
Weitere geplante Untersuchungen sollen deswegen zukünftig die bisher berücksichtigten Sachbereiche ergänzen u.a. Erfassung und Bestimmung von Insekten, Spinnen, Tausendfüßlern, weiters kleine Wirbeltiere (Spitzmäuse), Bodenchemie, Bodenphysiologie, Bodenmikrobiologie, Bodenvegetation samt Makropilze und Ektomykorrhizen, Moose und Flechten, Meteorologie, Luft-Gewässerchemie, Dendrochronologie, Waldzustand, usw.

12. - Schlußfolgerungen -

Dies ist nun schon der zehnte Bericht über den Gesundheitszustand unserer Wälder und es handelt sich um die neunte Erhebung, was das sogenannte "Waldsterben" anlangt.
Dabei wurde die übliche statische Erhebungsmethode nach EG-Normen, die auf einem 4x4 km Raster beruht und den Zustand von etwa 7000 Bäume, alle über 60 und mehr Jahre alt betrifft, angewandt.

Der Umstand, daß sich die Situation im Vergleich zum Vorjahre verschlechtert hat und zwar um 3,1 %, soll absolut zum Nachdenken anregen, uns andererseits aber nicht in Panikstimmung versetzen.
Es taucht in diesem Zusammenhang unwillkürlich die Frage auf, wie dies möglich ist, handelte es sich, was die Niederschläge anlangt, um ein überdurchschnittlich gutes Jahr mit Maxima im Frühjahr und im Herbst. Es haben, aus dieser Sicht betrachtet, sehr gute Wachstumsbedingungen geherrscht.

Andererseits muß aber berücksichtigt werden, daß gerade die reichlichen Niederschläge im Frühjahr und Frühsommer für das spätere Auftreten des Fichtennadelblasenrostes verantwortlich waren.
Bedenkt man wiederum, daß in den letzten fünf-sechs Jahren der Fichtennadelblasenrost überdurchschnittlich stark im ganzen Lande aufgetreten ist und mehr oder weniger starke Nadelverluste zur Folge hatte, daß die Fichte unsere Hauptholzart ist (ca. 65 % des gesamten Nadelbaumvorkommens), daß bei der Erhebung des Gesundheitszustandes auch die Entnadelung ziemlich stark ins Gewicht fällt, so ist teilweise die Verschlechterung zu erklären.

Es muß darum nochmals eindringlich auf diesen Umstand hingewiesen werden, um nicht zu falschen Schlüssen, weder in der einen, noch in der anderen Richtung, zu gelangen.

Betrachten wir das Problem wie in anderen europäischen Staaten und zwar die Schadstufe 1 noch zu den gesunden Bäumen zu rechen, so ergibt sich im Vergleich zum Jahre 1991 praktisch keine Veränderung (1991 Stufe 2 = 4,1 %, Stufe 3-4 = 0,9 % - 1992 Stufe 2 = 4,3 %, Stufe 3+4 = 0,6 % - Differenz 0,1 % weniger für 1992).

Wenn man dann auch vom gesamten Prozentsatz der 1992 geschädigten Bäume 0,5 Prozentpunkte abzieht, welche die Differenz der Schaden bekannter Ursache ausmacht, reduziert sich die effektive Verschlechterung auf 2,6 %.

Dies der Genauigkeit halber, womit aber absolut nichts minimiert oder heruntergespielt werden soll!
Was die geographische Verteilung der Schäden im Lande anlangt, so sind geringfügige Veränderungen zu verzeichnen. Dies kann in etwa auch von der Verteilung auf die verschiedenen Höhenstufen gesagt werden.

Das Auftreten von tierischen und pflanzlichen Schädlingen hat sich im abgelaufenen Jahr in Grenzen gehalten.

Mehr oder weniger gleichmäßig über das ganze Land verteilt haben sich Schneedruckschäden (April 1992) im Ausmaße von rund 50.000 Fm ergeben, die aber bedeutend unter jenen von 1991 liegen.
Von keinen anderen größeren Schadensereignissen in unseren Wäldern braucht berichtet zu werden.
Dies ist sicherlich positiv zu werten, wie auch der Umstand, daß insgesamt gesehen auch die Luftqualität bei der Meßstation am Ritten sich etwas besser als im Vorjahr erwiesen hat.
Leider ist dies von den in unseren Städten erhobenen Luftwerten nicht zu sagen, weil hier der zunehmende Verkehr vor allem eine zunehmende Verschlechterung bewirkt.

Ein Vergleich mit dem Waldgesundheitszustand in einigen Nachbarländern ergibt, daß allenthalben annähernd gleiche Werte wie im Vorjahr erhoben worden sind, teilweise ist eine leichte Besserung oder auch Verschlechterung zu verzeichnen. Im einzelnen ergibt sich nach den vorliegenden Meldungen nachstehender Vergleich:
Bundesrepublik Deutschland: im Vergleich zu 1991 eine Verschlechterung des Gesundheitszustandes um rund 4 %, allein auf den Freistaat Bayern bezogen, ist nur eine ganz leichte negative Veränderung festgestellt worden.

Österreich: insgesamt gesehen, hält die Tendenz zur Verbesserung an; sie hält sich wohl in bescheidenen Grenzen. Was unsere Nachbarn in Tirol anlangt, so ist dort die Situation im Vergleich zu 1991 als stätionär bis leicht gebessert zu bezeichnen.

Trentino: Obwohl noch keine genauen Auswertungen der erhobenen Daten vorliegen, wird angenommen, daß auch hier wie in Tirol eine leichte Verbesserung zu verzeichnen ist.

Schweiz: im Vergleich zum Jahre 1991 ist eine Verschlechterung der Gesamtsituation festzustellen, in den Schadstufen 2 - 4 ist der Prozentsatz der geschädigten Bäume von 12% auf 17% angestiegen und dies mehr bei den Nadelbäumen als bei den Laubhölzern.

Was unbedingt noch erwähnt werden soll, ist das starke Auftreten des Borkenkäfers auf Fichte in der Schweiz, Österreich und BRD in den letzten zwei Jahren. Dies ist vor allem eine Folgeerscheinung der katastrophalen Windwurfschäden aus dem Jahre 1990, nach welchen nicht schnell genug das Fallholz hat aufgearbeitet werden können.

Unser Land ist davon Gott sei Dank weitgehendst verschont geblieben.
Was terrestrische Erhebungen bereits gezeigt haben, ist durch das "Memosa Projekt" deutlich bewiesen worden, und zwar, daß die in unserer Luft erhobenen Schadstoffe hausgemacht sind und nicht von außen "importiert" werden.

Wollen wir in unserem Lande die Luftqualität verbessern, so liegt das nur an uns ganz allein dafür etwas zu tun. Jeder von uns muß bereit sein, dafür einige Opfer zu bringen und auf gewisse Bequemlichkeiten zu verzichten, wenn wir eine Besserung erreichen wollen.
Wir haben nicht die Ausrede, anderen Fehlverhalten vorzuwerfen oder sogar die Schuld zuzuschieben, wenn es einzig und allein an uns selber liegt, für Abhilfe zu sorgen. Niemand darf sich von seiner Verantwortung drücken und schon gar nicht, wenn er irgend eine öffentliche Funktion bekleidet.
Immer wieder werden derartige Appelle, nach allen Seiten gerichtet. Wie in den vergangenen Jahren auch schon, wird daran die Hoffnung geknüpft, daß sich mit der Zeit doch noch positive Ergebnisse zeigen mögen.

Fachliche Verantwortung:

Dr. Günther Bendetta	- Direktor des Biologischen Landeslabors Leifers (8.)
Dr. Norbert Deutsch	- Leiter des Forstwirtschaftsinspektorates (12.)
Dr. Elena Gottardini	- Servizio Ex Stazione Sperimentale all'Istituto Agrario di S.Michele all'Adige (11.2.)
Prof. Dr. Klaus Hellrigl	- Experte für Forstschutz (3.;11.1.)
Dr. Klaus Köcher	- Amt für Physikalische Chemie des Chemischen Landeslabors (6.)
Dr. Luigi Minach	- Direktor des Amtes für Physikalische Chemie des Chemischen Landeslabors (6.)
Dr. Stefano Minerbi	- Amt für Allgemeine Angelegenheiten der Forstwirtschaft (1.;2.;4.;7.;9.;10.;11.1.)
Dr. Margit Nocker	- Amt für Physikalische Chemie des Chemischen Landeslabors (6.)
Fach. Ing. Stefan Rigo	- Amt für Physikalische Chemie des Chemischen Landeslabors (6.)
Dr. Werner Schwienbacher	- Biologe und spezialisierter Entomologe (11.1.)
Dr. Lorenza Sittoni	- Servizio ex Stazione Sperimentale all'Istituto Agrario di S.Michele all'Adige (11.2.)
Dr. Berta Thaler	- Biologisches Landeslabor Leifers (8.)
Dr. Gian Rolando Trevisani	- Direktor des Chemischen Landeslabors-Abteitlung Luft und Lärm (5.)
Dr. Verena Trockner	- Biologisches Landeslabor Leifers (8.)

Für die Elektronische-Daten-Verarbeitung: Markus Cagliari
Martin Kompatscher
Fabio Maistrelli
Stefano Minerbi
Julius Piger
Stefan Rifo
Raimund Soraru
Danilo Tait
Georg Unterhuber

Redaktionskomitee: Angelika Aichner
Stefano Minerbi
Herbert Pernstich
Siegfried Schwarzer

Foto Forstwirtschaftsinspektorat Bozen; L. Lindner (Fig. 48); E. Gutgsell (Fig. 66).

Dank ergeht an
- die Schweizerische Verkehrszentrale Zürüch (CH) für die Bereitstellung der Panoramakarte in Fig. 57
- das Hydrographisches Amt für die Klimadaten
- das Amt für Forstplanung für die graphischen Darstellungen in Figg. 11 und 12

Herausgegeben von Assessorat für Forstwirtschaft der Autonomen Provinz Bozen

Zusammmengestellt vom Forstwirtschaftsinspektorat Bozen - Brennerstraße 6 - I-39100 BOZEN
Tel. 0039/471/995300 - Fax 0039/471/995313

Auf chlorfrei gebleichtem Papier - Druck. PRESEL-BZ