

BODEN- UND VEGETATIONSUNTERSUCHUNGEN

IM BEREICH

DER SCHEITELSTRECKE DER TAUERNAUTOBAHN

MONOGRAPHIEN

Band 15

MONOGRAPHIEN

Band 1:
TSCHERNOBYL UND DIE FOLGEN FÜR ÖSTERREICH. Vorläufiger Bericht.
F. Schönhofer, W. Ecker, H. Hojesky, W. Junger, K. Kienzl, H. Nowak, A. Riss, P. Vychytil, J. Zechner.
November 1986.

Band 2:
FLURBEREINIGUNG UND LANDSCHAFTSPFLEGE. Neue Wege in der Flurbereinigung – aufgezeigt am Beispiel der Gemeinde Schrick, Niederösterreich.
G. Liebel, K. Farasin, P. Mayrhofer, P. Schawerda.
Dezember 1986.

Band 3:
BIOTOPKARTIERUNG. Stand und Empfehlungen.
G. Liebel, K. Farasin, G. Schramayr, F. Schanda, B. Stöhr.
April 1987.

Band 4:
STUDIE ZUR ABWASSERREINIGUNG DER HALLEIN PAPIER AG.
I. Kossina, D. Streichfuß, H. Fleckseder, R. Dworsky, B. Velimirov, M. Peter, W. Struwe.
August 1987.

Band 5:
BACKGROUNDSTATION EXELBERG. Endbericht. Untersuchungszeitraum 1983–1986.
H. Puxbaum u. E. Ober.
September 1987.

Band 6:
LUFTBILDGESTÜTZTE ERFASSUNG VON ALTABLAGERUNGEN. Ein Verfahren zur Dokumentation und Überwachung von Abbau- und Ablagerungsflächen am Beispiel des westlichen Marchfeldes.
M. Schamann, K. Zirm et al.
Dezember 1987.

Band 7:
BIOTOPFLÄCHENENTWICKLUNG SCHRICK.
K. Farasin u. G. Schramayr.
Februar 1988.

Band 8:
NATURWISSENSCHAFTLICHER PROBLEM- UND ZIELKATALOG ZUR ERSTELLUNG EINES ÖSTERREICHISCHEN BODENSCHUTZKONZEPTES.
R. Dworsky, J. Hackl, M. Häupl, E. Kasperowski, K. Kienzl, G. Liebel, H. Nowak, E. Seltenhammer–Malina.
Dezember 1988.

Band 9:
DIE IMMISSIONSSITUATION UM DAS ALUMINIUMWERK DER AMAG RANSHOFEN.
H. Hojesky, K. Radunsky, R. Baumann
November 1988.

Band 10:
BIOTOPERHEBUNG TRUPPENÜBUNGSPLATZ GROSSMITTEL. Dokumentation des Zustandes und Diskussion über Entwicklungsmöglichkeiten der naturräumlichen Ausstattung eines militärischen Sperrgebietes.
K. Farasin, G. Schramayr, F.M. Grünweis, M. Hauser, A. Kaltenbach, F. Tiedemann, P. Prokop.
Februar 1989.

Band 11:
KARTIERUNG AUSGEWÄHLTER KULTURLANDSCHAFTSTYPEN IN ÖSTERREICH.
M.H. Fink, F.M. Grünweis, T. Wrbka, J. Kräftner, A. Drexel, D. Hütner.
April 1989.

Band 12:
VORLÄUFIGER BIOTOPTYPEN-KATALOG ÖSTERREICHS.
W. Holzner.
1989.

Band 13:
GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM UNTEREN KAMPTAL.
J. Grath, H. Herlicska, S. Geist.
Juni 1989.

Band 14:
WALDZUSTANDSERHEBUNG BAD HOFGASTEIN.
J. Hackl, K. Zirm, M. Schamann, H. Mauser, M. Holzwieser, U. Bilek.
Juni 1989.

Band 15:
BODEN- UND VEGETATIONSUNTERSUCHUNGEN IM BEREICH DER SCHEITELSTRECKE DER TAUERNAUTOBAHN.
E. Kasperowski, E. Frank, et. al.
Juni 1989.

**BODEN- UND
VEGETATIONSUNTERSUCHUNGEN
IM BEREICH DER
SCHEITELSTRECKE DER
TAUERNAUTOBAHN**

Elfriede KASPEROWSKI
(Projektleitung)

Eduard FRANK
(Leitung der Analytik)

Folgende Mitarbeiter/innen waren am Zustandekommen der Studie beteiligt:

Projektleitung und Berichterstattung: E. Kasperowski

Probenahme: A. Poell, W. Wlcek

Analytik:

Grundparameter: E. Frank
K. Heilingbrunner
N. Pastory
M. Schöndorfer

AAS: E. Auer
E. Deutsch

RFA: E. Fürst
B. Kiener
A. Poell

ELMI: C. Trimbacher

Klimabeschreibung: H. Hojesky

Weitere analytische Untersuchungen wurden vom Österreichischen Forschungszentrum Seibersdorf Ges.m.b.H. im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt.

Die bodenzoologischen Untersuchungen haben Frau Dr. G. Lüftenegger und Prof. Dr. W. Foissner vom Zoologischen Institut der Universität Salzburg im Auftrag des Umweltbundesamtes übernommen.

EDV: A. Kirmes

Texterstellung: R. Amrein

Luftbildaufnahmen: Vervielfältigungen mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, Zl. L 60 039/89

Fotos: J. Hummel (20a, 20b), M. Kasperowski (4a, 4b), C. Trimbacher (21,22,23,24,25).

Titelfoto: Verkehrsstau auf der Tauernautobahn (G. Mikes, mit freundlicher Genehmigung des Autors)

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1010 Wien, Biberstraße 11.

Druck: Fa. Radinger, 3270 Scheibbs

© Umweltbundesamt, Wien, Juni 1989

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-85457-036-8

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
ZUSAMMENFASSUNG/SUMMARY	I
VORBEMERKUNG	1
1 EINLEITUNG	3
2 UNTERSUCHUNGSGEBIET	5
2.1 Lage	5
2.2 Bevölkerung	9
2.3 Klima	9
2.4 Geologie	15
2.5 Böden und ihre Nutzung	16
3 KRAFTFAHRZEUGVERKEHR	21
3.1 Historische Entwicklung	21
3.2 Verkehrsaufkommen	24
3.3 Emissionssituation	28
4 UNTERSUCHUNGSPROGRAMM	33
5 UNTERSUCHTE FAKTOREN	35
5.1 Grundparameter	35
5.2 Verkehrsspezifische Metalle	35
5.2.1 Blei	35
5.2.2 Cadmium	36
5.2.3 Zink	37
5.3 Organische Schadstoffe (PAHs)	37
5.4 Sonstige Parameter	40
5.4.1 Schwefel, Chlor	40
5.4.2 Brom	41
5.5 Bodenzoologische Untersuchungen	41
5.6 Morphologische Untersuchungen an Fichtennadeln	41

	Seite
6	STANDORTE FÜR DIE PROBENAHMEN 43
7	PROBENAHMEN UND UNTERSUCHUNGSMETHODEN 53
7.1	Bodenproben 53
7.1.1	Methodenbeschreibung für Grundparameter- und Metall-Analysen 53
7.1.2	Methodenbeschreibung für organische Schadstoffe (PAH-Analysen) 54
7.1.3	Methodenbeschreibung für die boden- zoologischen Untersuchungen 55
7.2	Vegetationsproben 56
7.2.1	Grünland 56
7.2.2	Fichtennadeln 58
8	ERGEBNISSE 61
8.1	Ergebnisse aus den drei Querprofilen 61
8.1.1	Grundparameter 61
8.1.2	Metalle in Boden und Grünland 66
8.1.3	Organische Schadstoffe in Boden und Grünland 76
8.1.4	Chlor und Brom in Boden und Grünland 86
8.1.5	Bodenzoologische Untersuchungen 88
8.2	Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen (Bruckdorf) 94
8.3	Ergebnisse der morphologischen Nadel- analysen ("Stampernitzen") 97
8.3.1	Referenzstandort Innervals 97
8.3.2	Höhenprofil "Stampernitzen" 98
	ANHANG 102
	TABELLENVERZEICHNIS 109
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS 112
	LITERATURVERZEICHNIS 115

ZUSAMMENFASSUNG

Die Projektstudie "Tauernautobahn" hatte zum Ziel, die Schadstoffbelastungen des Bodens und der Vegetation durch einen der meistbefahrenen Verkehrsträger Österreichs zu erheben, um die Voraussetzungen zu schaffen, Strategien für eine zukünftige Umweltpolitik erarbeiten zu können.

Die Tauernautobahn zählt zu den wichtigsten nationalen und internationalen Verkehrsverbindungen. Mit einer durchschnittlichen Frequenz von 10.000 Fahrzeugen pro Tag (Spitze bis 40.000 Kfz/d) ist die Verkehrsbelastung außerordentlich hoch. Der Anteil ausländischer Kraftfahrzeuge daran beträgt etwa zwei Drittel. Aus diesem Grund kommt die gegenüber den meisten Nachbarländern strengere Umweltgesetzgebung Österreichs kaum zum Tragen.

Etwa 10 % des Verkehrsaufkommens ist dem LKW-Verkehr zuzuzählen. Wenn auch keine genauen Zählungen vorliegen, ist hier der Auslandsanteil noch höher als bei PKWs.

Boden und Grünland wurden sowohl auf die verkehrsspezifischen "klassischen" Parameter Blei, Cadmium und Zink, als auch auf verkehrsbedingte organische Schadstoffe wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs) aber auch auf Brom hin untersucht. Verkehrsbedingte PAH-Kontaminationen sind bisher in Österreich nicht erhoben worden. Wegen der eingesetzten großen Mengen an Auftausalzen ist weiters noch der Chlorgehalt der Böden und Pflanzen bestimmt worden. Ergänzend dazu wurden bodenzoologische Untersuchungen vorgenommen.

Weiters sind auch Fichtennadeln von autobahnnahen Standorten auf ihren Gehalt an Schwermetallen und Schwefel analysiert worden. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen sollten zeigen, inwieweit verkehrsbedingte Aerosole Einfluß auf die Vitalität von Fichten haben.

Folgende Ergebnisse sind als bemerkenswert hervorzuheben:

- o Allen Untersuchungsergebnissen gemeinsam ist die Tatsache, daß die Konzentration des jeweiligen Parameters mit zunehmender Entfernung von der Autobahn abnimmt und daß bereits in Distanzen von einigen Zehnermetern mit gegenüber dem Referenzpunkt normalen Verhältnissen zu rechnen ist.
- o Ausnahmen von dieser Regel ergeben sich in Inversionslagen (Auswirkungen auf die Fichten).
- o Im Nahbereich der Autobahn mußten maßgebliche Schadstoffbelastungen festgestellt werden und zwar an
 - Blei, das Grenzwertüberschreitungen (3 von 18 Probenahmestellen) bezogen auf die Steiermärkische Klärschlammverordnung zeigt. Bereits in Entfernung ab 10 m von der Autobahn konnte eine Normalisierung der Werte registriert werden.
 - Cadmium und Zink. Beide Metalle traten zwar in erhöhten Konzentrationen im Boden auf, überschritten aber, bezogen auf die Steiermärkische Klärschlammverordnung in keinem Fall die Grenzwerte. Auch in Grünlandproben konnten erhöhte Werte nachgewiesen werden.
 - Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAHs). Für keine der 15 untersuchten Verbindungen einschließlich der als kanzerogen angenommenen, wurden in Boden und Vegetation bedeutlich erhöhte Werte gefunden.

- Chlor, das infolge seines massiven Einsatzes als Auftaumittel in großen Mengen im Boden aber auch im Grünland nachgewiesen werden konnte (bis zu einem Vielfachen des Wertes des Referenzstandortes). Der Trend der Konzentrationsabnahme mit der Entfernung zur Autobahn ist in den Unterböden stärker zu beobachten als im Oberboden.

- o Bodenzologische Untersuchungen weisen im Nahbereich der Autobahn eine Abnahme der Artenvielfalt sowie der Biomasse nach.
- o Die morphologischen Nadelanalysen (Höhenprofil "Stampernitzen") bestätigten den allgemeinen Trend und zeigten eine Abnahme der Schädigungen der Wachsschicht und der Atmungsorgane sowie der Staubbelastung mit zunehmender Entfernung von der Autobahn.

Die Ergebnisse der Studie rechtfertigen eine Empfehlung, die analog zum Erlaß "biologischer Landbau" dahingehend wirken sollte, daß landwirtschaftliche Produkte einschließlich Futtermittel im Bereich von 50 m zu beiden Seiten von Autobahnen nicht genutzt werden dürfen. Ebenso sollten Pachtverträge zwischen Autobahnbetreibern und Landwirten betreffend der Nutzung der Autobahnbegleitflächen neu geregelt werden.

Grundsätzlich bestätigt auch diese Studie, daß im Sinne eines umfassenden, langfristigen Bodenschutzes auf eine Verringerung der Schadstoffemissionen zu achten ist, bzw. daß derzeit gültige Grenzwerte unbedingt einzuhalten sind.

SUMMARY

The Tauernautobahn is one of the most important north/south connections in the European network of motorways. Along this first-rate traffic-carrier, the effects of the motorcar traffic on the soil and the vegetation were investigated. These investigations were carried out along three lateral profiles; results were obtained by the analysis of the traffic-specific metals i.e. lead, cadmium, zinc as well as the polycyclic aromatic hydrocarbones. Besides that, spruce-needles were analysed for their possible content of harmful substances.

The results revealed the fact, that environmental stress, caused by the traffic decreases with increasing distance from the emittent.

The measured contaminations are higher than the natural contents; in not a single case, existing threshold values were infringed.

VORBEMERKUNG

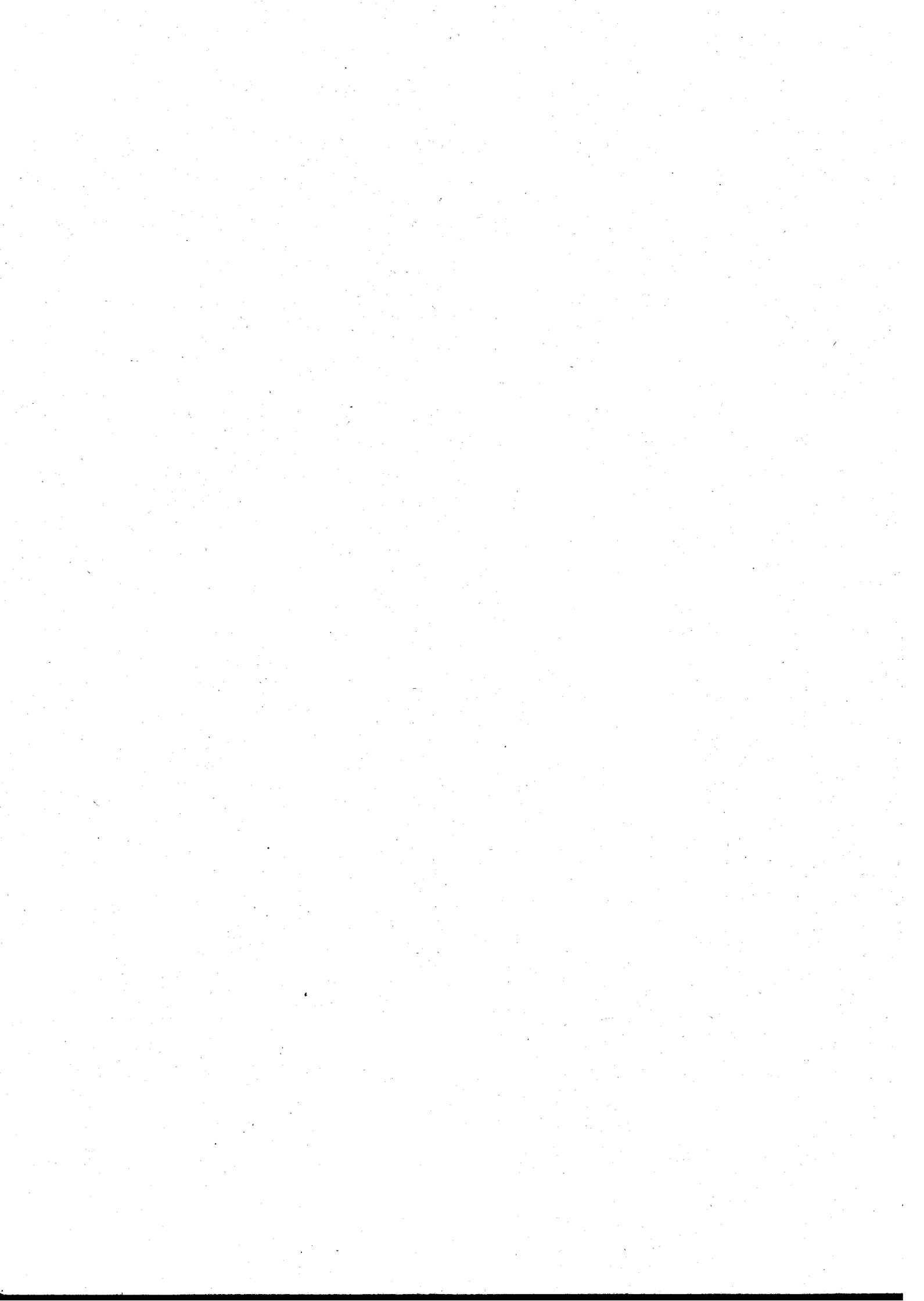
In der vorliegenden Studie werden die Ergebnisse von Untersuchungen über die Auswirkungen des Kfz-Verkehrs im Bereich der Tauernautobahn im Zederhaustal auf Boden und Vegetation dargestellt. Sie wurde im Auftrag der Frau Bundesministerin für Umwelt, Jugend und Familie, Dr. Marilies Flemming, durchgeführt.

Wenngleich die einmalige Untersuchung nur eine Momentaufnahme darstellen kann, bringen die Ergebnisse doch wichtige Informationen über die Beeinträchtigung von Boden und Vegetation im Bereich eines hochrangigen Verkehrsträgers.

Die besondere Bedeutung der Studie liegt darin, daß die Tauernautobahn-Scheitelstrecke eine der stärkst frequentierten Autobahnstücke und gleichzeitig einer der wichtigsten Alpenübergänge Europas ist, dessen Verkehrsbelastung in Zukunft noch zunehmen wird.

Das Amt der Salzburger Landesregierung hat Untersuchungen über die durch den Transitverkehr auf der Tauernautobahn verursachten Umweltbelastungen veranlaßt und einen Verkehrs- und Umweltausschuß "Tauernautobahn" mit dem Unterausschuß Umweltdaten eingerichtet und somit die gegenseitige Information aller eingebundenen Institutionen gewährleistet.

Dem Amt der Salzburger Landesregierung sei für die freundliche Unterstützung der vorliegenden Arbeit, insbesondere die Bereitstellung von Unterlagen sowie die Hilfestellung durch die Landesforstdirektion bei der Probenahme von Fichtennadeln gedankt.



1 EINLEITUNG

Die Tauernautobahn zählt zu den am meisten befahrenen Nord-Süd-Verbindungen in Mitteleuropa. Im Jahr 1987 haben rund 4,7 Mio. Fahrzeuge diesen Verkehrsweg benutzt. Davon waren etwa 10 % Schwerfahrzeuge. Verkehrszählungen zeigen, daß sich in den vergangenen 9 Jahren der Kfz-Verkehr auf dieser Straße mehr als verdreifacht hat. Ein Trend, der weiter anhält. Hochrechnungen prophezeien bis zur Jahrtausendwende eine Verdoppelung des jetzigen Verkehrsaufkommens.

Der Grund für die steigenden Frequenzen ist einerseits im noch immer zunehmenden Fahrzeugbestand und andererseits in der restriktiven Verkehrspolitik der Schweiz gegenüber dem Schwerverkehr zu sehen, die viele Fahrzeuge nach Österreich ausweichen läßt. Beide Tatsachen werden durch den Umstand überlagert, daß diese Transitroute auch für den Urlauberverkehr immer noch die kürzeste Verbindung zwischen dem Norden und dem Süden sowie Südosten Europas darstellt.

Bemühungen zur Verminderung des Straßenverkehrs z.B. durch seine Umleitung auf die Schiene stehen heute noch am Anfang (z.B. Autoreisezug, LKW-Huckepack-Verkehr). Ohne neue Verkehrskonzepte, die unter anderem auch den verstärkten Ausbau der Bahnlinien umfassen, wird es kaum möglich sein, diese wichtige Aufgabe zu bewältigen.

Speziell in Hinblick auf die Assoziierungs- bzw. Beitrittsbestrebungen Österreichs zur EG kommt einer Untersuchung über die Auswirkungen des Verkehrs auf die Umwelt besondere Bedeutung zu. Nur mit Hilfe fundierter Daten wird es möglich sein, europaweit ein gemeinsames Konzept zur Verminderung bzw. Verhinderung der Verkehrsbelastungen zu diskutieren bzw. durchzusetzen.

Es sei betont, daß die vorliegende Arbeit die Situation im Juli 1988 repräsentiert. Da zu erwarten ist, daß mit dem weiteren Ansteigen des Kfz-Verkehrs auch die Umweltbelastungen zunehmen werden, sollte durch periodische Untersuchungen überprüft werden, inwieweit sich umweltschonende Maßnahmen z.B: die Einführung des Katalysators, bleifreier Kraftstoffe trotz verstärktem Verkehrsaufkommen auswirken.

2 UNTERSUCHUNGSGEBIET

2.1 Lage

Das Untersuchungsgebiet - benannt nach dem Zederhausbach - liegt im Lungau, im Bundesland Salzburg, im Bereich der Gemeinden Zederhaus und St. Michael. Der durch dieses von Nordwesten nach Südosten zwischen Tauern- und Katschberg-tunnel verlaufende Tal geführte Abschnitt der Tauernauto-bahn, ist Teil der "Scheitelstrecke". Die Autobahn tritt bei Wald in 1.300 m Seehöhe aus dem Tauerntunnel, verläuft im Bereich der Ortschaft Zederhaus auf etwa 1.200 m und im Bereich der Mautstelle bei St. Michael auf etwa 1.000 m Seehöhe. Somit kann die Südfahrbahn als Gefälle- und die Nordfahrbahn als Steigungsstrecke bezeichnet werden.

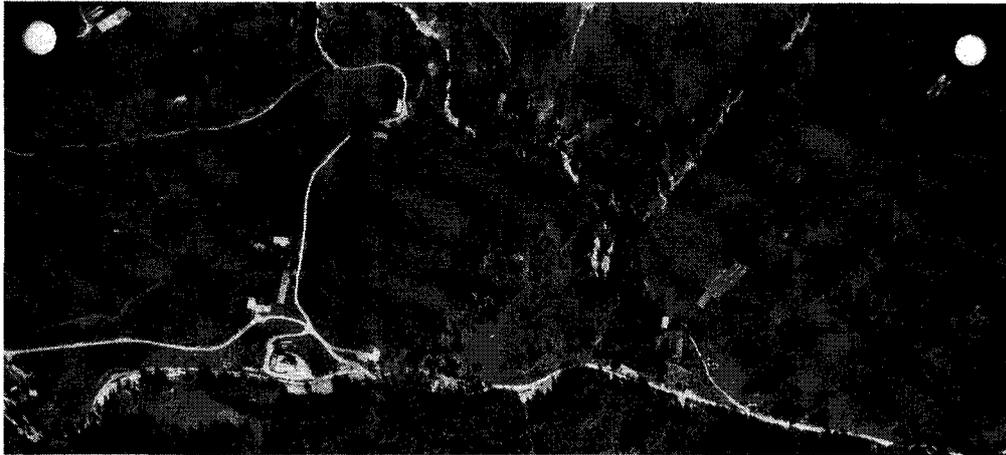
Das Zederhaustal ist ein charakteristisches Beispiel für eine Tallandschaft im alpinen Raum, die verschiedenen An-sprüchen gerecht werden muß: Sie ist Siedlungsraum, land-wirtschaftlicher Wirtschaftsraum und Raum für Verkehrs-träger, im speziellen Fall für eine der wenigen Haupt-routen über den Alpenhauptkamm - die Tauernautobahn (A 10).

Da es sich um ein enges Tal handelt, das sich erst bei St. Michael weitet, war zu erwarten, daß der vornehmlich während der Sommermonate enorme Durchzugsverkehr ver-stärkte Auswirkungen auf die Umwelt hat.

Der ohnehin nur geringe Anteil an nutzbaren landwirt-schaftlichen Flächen ist den Schadstoffimmissionen aus dem Kfz-Verkehr ganz besonders ausgesetzt. Die Sorge der betroffenen Bevölkerung ist verständlich und berechtigt (siehe Abbildungen 1a - 1c)!

Abbildung 1 a: Bereich Südportal Tauerntunnel.
Gegenüberstellung vor und nach der Er-
richtung der Scheitelstrecke der Tauern-
autobahn

1966



1985

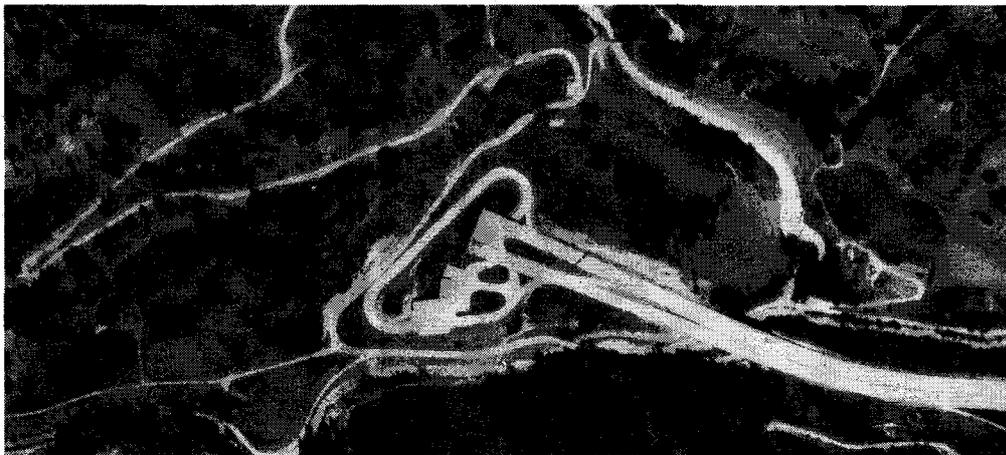


Abbildung 1 b: Bereich Bruckdorf - Marislbach.
Gegenüberstellung vor und nach der Er-
richtung der Scheitelstrecke der Tauern-
autobahn.

1966



1985



Abbildung 1 c: Bereich Oberweißburg.
Gegenüberstellung vor und nach der Er-
richtung der Scheitelstrecke der Tauern-
autobahn

1966



1985



2.2 Bevölkerung

Das Untersuchungsgebiet liegt im politischen Bezirk Tamsweg in den Gemeinden Zederhaus und St. Michael. Der nächstgelegene Hauptort ist St. Michael nahe der Mündung des Zederhausbaches in die Mur.

Die Gemeinde Zederhaus hat 1.215, das Dorf Zederhaus 177 Einwohner. Die Gemeinde St. Michael zählt 3.223, der Markt St. Michael selbst 961 Einwohner (Stand 1980).

Die bäuerliche Bevölkerung im Zederhaustal verzeichnet eine ständige Abnahme. Zahlreiche Einwohner sind zum Auspendeln gezwungen.

2.3 Klima

Das Zederhaustal ist klimatisch eng an jenes des Lungaus gebunden, zeigt aber darüber hinaus Besonderheiten eines alpinen Seitentales (z.B. geringe Windgeschwindigkeiten, Kanalisierung der Luftströmung, Ausbildung von Lokalwindsystemen, unterschiedliche Erwärmung sonniger bzw. schattiger Hänge). In der Ortschaft Zederhaus befindet sich eine Meßstelle des Hydrographischen Dienstes, an der Niederschlagsmenge und Schneehöhe erfaßt werden. Aufgrund der großen Anzahl verfügbarer meteorologischer Daten aus dem dem Zederhaustal vorgelagerten Lungau wird dessen Klima beschrieben und nur in einzelnen Fällen auf die speziellen Verhältnisse im Zederhaustal eingegangen.

Der Lungau ist ein typisches Beispiel eines inneralpinen Beckens. Er ist im Norden, Westen und Süden von Bergen eingerahmt und nur nach Osten hin offen. Infolge dieser

Abgeschlossenheit kann sich häufig kalte Luft am Talgrund sammeln, die sich bei Hochdrucklagen durch die nächtliche Ausstrahlung weiter abkühlt. Dadurch kommt es insbesondere im Winter zur Ausbildung von Inversionen; die Nebelhäufigkeit ist wegen der Trockenheit jedoch gering. Es überwiegen Bodeninversionen bzw. tiefliegende abgehobene Inversionen.

Für die Beschreibung des Klimas im Lungau werden die meteorologischen Parameter der Stationen in St. Michael und Mauterndorf herangezogen. Für den Vergleich zwischen inneralpiner Beckenlage und der Lage am Alpennordrand werden die Werte der Station "Salzburg-Flugplatz" verwendet (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Für die Klimabeschreibung herangezogene Klimastationen

Station	Geogr. Länge	Geogr. Breite	Seehöhe	Daten aus den Jahren
St. Michael im Lungau	13° 39'	47° 06'	1.094 m	1968 - 1987
Mauterndorf	13° 41'	47° 08'	1.118 m	1963 - 1973
Salzburg	13° 00'	47° 48'	434 m	1963 - 1987

Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, persönliche Mitteilung, 1988

Das Jahresmittel der Lufttemperatur liegt im Lungau zwischen 5°C und 6°C (in Salzburg rund 9°C, siehe Tabelle 2). Bei den 7-Uhr-Terminbeobachtungen im Winter (siehe Tabelle I im Anhang) fällt der Einfluß des bodennahen Kältesees besonders auf; hier sind die Unterschiede zur Temperatur in Salzburg am größten (im Sommer ist der Unterschied beim Abendtermin am größten).

Tabelle 2: Jahresmittel von Lufttemperatur, Relativer Luftfeuchtigkeit und Niederschlagsmenge sowie Extreme der Niederschlagsmenge

Station	Luft- temperatur	Relative Feuchte		Niederschlagsmenge			
	°C	%		mm			
	Mittel	Mittel	Mittel	Jahres- max.	Jahres- min.	Monats- max.	Monats- min.
St. Michael	5,7	75,3	828,7	1.027,0	539,0	75,0	27,0
Mauterndorf	5,2	76,0	909,1	1.062,0	658,0	63,0	6,0
Salzburg	8,9	75,7	1.151,8	1.509,0	790,0	117,0	23,0

Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, persönliche Mitteilung, 1988

Die Temperaturinversion infolge Ansammlung von Kaltluft in Bodennähe zeigt sich an den mittleren Wintertemperaturen in verschiedenen Seehöhen (in 1.000 m Seehöhe $-6,5^{\circ}\text{C}$, in 1.150 m Seehöhe $-5,5^{\circ}\text{C}$, in 1.250 m Seehöhe $-4,4^{\circ}\text{C}$). Die Rauigkeit des Klimas kommt durch die Zahl der Frosttage (Tage, an denen Temperaturen $< 0^{\circ}\text{C}$ gemessen wurden) deutlich zum Ausdruck, die im Lungau zwischen 160 und 170 Tagen im Jahr liegt (siehe Tabelle 3).

Mit zunehmender Seehöhe, steigen im Zederhaustal talaufwärts die mittleren Wintertemperaturen. Der Ort Zederhaus (etwa in Talmitte) liegt bereits auf 1.200 m Seehöhe.

Frost tritt in der Regel zwischen September und Mai auf.

Die Tagesmitteltemperatur von 5°C (Vegetationsbeginn) wird im Lungau im langjährigen Mittel zwischen 20. April und 20. Oktober erreicht bzw. überschritten und hält somit 183 Tage an.

Die relative Luftfeuchtigkeit im Lungau unterscheidet sich im Mittel nur wenig von der in Salzburg (siehe Tabelle 2). Während der Mittagsstunden ist aber die relative Feuchtigkeit in Salzburg höher als im Lungau, was bedeutet, daß das Klima im Lungau trockener ist als das in Salzburg. Dies wird auch durch die Angaben über die Niederschlagsverhältnisse unterstrichen (siehe Tabelle 2): Sowohl die mittlere jährliche Niederschlagsmenge als auch die Niederschlagsintensität ist im Lungau deutlich niedriger als in Salzburg. Im Mittel gibt es im Jahr 100 bis 110 Tage mit Niederschlagsereignissen. Der niederschlagsärmste Monat ist der Februar, der niederschlagsreichste der Juli. Die mittlere Niederschlagsmenge in Zederhaus ist praktisch ident mit der in St. Michael.

Die Anzahl der Tage mit Tau (siehe Tabelle 3) verdeutlicht das trockene Klima des Lungaus. Auch die Gewitterhäufigkeit ist geringer als in Salzburg. Bei der Zahl der Nebeltage weist St. Michael den höchsten Wert auf, ein Umstand, der wahrscheinlich auf lokale Einflüsse zurückzuführen ist, denn insgesamt ist der Lungau als verhältnismäßig nebelarm einzustufen. Die hinteren Talbereiche des Zederhaustales weisen infolge ihrer Höhenlage eine noch geringere Nebelhäufigkeit als die in Tabelle 3 angegebene auf.

Tabelle 3: Jahresmittel der Anzahl der Tage mit bestimmten meteorologischen Erscheinungen

Station	Frosttage (Temp.min. < 0° C)	Eistage (Temp.max. < 0° C)	Tage mit Nieder- schlag > 10 mm	Tage mit Tau	Tage mit Gewitter	Tage mit Hagel	Tage mit Nebel	Tage mit Schnee- decke
St. Michael	169,3	44,7	24,7	60,2	14,2	0,6	54,6	119,5
Mauterndorf	164,8	43,0	27,7	65,4	18,0	0,2	29,3	134,4
Salzburg	103,5	25,8	38,0	158,0	43,1	1,8	52,8	63,5

Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, persönliche Mitteilung, 1988

Im Mittel ist an mindestens 120 Tagen im Jahr mit Schneelage zu rechnen, das entspricht einem Drittel des Jahres (siehe Tabelle 3) und fällt in die Zeit zwischen Anfang November und Mitte April. Die Zeitspanne an der eine Schneedecke vorhanden ist, verlängert sich mit zunehmender Höhenlage.

Die Verdunstung kann mit etwa 370 mm im Jahr angenommen werden.

Die Windverhältnisse sind im wesentlichen durch die Orographie bestimmt; das zeigt sich deutlich an den unterschiedlichen Windrichtungsverteilungen von St. Michael und Mauterndorf (siehe Tabelle 4 und Tabelle II im Anhang). Es kann davon ausgegangen werden, daß die talparallelen Windrichtungen die häufigsten sind. Die jahreszeitlichen Unterschiede sind - abgesehen von den Ostwinden in St. Michael infolge des nach Osten offenen Beckens - nicht sehr groß.

Tabelle 4: Relative Häufigkeiten der einzelnen Windrichtungen sowie Calmen (in Prozent)

Station	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
St. Michael	0,60	2,65	18,64	8,92	3,90	18,88	32,86	6,36	7,23
Mauterndorf	18,05	2,31	8,62	3,01	7,16	4,80	24,10	12,16	19,87
Salzburg	12,72	4,56	2,04	22,66	15,10	5,35	9,33	18,04	10,26

Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, persönliche Mitteilung, 1988

Die mittleren Windgeschwindigkeiten im Lungau sind fast durchwegs geringer als im Flachland (siehe Tabelle III im Anhang).

Die Windverhältnisse im Zederhaustal sind bei ungestörten Wetterlagen durch das Regime der Talein-/Talauswinde bzw. Hangwinde geprägt. Da das Tal relativ eng ist, bilden sich durch unterschiedliche Besonnung der beiden Talseiten besondere Hangwindssysteme aus.

Zusammenfassend läßt sich festhalten: Im Zederhaustal herrscht das typische Klima eines inneralpinen Seitentales, das sich durch kühle Sommer und kalte, niederschlags- und wolkenarme Winter auszeichnet. Durch die abgeschlossene Lage wird nahe dem Talausgang die Ausbildung von bodennahen Kälteseen gefördert. In den hinteren Talbereichen kommt es nicht zur Kälteseebildung, da die kalte Luft das Tal hinunterströmt. Die abschirmende Wirkung der den Lungau bzw. das Zederhaustal umrahmenden Bergketten senkt die Niederschlagsmenge (maritime Luftmassen können nicht so wirksam werden wie an den Alpenrändern, woraus der relativ geringe Niederschlag auch in den Sommermonaten resultiert) und beeinflusst die Windverhältnisse (die Hauptwindrichtungen

sind talparallel, die Windgeschwindigkeiten geringer als im Flachland). Innerhalb des beschriebenen Gebietes können sich durch lokalklimatische Einflüsse (sonnige oder schattige Hänge, Ausbildung lokaler Windsysteme) auf engem Raum zeitweise große Unterschiede bei den meteorologischen Parametern ergeben.

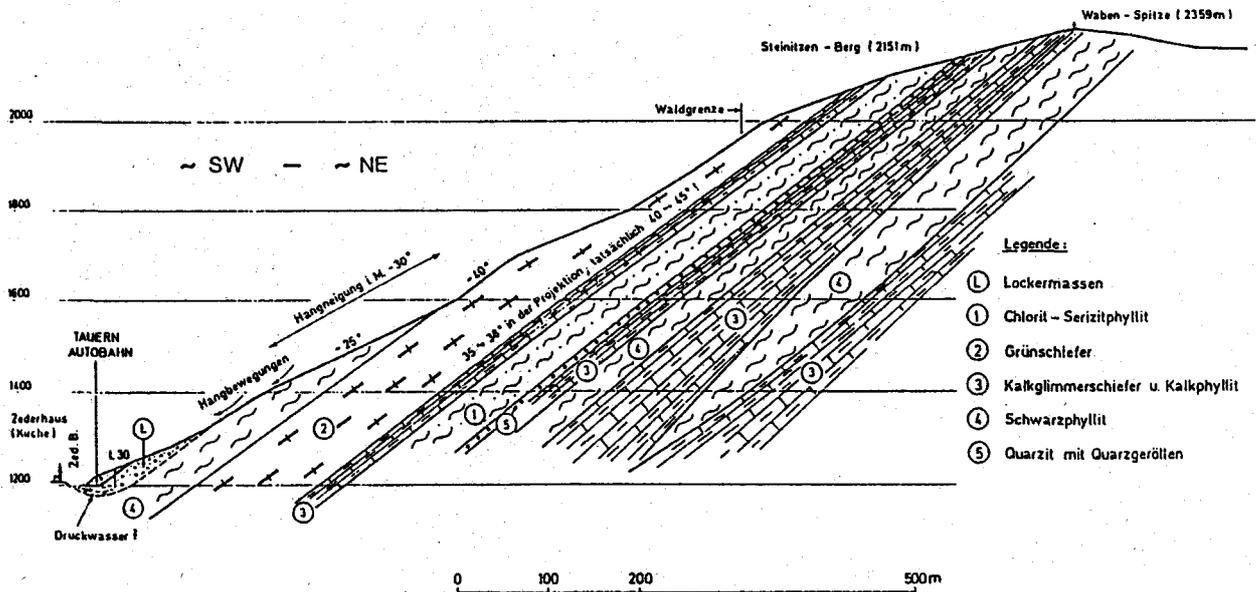
2.4 Geologie

Der Bereich des Zederhaustales - von der Ortschaft Wald bis zur Mündung in das Murtal - liegt fast zur Gänze in der Schieferhülle der Hohen Tauern. Diese besteht vornehmlich aus Phyllit, Grünschiefer und Kalkglimmerschiefern. Infolge des häufigen Wechsels der Gesteinsarten kommt es zu einer morphologischen Vielgestaltigkeit und Abwechslung (siehe Abbildung 2).

In der nördlichen Talseite reichen der Quarzitsockel und die darüberliegenden massiven Dolomiten der Unteren Radstädter-Decke des Weißeck-Hochfeind-Zuges jedoch weit ins Tal herab (Tauernautobahn AG, 1976).

Erst während der Eiszeit, vor allem der letzten großen Vereisung im Würm, erhielt diese Landschaft ihr heutiges Aussehen. Sie wurde somit von eiszeitlichen Ablagerungen geprägt.

Abbildung 2: Geologisches Profil bei Zederhaus/Lungau



Quelle: Tauernautobahn AG, 1976

2.5 Böden und ihre Nutzung

Die Böden im Untersuchungsgebiet sind nicht einheitlich. Ihre Entwicklung wurde von unterschiedlichen Ereignissen wie Erosion, fluviatile Umlagerung und Aufschüttungen, Hangbewegungen, Rutschungen oder gar Eisschurf, beeinflusst. So haben sich verschiedene Bodentypen entwickelt, die nicht scharf voneinander zu trennen sind. Speziell bei Böden im Nahbereich der Autobahn, die anthropogen stark verändert wurden, kommt es häufig zu Vermischungen und Verzahnungen.

So liegt z.B. der Probenahmepunkt 18 (im Profil III) im Bereich einer ehemaligen Schotterentnahme, die anschließend mit Müll verfüllt wurde und die derzeit bis zum natürlichen Niveau humusiert ist. Diese relativ große parallel zur Autobahn liegende Fläche wird wieder landwirtschaftlich genutzt.

Die Beschreibung der Böden ist dem Band 145 "Kartierungsbereich St. Michael im Lungau" der Schriftenreihe der Bundesanstalt für Bodenkultur entnommen und wird im folgenden angeführt:

Bodenform 14

Lage und Vorkommen: im Aubereich verbreitet, besonders entlang des Mur-Oberlaufes, in ebener bis schwach geneigter Lage in Rückstauzonen

Bodentyp und Ausgangsmaterial: vergleyter Schwemmboden, kalkfrei oder kalkarm, aus feinem und grobem Schwemmaterial

Wasserhältnisse: feucht; geringe Speicherkraft, hohe Durchlässigkeit, Wassereinfluß vom Gerinne her kombiniert mit Hangrückstau

Bodenart und Grobanteil:

Ag sandiger Schluff mit geringem Grobanteil

CG¹ schluffiger Sand mit mäßigem Grobanteil

CG² (einige Schotterbänder)

Humusverhältnisse: Ag mittelhumos; Anmoormull

Kalkgehalt: kalkarm oder kalkfrei

Bodenreaktion: neutral

Erosionsgefahr: stark überschwemmungsgefährdet

Bearbeitbarkeit: in Feuchtperioden Befahren erschwert infolge der Feuchte, Vertrittgefahr bei Beweidung

Natürlicher Bodenwert: geringwertiges Grünland (meist einmählig oder Hutweide)

Bodenform 17

Lage und Vorkommen: meist im Aubereich, entlang der Autobahn und überall dort, wo Schotter abgebaut wurde

Bodentyp und Ausgangsmaterial: schwach pseudovergleyter, kalkhaltiger Planieboden aus vorwiegend grobem Schüttungsmaterial

Wasserhältnisse: meist wechselfeucht infolge der Verdichtung des Schüttungsmaterials durch Maschinendruck; geringes Speichervolumen geringe Durchlässigkeit

Bodenart und Grobanteil: A schluffiger Sand mit hohem Grobanteil (Kies, Schotter)
Cg vorherrschend Grobanteil (Schotter, Kies), dazwischen Sand oder schluffiger Sand, großteils verdichtet (Raupendruck)

Humusverhältnisse: A stark humos; Modernmull

Kalkgehalt: mäßig oder stark kalkhaltig

Bodenreaktion: neutral bis alkalisch

Erosionsgefahr: meist nicht gefährdet

Bearbeitbarkeit: meist gut befahr- und beweidbar

Natürlicher Bodenwert: geringwertiges Grünland (eingesäte Wiesen)

Sonstige Angaben: Neukulturen

Bodenform 20

Lage und Vorkommen: auf Schwemmkegeln; vorkommend an der Schwemmkegelwurzel, in hängiger bis stark hängiger Lage, besonders im Zederhaustal

Bodentyp und Ausgangsmaterial: Pararendsina aus grobem und feinem Schwemmmaterial (Kalkschiefer)

Wasserhältnisse: mäßig trocken; geringe Speicherkraft, sehr hohe Durchlässigkeit

Bodenart und Grobanteil:
A schluffiger Sand mit geringem bis
C hohem Grobanteil (Kies, Schotter)

Humusverhältnisse: A stark humos; Mull

Kalkgehalt: stark kalkhaltig

Bodenreaktion: alkalisch

Erosionsgefahr: mäßig bis stark gefährdet durch Vermurung, je nachdem, ob Wildbachverbauungen vorhanden sind; auch durch Lawinen gefährdet

Bearbeitbarkeit: Befahren erschwert infolge Hanglage; gut beweidbar

Natürlicher Bodenwert: mittelwertiges Grünland, stellenweise (Hitzeriegel, Steilstücke) geringwertiges Grünland

Bodenform 53

Lage und Vorkommen: im Bereich des anstehenden Gesteins; verbreitet in steilhängiger Lage

Bodentyp und Ausgangsmaterial: Pararendsina aus Kalkschiefer

Wasserverhältnisse: mäßig trocken; geringe Speicherkraft, hohe Durchlässigkeit

Bodenart und Grobanteil:

A Sand mit mäßigem Grobanteil (Grus, Steine)

Cv Sand mit hohem Grobanteil (Grus, Steine)

Cn Fels

Humusverhältnisse: A mittelhumos; Modernmull

Kalkgehalt: stark kalkhaltig

Bodenreaktion: alkalisch

Erosionsgefahr: stark gefährdet durch Abschwemmung, mäßig gefährdet durch Rutschung

Bearbeitbarkeit: meist nicht befahrbar wegen Steilhängigkeit

Natürlicher Bodenwert: geringwertiges Grünland (Hutweide)

Sonstige Angaben: Die Bodentiefe schwankt in den Extremen stärker als im Mittelprofil angegeben. Es kommen auch Felsbraunerden vor, häufig sind Flächen mit Steinen verblockt, lockerer Baumbestand, oft kleine Feuchtstellen.

Somit ist es möglich, die einzelnen Probenahmepunkte definierten Bodenformen zuzuordnen:

Profil I: Probenahmepunkte 1 - 6: Bodenform 17

Profil II: Probenahmepunkte 7a - 9: Bodenform 17

10 - 12a: Bodenform 20

Profil III: Probenahmepunkte 13 Bodenform 53

14 - 18: Bodenform 17

Referenzpunkt 19: Bodenform 14

Die Möglichkeit der Bodennutzung im Untersuchungsgebiet ist wegen der Enge des Tales beschränkt. Sie erfolgt zu-
meist in Form der Kunstegartwirtschaft. Das bedeutet, daß
die Böden nach 2 - 4 jähriger Ackernutzung eine Wiesen-
einsaat erhalten und dann 3 - 8 Jahre lang zur Futter-
produktion herangezogen werden (Grünland).



3 KRAFTFAHRZEUGVERKEHR

Aus topographischen Gründen ist der Kfz-Verkehr zwischen den Regionen nördlich und südlich der Alpen auf wenige Achsen konzentriert. Eine davon ist die Tauernautobahn.

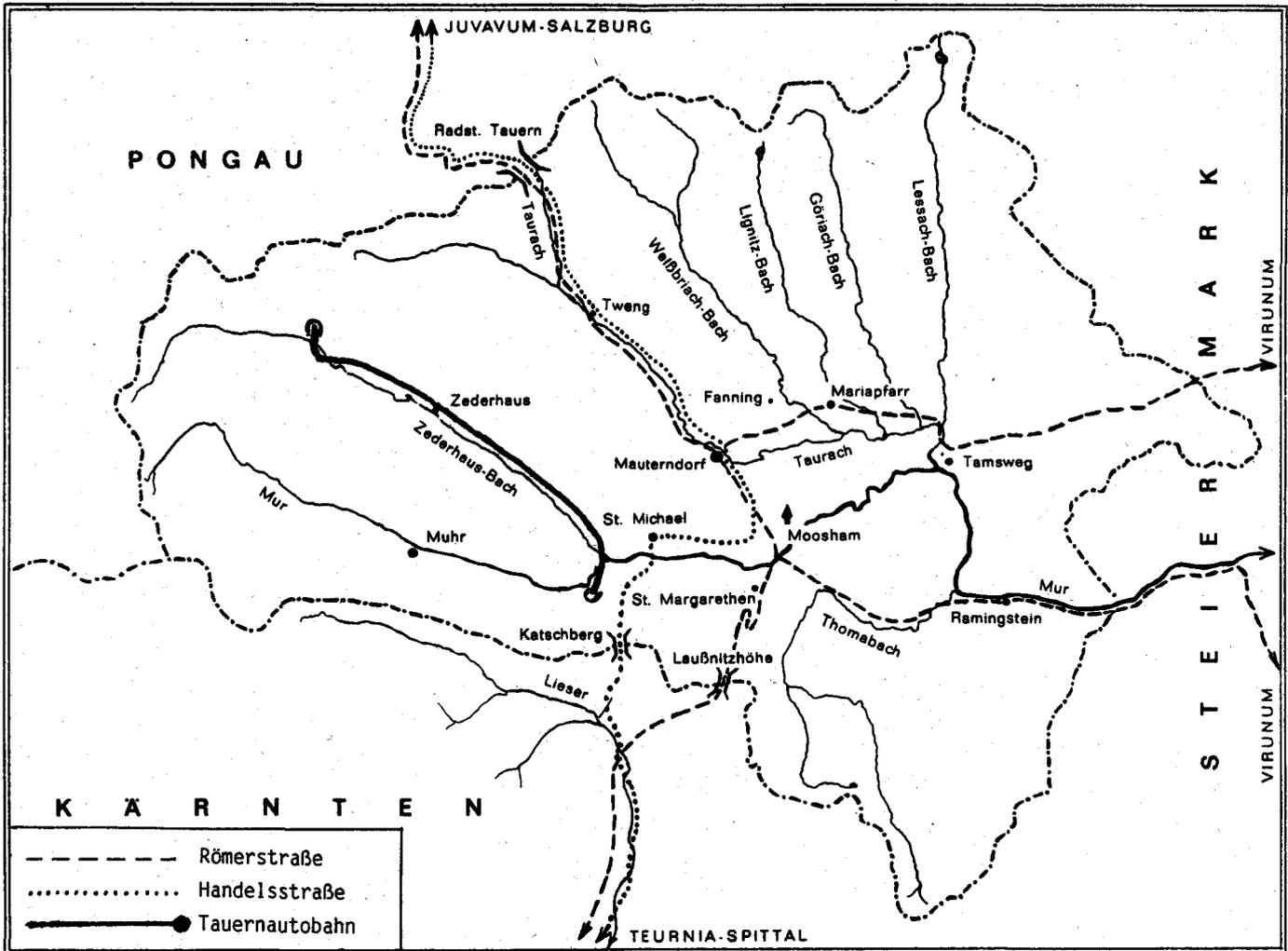
3.1 Historische Entwicklung

Erhaltene römische Meilensteine geben Zeugnis, daß durch den Lungau - genauer durch das Aurachtal und über den Radstädter-Tauernpaß - bereits in vorgeschichtlicher Zeit eine Straße und eine wichtige Handelsroute führten (siehe Abbildung 3, 4a und 4b).

In den Jahren nach dem 2. Weltkrieg reichte die B 99 über den Radstädter Tauernpaß zur Bewältigung des Kfz-Verkehrs noch aus. Während der Wintermonate mußten jedoch wetterbedingte Sperren in Kauf genommen werden. Der Kfz-Verkehr wurde dann über Bahnverladung (Böckstein-Mallnitz) geführt.

Mit der zu erwartenden Zunahme des Straßenverkehrs wurde die Notwendigkeit einer leistungsfähigen, ganzjährig benutzbaren Verbindung über den Tauernkamm offenbar. So wurde Mitte der 50er Jahre mit der Planung einer Nord-Süd-Autobahn (Tauernautobahn) begonnen und 1958 das erste Teilstück Salzburg (A1) - Salzburg-Süd dem Verkehr übergeben. 1975 schließlich erfolgte die Freigabe der Scheitelstrecke, worunter die etwa 44 km lange Strecke zwischen Eben/Salzburg und Gmünd/Kärnten zu verstehen ist. Dieses äußerst aufwendig zu errichtende Teilstück verlangte sowohl den Bau des 8,4 km langen Tauern- als auch des 5,4 km langen Katschbergtunnels. Mit der Eröffnung der Umfahrung Villach im Sommer 1988 wurde die durchgehende Autobahnverbindung von der deutschen bis zur italienischen Grenze und damit die Verbindung zwischen dem deutschen und italienischen Autobahnnetz vollendet.

Abbildung 3: Die historischen Straßen des Lungaues und die Trassenführung der Tauernautobahn



Quelle: MAIERBRUGGER, 1987

Abbildung 4a: Römische Meilensteine im Taurachtal



Abbildung 4b: Inschrift



3.2 Verkehrsaufkommen

Der ständige Ausbau der Tauernautobahn hat zu einem stetig wachsenden Verkehrsaufkommen geführt (siehe Abbildungen 5a und 5b), das zwischen 1980 und 1985 um mehr als 60 % gestiegen (siehe Tabelle 5) ist.

Ein besonderes Augenmerk verdient der hohe Anteil ausländischer Kraftfahrzeuge auf der Tauernautobahn. 1985 lag er bei 62 %!

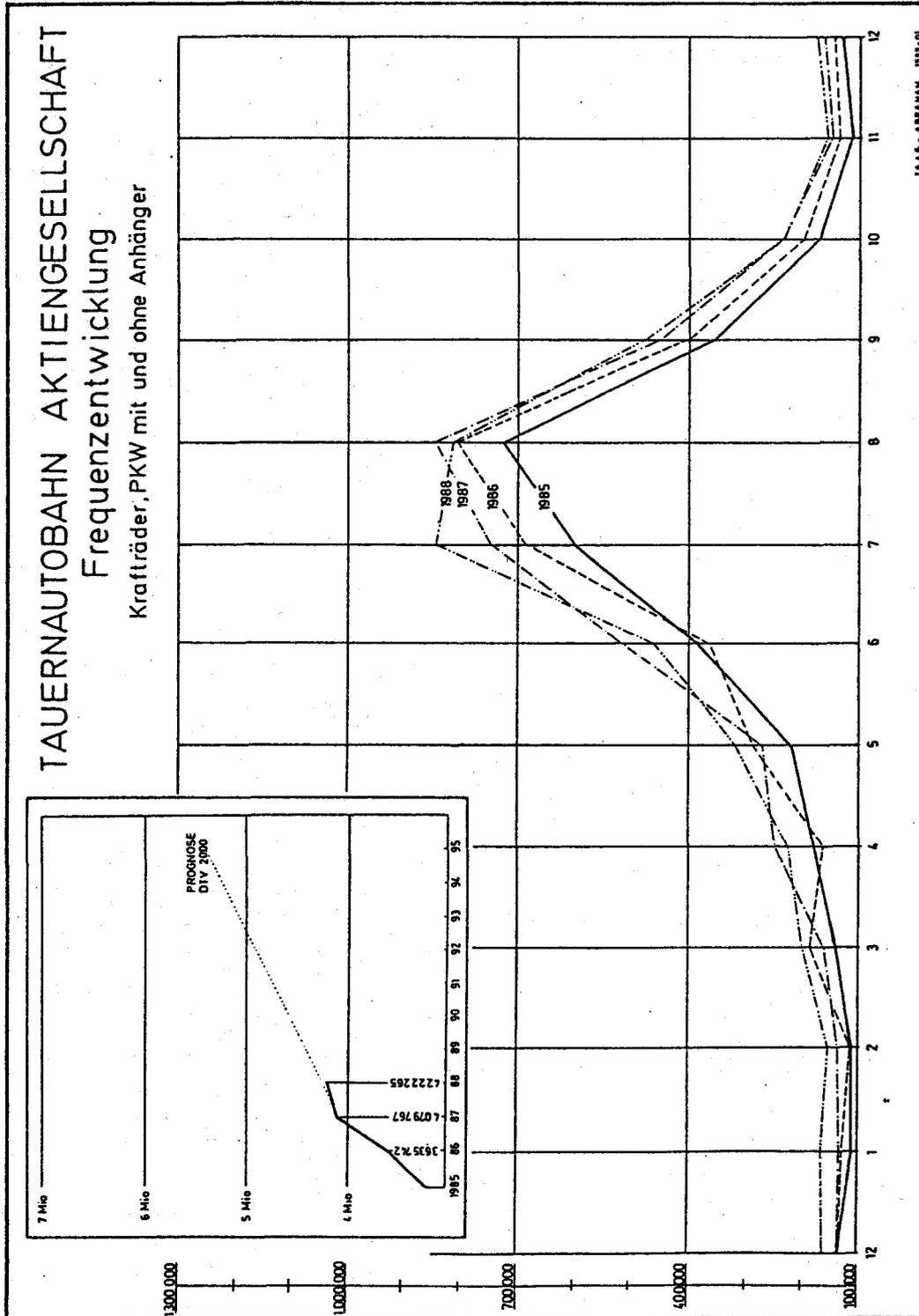
Der LKW-Verkehr ist ständig im Steigen begriffen. 1980 betrug er 8 %, 1985 bereits 9 %, 1988 wurde die 10 % Marke überschritten.

Tabelle 5: Tagesdurchschnitte des Personen-, Güter-, Inländer- und Ausländerverkehrs an der Zählstelle SBG/15.A 10 in den Zähljahren 1980 und 1985. Durchschnittliche Anzahl der Fahrzeuge im Verkehr beider Richtungen von 0 Uhr bis 24 Uhr.

Jahr	Durchschnittliche Anzahl der Fahrzeuge im								
	Summe	Personen-		Güter-		Inländer-		Ausländer-	
		absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%
1980	5.702	5.246	92	455	8	2.055	36	3.647	64
1985	9.363	8.508	91	851	9	3.533	38	5.830	62

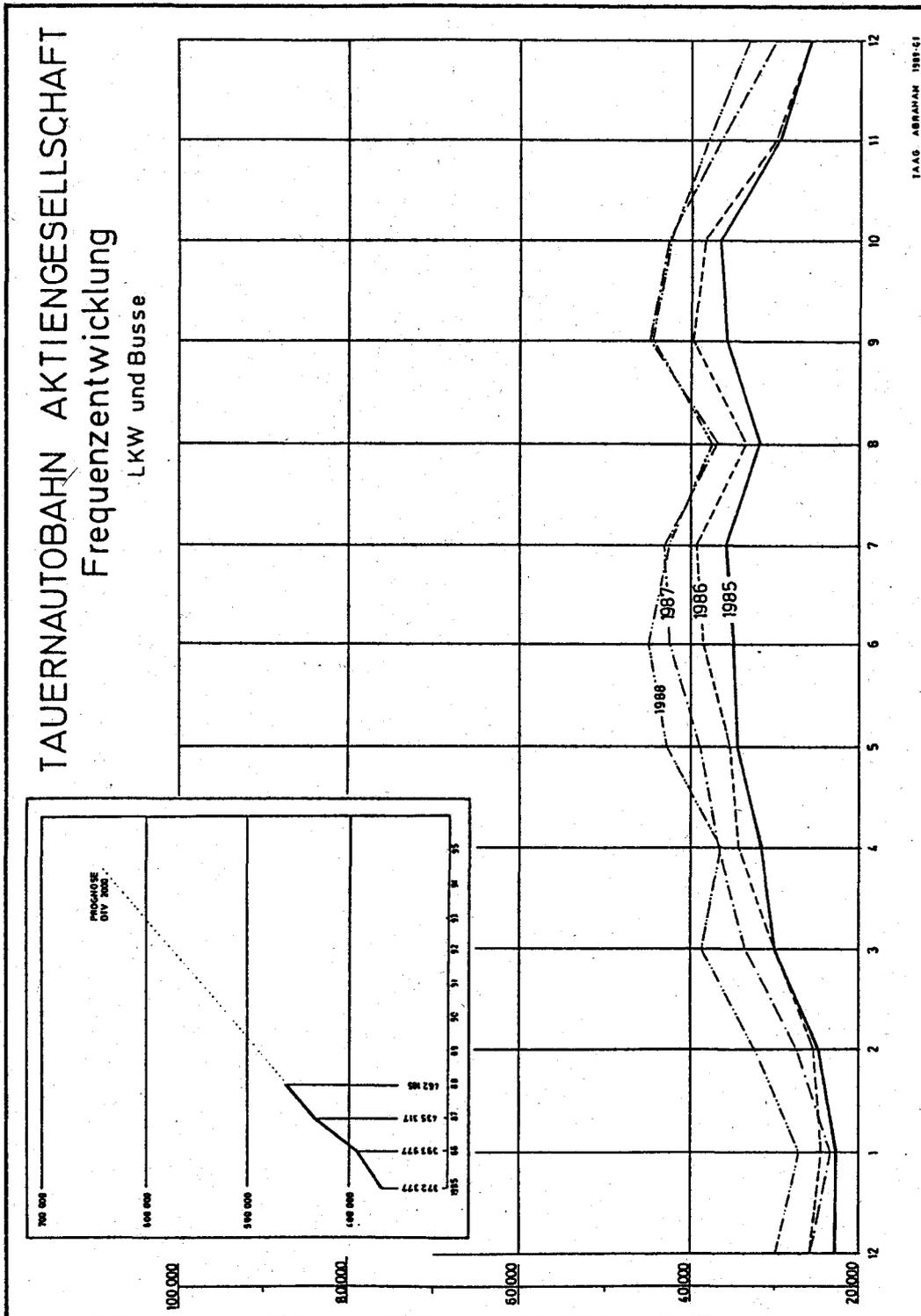
Quellen: ÖstZ, 1985 und 1987

Abbildung 5a: Frequenzentwicklung: Krafträder, PKW mit und ohne Anhänger



Quelle: Tauernautobahn AG, 1989

Abbildung 5b: Frequenzentwicklung: LKW und Busse



Quelle: Tauernautobahn AG, 1989

Im Bereich der Scheitelstrecke der Tauernautobahn lag bereits 1987 die Gesamtzahl der Kraftfahrzeuge bei durchschnittlich 10.000 (BMwA 1988) je 24 Stunden. Eine detaillierte Aufstellung der Ergebnisse der automatischen Straßenverkehrszählung für die einzelnen Monate des Jahres 1988 (Jänner - Dezember) enthält Tabelle 6.

Tabelle 6: Durchschnittliche Gesamtzahl der Kraftfahrzeuge je 24 Stunden im Bereich der Scheitelstrecke im Jahre 1988

Monat	Kraftfahrzeuge
Jänner	4.653
Februar	4.591
März	5.735
April	7.220
Mai	10.237
Juni	15.006
Juli	27.516
August	26.302
September	15.461
Oktober	7.531
November	5.287
Dezember	5.227

Quelle: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, mündliche Mitteilung, 1989

3.3 Emissionssituation

Die von den Kraftfahrzeugen ausgehenden Emissionen sind wesentlich von der jeweiligen Abgasgesetzgebung bestimmt. Während derzeit in Österreich die US 83-Norm gilt, die eine entscheidende Verminderung der schädlichen Kfz-Emissionen mit sich brachte, sind im EG-Raum wesentlich höhere Emissionswerte zulässig (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Abgasgesetzgebung für Personenkraftwagen
Vergleich Österreich - Bundesrepublik
Deutschland

Regelung	Zeitpunkt des Inkrafttretens	
	Österreich	Bundesrepublik Deutschland
ECE-R-15/00	10.1973	10.1971
01	10.1975	10.1975
02	10.1977	10.1976
03	5.1979	10.1979
04	11.1982 ¹⁾	10.1986 ²⁾
US 83	1.1987 ^{3) 4)}	
	1.1988 ⁵⁾	

Legende: 1) Diesel-Kfz.....10/1985
2) Freiwillige Erfüllung durch Hersteller seit 7/1983
3) für Hubraum > 1.500 ccm
4) Diesel-Kfz... 10/1986
5) für Hubraum < 1.500 ccm

Quelle: ROSINAK, STICKLER, 1987

Um einen Vergleich der Werte zu ermöglichen, wurden sie auf Gramm je Kilometer umgerechnet. Allerdings kann ein Vergleich mit der US 83-Norm nur ungefähre Werte liefern,

Tabelle 8: Entwicklung der Abgasgrenzwerte nach ECE-R-15 und US 83-Norm

Regelung	Kohlenwasserstoffe CH	Stickoxide NO _x	Kohlenmonoxid CO
	in Gramm je Kilometer		
ECE-R-15/00	1,97 - 2,96	-	24,7 - 54,3
01	1,68 - 2,67	-	19,7 - 43,3
02	1,68 - 2,67	2,47 - 3,95	19,7 - 43,3
03	1,48 - 2,37	2,02 - 3,36	16,0 - 35,5
04	4,69 - 6,91		14,3 - 27,1
US 83 ^{*)}	0,25	0,62	2,1

^{*)} Gültig in: Österreich, Schweiz, Schweden

Quelle: Bosch Kraftfahrtechnisches Handbuch, 1987

da der Testzyklus sowohl bei der Länge als auch bei den gefahrenen Geschwindigkeiten stark von den ECE-Regelungen abweicht. Die Bandbreite der Emissionswerte in den ECE-Regelungen ergibt sich aus den unterschiedlichen Grenzwerten je nach Fahrzeuggewicht.

Der hohe Anteil ausländischer Kraftfahrzeuge auf der Tauernautobahn (2/3) zeigt auf, daß die in Österreich gegenüber den EG-Staaten strengere Umweltgesetzgebung kaum zu einer wesentlichen Verbesserung der Immissionsituation führen kann. Solange die EG-Emissionswerte auf einem wesentlich höheren Niveau als jene in Österreich liegen, können - zumindest auf dieser Strecke - die Bemühungen Österreichs nur zu einer geringen Entlastung der Umwelt führen.

Das dem Benzin als Antiklopffmittel beigefügte Bleitetraethyl verursacht den größten Anteil der Bleiemissionen. Zur Reduzierung dieser Schadstoffemissionen durch den Kfz-Verkehr wurde der Bleigehalt von Normal- und Superbenzin seit 1971 gesetzlich schrittweise gesenkt (siehe Tabelle 9).

Seit 1. 10. 1985 ist Normalbenzin demnach praktisch bleifrei, Superbenzin enthält seit dem genannten Zeitpunkt nur mehr 0,15 g Blei/l.

Tabelle 9: Bleigehalt im österreichischen Normal- und Superbenzin

bis 30. 9. 1971:	0,85 g/l (Normal + Super)
ab 1. 10. 1971:	0,70 g/l (Normal + Super)
ab 1. 1. 1972:	0,40 g/l (Normal + Super)
ab 1. 4. 1982:	0,15 g/l (Normal)
	0,40 g/l (Super)
ab 1. 7. 1983:	0,15 g/l (Normal + Super)
ab 1. 10. 1985:	0,01 g/l (Normal)
	0,15 g/l (Super)

Quelle: Mitteilung des ÖAMTC

Der Schwefelgehalt im Dieselkraftstoff betrug in den siebziger Jahren noch 0,5 Massenprozent. Mit 1. 6. 1986 wurde er auf 0,15 Massenprozent gesenkt.

Die Ausstattung der Fahrzeuge mit einem Katalysator hat dazu geführt, daß in den meisten EG-Staaten fast nur mehr bleifreies Normalbenzin angeboten wird. Das bisher in den Handel gelangende bleifreie Superbenzin liegt mit 95 ROZ zwischen dem Normal- und dem alten Superbenzin. Nun gibt

es in der Bundesrepublik Deutschland bereits bleifreies Super mit 98 ROZ. Das erlaubt, nahezu alle bisherigen Kfz bleifrei zu betreiben (ca. 90 - 95 % aller Kfz). Daher dürfte es schon in naher Zukunft keine weiter zunehmende Bleibelastung der Böden durch den Kfz-Verkehr mehr geben.

Diesen begrüßenswerten Maßnahmen zum Schutz der Umwelt steht noch immer ein stetig steigendes Verkehrsaufkommen gegenüber. Prognosen der EG gehen von einer Verdoppelung des derzeitigen Kfz-Verkehrsaufkommens bis zum Jahr 2.000 aus.

Der gegenwärtige Ausbau der Tauernautobahn, d.h. daß sowohl der Tauern- als auch der Katschbergtunnel nur über zwei Spuren verfügen (nur eine Röhre für beide Fahrtrichtungen), bedingt ausgedehnte Stauungen während der Hauptreisezeit (siehe Tabelle 10). Ein weiterer neuralgischer Punkt für die Ausbildung von Staus liegt bei der Mautstelle in St. Michael.

Tabelle 10: Staue im Bereich der Scheitelstrecke der Tauernautobahn an Samstagen im Juli und August 1988

Datum		Länge des Staues	
2. Juli	Tauerntunnel	10	km
	Katschbergtunnel	7	km
9. Juli	Tauerntunnel	10	km
	Katschbergtunnel	8	km
16. Juli	Tauerntunnel	7	km
	Katschbergtunnel	4	km
23. Juli	Tauerntunnel	10 - 11	km
	Katschbergtunnel	7 - 8	km
30. Juli	Tauerntunnel	20	km
	Katschbergtunnel	6	km
6. August	Tauerntunnel	10	km
	Katschbergtunnel	2	km
13. August	Tauerntunnel	10	km
	Tauerntunnel N	14	km
20. August	Katschbergtunnel N	7	km
27. August	Tauerntunnel N	4	km
	Tauerntunnel S	6,5	km

UNTERSUCHUNGSPROGRAMM

Die Konzeption des multidisziplinär zu behandelnden Projektes erfolgte auf den Erkenntnissen der einschlägigen Literatur (HORAK, REBLER 1977, AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1981, ALBERT, FRÜHWIRT 1987, KÖCHL 1987, AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1988).

Das festgelegte Arbeitsprogramm umfaßt drei Querprofile für Boden- und Vegetationsproben sowie zusätzliche bodenzoologische Untersuchungen in einem der Profile, außerdem die Untersuchungen von Fichtennadeln auf mögliche Schadstoffbelastungen. Als Entnahmeterrain wurde die Zeit vor der Heumahd bzw. der Herbst (für die Nadelproben) bestimmt.

Jedes der drei Profile besteht aus 6 Probenahmestellen, die zu beiden Seiten der Autobahn liegen. Als Referenzpunkt wurde eine weitgehend vom Kfz-Verkehr unbeeinflusste Meßstelle mit sonst möglichst ähnlichen Voraussetzungen und Bedingungen ausgewählt. An den 19 Meßpunkten wurden jeweils Pflanzenproben von 1m² Fläche und Bodenproben sowohl aus dem Hauptwurzelbereich (Oberboden) als auch dem darunterliegenden Horizont (Unterboden) gewonnen.

Ergänzend dazu wurden von im Herbst gewonnenen Fichtennadeln chemische und morphologische Untersuchungen durchgeführt. Letztere sind in Zusammenarbeit mit dem Amt der Salzburger Landesregierung/Landesforstdirektion vorgenommen worden.

Der überwiegende Teil der Untersuchungen wurde in den Laboratorien des Umweltbundesamtes durchgeführt. Das Österreichische Forschungszentrum Seibersdorf Ges.m.b.H.

ist mit der Schwermetallanalyse der Grünlandproben sowie der Messung der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAHs) beauftragt worden. Die bodenzoologischen Untersuchungen führte das Institut für Zoologie der Universität Salzburg durch.

5 UNTERSUCHTE FAKTOREN

Für die Erstellung des Gutachtens wurden entsprechend der österreichischen und internationalen Literatur die im folgenden beschriebenen Parameter ausgewählt:

5.1 Grundparameter

Zur fachlich fundierten Beurteilung der Schwermetallgehalte der untersuchten Böden ist die Kenntnis von Boden-Grundparametern wie Acidität (pH-Wert) und Carbonatgehalt erforderlich, da sie nicht nur die chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften sondern auch das Pflanzenwachstum direkt oder indirekt beeinflussen. Weiters sind der Gehalt an Kohlenstoff (als ungefähres Maß für den Humusgehalt) und Stickstoff bestimmt worden. Ihr Verhältnis zueinander bildet eine wichtige Grundlage für die Beurteilung der biologischen Aktivität der Böden.

5.2 Verkehrsspezifische Metalle

Überhöhte Anteile bestimmter Metalle im Boden führen bei verschiedenen Organismen zu Stoffwechselstörungen. Da Metalle nicht abbaubar sind, erfahren sie eine Anreicherung, die ihre Auswirkungen verstärken kann. Von den eng mit dem Kfz-Verkehr verknüpften Metallen sind Blei, Cadmium und Zink besonders hervorzuheben.

5.2.1 Blei (Pb)

Die Bleiemission ist maßgeblich vom Anteil der im Treibstoff enthaltenen Bleizusätze sowie von der Verkehrsfrequenz und der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Unter Annahme eines durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs von 8 - 10 l/100 km ergibt sich daraus bei einem Bleigehalt von 0,15 g/l ein spezifischer Emissionswert von 0,012 g/km und Kfz (GABRIEL, 1986).

Blei wird von den oberirdischen Pflanzenteilen kaum inkorporiert. Es wird vom Regen leicht abgewaschen, in den Boden eingetragen und gespeichert. Pflanzenwurzeln nehmen nur einen geringen Teil davon auf. Eine Translokation in das übrige Gewebe findet kaum statt. Die normalen Bleigehalte in Pflanzen schwanken zwischen 0,1 - 6 mg Pb/kg Trockenmasse (TM). Als EG-Grenzwert für Blei im Grünfutter gelten 30 mg Pb/kg TM.

Der in den bis jetzt in Österreich erlassenen Klärschlammverordnungen für Böden vorgesehene Grenzwert für Blei, wird mit 100 mg Pb/kg TM angegeben.

5.2.2 Cadmium (Cd)

Cadmium gelangt durch Dieselabgase, Abrieb von Reifen, Kupplungs- und Bremsbelägen in die Umwelt. Durch seine nahe chemische Verwandtschaft mit Zink kann Cadmium an Stelle von Zink in Enzyme, die die Lebensvorgänge steuern, eingebaut werden. Das im Boden als relativ mobil zu bezeichnende Metall wird mit abnehmendem pH-Wert verstärkt von den Pflanzen aufgenommen. Dabei spielt auch das Verhältnis der Kationenaustauschkapazität der organischen und anorganischen Komponenten zum gesamten Cd-Gehalt des Bodens eine wesentliche Rolle. pH-Werte um den Neutralpunkt führen zu einer verminderten Freisetzung von Cadmium aus Chelaten und Tonmineralen.

Cadmium wird gegenüber Blei von den Pflanzen weniger leicht abgewaschen. Es wird jedoch von den oberirdischen Pflanzenteilen relativ leicht aufgenommen. Untersuchungen beweisen die Tatsache, daß in der Nähe von Straßen mit hoher Verkehrsdichte bis über 40 % des Cd-Gehaltes in Pflanzen über den Luftweg in diese gelangen können (SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL, 1984).

Österreichische Richtwerte für Cadmium in Böden sind bisher nur in den Klärschlammverordnungen der einzelnen Bundesländer enthalten, die 2 mg Cd/kg TM Boden nennen.

5.2.3 Zink (Zn)

Grundsätzlich ist Zink ein "essentielles Spurenelement". Das bedeutet, daß es für den Ablauf vieler Lebensprozesse in Tier und Pflanze unbedingt erforderlich ist und durch keinen anderen Stoff ersetzt werden kann. Zink gelangt verkehrsbedingt durch seine Verwendung in Korrosionsschutzmitteln sowie als Additiv in Motorölen (Zinkdithiophosphit) und auch durch Reifenabrieb (Zinkoxid) in die Umwelt. Dadurch kann es entlang von Verkehrswegen lokal zu überhöhten Konzentrationen kommen.

Zink reichert sich in der obersten Bodenschicht an. Es dringt allerdings aufgrund seiner Mobilität auch in tiefere Schichten ein. Für Böden ist eine Obergrenze für den Gesamtgehalt mit 300 mg Zn/kg TM Boden festgelegt worden. In Pflanzen können toxische Wirkungen bei einer Konzentration über 200 mg Zn/kg TM auftreten (PEER, TÜRK, 1988).

5.3 Organische Schadstoffe (PAHs)

In den Abgasen der Kraftfahrzeuge ist eine Vielzahl verschiedener aliphatischer, aromatischer und zyklischer Kohlenwasserstoffe nachgewiesen worden.

Von besonderer Bedeutung ist die Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAHs), Verbindungen mit mehreren aromatischen Ringen.

Das wissenschaftliche Interesse an den PAHs ist während der letzten Jahre sehr groß geworden, da in zahlreichen Tierversuchen mehr oder weniger starke Kanzerogenität für einzelne Verbindungen festgestellt wurde. Die am meisten untersuchte Substanz ist das Benzo(a)pyren (BaP).

Abgase aus unvollständiger Verbrennung organischen Materials, z.B. Dieseltreibstoff, enthalten eine Vielzahl von PAHs (POTT, 1985). Wie LYGREN, GJESSING und BERGLIND (1984) in ihrer Untersuchung "Pollution Transport from a Highway" nachweisen konnten, stellt der Abrieb von bestimmten asphalthaltigen Straßenbelägen eine weitere Emissionsquelle dar. Bei einer Untersuchung von Schneeproben, die von Banketten einer mit Beton und einer mit Asphalt belegten Überlandstraße stammten, zeigte sich, daß im Bereich des Asphaltbelages doppelt so hohe PAH-Werte gemessen wurden, wie im Bereich des Betonbelages. Auch mit dem Einsatz von Bodenverbesserungsmitteln wie Bitumenmulch oder Müll- und Müll-Klärschlammkomposten im Landschaftsbau können zusätzlich PAHs in den Boden eingebracht werden.

PAHs sind in der Luft fast ausschließlich an Staub gebunden. Sie gelangen mit den Staubpartikeln auf den Boden und werden in der obersten Bodenschicht deponiert.

Die Pflanzenverfügbarkeit von PAHs im Boden ist relativ gering. So beschreibt FRITZ (1983), daß bei Böden mit Konzentrationen von weniger als 1.000 ppb Benzo(a)pyren ein Übergang in Erntegüter nicht nachgewiesen ist. BUTLER et. al. (1984) haben bei Untersuchungen an Böden in unmittelbarer Nähe eines hochrangigen Verkehrsträgers Benzo(a)pyren-Konzentrationen zwischen 160 und 3.200 ppb gefunden.

Die hohe Persistenz der PAHs im Boden ist darauf zurückzuführen, daß sie sehr stark an Huminstoffe gebunden werden, wodurch trotz stattfindender mikrobieller Abbauvorgänge eine Anreicherung bewirkt wird. Daraus läßt sich ableiten, daß Böden mit höherem Humusgehalt verstärkt PAHs fixieren können.

Zur Zeit existieren weder nationale noch internationale Grenzwerte für die PAH-Belastung von Böden. Als ein Beurteilungskriterium kann bestenfalls der von FRITZ (1983) ermittelte Wert von 1.000 ppb Benzo(a)pyren herangezogen werden, unter welchem keine Aufnahme der Substanz durch Erntegüter nachgewiesen werden konnte.

Auch für pflanzliche Nahrungsmittel gibt es derzeit keine Regelungen. Als einzige für eine Beurteilung anwendbare gesetzliche Bestimmung kann der in der BRD gültige Grenzwert von 1 ppb Benzo(a)pyren in geräuchertem Fleisch angesehen werden.

Hingegen gibt es sowohl in Österreich als auch international Grenzwerte für den PAH-Gehalt in Trinkwasser. So sieht der in Österreich geltende Erlaß des Bundesministers für Gesundheit und Umweltschutz vom 10. August 1984 "Regelungen für Trinkwasser" für die 6 genannten PAHs 0,2 µg/l (berechnet als Kohlenstoff) als Grenzwert vor. [Fluoranthen, Benzo(a)pyren, Benzo(b)-fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(g,h,i)perylen und Indeno(1,2,3-c,d)pyren.] In den "European Standards for Drinking Water" der WHO aus dem Jahre 1970 und in einer Richtlinie des Rates der EG "Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch" aus dem Jahre 1980 gilt derselbe Wert.

Wegen ihrer in Tierversuchen nachgewiesenen Gefährlichkeit wurden im Rahmen dieses Projektes die Oberböden und Grünlandproben auf PAHs untersucht.

Aufgrund der Ergebnisse der Arbeit von BJØRSETH und BECHER (1986) wurden 15 PAHs ausgewählt, die hinsichtlich ihrer kanzerogenen Aktivität folgenden 4 Gruppen zuzuordnen sind:

Gruppe 1: Keine kanzerogene Aktivität nachweisbar:

Pyren, Fluoranthren, Perylen, Phenanthren, Anthracen

Gruppe 2: Hinweise auf mögliche kanzerogene Aktivität:

Coronen

Gruppe 3: Schwache kanzerogene Aktivitäten:

Chrysen, Benzo(g,h,i)perylen, Anthanthren,
Indeno (1,2,3-c,d)pyren, Benzo(a)anthracen,
Dibenz(a,h)anthracen

Gruppe 4: Starke kanzerogene Aktivität:

Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren

Bei der Auswertung der Analysendaten ist für jede der 19 Probenahmestellen der PAH-Gesamtgehalt mit der Summe der Stoffe aus den Gruppen 2,3 und 4 sowie mit den in der Richtlinie der WHO bzw. EG angegebenen 6 Referenzsubstanzen verglichen worden.

5.4 Sonstige Parameter

5.4.1 Schwefel (S), Chlor (Cl)

Da der natürliche Schwefelgehalt der Böden erfahrungsgemäß so hoch ist, daß die vom Kfz-Verkehr stammenden Schwefelimmisionen keine signifikanten Erhöhungen verursachen, wurde auf die Schwefelmessungen im Boden verzichtet. Dagegen war zu erwarten, daß die Schwefelgehalte der Fichtennadeln Hinweise auf mögliche Belastungen ergeben.

Der Chlorgehalt von Boden und Vegetation wird im wesentlichen durch die Verwendung von Streusalz als Auftaumittel erhöht. Die durch den Verkehr aufgewirbelte wässrige Lösung kann als Sprühnebel durch den Wind relativ weit vertragen werden.

Bei Bruckdorf wurden von 4 Fichten aus dem Nahbereich der Tauernautobahn Nadeln der letzten drei Jahre auf ihren Schwefel- und Chlorgehalt untersucht. In der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (1984), sind in Österreich Maximalwerte für Schwefel und Chlor in Nadeln festgelegt:

für Schwefel:	Jahrgang 1	0,11 %
	Jahrgang 2	0,14 %
	Jahrgang 3	0,17 %
für Chlor:	Jahrgang 1 - 3 maximal	0,1 %

5.4.2 Brom (Br)

Verbleites Benzin enthält auch organische Halogenverbindungen ("Scavenger"). Durch die Analyse von Brom wurde versucht, die Kfz-spezifische Belastung von Boden und Vegetation zu erfassen.

5.5 Bodenzoologische Untersuchungen

Um mögliche Beeinträchtigungen der Bodenlebewesen durch Kfz-Immissionen feststellen zu können, wurden in einem Profil (Profil II) die Biomassen, Individuen- und Artenzahlen der Testaceen (Schalenamöben), die Individuenzahlen und Biomassen der Lumbriciden (Regenwürmer), sowie die Anzahl der Nematoden (Fadenwürmer) und Rotatorien (Rädertiere) erhoben.

5.6 Morphologische Untersuchungen an Fichtennadeln

Für die Nadeln der Fichte ist die Ausbildung eines Wachsoberzugs charakteristisch. Die Funktion der Wachsschicht liegt in der Regulation des Gasaustausches, im Schutz vor übermäßiger Verdunstung und Infektion sowie im Schutz vor Extraktion der Metallionen durch Säuren (z.B. saurer

Regen - ELSTNER, OSSWALD, 1984). Im Normalfall, d.h. bei Fichten aus sogenannten "Reinluftgebieten", überziehen Wachsauflagerungen die gesamte Oberfläche der Nadel. Im Bereich der Spaltöffnungen bilden sie ein besonders dichtes Wachsgeflecht aus röhrenförmigen bzw. fädigen Strukturen (GRILL, 1973). Bei älteren Nadeln wird die Wachsschicht als Folge des natürlichen Alterungsprozesses dünner und zeigt eine verstärkte Tendenz zur Verschmelzung.

Schädigende Einflüsse bestimmter Immissionen auf die Wachsauflagerungen konnten bereits nachgewiesen werden und sind in der Literatur beschrieben (Schwefeldioxid - GRILL, PFEIFHOFER, 1985, Ozon - MAGEL, ZIEGLER, 1986). Sie lassen sich mit Hilfe rasterelektronenmikroskopischer Aufnahmen fotografisch darstellen.

6 STANDORTE FÜR DIE PROBENAHMEN

Zur Untersuchung von Boden und Vegetation wurden 3 Profile quer zur Autobahn gelegt. Entscheidend für ihre Festlegung war erstens die möglichst einheitliche Nutzungsform (Grünland) und zweitens, daß zur Zeit der Probenahme die Heumahd noch nicht erfolgt war.

Profil I wurde in unmittelbarer Umgebung des Südportals des Tauerntunnels (bei km 87,5) im Ortsteil Wald festgelegt. Profil II liegt (bei km 92,5) nahe dem Ortsteil Marislbach. Das 3. Profil wurde (bei km 103,0) südöstlich von Oberweißburg fixiert (siehe Abbildungen 6, 7 und 8).

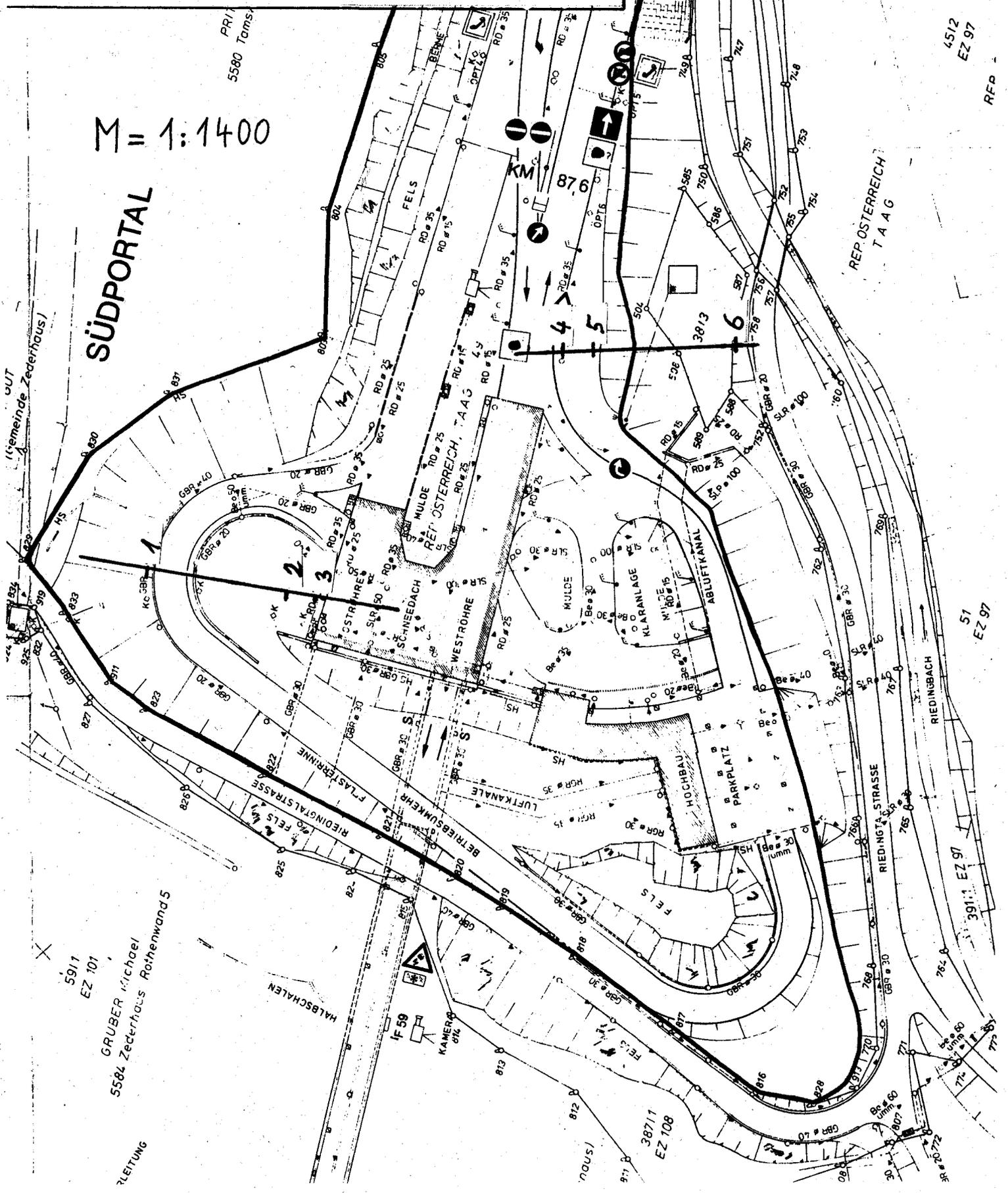
Jedes der 3 Profile besteht jeweils aus 3 Punkten links und rechts der Fahrbahn, die in 2 m, 10 m und 50 m Entfernung liegen. In Profil II erfolgten zusätzlich bodenzoologische Untersuchungen, wobei allerdings die beiden der Autobahn am nächsten liegenden Punkte (im Dammbereich) nicht beprobt wurden. Anstelle dieser sind jeweils in 100 m Entfernung vom Fahrbahnrand noch 2 zusätzliche Punkte (7a, 12a) bestimmt worden, sodaß das Profil II aus 8 Meßpunkten besteht.

Als Referenzpunkt wurde im oberen Murtal bei der Fuchsfarm ein Standort fernab vom starken Verkehr ausgewählt (Punkt 19), (siehe Abbildung 9).

Abbildung 6: Lage von Profil I

M = 1:1400

SÜDPORTAL



(Gemeinde Zederhaus)

PR/1
5580 Tams

REP ÖSTERREICH
T A A G

45/2
EZ 97
REF

51
EZ 97

391/1
EZ 97

387/1
EZ 108

3LEITUNG
GRUBER Michael
5584 Zederhaus Rothenwand 5

Abbildung 7: Lage von Profil II

M = 1:1400

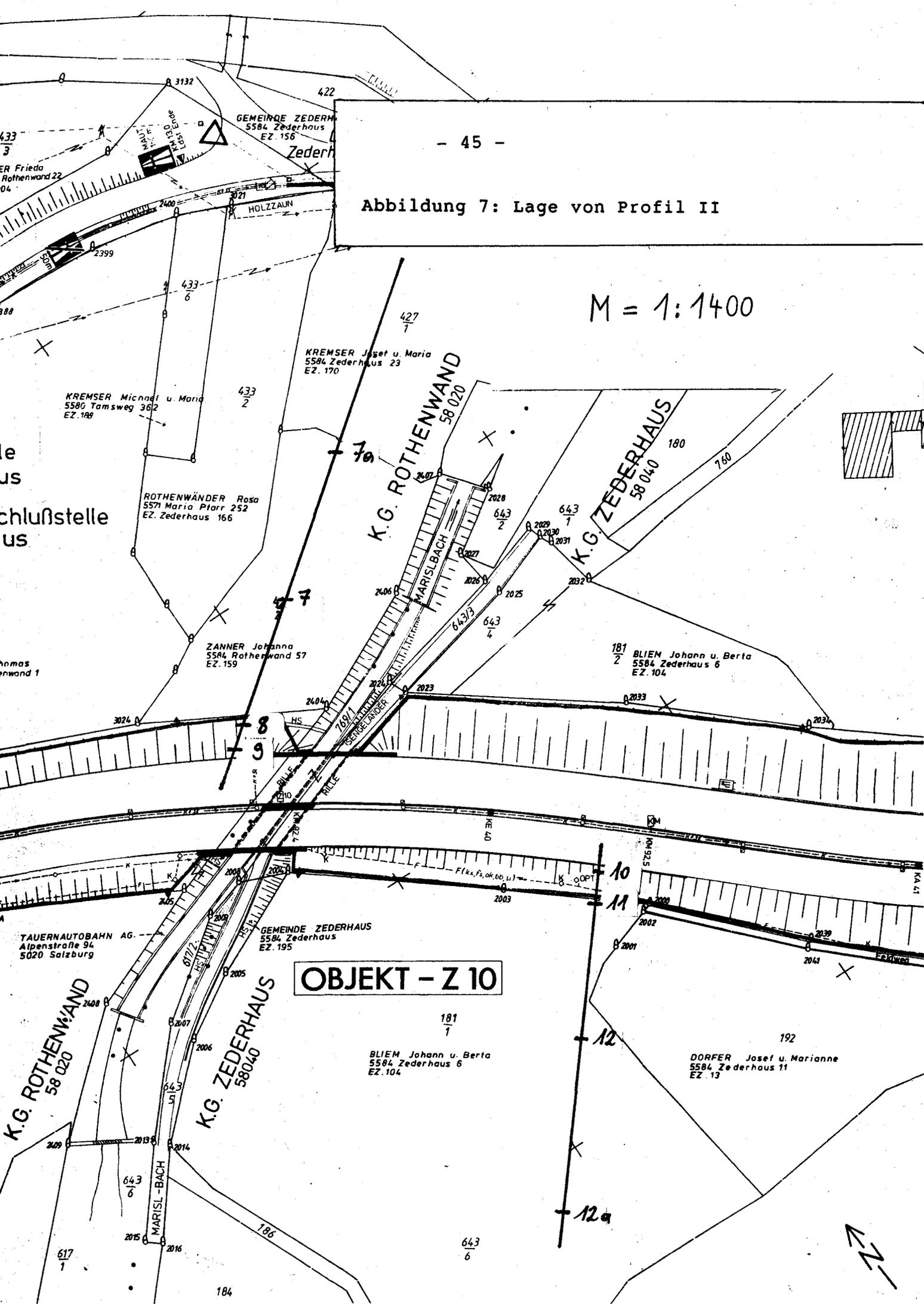
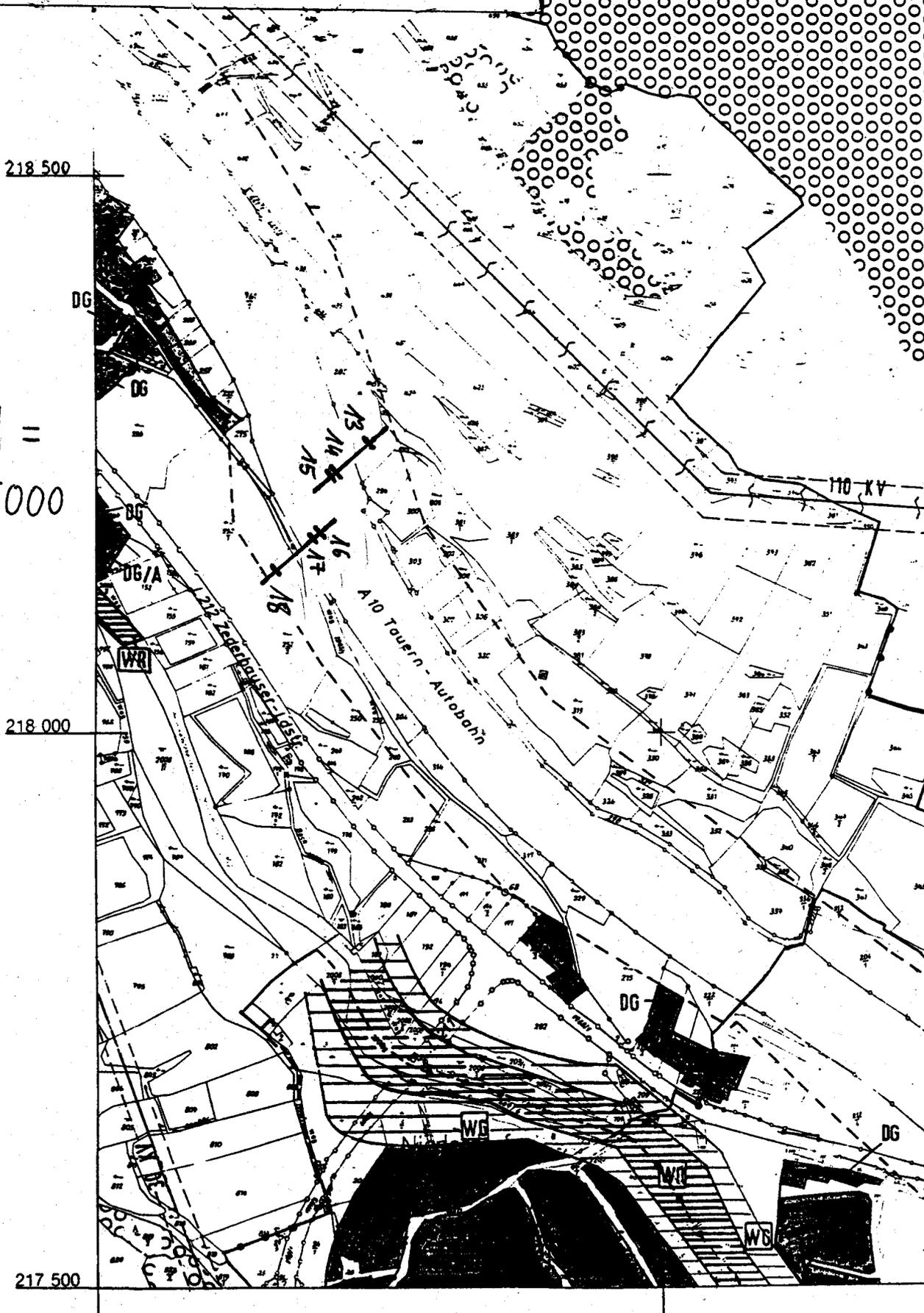


Abbildung 8: Lage von Profil III

[4722-5101]

M =
1:5000



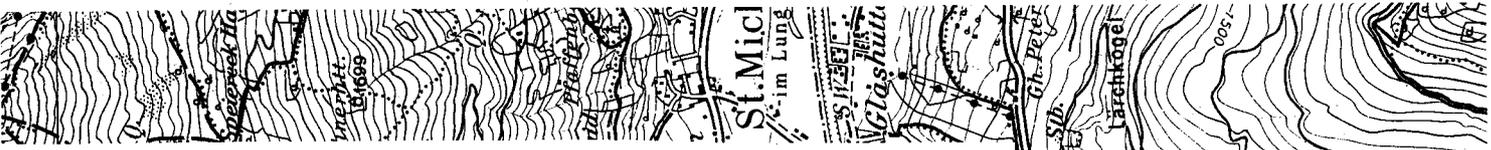
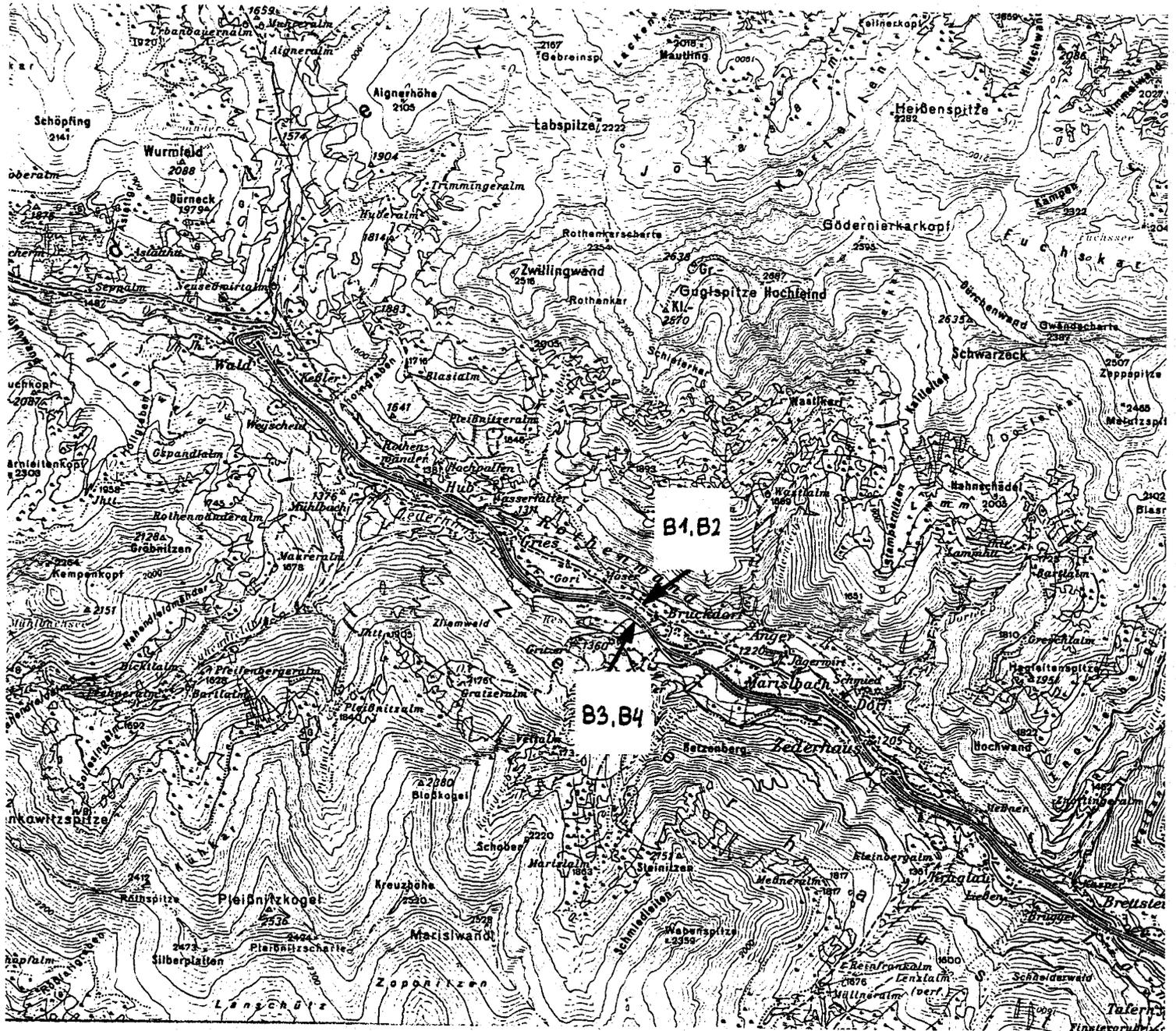


Abbildung 9: Lage des Referenzpunktes.



Abbildung 10: Fichtenstandorte im Nahbereich der Auto-
bahn (bei Bruckdorf)



Für die chemische Analyse auf Schadstoffe wurden Nadeln von Fichten geworben, die im Nahbereich der Autobahn nordwestlich von Bruckdorf (bei km 91,8) wachsen (siehe Abbildung 10). Von den der Autobahn am nächsten stehenden Fichten wurden die Nadeln auf Blei und Zink sowie Gesamtschwefel und -chlor untersucht. Der Standort 1 (Baum 1, 2) liegt 40 m, der Standort 2 (Baum 3, 4) auf der gegenüberliegenden Seite 30 m Luftlinie vom Fahrbahnrand entfernt (siehe Abbildungen 20a und 20b).

In Ergänzung zu der im Jahre 1988 vom Amt der Salzburger Landesregierung/Forstdirektion durchgeführten Waldzustandsinventur im Zederhaustal, sollten vom Umweltbundesamt die letzten 3 Fichtennadeljahrgänge von den Bäumen 401 - 404 des Höhenprofils "Stampernitzen" auf mögliche Schadeinflüsse hin untersucht werden (siehe Abbildung 11 a). Als Vergleichsbaum wurde eine Fichte des zum Tiroler Bioindikatornetz zählenden Standorts T 1604 - Innervals ausgewählt.

Abbildung 11 a: Fichtenstandorte entlang der neuen Forststraße "Stampernitzenweg"

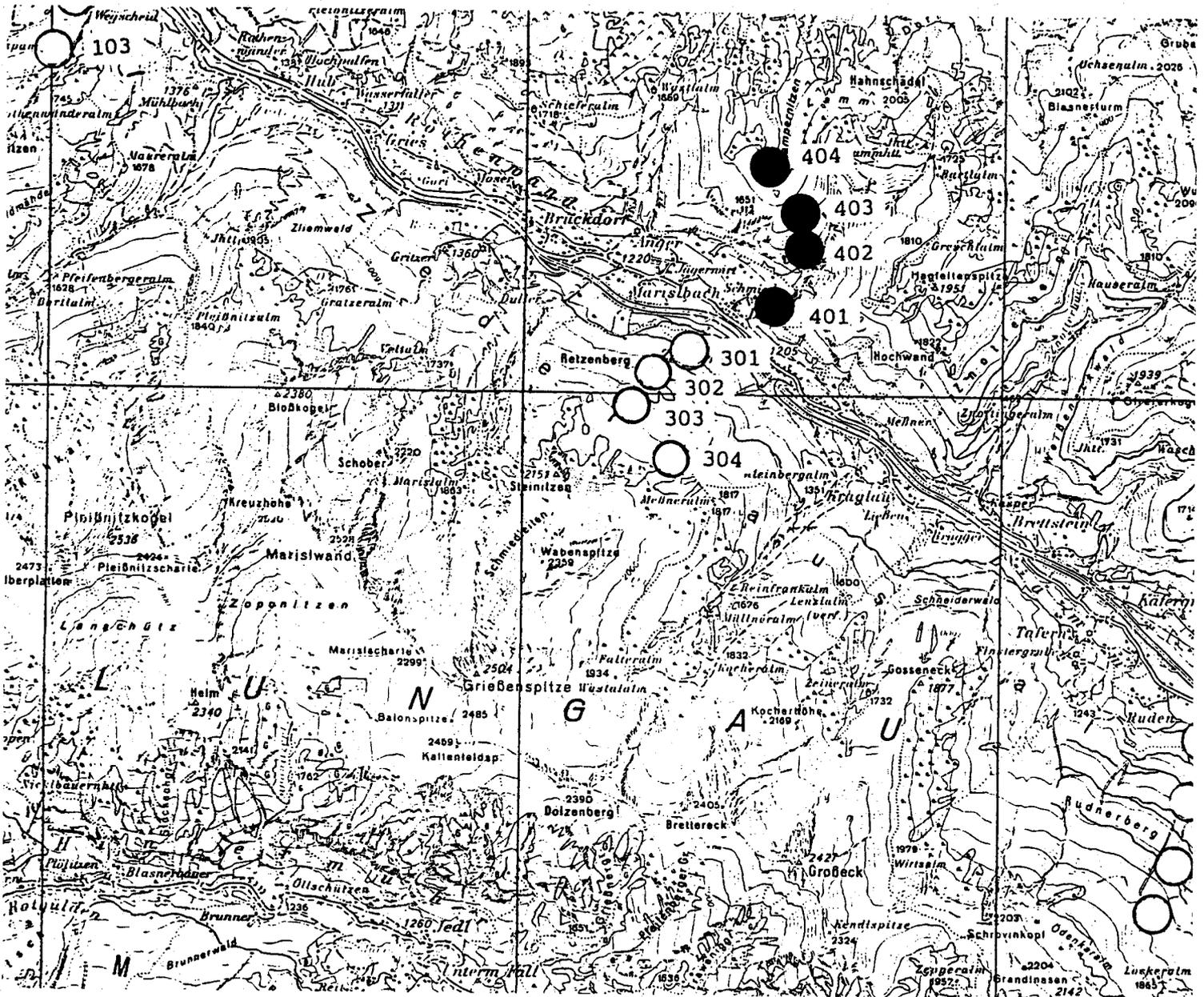
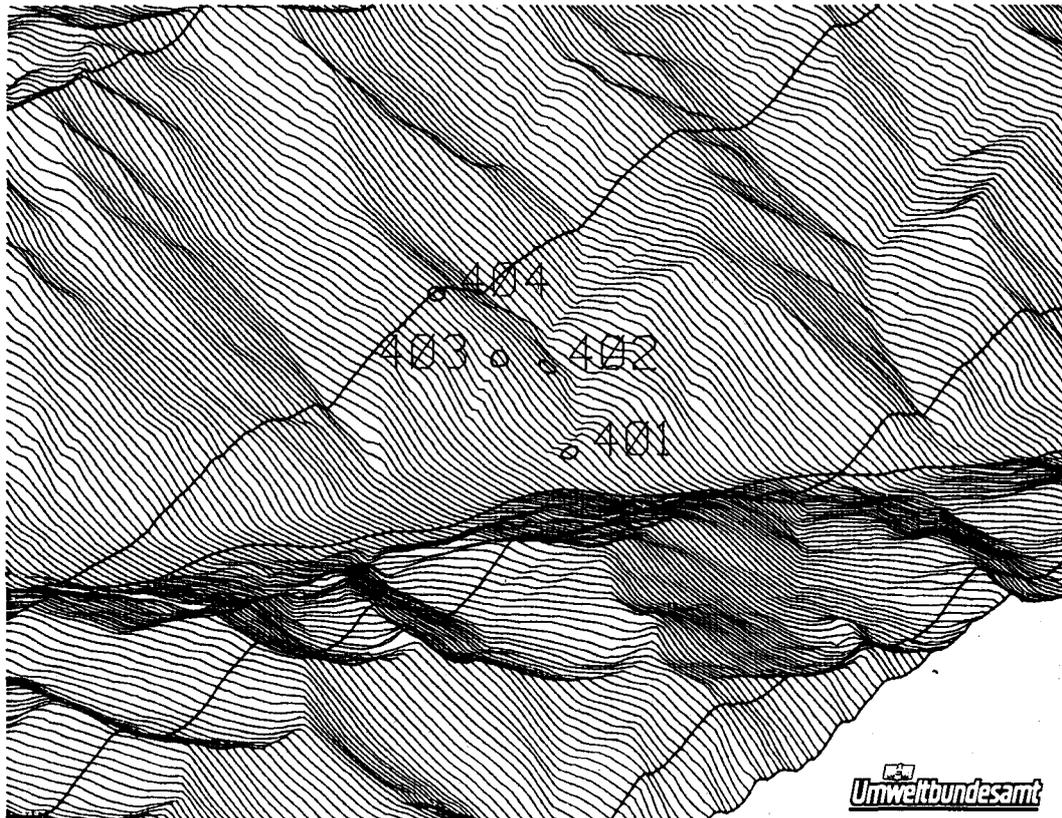
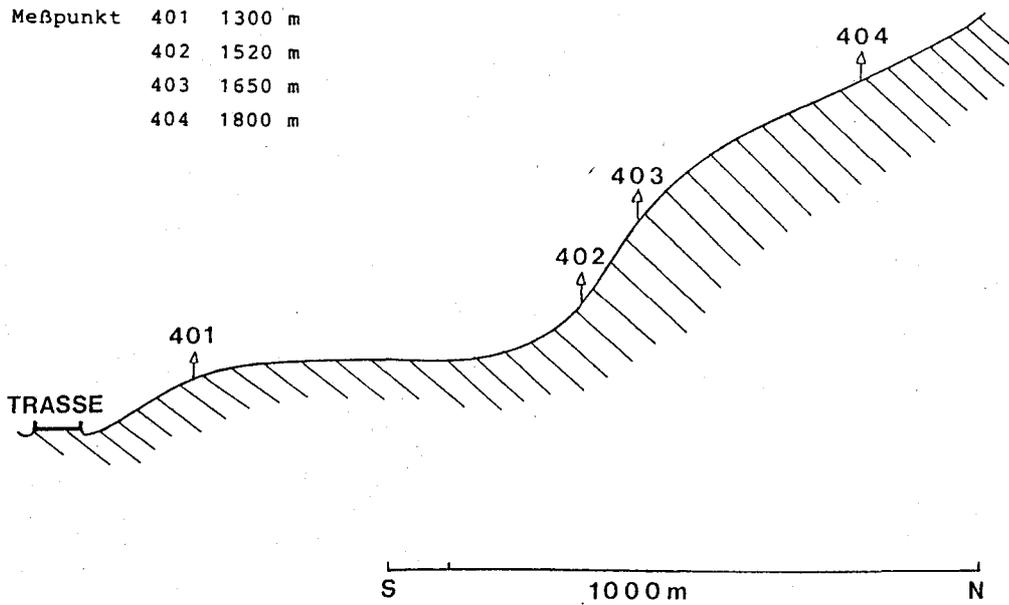
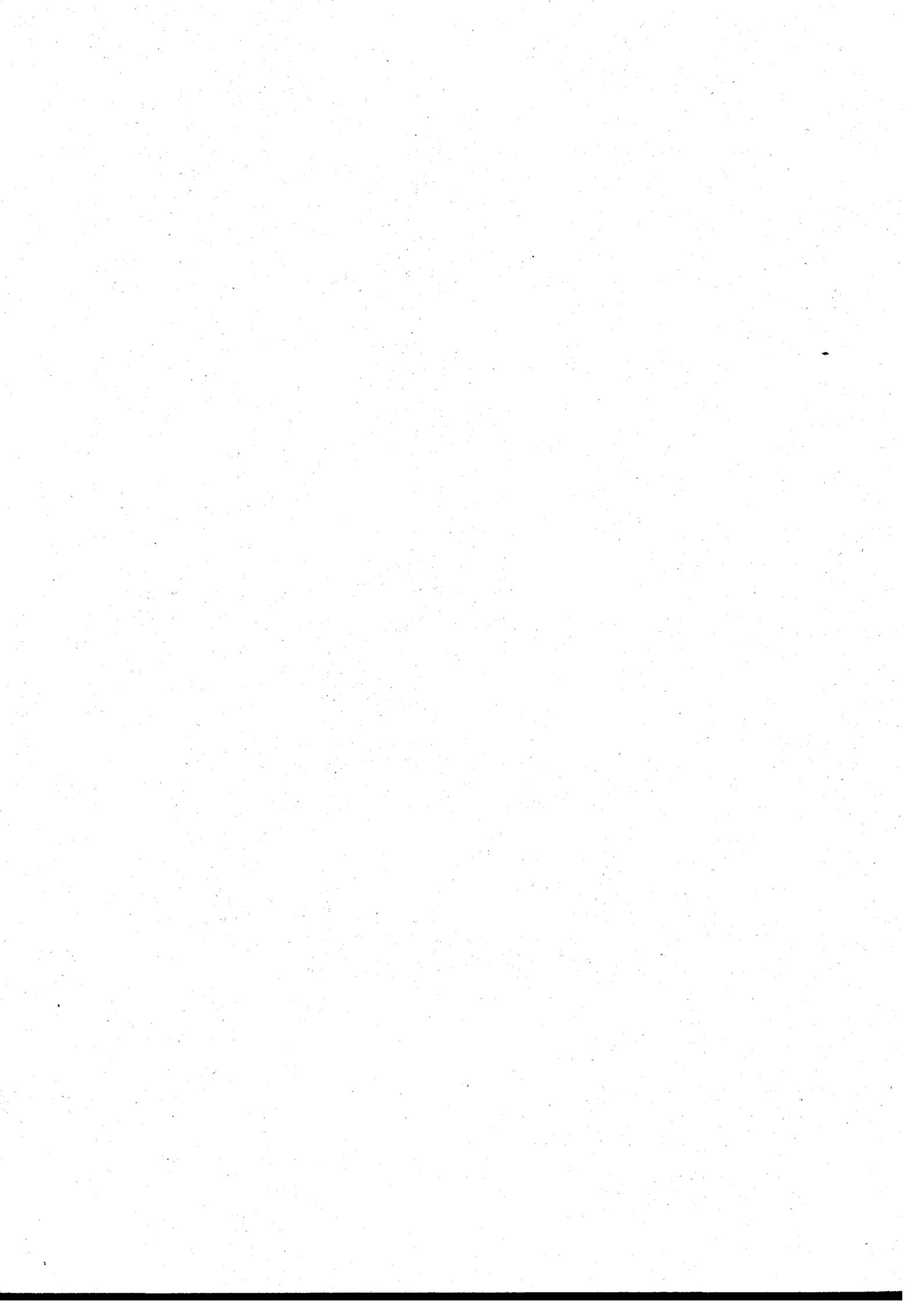


Abbildung 11 b: Lageskizze des Höhenprofils
"Stampernitzen" und Geländemodell





7 PROBENAHMEN UND UNTERSUCHUNGSMETHODEN

7.1 Bodenproben

Die Probenahme für die Untersuchung auf die Boden-Grundparameter, verkehrsspezifische Metalle, Halogene und organische Schadstoffe erfolgte am 6., 7. und 11. Juli 1988.

Die Bodenproben wurden mittels Spaten nach Oberboden (Hauptwurzelraum) und Unterboden getrennt geworben. Es wurden jeweils mehrere Einstiche zu einer Mischprobe vereinigt. Entsprechend den analytischen Anforderungen wurden die Bodenproben zur Bestimmung der PAHs in Polyethylen-Behältern in einer geschlossenen Kühlkette in das Österreichische Forschungszentrum Seibersdorf Ges.m.b.H. zur Bestimmung der Grundparameter sowie des Metallgehaltes in das Zentrallabor-Hetzendorf des Umweltbundesamtes gebracht.

Die Probenwerbung für die bodenzoologischen Untersuchungen wurde von einer Mitarbeiterin des Zoologischen Institutes der Universität Salzburg nach Absprache mit dem Umweltbundesamt am 16. und 17. Juli 1988 an den vorgegebenen Meßpunkten in Profil II durchgeführt.

7.1.1 Methodenbeschreibung für Grundparameter- und Metall-Analysen

* Probenvorbereitung

Nach Ermittlung des Rohgewichtes wurden die Bodenproben aufgebracht und rasch, aber schonend luftgetrocknet. Sobald sie annähernd konstantes Gewicht zeigten, wurde durch Siebung in "Grobanteil" (> 8 mm) und "Feinboden" (< 2 mm) differenziert (siehe Tabelle V im Anhang). Für die Untersuchungen wurde ausschließlich der Feinboden herangezogen.

* Analytik

Von allen Proben (Ober- und Unterboden) wurde der pH-Wert in 0,01 M CaCl_2 -Lösung und der Karbonatgehalt nach Scheibler bestimmt. Der Gesamtkohlenstoffgehalt (TC) wurde coulometrisch und der Stickstoffgehalt nach der Kjeldahl-Methode ermittelt. Aus dem Karbonat- und Gesamtkohlenstoffwert wurden der anorganische (TIC) und organische Kohlenstoffgehalt (TOC) sowie das Verhältnis des organischen Kohlenstoffgehaltes zum Stickstoffgehalt (nach Kjeldahl) berechnet.

Zur Bestimmung der Elemente Blei, Cadmium und Zink wurden in Übereinstimmung mit den Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise bei Waldbodenuntersuchungen in Österreich die Proben mit Königswasser aufgeschlossen und mittels Flammen- bzw. Graphitrohr-Atomabsorptionstechnik analysiert (vgl. Österr. Bodenkundliche Gesellschaft, 1986).

7.1.2 Methodenbeschreibung für organische Schadstoff (PAHs)-Analysen (gleichlaufend für Boden- und Vegetationsproben)

Grundsätzlich wurden nur die Proben der Oberböden untersucht.

* Extraktion

Ein Aliquot der konservierten (Pflanzen: -20°C , Böden: $+3^{\circ}\text{C}$) und homogenisierten Proben wurde im Ultraschallbad mit Methanol und n-Pentan extrahiert. Die gesammelten n-Pentanphasen der vereinigten Extrakte wurden mit destilliertem Wasser gewaschen, über Natriumsulfat getrocknet und mit Propylencarbonat ausgeschüttelt. Anschließend erfolgte eine Verseifung des Propylencarbonats mit 6 % NaOH und eine Rückextraktion in n-Pentan. Die Pentanphasen wurden wieder über Natriumsulfat getrocknet, säulen-

chromatographisch gereinigt, eingeeengt und auf ein definiertes Volumen gebracht. Die in dieser Lösung enthaltenen PAHs wurden dünnschichtchromatographisch auf acetylierter Cellulose getrennt.

* Verwendetes Analysegerät

Die Messung erfolgte in situ über die spezifische Fluoreszenz der einzelnen PAHs. Verwendet wurde ein Zeiss-Dünnschichtscanner in Verbindung mit einem PMQ II, M4Q III und Hg-Mitteldruckbrenner St41. Die einzelnen PAHs wurden aufgrund ihres Rf-Wertes, Selektion der Anregungswellenlänge und Filterung der Emissionswellenlänge identifiziert und durch Vergleich mit Standards (BCR, Fluka) quantifiziert (TIEFENBACHER et al., 1983).

7.1.3 Methodenbeschreibung für die bodenzoologischen Untersuchungen

Lumbriciden (Regenwürmer)

Pro Versuchsfläche wurden 4 x 0,25 m² Boden untersucht. Dazu wurden Metallringe mit einem Durchmesser von 57 cm in die vorher gemähte Fläche gedreht und 4,5 l einer 0,8 %igen Formaldehydlösung in die Ringe gegossen. Dieser Vorgang wurde im Abstand von 10 Min. 2 x wiederholt. Die Regenwürmer werden durch die Formaldehydlösung gereizt und versuchen durch Verlassen des Bodens diesem Reiz zu entkommen. An der Oberfläche wurden sie abgesammelt, gewaschen, und anschließend im Labor gewogen, wobei kleine (< 10 cm) und große Tiere getrennt zur Auswertung kamen.

Testaceen (Schalenamöben), Nematoden (Fadenwürmer) und Rotatorien (Rädertiere)

Pro Versuchsfläche wurden 10 Teilproben aus einer Bodentiefe von 0 - 5 cm mit Hilfe eines Bodenstechers entnommen und gut durchmischt. Grobe Wurzelteile o.ä.

wurden entfernt. 0,2 g dieser Mischprobe wurden eingewogen und mit etwa 5 ml phenolischer Anilinblaulösung fixiert. Dabei färben sich die Plasmakörper in den belebten Schalen intensiv blau an. 0,1 g des so fixierten Materials wurden bei 100facher Gesamtvergrößerung (Objektiv 10 : 1, Okular 10 : 1) unter dem Mikroskop ausgezählt und bestimmt.

Zur Untersuchung der Nematoden und Rotatorien wurden aus der oben beschriebenen Mischprobe 0,4 g entnommen, mit phenolischer Anilinblaulösung gefärbt und unter dem Mikroskop bei 40facher Vergrößerung (Objektiv 4 : 1, Okular 10 : 1) ausgezählt.

Zur Bestimmung des Trockengewichtes der Mischprobe wurden 100 g Boden entnommen, luftgetrocknet und erneut gewogen. Aus der Differenz ergibt sich der Bodenwassergehalt.

Die Effektivität der Direktzählung wurde bereits geprüft, wobei durchschnittlich 86 % der Testaceen, 85 % der Nematoden und 47 % der Rotatorien wiedergefunden wurden (LÜFTENEGGER et al., 1988).

7.2 Vegetationsproben

7.2.1 Grünland

Die Grünlandproben wurden ebenfalls am 6., 7., und 11. Juli 1988 gewonnen. Zur Zeit der Probenahme war die Witterung sonnig und warm. Die Vegetationsperiode des ersten Halbjahres 1988 war durch ein wärmeres und trockeneres Wetter als im langjährigen Mittel gekennzeichnet (siehe Abbildung I im Anhang).

Für die Werbung der Vegetationsproben wurde jeweils ein 1 x 1 m großes Stück Grünland abgesteckt, wobei die dem Asphaltstrand nächstgelegene Kante jeweils 2 m, 10 m, 50 m bzw. 100 m entfernt war. Das Pflanzenmaterial wurde behutsam mittels einer Sichel gewonnen; eine Verunreinigung mit Erde wurde vermieden.

An Probenahmestellen mit besonders schütterem Pflanzenbewuchs mußte, um ausreichend Schnittgut gewinnen zu können, auch außerhalb der abgesteckten Fläche Material gewonnen werden, (von etwa 2 m²).

Nach sorgfältiger Durchmischung wurde ein Teil jeder Probe in PE-Säcken in geschlossener Kühlkette in das Forschungszentrum Seibersdorf, der andere Teil in Papiersäcken in das Zentrallabor-Hetzendorf des Umweltbundesamtes gebracht. Dort wurde sofort nach Anlieferung das Rohgewicht ermittelt, um die flächenbezogene Probenmenge festzustellen.

- Methodenbeschreibung für Metall-Analysen

* Probenvorbereitung

Das Probenmaterial aus den Papiersäcken wurde mit einer Schere auf 8 - 10 cm lange Stücke zerkleinert. Nach gründlicher Durchmischung wurde das Material zur Trocknung in Kunststoffwannen eingewogen und bei 80°C 3 bis 5 Tage lang im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz gedörnt. Nach der Auswaage wurde das getrocknete Material in Sinterkorundschalen mit zwanzig Schlagkugeln durch 30 bis 50 Minuten auf der Planetenmühle mehlfein gemahlen.

* Analytik/Aufschluß

2 g der homogenisierten Probe wurden mit einem Säuregemisch von $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 = 5 + 1$ (20 ml) in einem 100 ml Kjeldahlkolben aufgeschlossen, in einen 100 ml Meßkolben überführt, mit destilliertem Wasser aufgefüllt und filtriert.

Verwendete Analysengeräte

Die Elemente Blei, Cadmium und Zink wurden mittels Flammen-Absorptions-Spektrometer (AAS) analysiert.

- Methodenbeschreibung für organische Schadstoff (PAH)-Analysen
(siehe Bodenproben)

7.2.2 Fichtennadeln

- Probenahmen

Im Rahmen der Erhebungen durch den Unterausschuß "Umweltdaten" innerhalb des Verkehrs- und Umweltausschusses Tauernautobahn der Salzburger Landesregierung wurden freundlicherweise von der Abt.4, Landesforstdirektion, die Nadelproben gewonnen. Die Probenahme für die beiden Untersuchungsgebiete Bruckdorf und Stampertitzen erfolgte am 4. 10. 1988.

Die aus dem jeweiligen Wipfelbereich gewonnenen Proben wurden an Ort und Stelle in die drei jüngsten Nadeljahrgänge (1988/1987/1986) aufgeteilt und dem Zentrallabor des Umweltbundesamtes übergeben.

- Methodenbeschreibung für Metall- sowie Schwefel-, Chlor- und Brom-Analysen

Die Proben wurden am Tag nach der Anlieferung bei 105°C im Trockenschrank aufgebracht und bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Im Anschluß daran wurden die Nadeln von den Zweigen abgerebelt und in einer mit einem 2 mm-Sieb ausgerüsteten Mikro-Feinmühle (Culattimühle) mehlfein gemahlen.

Die Proben wurden in handelsüblichen PE-Gefrierbeuteln verpackt und dem Zentrallabor übersandt. Dort wurden sie (nach einer weiteren Zerkleinerung - 10 Minuten in Sinterkorundschalen mit 19 Schlagkugeln auf der Planetenmühle) unter einem Preßdruck von 300kN zu Tabletten gepreßt und mittels Röntgenfluoreszenz (RFA) untersucht.

- Methodenbeschreibung für rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen

Die Nadeln wurden im Exsiccator über Blaugel bei Raumtemperatur luftgetrocknet, auf Al-Tischchen montiert, mit Gold besputtert und im Rasterelektronenmikroskop bei 3 - 15 kV Beschleunigungsspannung untersucht. An ausgewählten Proben wurde mittels röntgendispersiver Mikroanalyse (EDX) die elementare Zusammensetzung der Oberflächenkontamination genauer bestimmt.



8 ERGEBNISSE

Die Diskussion der Ergebnisse erfolgt in der vom Untersuchungsprogramm vorgegebenen Reihenfolge.

8.1 Ergebnisse aus den drei Querprofilen

8.1.1 Grundparameter

Allgemein läßt sich sagen, daß die pH-Werte der Böden im neutralen bis schwach sauren Bereich liegen, wobei die Werte der Oberböden etwas niedriger sind als jene der Unterböden. Die pH-Werte des Referenzpunktes liegen mit 5,2 bzw. 5,6 unter den Werten der übrigen Proben (siehe Tabelle 11).

Die Karbonatgehalte der anthropogen beeinflussten Böden liegen deutlich höher als jene der unbeeinflussten. Als Ursache dafür kann die Verwendung von kalkhaltigem Schüttmaterial angesehen werden (siehe Tabelle 11).

Umgekehrt ist die Situation beim Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff (TOC), der als Maß für den Humusgehalt gelten kann. Er ist erwartungsgemäß im Bereich der anthropogen geformten Böden deutlich niedriger als in den von Baumaßnahmen unbeeinflussten Bereichen. Die erhobenen TOC-Werte weisen im allgemeinen eine normale Schwankung zwischen Ober- und Unterboden auf. Auffällig ist der hohe TOC-Wert im Unterboden des Probennahmepunktes 6 (vor der Mündung des Abluftstollens). Eine Ausnahme bilden auch die TOC-Gehalte des Standortes 18, der auf einer erst vor kurzem mit Müll verfüllten und zur Zeit als Grünland bewirtschafteten ehemaligen Schottergrube liegt.

Tabelle 11: Bodenanalytische Grundparameter: pH-Wert, Karbonatgehalt (als % CaCO₃ berechnet)

Probe- nummer		pH-Wert	% CaCO ₃	Probe- nummer		pH-Wert	% CaCO ₃
<u>Profil I</u>				<u>Profil III</u>			
1	OB	7,0	2,37	13	OB	7,3	5,68
	UB	7,3	7,11		UB	7,4	5,62
2	OB	7,4	5,98	14	OB	7,2	3,75
	UB	7,4	8,92		UB	7,4	4,80
3	OB	7,4	10,62	15	OB	7,4	2,59
	UB	7,5	10,86		UB	7,4	3,64
4	OB	7,3	4,32	16	OB	7,4	10,69
	UB	7,4	10,91		UB	7,5	4,08
5	OB	7,2	6,09	17	OB	7,0	0,82
	UB	7,5	9,04		UB	7,3	0,91
6	OB	7,2	5,12	18	OB	7,4	5,64
	UB	7,3	9,04		UB	7,4	4,86
<u>Profil II</u>				<u>Referenzpunkt</u>			
7a	OB	6,2	0,40	19	OB	5,2	0,42
	UB	7,5	2,51		UB	5,6	0,52
7	OB	6,5	0,44				
	UB	7,1	2,46				
8	OB	6,8	0,48				
	UB	7,4	1,42				
9	OB	7,3	4,13				
	UB	7,4	2,39				
10	OB	7,4	2,29				
	UB	7,4	1,10				
11	OB	6,5	1,00				
	UB	7,2	1,02				
12	OB	6,1	0,40				
	UB	6,3	0,52				
12a	OB	6,1	0,36				
	UB	6,6	0,48				

Legende:
OB = Oberboden
UB = Unterboden

Tabelle 12: Kohlenstoff und Stickstoffgehalt im Boden

Probe- nummer		TC [%]	TIC [%]	TOC [%]	N [%]	C/N
<u>Profil I</u>						
1	OB	5,84	0,28	5,56	0,50	11,1
	UB	3,65	0,85	2,80	0,26	10,8
2	OB	4,93	0,73	4,20	0,36	11,7
	UB	3,14	1,07	2,07	0,19	10,9
3	OB	4,01	1,27	2,74	0,24	11,4
	UB	2,95	1,30	1,65	0,14	11,8
4	OB	4,88	0,52	4,36	0,32	13,6
	UB	2,66	1,31	1,35	0,10	13,5
5	OB	4,29	0,73	3,56	0,27	13,2
	UB	2,76	1,08	1,68	0,17	9,9
6	OB	3,03	0,61	2,42	0,19	12,7
	UB	4,50	1,08	3,42	0,28	12,2
<u>Profil II</u>						
7a	OB	6,02	0,05	5,97	0,56	10,7
	UB	2,56	0,30	2,26	0,21	10,8
7	OB	8,23	0,05	8,18	0,82	10,0
	UB	5,00	0,30	4,70	0,46	10,2
8	OB	4,69	0,06	4,63	0,41	11,3
	UB	2,76	0,17	2,59	0,25	10,4
9	OB	3,61	0,50	3,11	0,25	12,4
	UB	2,37	0,29	2,08	0,20	10,4
10	OB	2,61	0,27	2,34	0,23	10,2
	UB	1,98	0,13	1,85	0,19	9,7
11	OB	5,94	0,12	5,82	0,47	12,4
	UB	2,40	0,12	2,28	0,24	9,5
12	OB	8,55	0,05	8,50	0,79	10,8
	UB	3,16	0,06	3,10	0,31	10,0
12a	OB	8,39	0,04	8,35	0,76	11,0
	UB	2,54	0,05	2,49	0,26	9,6

Probe- nummer		TC [%]	TIC [%]	TOC [%]	N [%]	C/N
<u>Profil III</u>						
13	OB	3,40	0,68	2,72	0,24	11,3
	UB	3,22	0,67	2,55	0,22	11,6
14	OB	3,52	0,45	3,07	0,26	11,8
	UB	2,20	0,58	1,62	0,20	8,1
15	OB	2,38	0,31	2,07	0,21	9,9
	UB	2,01	0,44	1,57	0,13	12,1
16	OB	3,73	1,28	2,45	0,20	12,3
	UB	1,98	0,49	1,49	0,17	8,8
17	OB	2,37	0,10	2,27	0,21	10,8
	UB	1,65	0,11	1,54	0,18	8,6
18	OB	2,17	0,68	1,49	0,16	9,3
	UB	1,96	0,58	1,38	0,14	9,9
<u>Referenzpunkt</u>						
19	OB	2,69	0,05	2,64	0,22	12,0
	UB	0,74	0,06	0,68	0,08	8,5
Legende:						
TC = Total Carbon = Gesamtkohlenstoff						
TIC = Total Inorganic Carbon = gesamter anorganischer Kohlenstoff (= $\text{CaCO}_3 \times 0.12$)						
TOC = Total Organic Carbon = gesamter organischer Kohlenstoff (= TC - TIC)						
N = Stickstoff n. Kjeldahl						
C/N = Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis (ohne Dimension)						

Das Verhältnis der Gehalte an organisch gebundenem Kohlenstoff und Gesamtstickstoff (C/N) liegt an allen beprobten Stellen im Normalbereich. Verkehrsbedingte Unregelmäßigkeiten sind nicht ableitbar. C/N-Verhältnisse unter 8 würden auf einen übermäßigen Stickstoffgehalt hinweisen, während Werte über 15 auf einen verminderten Abbau der organischen Substanz durch zu niedrige biologische Aktivitäten des Bodens hindeuten würden.

In Tabelle 13 ist das Gewicht der pro Quadratmeter gewonnenen Proben (Rohgewicht und Trockenmasse) für jeden der 21 Probenpunkte aufgelistet. Einzig und allein am Profil II zeigt sich der erwartete Effekt der verringerten Wuchsleistung im Böschungsbereich neben der Autobahn.

Tabelle 13: Wassergehalt und Trockensubstanz der Grünlandproben

Probenummer	Rohgewicht g/m ²	Wassergehalt %	Trockensubstanz %	Trockenmasse g/m ²
<u>Profil I</u>				
1	1477	77,7	22,3	329
2	934	66,2	33,8	316
3	1205	74,0	26,0	313
4	910	51,4	48,6	442
5	695	65,9	34,1	237
6	866	71,3	28,7	248
<u>Profil II</u>				
7a	1861	71,7	28,3	527
7	1434	70,3	29,7	425
8	817	62,0	38,0	310
9	480	64,1	35,9	172
10	430	66,4	33,6	145
11	1602	75,4	24,6	395
12	2264	76,8	23,2	525
12a	2101	71,1	28,9	606
<u>Profil III</u>				
13	580	70,7	29,3	170
14	892	64,8	35,2	314
15	487	57,9	42,1	205
16	450	52,8	47,2	212
17	430	62,7	37,3	160
18	1363	73,3	26,7	364
<u>Referenzpunkt</u>				
19	514	52,2	47,8	245

8.1.2 Verkehrsspezifische Metalle in Boden und Grünland

Blei (Pb) - im Boden

Wie nicht anders zu erwarten sind die Blei-Gehalte in den Oberböden deutlich, aber auch in den Unterböden erkennbar erhöht. Grundsätzlich sind die höchsten Werte im unmittelbaren Nahbereich der Autobahn zu verzeichnen.

Die Werte der Referenzproben entsprechen etwa jenen der in 50 m bzw. 100 m Entfernung von der Autobahn liegenden Punkte.

Die Veränderung der Bleibelastung der Böden in Abhängigkeit von der Entfernung zum Verkehrsträger ist aus Tabelle 14 bzw. Abbildung 12 ersichtlich.

Die jeweiligen Spitzenwerte in den einzelnen Profilen überschreiten den Grenzwert von 100 mg/kg und haben im einzelnen folgende Ursachen:

Profil I: Punkt 4 OB liegt unmittelbar vor der Mündung der Tunnelröhre in ebenem Gelände im Einflußbereich des ständigen Abluftstromes.

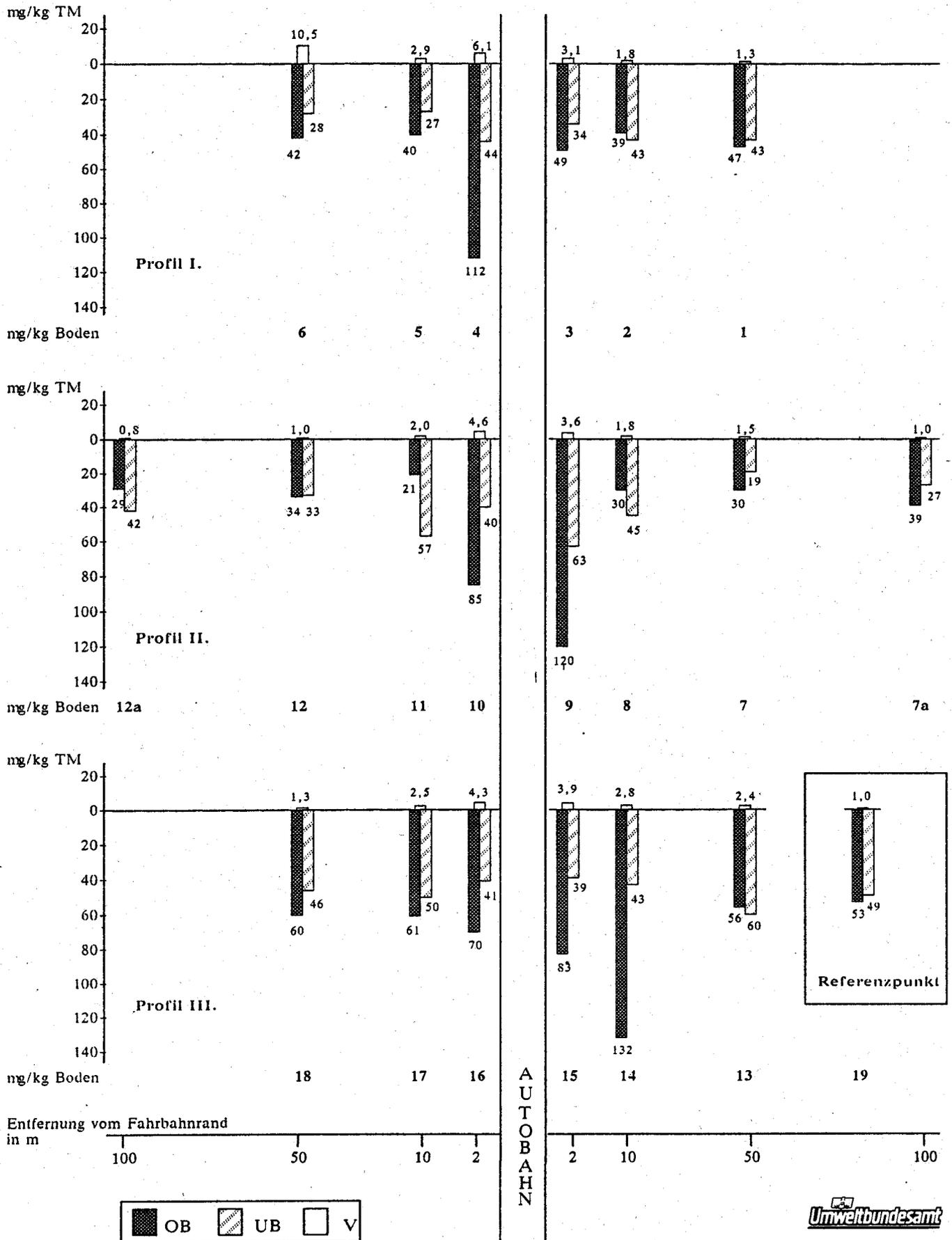
Profil II: Punkt 9 OB liegt auf der Dammkrone unmittelbar neben der bergwärtsführenden Fahrbahn.

Profil III: Punkt 14 OB liegt auf einem ansteigenden Hang, auf der Seite des bergwärts führenden Fahrstreifens und wird ständig von dem vermehrten Abgasausstoß getroffen.

Tabelle 14: Bleigehalt in Boden und Grünland

Probe- nummer		Blei (Pb) mg/kg	Probe- nummer		Blei (Pb) mg/kg
<u>Profil I</u>			<u>Profil II ff.</u>		
1	OB	47	11	OB	21
1	UB	43	11	UB	57
1	V	1,3	11	V	2,0
2	OB	39	12	OB	34
2	UB	43	12	UB	33
2	V	1,8	12	V	1,0
3	OB	49	12a	OB	29
3	UB	34	12	UB	42
3	V	3,1	12a	V	0,8
4	OB	112	<u>Profil III</u>		
4	UB	44	13	OB	56
4	V	6,1	13	UB	60
5	OB	40	13	V	2,4
5	UB	27	14	OB	132
5	V	2,9	14	UB	43
6	OB	42	14	V	2,8
6	UB	28	15	OB	83
6	V	10,5	15	UB	39
<u>Profil II</u>			15	V	3,9
7a	OB	39	16	OB	70
7	UB	27	16	UB	41
7a	V	1,0	16	V	4,3
7	OB	30	17	OB	61
7	UB	19	17	UB	50
7	V	1,5	17	V	2,5
8	OB	30	18	OB	60
8	UB	45	18	UB	46
8	V	1,8	18	V	1,3
9	OB	120	<u>Referenzpunkt</u>		
9	UB	63	19	OB	53
9	V	3,6	19	UB	49
10	OB	85	19	V	1,0
10	UB	40	<u>Legende:</u> OB = Oberboden		
10	V	4,6	UB = Unterboden		
			V = Vegetation		

Abbildung 12: Bleigehalt in Grünland (TM) und Boden (luftgetrocknet)



Ab einer Entfernung von 10 m vom Fahrbahnrand läßt sich der Blei-Gehalt der Böden nicht mehr auf den unmittelbaren Einfluß des Kfz-Verkehrs zurückführen.

Blei (Pb) - im Grünland

Bei den Bleiablagerungen an Pflanzen zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Bodenproben: höherer Bleigehalt in unmittelbarer Nähe der Autobahn. Die ermittelten Bleigehalte bewegen sich - ausgenommen bei den Meßpunkten 4 und 6 - im normalen Bereich, d.h. zwischen 0,1 und 6 ppm (siehe Tabelle 14 und Abbildung 12). Der erhöhte Bleigehalt der Vegetationsproben bei Meßpunkt 4 (6,1 ppm) ist auf die Lage unmittelbar neben der Autobahn im Bereich des Tunnelportales zurückzuführen. Punkt 6, wo die höchste Bleibelastung (10,5 ppm) ermittelt wurde, liegt vor der Mündung des Abluftstollens. Selbst dieser Wert liegt bei etwa einem Drittel des EG-Grenzwertes für Grünfutter.

Cadmium (Cd) - im Boden

Ein leicht verändertes Bild ist aus der Verteilung der Cadmiumgehalte in Abhängigkeit zur Entfernung von der Autobahn zu erkennen (siehe Tabelle 15). Der in der Steiermärkischen Klärschlammverordnung genannte Grenzwert von 2 mg Cd/kg TM wird in keinem Fall überschritten. Grundsätzlich sind die Unterschiede in Abhängigkeit von der Entfernung zur Fahrbahn nicht so stark ausgeprägt wie bei Blei.

Cadmium (Cd) - im Grünland

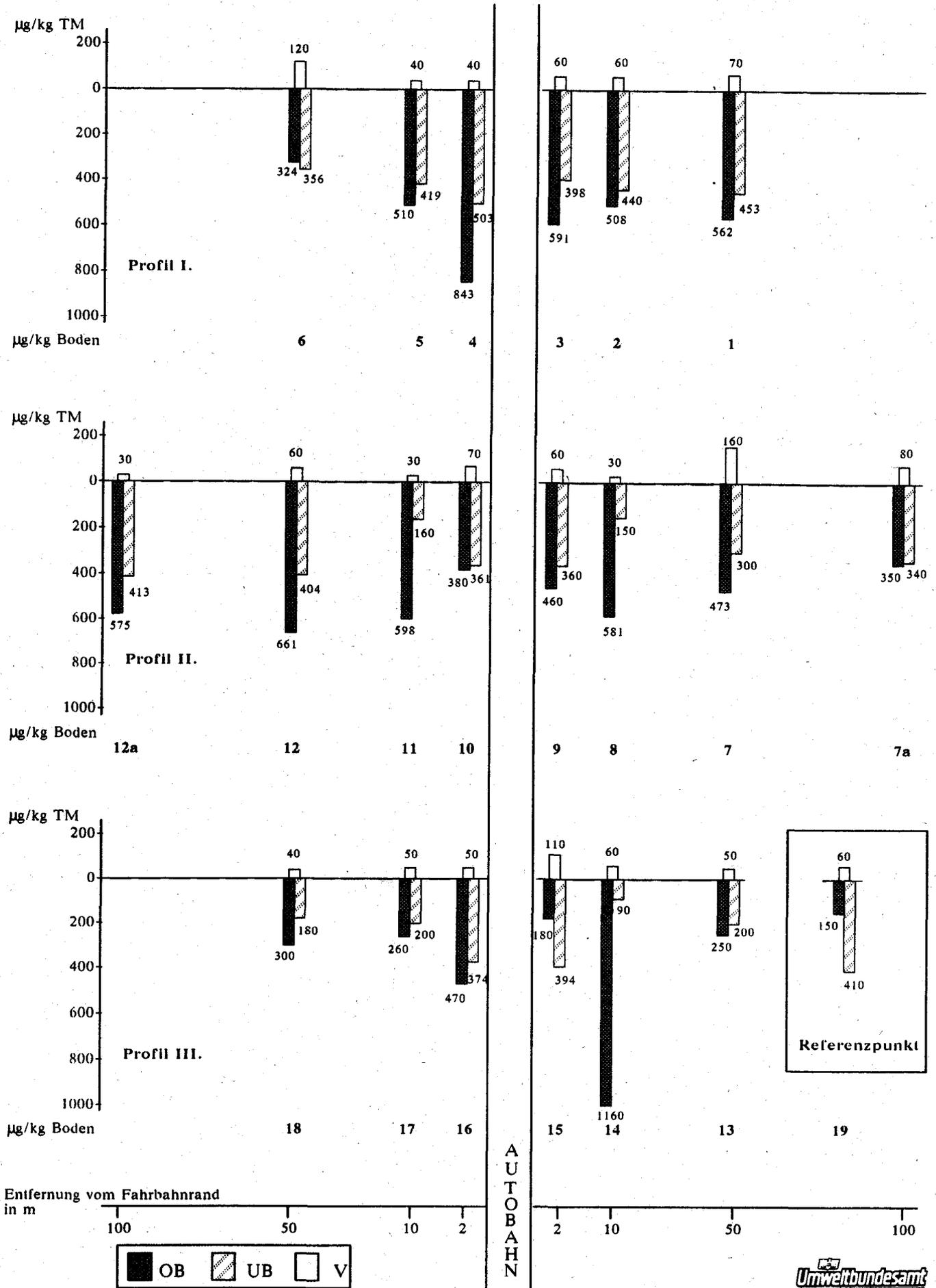
Hinsichtlich der Cadmiumgehalte in den entnommenen Grünlandproben zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Böden. Der Cadmiumgehalt ist kaum in eine Abhängigkeit zur Autobahn zu bringen. Alle Analysener-

gebnisse liegen innerhalb des von SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL (1984) definierten "normalen Bereichs" (50 - 400 $\mu\text{g Cd/kg TM}$). Der erhobene Cadmium-Wert von 9 Standorten liegt sogar unter dem des Referenzpunktes und nur 6 Werte liegen über diesem (siehe Tabelle 15 und Abbildung 13).

Tabelle 15: Cadmiumgehalt in Boden und Grünland

Probe- nummer		Cadmium (Cd) µg/kg	Probe- nummer		Cadmium (Cd) µg/kg
<u>Profil I</u>			<u>Profil II ff.</u>		
1	OB	562	11	OB	598
1	UB	453	11	UB	160
1	V	70	11	V	30
2	OB	508	12	OB	661
2	UB	440	12	UB	404
2	V	60	12	V	60
3	OB	591	12a	OB	575
3	UB	398	12	UB	413
3	V	60	12a	V	30
4	OB	843	<u>Profil III</u>		
4	UB	503	13	OB	250
4	V	40	13	UB	200
5	OB	510	13	V	50
5	UB	419	14	OB	1.160
5	V	40	14	UB	90
6	OB	324	14	V	60
6	UB	356	15	OB	180
6	V	120	15	UB	394
<u>Profil II</u>			15	V	110
7a	OB	350	16	OB	470
7	UB	340	16	UB	374
7a	V	80	16	V	50
7	OB	473	17	OB	260
7	UB	300	17	UB	200
7	V	160	17	V	50
8	OB	581	18	OB	300
8	UB	150	18	UB	180
8	V	30	18	V	40
9	OB	460	<u>Referenzpunkt</u>		
9	UB	360	19	OB	150
9	V	60	19	UB	410
10	OB	380	19	V	60
10	UB	361	<u>Legende:</u> OB = Oberboden		
10	V	70	UB = Unterboden		
			V = Vegetation		

Abbildung 13: Cadmiumgehalt in Grünland (TM) und Boden (luftgetrocknet)



Zink (Zn) - im Boden

Wenn auch der Zinkgehalt im Boden gegenüber dem Referenzpunkt (19) deutlich erhöhte Werte aufweist, wird doch der Grenzwert von 300 mg Zn/kg TM in keiner Probe erreicht. Einzig und allein der Oberboden von Punkt 4 weist 80 % dieses Grenzwertes auf (siehe Tabelle 16 und Abbildung 14). Die relativ ähnlichen Werte für die Ober- und Unterböden zeigen die höhere Mobilität von Zink gegenüber den anderen untersuchten Metallen.

Zink (Zn) - im Grünland

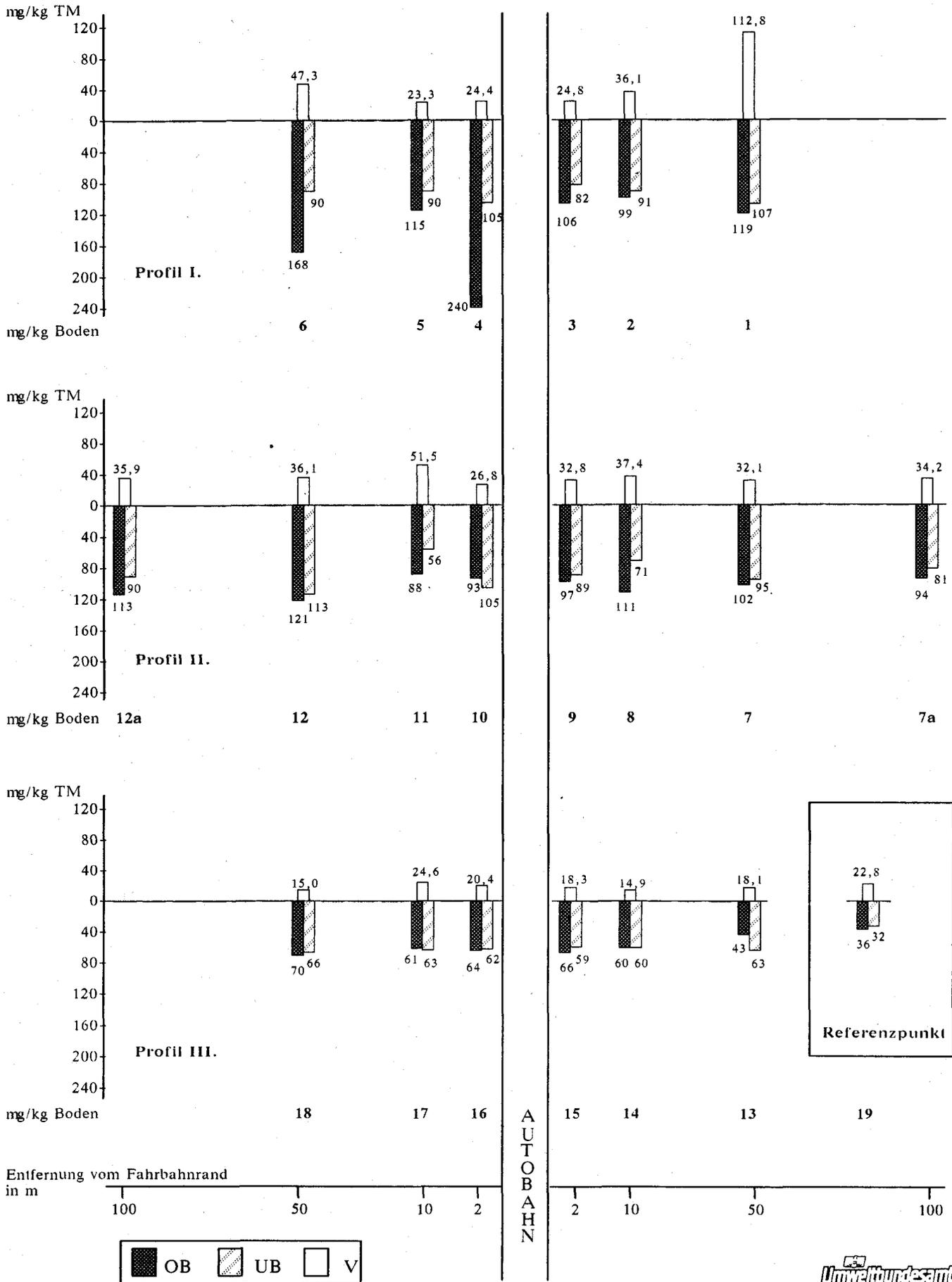
Bis auf eine einzige Probe (Standort 1) liegen die Zinkgehalte im Pflanzenmaterial im "normalen" Bereich (10 - 100 mg Zn/kg TM). Der Zinkgehalt der genannten Probe liegt mit 112,8 mg Zn/kg TM aber auch noch deutlich unter der von PEER und TÜRK (1988) genannten Toxizitätsgrenze von 200 mg Zn/kg TM (siehe Tabelle 16 und Abbildung 14).

Mehr als die Hälfte der untersuchten Grünlandproben weist einen Zinkgehalt ähnlich dem der Referenzprobe auf.

Tabelle 16: Zinkgehalt in Boden und Grünland

Probe- nummer	Zink (Zn) mg/kg	Probe- nummer	Zink (Zn) mg/kg
<u>Profil I</u>		<u>Profil II ff.</u>	
1 OB	119	11 OB	88
1 UB	107	11 UB	56
1 V	112,8	11 V	51,5
2 OB	99	12 OB	121
2 UB	91	12 UB	113
2 V	36,1	12 V	36,1
3 OB	106	12a OB	113
3 UB	82	12 UB	90
3 V	24,8	12a V	35,9
4 OB	240	<u>Profil III</u>	
4 UB	105	13 OB	43
4 V	24,4	13 UB	63
5 OB	115	13 V	18,1
5 UB	90	14 OB	60
5 V	23,3	14 UB	60
6 OB	168	14 V	14,9
6 UB	90	15 OB	66
6 V	47,3	15 UB	59
<u>Profil II</u>		15 V	18,3
7a OB	94	16 OB	64
7 UB	81	16 UB	62
7a V	34,2	16 V	20,4
7 OB	102	17 OB	61
7 UB	95	17 UB	63
7 V	32,1	17 V	24,6
8 OB	111	18 OB	70
8 UB	71	18 UB	66
8 V	37,4	18 V	15,0
9 OB	97	<u>Referenzpunkt</u>	
9 UB	89	19 OB	36
9 V	32,8	19 UB	32
10 OB	93	19 V	22,8
10 UB	105	<u>Legende:</u> OB = Oberboden	
10 V	26,8	UB = Unterboden	
		V = Vegetation	

Abbildung 14: Zinkgehalt in Grünland (TM) und Boden (luftgetrocknet)



8.1.3 Organische Schadstoffe in Boden und Grünland

Um den Nachweis erbringen zu können, ob Kraftfahrzeugverkehrs- oder Heizungsabgase für das PAH-Aufkommen an einer Meßstelle verantwortlich sind, wurde, wie von LAHMANN et. al. (1984) vorgeschlagen, der Quotient von Indeno (1,2,3-c,d)pyren und Benzo(g,h,i)perylen errechnet. Dieser Quotient wurde sowohl für die Bodenproben als auch das Pflanzenmaterial erhoben. Er läßt die Aussage zu, daß die PAH-Immissionen im Bereich der Tauernautobahn auf den Kfz-Verkehr zurückzuführen sind, was auch den bisherigen Vermutungen entspricht.

Die Gesamtsumme jener 15 untersuchten PAHs wurde für alle 19 Standorte sowohl für Boden als auch für Grünland einerseits der Summe jener 10 PAHs, die BJØRSETH und BECHER (1986) der Gruppe 2 - 4 (siehe Seite 35) zugeordnet und andererseits auch jenen 6 PAHs, die in der österreichischen Regelung für Trinkwasser als Grenzwert für kanzerogen aktive PAHs ausgewiesen sind, gegenübergestellt.

Vergleicht man die EG-Werte für Boden und Grünland mit jenen von BJØRSETH und BECHER (1986), so ist deutlich zu erkennen, daß letztere jeweils einen höheren Anteil an kanzerogen aktiven Substanzen aufweisen (siehe Tabellen 17 und 18 und Abbildungen 15 - 18).

PAHs im Boden

Die Ergebnisse der 15 ausgewählten PAHs in den Bodenproben zeigen deutlich ein Ansteigen der Belastung mit abnehmender Entfernung von der Emissionsquelle (Autobahn bzw. Abluftstollen in Tunnelnähe).

Allerdings bewegen sich sämtliche ermittelten PAH-Werte in den Bodenproben im unteren Bereich der in der einschlägigen Literatur erwähnten und in Europa gemessenen Werte.

Von den 19 Meßpunkten liegen zwei im PAH-Gesamtgehalt unter dem der Referenzprobe (13 und 14), ein weiterer (11) nur knapp darüber (im Gehalt an kanzerogen verdächtigen Substanzen sogar darunter). Bei sechs weiteren Punkten (12 a, 7 a, 7, 8, 12 und 18) liegen die Analyseergebnisse der PAHs unter dem Doppelten des Referenzwertes.

PAHs im Grünland

Bei den untersuchten Grünlandproben zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Bodenproben - eine abnehmende PAH-Belastung mit steigender Entfernung von der Autobahn.

Von den 21 entnommenen Pflanzenproben weist der Großteil (13) einen Benzo(a)pyren-Gehalt (BaP) unter $1 \mu\text{g}/\text{kg}$ TM auf. Vier weitere liegen knapp darüber ($1,1 - 1,4 \mu\text{g}/\text{kg}$). Einzig und alleine die am Punkt 4 entnommene Pflanzenprobe weist einen stark erhöhten BaP-Gehalt ($3,2 \mu\text{g}/\text{kg}$) auf. VARMUZA (1989), der eine Datenauswertung der PAH-Werte vorgenommen hat, nimmt an, daß diese Probe einen Ausreißer darstellt.

Insgesamt kann wohl eine deutliche Zunahme der gemessenen PAH-Werte mit Annäherung an die Autobahn sowohl im Boden als auch in den Grünlandproben festgestellt werden; aufgrund bisheriger Kenntnisse sind jedoch noch keine bedenklichen Kontaminationen erkennbar.

Tabelle 17: Gehalt der Oberböden an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der kanzerogen aktiven Substanzen nach BJØRSETH und BECHER (1986) und EG-Richtlinie

<u>Profil I</u>						
PAH (ppb)	1	2	3	4	5	6
Pyren	72,9	63,8	82,1	155,0	54,6	130,0
* Chrysen	20,2	30,2	29,1	42,0	16,0	42,0
o Fluoranthren	17,3	10,1	14,6	24,7	9,4	18,0
o * Benzo(a)pyren	16,0	19,9	23,7	26,6	14,6	19,2
o * Benzo(b)fluoranthren	29,9	24,9	31,2	42,1	22,2	35,6
o * Benzo(k)fluoranthren	26,3	16,2	18,3	36,9	18,5	20,1
o * Benzo(g,h,i)perylene	47,0	14,5	18,6	54,8	29,8	28,9
* Coronen	14,1	23,0	39,9	54,8	3,7	29,1
* Anthanthren	3,3	4,0	4,3	6,9	3,6	3,4
Perylen	6,7	6,0	7,7	8,5	3,9	4,5
o * Indeno(1,2,3-c,d)pyren	27,0	31,5	30,2	33,0	18,6	35,9
* Benzo(a)anthracen	9,9	15,0	13,4	19,9	12,0	35,5
* Dibenz(a,h)anthracen	13,2	19,2	13,5	20,0	6,8	35,6
Phenanthren	7,7	5,8	5,8	92,8	6,1	13,8
Anthracen	26,6	26,6	32,2	85,9	18,1	14,1
PAH-Gesamt	338,1	310,7	364,6	484,4	237,9	465,7
* kanzerogen aktive Substanzen	206,9	198,4	222,2	337,0	145,8	285,3
o Anteil Referenzstoffe lt. EG-Richtlinie	163,5	117,1	136,6	218,1	113,1	157,7

Profil II

PAH (ppb)	7a	7	8	9	10	11	12	12a
Pyren	30,3	31,3	19,5	104,0	58,0	16,9	27,6	21,3
* Chrysen	17,3	16,4	11,9	43,7	19,8	10,0	17,1	11,6
o Fluoranthren	5,7	5,2	5,3	26,1	13,5	3,5	6,5	4,2
o * Benzo(a)pyren	11,1	13,0	9,4	28,4	12,4	7,4	13,3	9,0
o * Benzo(b)fluoranthren	20,7	20,2	16,2	47,5	28,3	12,7	28,6	19,9
o * Benzo(k)fluoranthren	9,7	8,9	9,0	16,0	8,2	4,2	9,0	6,0
o * Benzo(g,h,i)perylen	15,2	17,1	19,2	73,6	50,4	14,9	16,0	13,0
* Coronen	3,8	4,8	4,8	18,4	7,9	3,7	2,7	4,5
* Anthanthren	2,4	2,4	1,8	9,2	4,3	1,7	2,9	3,8
Perylen	3,5	4,4	3,7	12,1	6,7	2,9	4,7	2,3
o * Indeno(1,2,3-c,d)pyren	26,6	28,0	27,2	64,8	41,2	17,8	37,3	27,2
* Benzo(a)anthracen	15,6	15,6	12,8	41,5	21,0	16,6	11,6	9,3
* Dibenz(a,h)anthracen	4,3	4,6	1,0	4,5	3,3	2,1	4,1	2,1
Phenanthren	13,8	12,5	15,3	13,5	5,5	3,9	12,4	8,8
Anthracen	1,0	3,8	3,0	17,5	4,0	5,9	4,5	7,9
PAH-Gesamt	180,7	188,2	160,1	520,8	284,5	118,3	198,3	150,9
* kanzerogen aktive Substanzen	122,9	126,2	108,5	329,9	188,9	81,5	139,9	101,9
o Anteil Referenzstoffe lt. EG-Richtlinie	89,0	92,4	86,3	265,4	154,0	60,5	110,7	79,3

Profil III

PAH (ppb)	13	14	15	16	17	18	Referenzpunkt 19
Pyren	14,2	20,2	83,8	79,0	105,0	38,0	8,6
* Chrysen	6,5	7,4	20,5	21,3	38,9	16,0	5,8
o Fluoranthren	3,9	5,5	20,9	20,1	14,5	12,6	4,0
o * Benzo(a)pyren	6,1	6,0	17,7	21,6	28,3	14,6	12,8
o * Benzo(b)fluoranthren	9,2	9,8	36,7	33,0	24,9	18,4	12,3
o * Benzo(k)fluoranthren	9,4	9,7	52,5	50,3	22,8	15,4	7,4
o * Benzo(g,h,i)perylen	7,7	6,8	71,0	66,8	19,8	12,0	10,5
* Coronen	6,4	9,9	18,9	10,0	5,9	5,3	1,2
* Anthanthren	1,6	1,8	7,5	7,7	4,5	2,6	4,8
Perylen	2,6	2,5	10,0	15,5	11,0	4,6	2,6
o * Indeno(1,2,3-c,d)pyren	4,8	4,7	10,4	9,4	10,3	7,0	17,9
* Benzo(a)anthracen	4,3	4,0	2,2	2,2	27,3	17,6	6,7
* Dibenz(a,h)anthracen	2,8	2,2	20,1	20,1	25,3	5,2	7,4
Phenanthren	8,0	11,1	5,5	8,9	27,6	16,4	4,8
Anthracen	5,8	9,2	19,3	17,8	3,6	3,4	0,3
PAH-Gesamt	93,3	110,8	397,0	383,7	369,7	189,1	117,1
* kanzerogen aktive Substanzen	58,8	62,3	257,5	242,4	208,0	114,1	85,6
o Anteil Referenzstoffe lt. EG-Richtlinie	41,1	42,5	209,2	201,2	120,6	80,0	64,9

Abbildung 15: Gehalt der Oberböden an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der kanzerogenen aktiven Substanzen nach BJØRSETH und BECHER (1986) in ppb

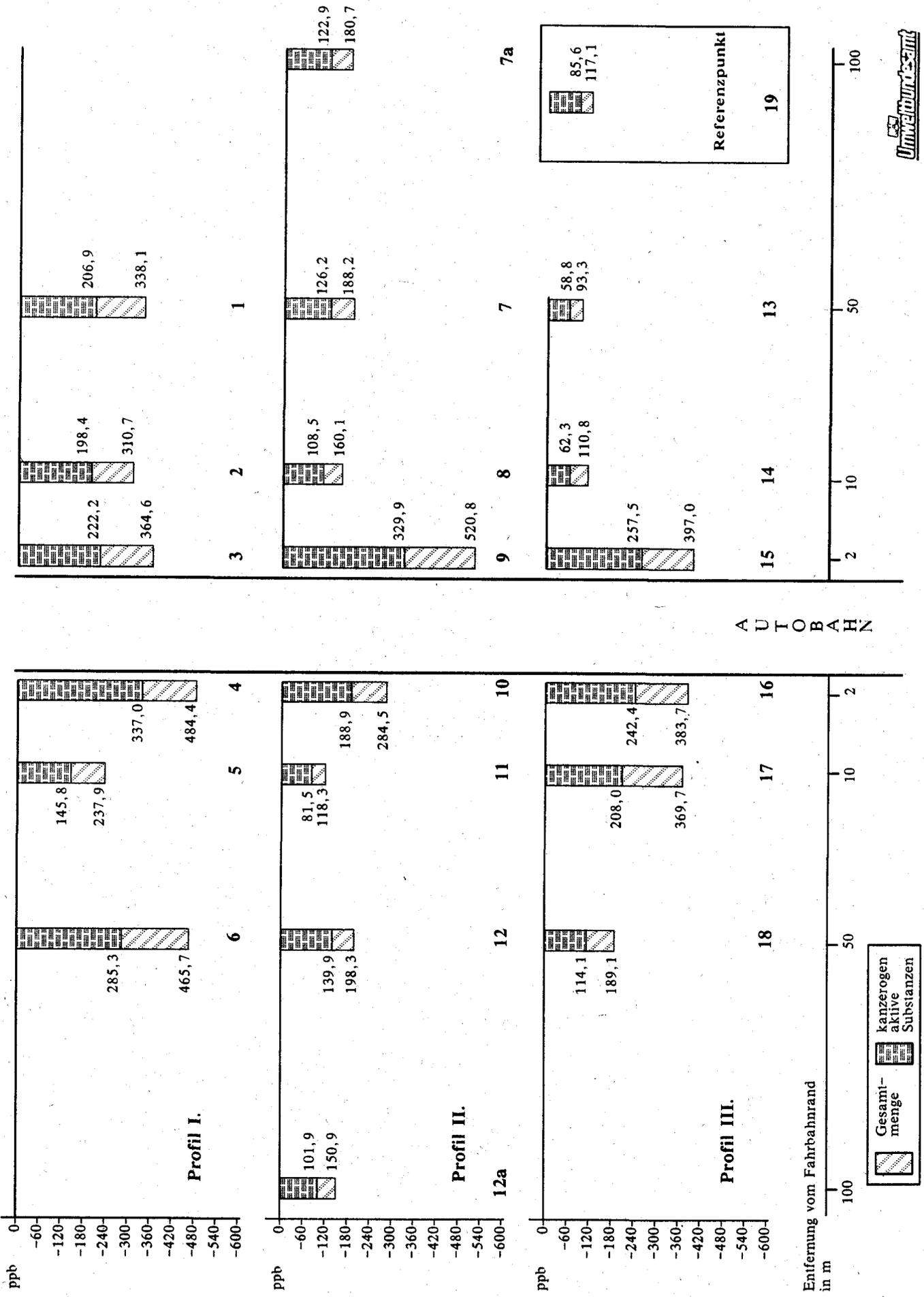


Abbildung 16: Gehalt der Oberböden an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der 6 in der EG-Richtlinie genannten Referenzstoffe (in ppb)

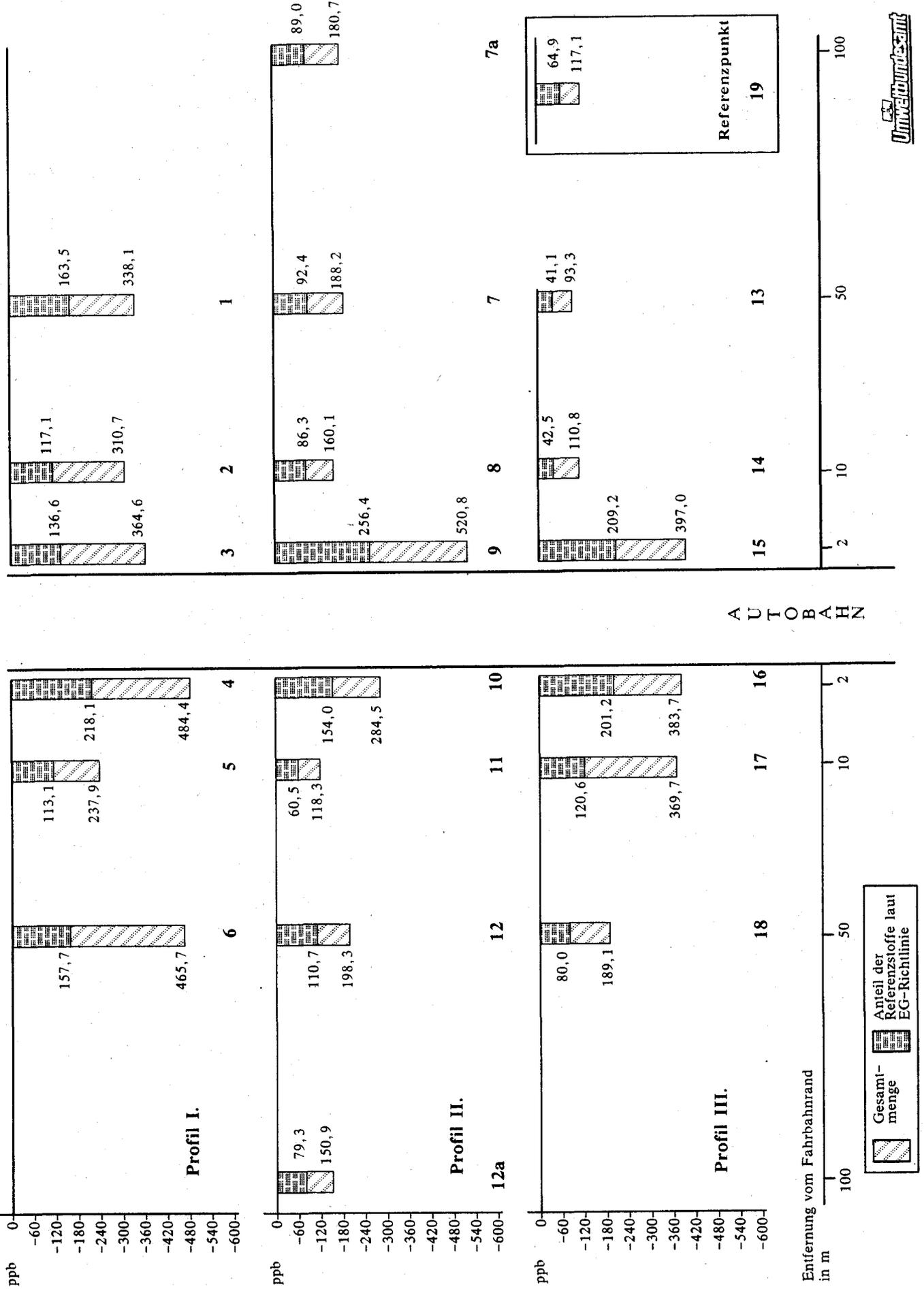


Tabelle 18: Gehalt der Grünlandproben an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der kanzerogen aktiven Substanzen nach BJØRSETH und BECHER (1986) und EG-Richtlinie

<u>Profil I</u>						
PAH (ppb)	1	2	3	4	5	6
Pyren	4,6	28,6	52,3	84,0	11,5	38,9
* Chrysen	0,9	2,8	4,3	12,2	2,0	4,7
o Fluoranthen	0,4	2,3	4,6	11,0	1,5	4,9
o * Benzo(a)pyren	0,3	0,9	0,8	3,2	0,5	0,9
o * Benzo(b)fluoranthen	0,7	1,0	1,2	4,7	0,9	1,5
o * Benzo(k)fluoranthen	0,6	1,1	0,9	4,7	1,0	1,5
o * Benzo(g,h,i)perylen	0,7	2,1	3,4	8,4	1,6	3,9
* Coronen	0,1	1,3	2,3	10,0	1,3	1,3
* Anthanthren	0,1	0,2	0,3	1,1	0,3	0,3
Perylen	0,1	0,2	0,3	1,2	0,3	0,4
o * Indeno(1,2,3-c,d)pyren	1,1	2,1	2,4	5,3	1,8	1,9
* Benzo(a)anthracen	0,4	0,8	0,5	2,5	1,1	0,7
* Dibenz(a,h)anthracen	0,4	1,0	2,1	11,4	0,4	3,2
Phenanthren	2,6	12,3	20,8	16,7	8,5	21,3
Anthracen	1,8	8,7	12,4	21,7	3,3	3,2
PAH-Gesamt	14,8	65,4	108,6	198,1	36,0	88,6
* kanzerogen aktive Substanzen	5,3	13,3	18,2	69,5	10,9	19,9
o Anteil Referenzstoffe lt. EG-Richtlinie	3,8	9,5	13,3	37,3	7,3	14,6

Profil II

PAH (ppb)	7a	7	8	9	10	11	12	12a
Pyren	7,8	4,2	4,0	16,4	12,1	5,6	4,0	4,8
* Chrysen	2,1	1,6	1,6	3,8	4,1	1,6	1,1	1,6
o Fluoranthren	1,0	0,5	0,5	1,8	1,8	0,7	0,3	0,4
o * Benzo(a)pyren	0,8	0,5	0,6	1,2	1,1	0,7	0,6	0,6
o * Benzo(b)fluoranthren	1,2	1,1	1,0	2,1	1,9	1,1	0,6	0,9
o * Benzo(k)fluoranthren	0,6	0,4	0,5	1,0	1,1	0,3	0,2	0,3
o * Benzo(g,h,i)perylen	0,2	0,4	<0,1	0,6	0,5	0,4	0,4	0,6
* Coronen	1,3	0,8	2,3	6,8	5,5	2,2	0,4	0,3
* Anthanthren	0,2	0,1	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1
Perylen	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
o * Indeno(1,2,3-c,d)pyren	1,6	1,9	1,6	2,6	2,2	1,4	0,7	0,8
* Benzo(a)anthracen	1,2	0,7	0,7	2,5	2,3	0,9	0,4	0,7
* Dibenz(a)anthracen	0,5	0,6	0,5	1,0	1,2	0,8	0,3	0,5
Phenanthren	1,5	2,4	3,7	11,1	5,3	1,6	0,8	0,8
Anthracen	2,7	2,5	3,6	9,7	10,8	4,0	1,2	2,7
PAH-Gesamt	22,9	18,0	21,1	60,5	50,4	21,8	11,3	15,2
* kanzerogen aktive Substanzen	8,4	7,3	6,2	15,2	14,7	7,5	4,5	6,1
o Anteil Referenzstoffe lt. EG-Richtlinie	5,4	4,8	4,3	9,3	8,6	4,6	2,8	3,6

Profil III

PAH (ppb)	13	14	15	16	17	18	Referenzpunkt 19
Pyren	6,5	5,8	6,9	11,6	13,8	5,0	3,4
* Chrysen	0,8	1,9	2,5	3,7	4,3	1,5	1,0
o Fluoranthren	1,1	0,8	0,9	1,5	1,7	0,7	0,4
o * Benzo(a)pyren	0,4	0,7	0,9	1,1	1,4	0,5	0,4
o * Benzo(b)fluoranthren	0,4	0,9	1,1	1,5	1,6	0,6	0,6
o * Benzo(k)fluoranthren	0,4	1,0	1,1	1,3	1,5	0,4	0,5
o * Benzo(g,h,i)perylen	0,8	1,6	0,9	3,0	2,0	0,6	0,7
* Coronen	<0,1	0,4	1,2	0,9	1,0	0,2	0,2
* Anthanthren	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1
Perylen	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1
o * Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,8	1,4	1,7	1,6	1,5	0,5	0,8
* Benzo(a)anthracen	0,4	0,8	0,8	1,5	1,5	0,6	0,4
* Diben(a,h)anthracen	0,2	0,9	1,6	3,3	2,5	0,3	0,1
Phenanthren	2,9	3,2	3,9	6,1	5,7	2,2	1,3
Anthracen	1,8	2,1	2,6	5,0	3,3	1,3	2,6
PAH-Gesamt	16,8	21,9	26,6	42,7	42,5	14,6	12,6
* kanzerogen aktive Substanzen	4,4	9,8	12,0	18,2	17,6	5,3	4,7
o Anteil Referenzstoffe lt. EG-Richtlinie	3,9	6,4	6,6	10	9,7	3,3	3,4

Abbildung 17: Gehalt der Grünlandproben an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der kanzerogenen aktiven Substanzen nach BJØRSETH und BECHER (1986)

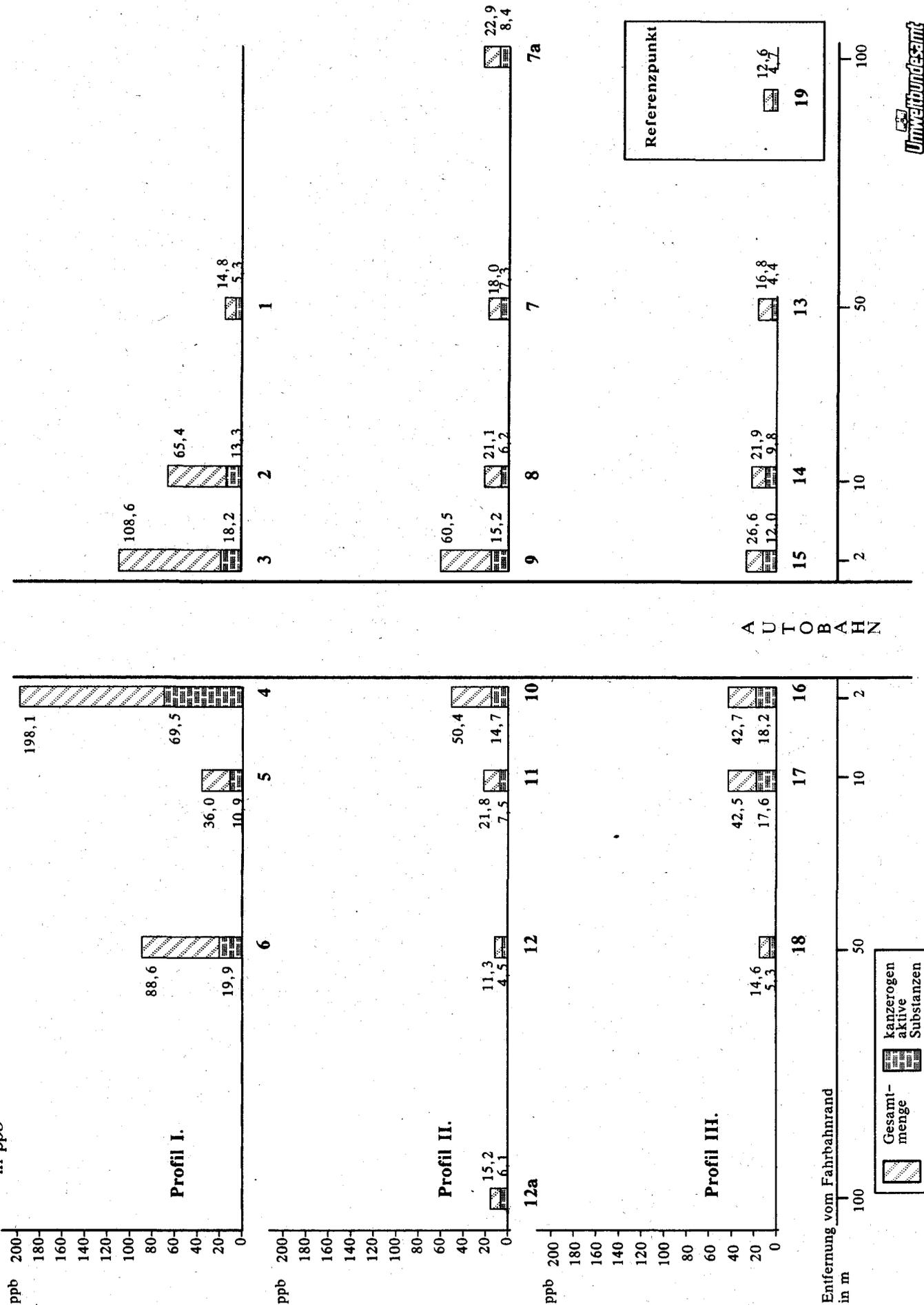
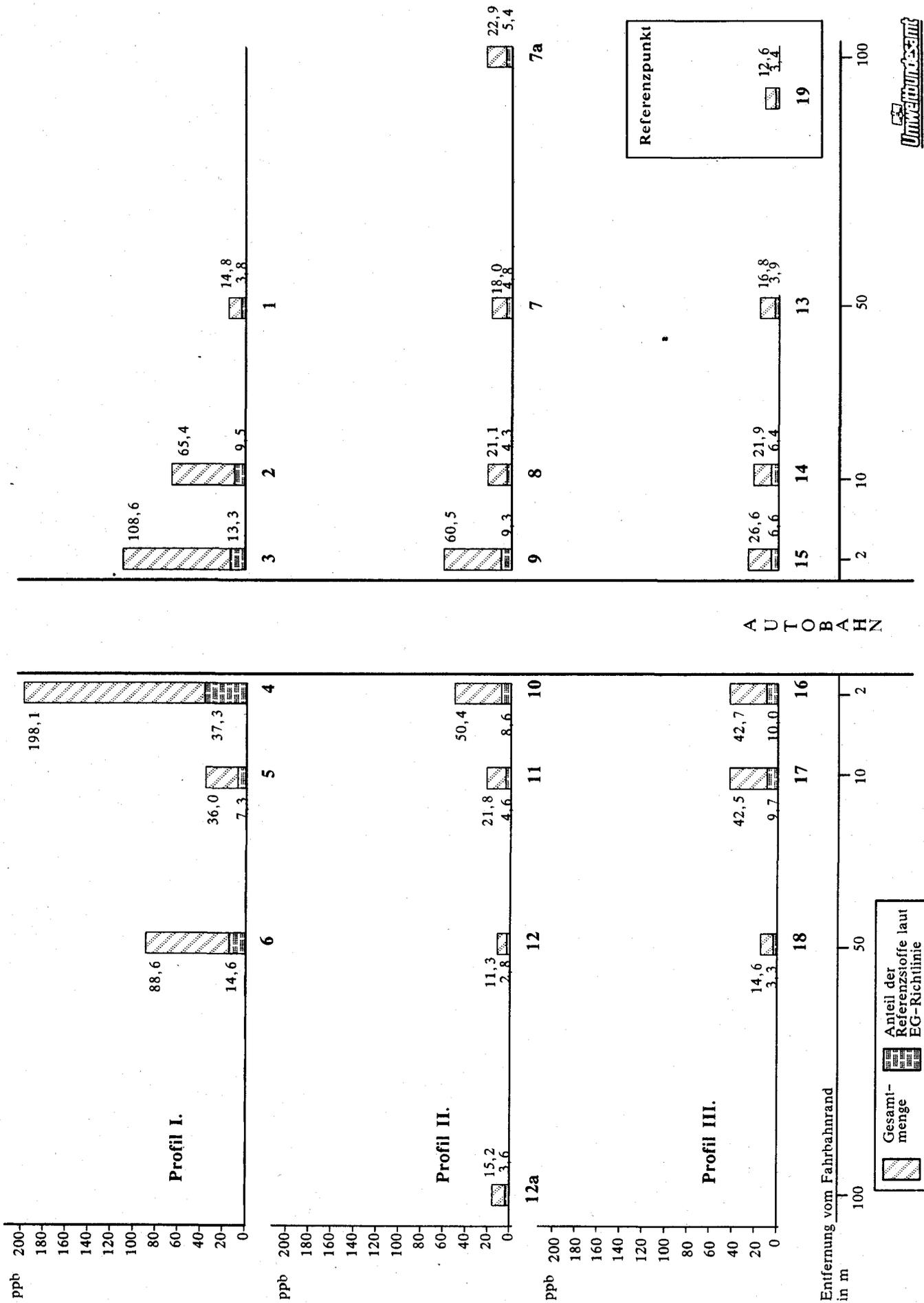


Abbildung 18: Gehalt der Grünlandproben an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der EG-Richtlinie genannten Referenzstoffe (in ppb)



8.1.4 Chlor und Brom in Boden und Grünland

In Ergänzung zu den bereits beschriebenen Parametern wurden in den drei Querprofilen sowohl Boden als auch Grünland auf ihren Chlor- und Bromgehalt untersucht (siehe Tabelle 19).

Chlor

Die Chlorgehalte in den Oberböden lassen unter Berücksichtigung des Kleinreliefs tendenziell eine Abnahme mit zunehmender Entfernung von der Autobahn erkennen. Dieser Trend ist in den Unterböden noch stärker zu beobachten. Am Punkt 16 sind für beide Bodenbereiche die bei weitem höchsten Werte gemessen worden (OB 208 mg Cl/kg TM; gegenüber 41 mg Cl/kg TM am Referenzstandort, UB 650 mg Cl/kg TM; gegenüber 31 mg Cl/kg TM am Referenzstandort). Diese Extremwerte sind mit hoher Wahrscheinlichkeit aus dem Kleinrelief sowie dem an dieser Probenahmestelle besonders durchlässigen Schüttmaterial an der Dammkrone zu erklären. Es kann dort das Schmelzwasser des mit Streusalz vermischten Schneematsches besonders leicht in den Boden eindringen. Grundsätzlich können Chlorid-Ionen durch Niederschläge in tiefere Bodenschichten gelangen.

An den übrigen Meßpunkten schwanken die Werte zwischen 32 mg Cl/kg TM und 166 mg Cl/kg TM. Die Chlorwerte für den Referenzpunkt liegen bei 41 mg Cl/kg TM im Oberboden und 31 mg Cl/kg TM im Unterboden.

Die Schwankungen der Chlorgehalte in den Pflanzenproben korrelieren erstaunlich schlecht mit jenen in den Bodenproben, wo sie außerdem um ein bis zwei Zehnerpotenzen niedriger sind. Am ausgeglichensten sind die Chlorgehalte in Profil II. Sie schwanken zwischen 8.510 mg Cl/kg TM am

Tabelle 19: Chlor und Brom in Boden und Grünland

Probe- nummer		Chlor mg/kg TM	Brom mg/kg TM	Probe- nummer		Chlor mg/kg TM	Brom mg/kg TM
<u>Profil I</u>				<u>Profil II ff.</u>			
1	OB	88	10	11	OB	44	5
1	UB	48	7	11	UB	41	5
1	V	17.500	5	11	V	6.140	3
2	OB	166	5	12	OB	75	6
2	UB	45	4	12	UB	44	5
2	V	4.000	3	12	V	7.700	1
3	OB	39	7	12a	OB	58	6
3	UB	27	4	12a	UB	40	4
3	V	5.080	4	12a	V	4.680	1
4	OB	94	14	<u>Profil III</u>			
4	UB	40	4	13	OB	52	6
4	V	12.900	5	13	UB	59	8
5	OB	103	7	13	V	6.950	2
5	UB	100	3	14	OB	76	13
5	V	6.030	1	14	UB	50	4
6	OB	59	7	14	V	10.200	1
6	UB	41	7	15	OB	80	7
6	V	7.660	17	15	UB	123	9
<u>Profil II</u>				15	V	6.720	1
7a	OB	55	5	16	OB	208	6
7a	UB	57	6	16	UB	650	8
7a	V	4.150	3	16	V	6.540	2
7	OB	55	7	17	OB	75	4
7	UB	77	7	17	UB	67	4
7	V	4.600	3	17	V	8.870	1
8	OB	67	6	18	OB	46	3
8	UB	78	4	18	UB	32	3
8	V	7.330	0,8	18	V	3.330	3
9	OB	78	7	<u>Referenzpunkt</u>			
9	UB	67	5	19	OB	41	3
9	V	8.510	2	19	UB	31	2
10	OB	99	3	19	V	4.600	2
10	UB	103	6	<u>Legende:</u> OB = Oberboden			
10	V	6.590	2	UB = Unterboden			
				V = Vegetation (Grünland)			

Fahrbahnrand und 4.150 mg Cl/kg TM bzw. 4.680 mg Cl/kg TM in jeweils 100 m Entfernung. Die beiden zuletzt genannten Werte entsprechen jenem des Referenzpunktes (4.600 mg Cl/kg TM).

Erstaunlicherweise ist der Chlorgehalt der Pflanzen am Standort 16, an dem im Boden auffallend viel Chlor gefunden wurde, der zweitniedrigste in Profil III. Hingegen weist der vom Boden her gesehene unauffällige Standort 14 mit 10.200 mg Cl/kg TM in der Vegetationsprobe den dritthöchsten aller in dieser Arbeit gefundenen Chlorgehalte auf.

Noch extremer ist in dieser Hinsicht Profil I. Die Standorte 1 und 4 liegen am Rand der Fahrbahn der Betriebsumkehr und weisen mit 17.500 mg Cl/kg TM bzw. 12.900 mg Cl/kg TM die beiden höchsten Chlorgehalte in den Pflanzen auf.

Brom

Brom ist ein in der Natur relativ selten zu findendes Element. Da es als motorreinigender Zusatz den Treibstoffen beigegeben wird, kann durch die Analyse des Brom-Gehaltes der Kfz-spezifische Einfluß auf Boden und Pflanzen erfaßt werden. Tatsächlich korrelieren die Bromgehalte sowohl in Boden als auch in Pflanzen sehr gut mit den erhobenen Bleigehalten (siehe Tabelle 13 und 18).

8.1.5 Bodenzologische Untersuchungen

Die Ergebnisse der bodenzologischen Untersuchungen zeigen eine deutliche Parallelität zu jenen der Problemstoffe. Ein Trend in Richtung vermindertes Bodenleben bei Verringerung der Distanz zur Tauernautobahn läßt sich daraus ableiten. Die geringsten Werte weist der Punkt 11 auf, wofür aber auch das gestörte Bodenprofil mitverantwortlich ist.

Tabelle 20: Individuenzahlen und Biomasse der Lumbriciden pro m² in den untersuchten Standorten in Profil II

Probe- nummer	gesamt		groß		klein	
	Anzahl	Biomasse (g)	Anzahl	Biomasse (g)	Anzahl	Biomasse (g)
7a	97	32,06	23	22,22	74	9,84
7	82	20,16	14	15,30	68	4,86
8	85	16,12	15	8,79	70	7,33
11	68	11,44	8	7,20	60	4,24
12	202	60,04	43	37,91	159	22,13
12a	164	43,87	37	31,71	127	12,16

Tabelle 21: Individuenzahlen der Nematoden und Rotatorien sowie Bodenwassergehalt der Probenahmestellen in Profil II

Parameter	Probenahmestellen					
	12a	12	11	8	7	7a
Anzahl Nematoden g ⁻¹ TM*	211	220	95	101	190	167
Anzahl Rotatorien g ⁻¹ TM	1	1	0	0	6	3
Bodenwassergehalt(%)	37,9	36,7	35,3	31,6	38,6	41,4

* TM = Trockenmasse

Lumbriciden

Von den 6 untersuchten Standorten weist (11) die niedrigsten Werte sowohl für die Individuenzahl als auch für die Biomasse auf. Dieser Standort unterscheidet sich bezüglich der Abundanz der Regenwürmer signifikant von (12) und (12a), bezüglich der Biomasse nur von (12) ($P < 0.1$). Die Flächen (8) - (7a) unterscheiden sich nicht signi-

fikant voneinander, es ist aber auch hier (mit Ausnahme - der Anzahl und Biomasse der kleinen Lumbriciden) eine leichte Zunahme vor allem der Biomasse mit Vergrößerung der Entfernung zur Autobahn festzustellen. Die höchsten Werte aller erhobenen Parameter weist (12) auf (siehe Tabelle 20).

Nematoden und Rotatorien

Auch hier weisen die nächst der Autobahn gelegenen Flächen (11) und (8) die niedrigsten Werte auf, wobei zwischen diesen beiden Standorten praktisch kein Unterschied besteht. In den 50 m entfernten Flächen (12) und (7) wurden höhere Werte als in den 100 m entfernten Standorten (12a) und (7a) gefunden (siehe Tabelle 21).

Testaceen

Die 50 m und 100 m von der Autobahn entfernten Parzellen (12, 12a, 7, 7a) weisen für alle erhobenen Parameter höhere Werte auf als die unmittelbar an der Dammschleife gelegenen Fläche (11) und (8) (siehe Tabelle 22).

Individuen- und Artenzahlen sind in (11), die Biomasse in (8) am niedrigsten (siehe Tabelle 22). In der Wiese südwestlich der Autobahn ist die Zunahme der ermittelten Werte mit Zunahme der Entfernung von der Straße nicht linear ($11 < 12a < 12$), während die Zunahme nordöstlich der Autobahn mit der Entfernung korreliert werden kann.

Die Werte für die Diversität und Evenness sind für die Flächen (7 a) und (12) am höchsten, was eine gleichmäßigere Verteilung der Individuen auf die vorhandenen Arten anzeigt. Für die niedrigen Werte in (11) ist die vergleichsweise sehr hohe Individuendominanz von T. lineare verantwortlich (siehe Tabelle 22 und 23, Abbildung 19).

Tabelle 22: Abundanzen, Artenzahlen und Biomassen sowie Diversität und Evenness der Testaceen in den Probenahmestellen in Profil II

Parameter	Probenahmestellen					
	12a	12	11	8	7	7a
Individuen g^{-1} TM*	262	342	135	197	305	340
Biomasse in $\mu g g^{-1}$	4,33	6,59	3,02	2,55	8,94	9,73
Artenzahl b**	9	12	5	8	8	14
Artenzahl total b & u**	19	20	10	15	19	20
Diversität	1,99	2,36	1,23	1,98	1,91	2,44
Evenness	0,68	0,80	0,42	0,67	0,65	0,83

* TM = Trockenmasse
 ** b, b & u = belebte bzw. belebte & unbelobte Schalen berücksichtigt

Die Ergebnisse dieser Pilotstudie erscheinen sehr interessant und lassen eine Vergrößerung der Stichprobenzahl (Standorte) auf 10 unbedingt empfehlenswert erscheinen. Dies würde statistisch einwandfrei abgesicherte Resultate ermöglichen.

Tabelle 23: Artenspektrum und Individuendominanz der Testaceen für die Probenahmestellen in Profil II

Arten	Individuendominanz (%)					
	12a	12	11	8	7	7a
<u>Arcella arenaria</u> GREEFF	-*	-	+**	-	-	-
<u>Centropyxis aerophila</u> DEFLANDRE	-	-	-	-	+	4,2
<u>Centropyxis aerophila</u> var. <u>sphagnicola</u> DEFLANDRE	+	20,0	15,9	20,0	22,7	21,0
<u>Centropyxis cassis</u> DEFLANDRE	-	+	+	-	-	-
<u>Centropyxis elongata</u> (PENARD)	10,0	+	+	-	-	4,2
<u>Centropyxis laevigata</u> PENARD	-	-	-	-	+	-
<u>Centropyxis plagiostoma</u> BONNET & THOMAS	+	4,0	10,6	+	+	4,2
<u>Centropyxis sylvatica</u> DEFLANDRE	-	4,0	-	+	+	4,2
<u>Cyclopyxis eurystoma</u> DEFLANDRE	-	+	-	+	-	-
<u>Cyclopyxis kahli</u> DEFLANDRE	10,0	+	+	+	9,1	+
<u>Euglypha dolioliformis</u> (?) BONNET	-	*	-	-	-	-
<u>Euglypha laevis</u> PERTY	-	4,0	+	-	+	+
<u>Euglypha rotunda</u> WAILES & PENARD	10,0	12,0	+	13,3	9,1	4,2
<u>Euglypha rotunda</u> var. <u>minor</u> WAILES	+	8,0	5,3	20,0	4,6	4,2
<u>Euglypha</u> sp.	-	-	+	+	-	-
<u>Heleopera sylvatica</u> PENARD	-	8,0	+	-	4,6	-
<u>Phryganella acropodia</u> (HERTWIG & LESSER)	10,0	8,0	10,6	6,7	22,7	+
<u>Plagiopyxis declivis</u> BONNET & THOMAS	-	-	-	+	+	8,4
<u>Plagiopyxis intermedia</u> BONNET	-	+	+	+	-	+
<u>Plagiopyxis minuta</u> BONNET	-	-	+	-	+	8,4
<u>Schoenbornia humicola</u> (SCHÖNBORN)	-	+	-	-	-	4,2
<u>Tracheleuglypha acolla</u> BONNET & THOMAS	+	+	5,3	6,7	+	4,2
<u>Tracheleuglypha dentata</u> (PENARD)	-	-	-	-	+	-
<u>Trinema complanatum</u> PENARD	-	12,0	10,6	6,7	9,1	+
<u>Trinema enchelys</u> (EHRENBERG)	+	4,0	5,3	6,7	+	8,4
<u>Trinema lineare</u> PENARD	60,0	8,0	31,8	20,0	18,2	16,8
<u>Trinema penardi</u> THOMAS & CHARDEZ	-	-	-	-	-	+
<u>Valkanovia elegans</u> (SCHÖNBORN)	-	8,0	5,3	-	+	4,2

Gesamtartenzahl: 28

* = diese Art konnte nicht nachgewiesen werden.
 ** = nur unbelebte Schalen nachgewiesen.

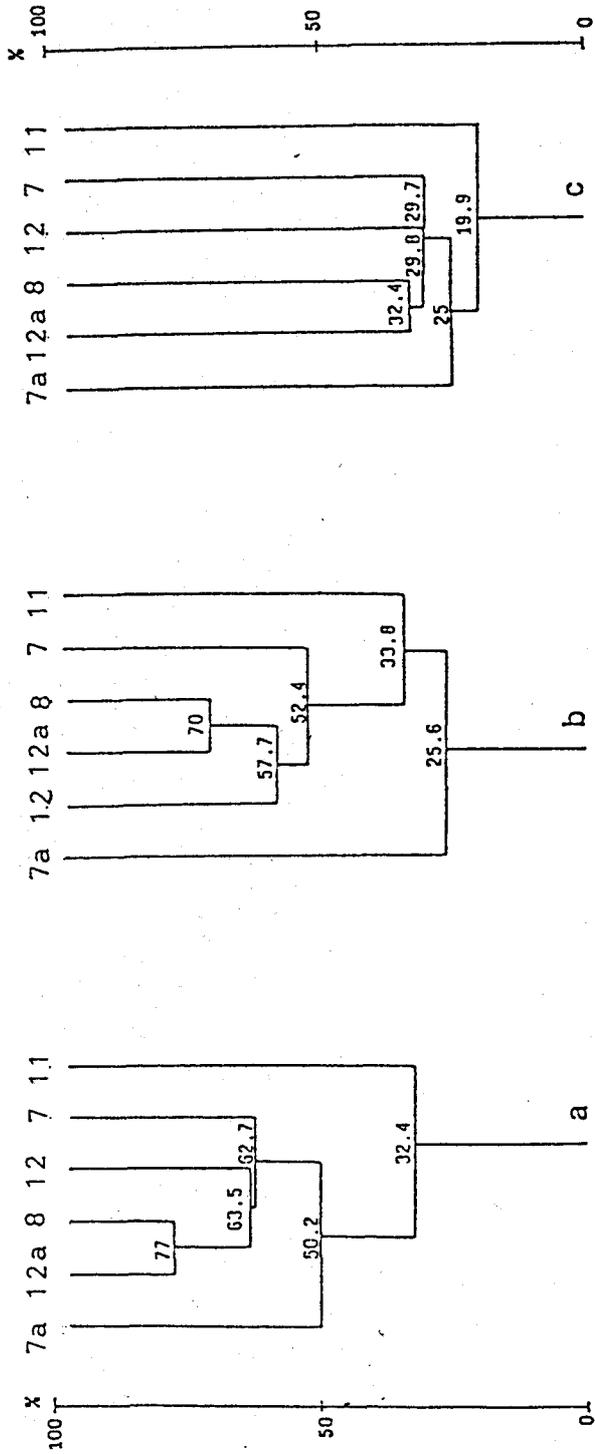


Abbildung 19: Vergleich der Testaceen-Gemeinschaften in den Versuchsflächen von Profil II (7a - 12a) mittels UPGMA - Clusters.
 (a) Dominanzidentität; (b) Artenidentität; nur belebte Arten berücksichtigt; (c) Arten-Abundanzidentität

8.2 Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen (Bruckdorf)

Die Untersuchungen der letzten 3 Nadeljahrgänge von vier im Nahbereich der Tauernautobahn stehenden Fichten brachten folgende Ergebnisse:

- Blei

Der Bleigehalt der Fichtennadeln der 3 Jahrgänge liegt mit 2,12 - 5,97 mg Pb/kg TM bei allen 4 Bäumen im oberen Bereich der "normalen" Bleigehalte von Pflanzen, die mit 0,1 - 6 mg Pb/kg TM angegeben werden (siehe Tabelle 24).

- Zink

Die ermittelten Zinkwerte liegen deutlich unter den Toxizitätsgrenzen von 200 mg Zn/kg TM (PEER, TÜRK, 1988).

- Schwefel

Bis auf eine einzige Probe (Baum 1, 3. Nadeljahrgang) liegen sämtliche Schwefelgehalte bis zu 90 % über den in der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen festgelegten Maximalwerten (siehe Tabelle 25).

- Chlor

Ähnlich wie bei Schwefel überschreiten mit Ausnahme von 2 Proben alle Chlorgehalte die Maximalwerte laut oben genannter Verordnung (0,1 %) deutlich.

Die hohen Schwefel- und Chlorwerte lassen eine Schädigung der Fichten als wahrscheinlich annehmen. Dies ist auch optisch als Kronenverlichtung erkennbar (siehe Abbildung 20 a und 20 b).

Tabelle 24: Gehalt an Problemmetallen in Fichtennadeln der Jahrgänge 1988 (1), 1987 (2) und 1986 (3)

Baum	Nadel-jahrgang	Blei Pb mg/kg TM	Zink Zn
1	1	4,20	37,0
	2	3,47	23,6
	3	4,88	18,5
2	1	5,97	38,8
	2	3,73	56,7
	3	5,85	35,6
3	1	2,12	59,1
	2	4,03	60,2
	3	4,20	54,0
4	1	3,45	47,1
	2	3,92	35,3
	3	5,07	30,0

Tabelle 25: Gehalt an Gesamtschwefel und Gesamtchlor in Fichtennadeln der Jahrgänge 1988 (1), 1987 (2) und 1986 (3)

Baum	Nadel-jahrgang	Gesamt-schwefel %	Gesamt-Chlor %
1	1	0,162 (0,11)*	0,136
	2	0,154 (0,14)	0,145
	3	0,152 (0,17)	0,144
2	1	0,184 (0,11)	0,135
	2	0,189 (0,14)	0,147
	3	0,179 (0,17)	0,118
3	1	0,179 (0,11)	0,102
	2	0,197 (0,14)	0,088
	3	0,212 (0,17)	0,076
4	1	0,194 (0,11)	0,114
	2	0,193 (0,14)	0,131
	3	0,196 (0,17)	0,104

* In Klammern jeweils die zulässigen Maximalwerte für Schwefel laut 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (1984).

Abbildung 20 a:
Fichten bei Bruckdorf
(Baum 1 und 2)

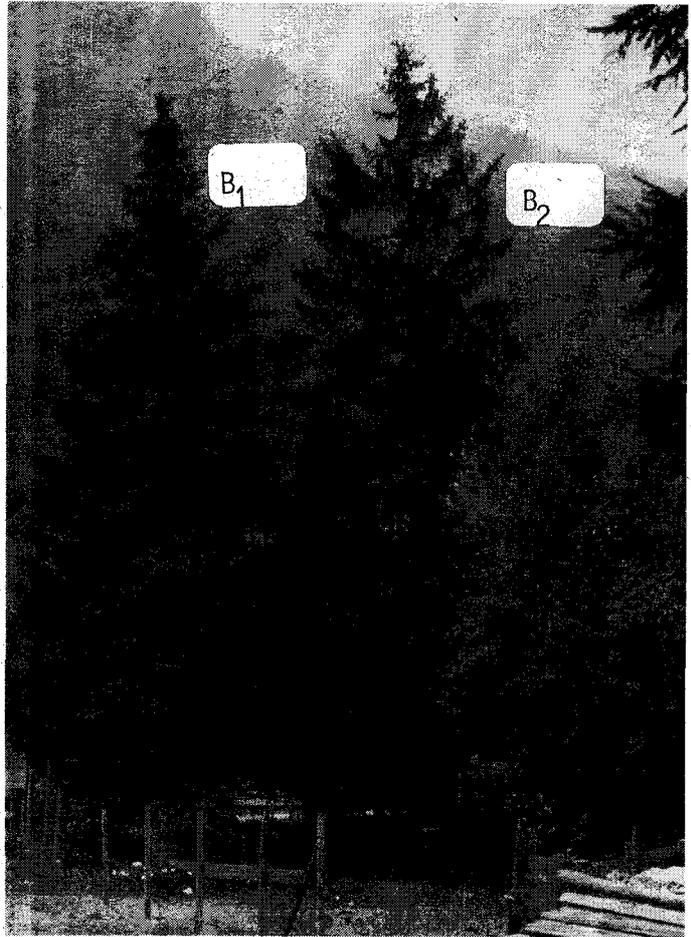
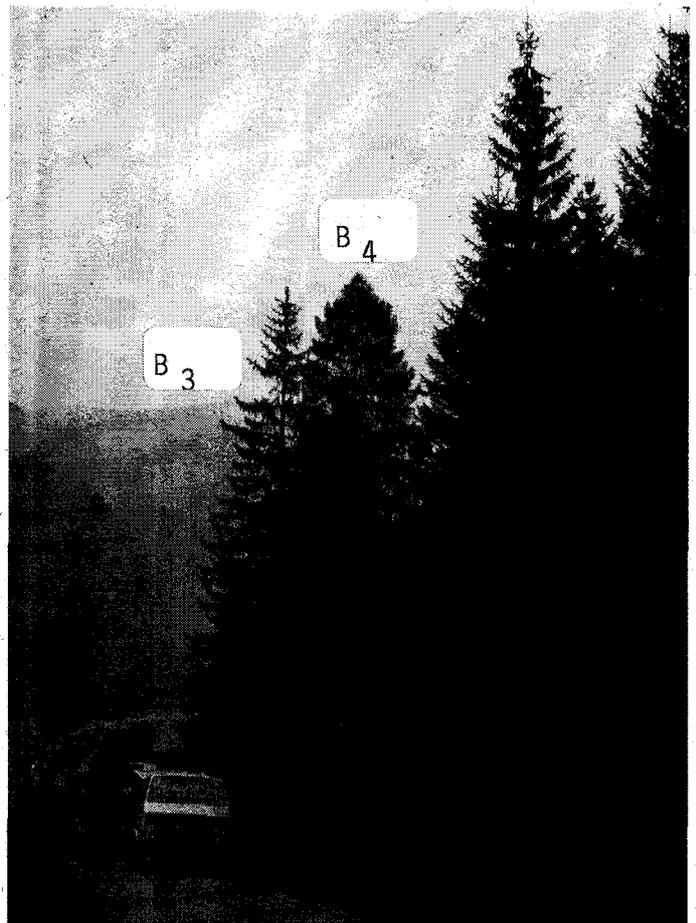


Abbildung 20 b:
Fichten bei Bruckdorf
(Baum 3 und 4)



8.3 Ergebnisse der morphologischen Nadelanalysen ("Stampernitzen")

8.3.1 Referenzstandort Innervals

An den Nadeloberflächen des Kontrollstandortes zeigen sich bei allen drei untersuchten Nadeljahrgängen sowohl im Bereich der Spaltöffnungen als auch an der sonstigen Oberfläche deutlich ausgeprägte Wachsauflagerungen. Diese sind in den Vorkammern der Stomata (Spaltöffnungen) reichlich ausgebildet und filamentär strukturiert (Pfeile in Abbildung 21). An der Peripherie der Spaltöffnungen und an der Nadeloberfläche ist eine Tendenz zur Verschmelzung der Wachsabscheidungen zu erkennen. Ein derartiges Erscheinungsbild ist für weitgehend schadensfreie und vitale Fichten charakteristisch (GRILL, 1973).

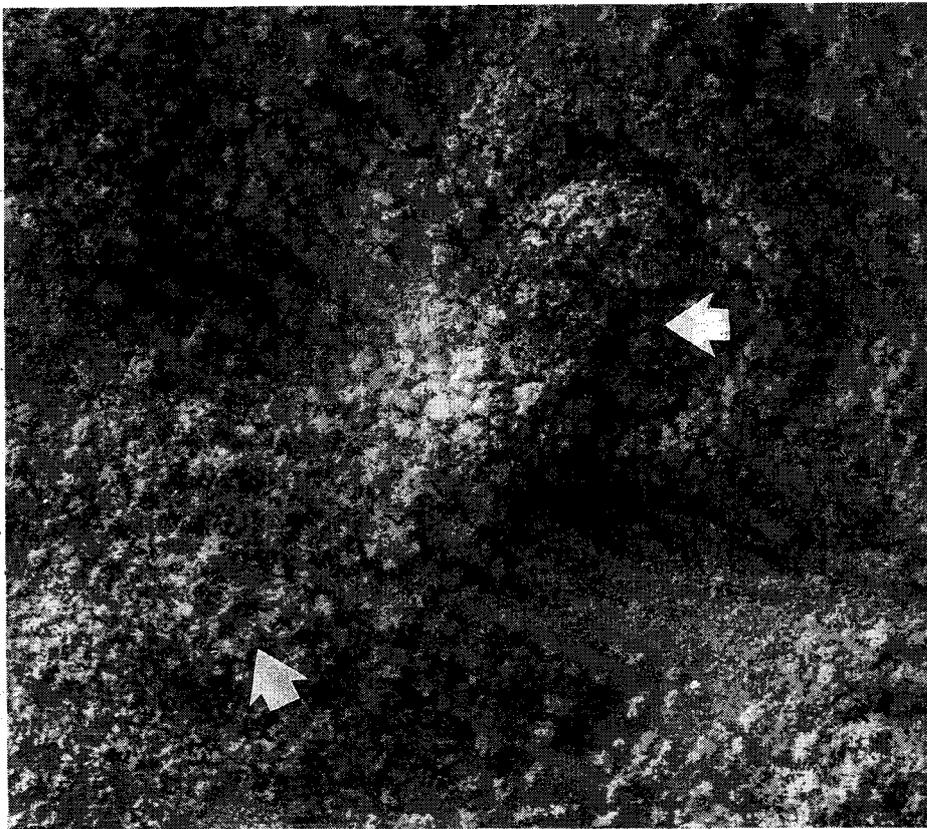


Abbildung 21: Fichtennadel des Referenzstandortes
Innervals (Vergrößerung: 850 x)

8.3.2 Höhenprofil "Stampernitzen"

Die rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen zeigen, daß an den Fichtennadeln des autobahnnächsten Standortes (401) die stärkste Schädigung der Wachsschicht und der Atmungsorgane (siehe Pfeile in Abb. 22) auftritt. Wachserosion und Wachsverschmelzung sind mit größter Wahrscheinlichkeit auf Immissionen infolge des Kfz-Verkehrs auf der Tauernautobahn zurückzuführen. Die lokal sogar auftretenden Nadelverätzungen haben ihre Ursache in verdriftetem salzhaltigem Sprühnebel. Zusätzlich wurden an Nadeloberflächen erhebliche Staubkontaminationen beobachtet. Dabei dürften kumulative Prozesse eine Rolle spielen, da an den jüngsten Nadeln derartige Belastungen der Nadeloberfläche mit Fremdpartikeln noch nicht gefunden wurden.

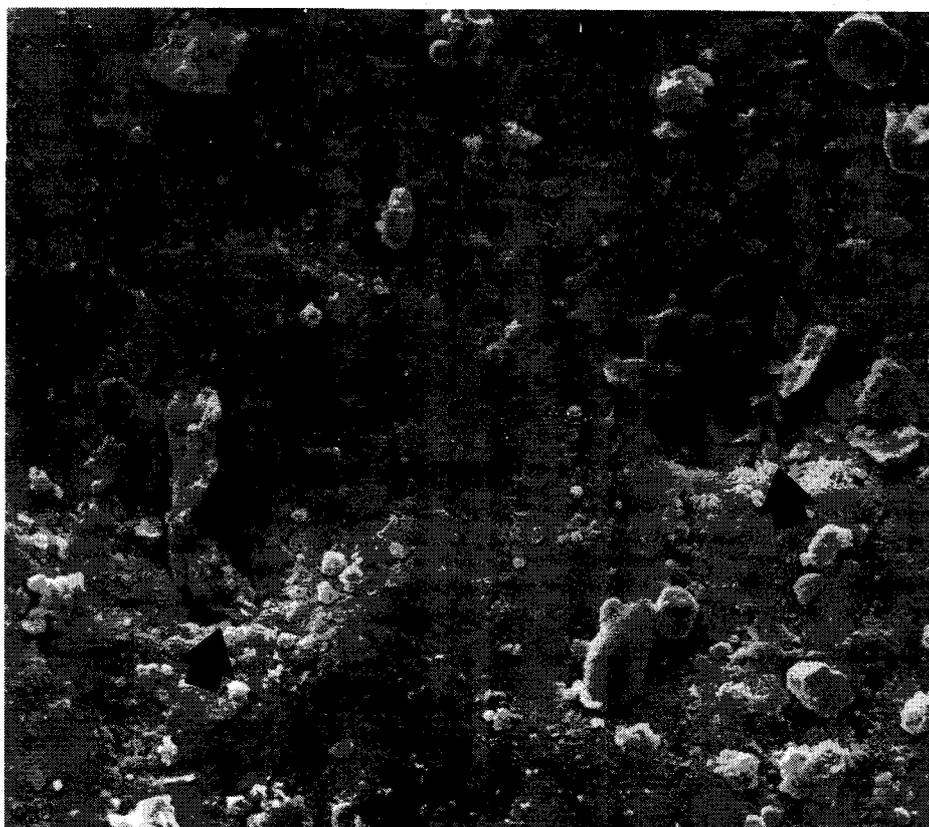


Abbildung 22: Fehlende Wachsschicht und massive Staubablagerungen (Vergrößerung: 1.300 x)

Ähnliche Schädigungen der Nadeloberfläche bzw. der Wachsschichte, wie sie bei Standort 401 beobachtet wurden, sind bei den 4 "Bruckdorfer" Fichten zu erwarten, die in etwa gleicher Entfernung zur Autobahn stehen.

Die Mehrzahl der untersuchten Nadeln des Standortes 402 zeigt keine nennenswerten Schädigungen des Wachsüberzuges und der Atmungsorgane. Bemerkenswert sind die am jüngsten Nadeljahrgang auftretenden Verwerfungen der Cuticula und Epidermis. Derartige Schäden sind mit den an untersuchten Nadeln aus dem Bereich der Brennerautobahn beobachteten morphologischen Veränderungen vergleichbar. Am Beispiel Brennerautobahn wurde bereits nachgewiesen, daß ein ursächlicher Zusammenhang zwischen den Nadelverätzungen und der Salzstreuung bzw. Fernverfrachtung von salzhaltigem Sprühnebel als gesichert anzusehen ist. (GASSEBNER et. al., 1986).



Abbildung 23: Typisches Erscheinungsbild von Verätzungsschäden (Vergrößerung: 1.050 x)

Die Nadeln der Fichten des 3. Standortes (403) sind kaum geschädigt und scheinen von Immissionen weitgehend unbeeinflusst. Im Bereich der Spaltöffnungen ist das Wachs reichlich ausgebildet. Das Oberflächenwachs ist ebenfalls deutlich ausgeprägt, weist jedoch lokale Verklebungen auf (siehe Pfeil in Abbildung 24).

In diesem Stadium sollte allerdings noch nicht von Schädigungen gesprochen werden, da geringfügige Wachsverschmelzungen und Wachsabnahmen an den Fichtennadeln ebenso als Folge eines natürlichen Alterungsprozesses interpretiert werden können.

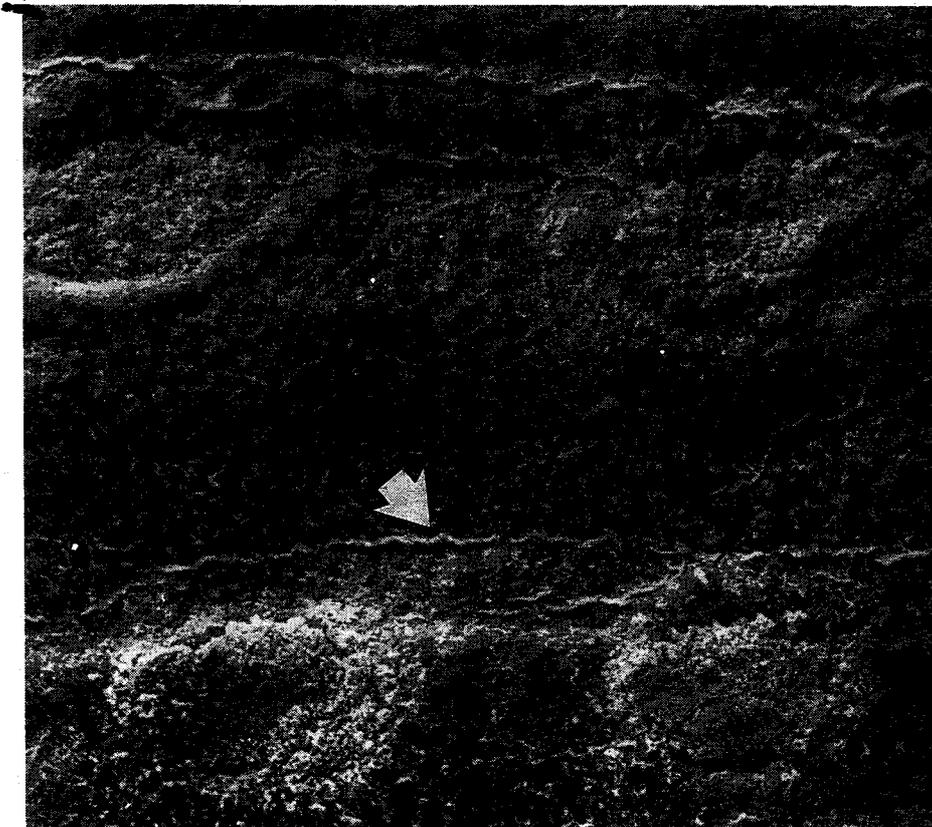


Abbildung 24: Beginnende Veränderungen in der Wachsauflage (Vergrößerung: 625 x)

Dagegen konnten an Nadelproben des 4. Standortes (404) stärkere Verschmelzungen der Oberflächenwachse sowie teilweises Verkleben der Atmungsorgane, insbesondere jener des 3. Jahrganges (1986), nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse sind umso erstaunlicher, da dieser Standort sowohl der am weitesten von der Autobahn entfernte als auch der höchstgelegene (1.800 m Seehöhe) ist. Einerseits dürften lokale Schadstoffanreicherungen und die Ozonbildung aus Stickoxiden und oxidierten Kohlenwasserstoffen des Kfz-Verkehrs auf der Tauernautobahn für die Schäden verantwortlich sein. Andererseits kann vermutet werden, daß auch fernverfrachtete Schadstoffe morphologische Veränderungen an den Nadeloberflächen herbeiführen.

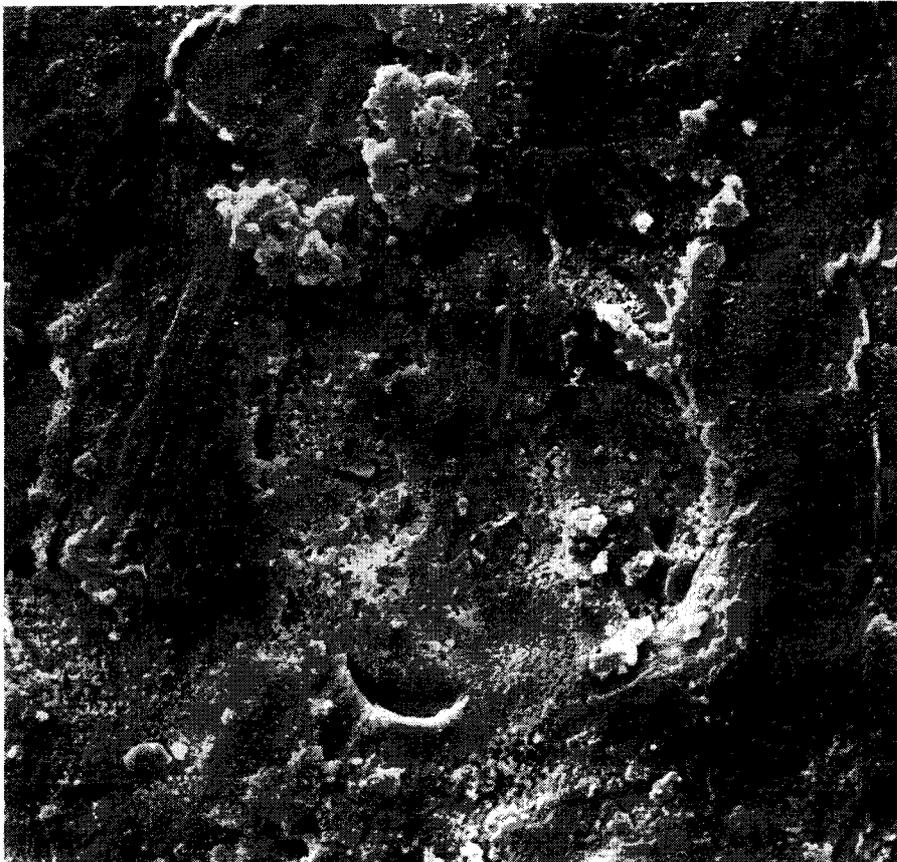


Abbildung 25: Fast vollständig verklebte Spaltöffnung
(Vergrößerung: 1.300 x)

ANHANG

Tabellen

- I. Jahreszeit- und Jahresmittel von Lufttemperatur und Relativer Luftfeuchtigkeit zu den Beobachtungsterminen
- II. Relative Häufigkeit der einzelnen Windrichtungen sowie Calmen in % im Jahresdurchschnitt
- III. Windgeschwindigkeitsmittel in m/s
- IV. Korngrößenverteilung in den Böden

Abbildung

- I. Temperaturabweichung und Abweichung der Niederschlagsmenge vom Normalwert für die Monate April, Mai und Juni 1988

Witterungsübersicht über die Vegetationsperiode 1988 bis zur Probenahme im Zederhaustal

Tabelle I: Jahreszeit- und Jahresmittel von Lufttemperatur und Relativer Luftfeuchtigkeit zu den Beobachtungsterminen

Lufttemperatur- mittel °C	7 h			14 h			19 h (bis 1970 21 h)								
	Wi	Fr	So	He	Jahr	Wi	Fr	So	He	Jahr	Wi	Fr	So	He	Jahr
St. Michael	-6,7	1,1	10,0	2,0	1,6	-0,6	9,5	18,8	11,0	9,7	-3,3	6,0	15,1	6,1	6,0
Mauterndorf	-7,1	1,2	10,3	1,9	1,6	-0,5	9,1	18,1	11,0	9,5	-4,7	4,1	12,6	4,6	4,2
Salzburg	-2,3	5,8	14,8	6,8	6,3	1,8	12,5	21,3	13,2	12,2	-0,7	9,2	18,1	9,1	8,9
Rel. Luftfeuchtig- keit Mittel %															
St. Michael	86,4	87,1	90,3	90,2	88,5	65,8	49,6	51,8	55,6	55,7	75,7	62,8	66,5	74,2	69,8
Mauterndorf	87,5	85,2	88,1	89,0	87,5	65,6	48,7	51,5	52,4	54,8	83,7	69,9	75,3	82,5	77,1
Salzburg	84,9	80,3	81,0	85,9	83,0	72,5	55,2	56,2	64,3	62,0	83,1	69,9	71,3	82,8	76,9

Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, persönliche Mitteilung, 1988.

Tabelle II: Relative Häufigkeiten der einzelnen Windrichtungen sowie Calmen in %

Jahresz.	Station	N	NE	E	SE	S	SW	W	W ^W	C
Winter	St. Michael	0,72	3,21	20,88	6,54	2,18	16,34	38,17	7,84	4,36
	Mauterndorf	20,37	2,00	6,07	3,22	8,19	4,70	22,81	14,19	18,78
	Salzburg	9,50	2,09	1,62	22,74	15,80	4,86	10,63	18,72	14,34
Frühling	St. Michael	0,58	2,86	18,22	8,27	3,93	21,64	34,02	6,14	4,35
	Mauterndorf	18,44	2,43	9,46	3,44	5,91	4,82	22,86	12,75	19,89
	Salzburg	13,95	7,32	2,41	20,75	13,21	6,69	9,80	18,94	6,94
Sommer	St. Michael	0,42	1,85	17,47	9,42	5,35	20,57	30,19	4,71	10,00
	Mauterndorf	15,94	2,14	9,89	2,72	5,76	5,00	25,47	10,11	22,97
	Salzburg	15,75	5,96	2,12	24,72	14,44	5,80	8,39	16,53	6,30
Herbst	St. Michael	0,54	2,58	10,03	10,51	5,89	15,77	30,79	6,44	9,45
	Mauterndorf	18,28	2,75	9,05	2,60	8,97	4,54	24,51	10,99	18,32
	Salzburg	11,25	3,14	1,98	22,77	16,63	4,53	8,34	18,20	13,17

Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, persönliche Mitteilung, 1988.

Tabelle III: Windgeschwindigkeitsmittel in m/s

Station	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Wi	Fr	So	He	Jahr
St. Michael	1,6	1,5	1,9	2,2	1,9	1,7	1,6	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	2,0	1,6	1,5	1,7
Mauterndorf	1,6	2,0	1,9	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,9	1,7	1,6	1,7
Salzburg	2,0	2,0	2,4	2,5	2,5	2,3	2,2	2,0	1,9	1,8	2,1	2,1	2,0	2,4	2,2	1,9	2,1

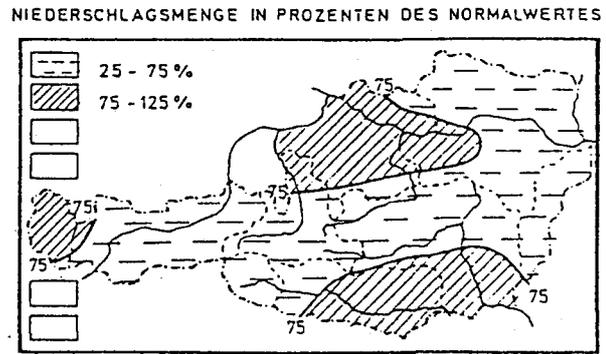
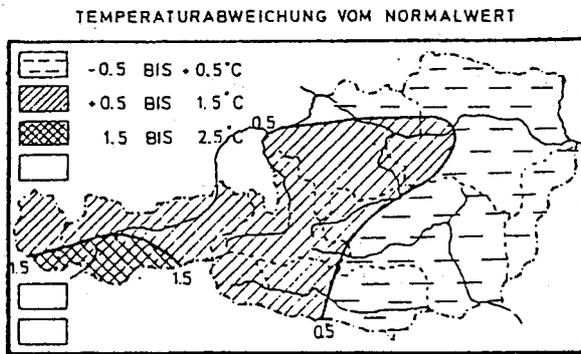
Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, persönliche Mitteilung, 1988.

Tabelle IV: Korngrößenverteilung in den Böden (in %) (getrennt nach Ober- und Unterboden)

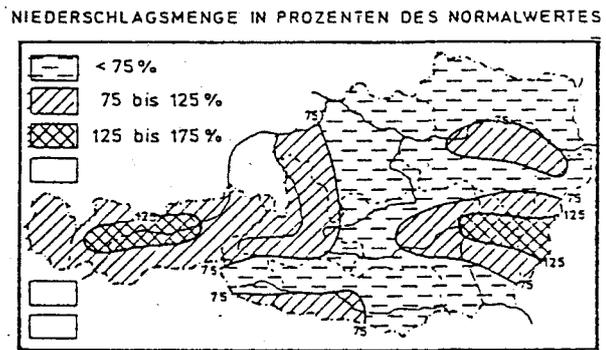
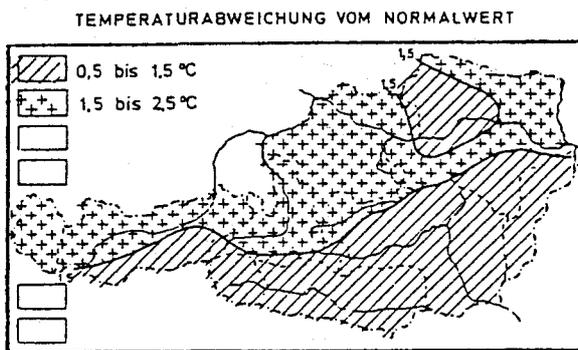
Probe- nummer	Korngrößenverteilung in %			
	> 8 mm	< 8 mm - 2 mm	< 2 mm *	
<u>Profil I</u>				
1	OB	10,0	11,3	78,7
	UB	31,1	17,2	51,7
2	OB	15,0	17,5	67,5
	UB	35,0	18,9	46,1
3	OB	26,2	19,9	53,9
	UB	36,1	17,7	46,2
4	OB	7,0	22,0	71,0
	UB	37,0	18,7	44,3
5	OB	16,8	24,0	59,2
	UB	22,3	21,3	56,4
6	OB	33,4	24,3	42,2
	UB	30,9	18,0	51,0
<u>Profil II</u>				
7a	OB	4,2	6,6	89,2
	UB	17,3	25,9	56,8
7	OB	3,6	6,1	90,3
	UB	12,4	15,3	72,3
8	OB	17,6	14,3	68,1
	UB	14,2	21,7	64,1
9	OB	9,5	18,5	72,0
	UB	13,4	20,4	66,2
10	OB	9,8	19,9	70,3
	UB	17,6	17,0	65,4
11	OB	8,4	15,2	76,4
	UB	20,8	16,9	62,3
12	OB	2,7	3,8	93,5
	UB	13,2	15,1	71,7
12a	OB	4,6	7,0	88,4
	UB	19,2	16,0	64,7

Probe- nummer	Korngrößenverteilung in %			
	> 8 mm	< 8 mm - 2 mm	< 2 mm *	
<u>Profil III</u>				
13	OB	11,5	17,9	70,6
	UB	14,6	18,6	66,8
14	OB	9,9	19,0	71,1
	UB	16,3	15,4	68,3
15	OB	8,7	19,1	72,2
	UB	7,7	14,6	77,6
16	OB	8,7	19,7	71,6
	UB	7,4	14,8	77,8
17	OB	8,6	11,3	80,1
	UB	9,3	11,1	79,6
18	OB	13,1	7,9	79,0
	UB	16,7	8,9	74,4
<u>Referenzpunkt</u>				
19	OB	3,4	6,7	89,8
	UB	9,5	16,6	73,9

* = Feinboden



MAI 1988



JUNI 1988

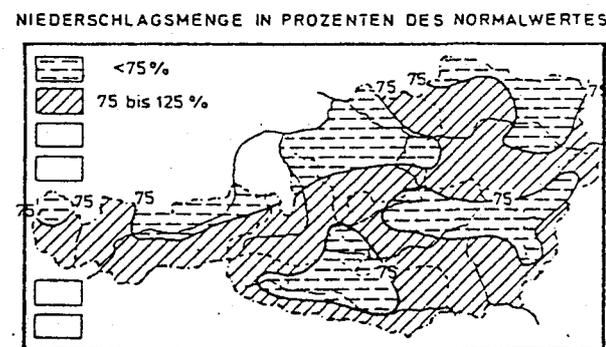
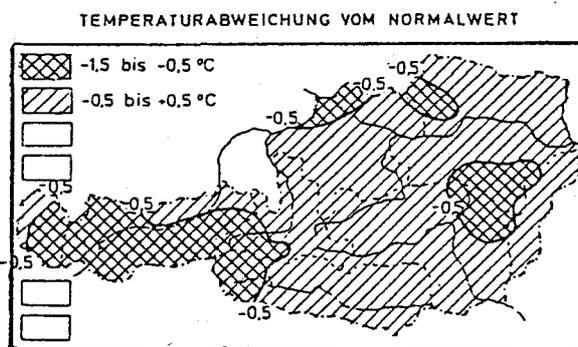


Abbildung I: Temperaturabweichung und Abweichung der Niederschlagsmenge vom Normalwert für die Monate April, Mai und Juni 1988 (Quelle: Monatsübersicht der Witterung in Österreich; hrsg. von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik).

Witterungsübersicht über die Vegetationsperiode 1988 bis zur Probenahme im Zederhaustal.

Ein Überblick über die Witterungsverhältnisse, und zwar über die Temperaturabweichung und die Abweichung der Niederschlagsmenge von den Normalwerten ist für die Monate April, Mai und Juni 1988 in Abb. I dargestellt.

Der April 1988 war gegenüber dem langjährigen Mittel im Gebiet des Lungaues zu warm und zu trocken. Am 24./25. April erfolgte ein Kälterückfall, bei dem verbreitet Frost auftrat. Im Zederhaustal war die Niederschlagsmenge mit 26,8 mm recht gering. Die Schneedecke, die sich von 7. 1. 1988 an bildete, blieb ohne Unterbrechung bis 9.4. erhalten (Angaben des Hydrographischen Dienstes in Österreich/Hydrographischer Landesdienst Salzburg).

Im Mai war es im Lungau ebenfalls zu warm und zu trocken. Nennenswerter Niederschlag fiel im Zederhaustal Mitte des Monats und am 31. (Monatssumme 46,1 mm).

Der Juni war normal temperiert, aber auch etwas zu trocken; die Zahl der Tage mit Niederschlag war aber sehr hoch (21 Tage mit Niederschlag!). Das bedeutet, daß die einzelnen Niederschlagsereignisse nur geringe Mengen erbrachten. An der Meßstelle Zederhaus wurden 66,7 mm Niederschlag gemessen.

Im Juli war es bis zur letzten Probenahme am 11. zu warm; die Niederschlagsmenge lag um den Normalwert (bis einschließlich 11. 7. 65,5 mm).

Demnach war die Vegetationsperiode des ersten Halbjahres 1988 im Bereich des Zederhaustales durch wärmeres und trockeneres Wetter als im langjährigen Mittel gekennzeichnet.

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
1 Für die Klimabeschreibungen herangezogene Klimastationen	10
2 Jahresmittel von Lufttemperatur, Relativer Luftfeuchtigkeit und Niederschlagsmenge sowie Extreme der Niederschlagsmenge	11
3 Jahresmittel der Anzahl der Tage mit bestimmten meteorologischen Erscheinungen	13
4 Relative Häufigkeiten der einzelnen Windrichtungen sowie Calmen	14
5 Tagesdurchschnitte des Personen-, Güter-, Inländer- und Ausländerverkehrs an der Zählstelle SBG/15. A 10 in den Zähljahren 1980 und 1985	24
6 Durchschnittliche Gesamtzahl der Kraftfahrzeuge je 24 Stunden im Bereich der Scheitelsecke im Jahre 1988	27
7 Abgasgesetzgebung für Personenkraftwagen Vergleich Österreich - Bundesrepublik Deutschland	28
8 Entwicklung der Abgasgrenzwerte nach ECE-R-15 und US 83-Norm	29
9 Bleigehalt im österreichischen Normal- und Superbenzin	30

	Seite
10 Staue im Bereich der Scheitelstrecke der Tauernautobahn an Samstagen im Juli und August 1988	32
11 Bodenanalytische Grundparameter	62
12 Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt im Boden	63/64
13 Wassergehalt und Trockensubstanz der Grünlandproben	65
14 Bleigehalt in Boden und Grünland	67
15 Cadmiumgehalt in Boden und Grünland	71
16 Zinkgehalt in Boden und Grünland	74
17 Gehalt der Oberböden an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der kanzerogenen aktiven Substanzen nach BJØRSETH und BECHER (1986) und EG-Richtlinie	78/79
18 Gehalt der Grünlandproben an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der kanzerogenen aktiven Substanzen nach BJØRSETH und BECHER (1986) und EG-Richtlinie	82/83
19 Chlor und Brom in Boden und Grünland	87
20 Individuenzahlen und Biomasse der Lumbriciden pro m ² in den untersuchten Standorten in Profil II	89

	Seite
21 Individuenzahlen der Nematoden und Rotatorien sowie Bodenwassergehalt der Probenahmestellen in Profil II	89
22 Abundanzen, Artenzahlen und Biomassen sowie Diversität und Eveness der Testaceen in den Probenahmestellen in Profil II	91
23 Artenspektrum und Individuendominanz der Testaceen für die Probenahmestellen in Profil II	92
24 Gehalt an Problemgehalten in Fichtennadeln der Jahrgänge 1988 (1), 1987 (2) und 1986 (3)	95
25 Gehalt an Gesamtschwefel und Gesamtchlor in Fichtennadeln der Jahrgänge 1988 (1) 1987 (2) und 1986 (3)	95

ANHANG

- I. Jahreszeit- und Jahresmittel von Lufttemperatur und Relativer Luftfeuchtigkeit zu den Beobachtungsterminen
- II. Relative Häufigkeit der einzelnen Windrichtungen sowie Calmen in % im Jahresdurchschnitt
- III. Windgeschwindigkeitsmittel in m/s
- IV. Korngrößenverteilung in den Böden

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
1 a Bereich Südportal Tauerntunnel. Gegenüberstellung vor und nach der Errichtung der Scheitelstrecke der Autobahn (1966/1985)	6
1 b Bereich Bruckdorf - Marislbach. Gegenüberstellung vor und nach der Errichtung der Scheitelstrecke der Autobahn (1966/1985)	7
1 c Bereich Oberweißburg. Gegenüberstellung vor und nach der Errichtung der Scheitelstrecke der Autobahn (1966/1985)	8
2 Geologisches Profil bei Zederhaus/ Lungau	16
3 Die historischen Straßen des Lungaes und die Trassenführung der Tauern- autobahn	22
4 a Römische Meilensteine im Taurachtal	23
4 b Inschrift	23
5 a Frequenzentwicklung: Krafträder, PKW mit und ohne Anhänger	25
5 b Frequenzentwicklung: LKW und Busse	26

	Seite
6 Lage von Profil I	44
7 Lage von Profil II	45
8 Lage von Profil III	46
9 Lage des Referenzpunktes	47
10 Fichtenstandorte im Nahbereich der Autobahn (bei Bruckdorf)	48
11 a Fichtenstandorte entlang der neuen Forststraße "Stampernitzen"	50
11 b Lageskizze des Höhenprofils "Stampernitzen" und Geländemodell	51
12 Bleigehalt in Grünland und Boden	68
13 Cadmiumgehalt in Grünland und Boden	72
14 Zinkgehalt in Grünland und Boden	75
15 Gehalt der Oberböden an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der kanzerogen aktiven Substanzen nach BJØRSETH und BECHER (1986)	80
16 Gehalt der Oberböden an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der 6 in der EG-Richtlinie genannten Referenzstoffe	81
17 Gehalt der Grünlandproben an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der kanzerogen aktiven Substanzen nach BJØRSETH und BECHER (1986)	84

	Seite	
18	Gehalt der Grünlandproben an 15 ausgewählten PAHs sowie Anteil der 6 in der EG-Richtlinie genannten Referenzstoffe	85
19	Vergleich der Testaceen - Gemeinschaften in den Versuchsflächen an Profil II (7a - 12a) mittels UPGMA-Clusters	93
20 a	Fichten bei Bruckdorf (Baum 1 und 2)	96
20 b	Fichten bei Bruckdorf (Baum 3 und 4)	96
21	Fichtennadel des Referenzstandortes Innervals	97
22	Fehlende Wachsschicht und massive Staubablagerungen auf einer Fichtennadel	98
23	Typische Erscheinungsbild von Verätzungs-schäden an einer Fichtennadel	99
24	Beginnende Veränderungen in der Wachs-auflage einer Fichtennadel	100
25	Fast vollständig verklebte Spaltöffnung einer Fichtennadel	101

ANHANG

- I Temperaturabweichung und Abweichung der Niederschlagsmenge vom Normalwert für die Monate April, Mai und Juni 1988

LITERATURVERZEICHNIS

Albert R., Frühwirt E. (1987)

Schadstoffbelastung entlang von Autobahnen. Teil A: Blei-, Cadmium- und Streusalzkontamination von Böden und Pflanzen im Nahbereich der Autobahn. Straßenforschung Heft 330. Wien: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten.

Amt der Salzburger Landesregierung. Landesforstdirektion (1989)

Waldzustandserhebung entlang der Tauernautobahn im Zederhaustal. Salzburg.

Amt der Tiroler Landesregierung (1981)

Umweltbelastung durch Schadstoffe in Luft, durch Lärm und durch Blei. Tiroler Umweltschutzkonzept - Bestandesaufnahme 7. Innsbruck.

Amt der Tiroler Landesregierung. Abteilung III d 3 (1988)

Verkehrsbelastung - Bodenbelastung. Innsbruck.

Barth H., L'Hermite P. eds (1987)

Scientific basis for soil protection in the European Community. London, New York: Elsevier.

Berger H., Foissner W., Adam H. (1985)

Protozoologische Untersuchungen an Almböden im Gasteiner Tal (Zentralalpen, Österreich). IV. Experimentelle Studien über die Wirkung der Bodenverdichtung auf die Struktur der Testaceen- und Ciliatentaxozönose. Veröff. d. Österr. MaB-Programms 9, p. 97-112.

Bjørseth A., Becher G. eds (1986)

PAH in Work Atmospheres: Occurrence and Determination. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Bosch Kraftfahrtechnisches Handbuch (1987)
20. Auflage. Düsseldorf: VDI-Verlag.

Bray J.R., Curtis J.T. (1957)
An ordination of the upland forest communities in southern Wisconsin. Ecological Monographs 27, p. 325-342.

Bundesanstalt für Bodenwirtschaft (im Druck)
Kartierungsbereich St. Michael im Lungau. Schriftenreihe
Bd. 145.

Bundesminister für Gesundheit und öffentlicher Dienst (1989)
Erlaß vom 7. Jänner 1989 (Zl. 72.046/3-VII/16/1988): Landwirtschaftliche Produkte mit dem Bezeichnungselement "biologisch" und daraus hergestellte Produkte. Teilkapitel A: Landwirtschaftliche Produkte.

Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (1987)
Schadstoffbelastung entlang von Autobahnen. Straßenforschung
Heft 330. Wien.

Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (1988)
Automatische Straßenverkehrszählung. Jahresauswertung 1987.

Butler J.D., Butterworth V., Kellow S.C., Robinson H.G. (1984)
Some Observations on the Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Content of Surface Soils in Urban Areas. The Science of the Total Environment 33, p. 75-85. Amsterdam: Elsevier.

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (1988)
Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. Teil 1: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 212/1988. Hamburg, Berlin: Paul Parey.

Dzombak D.A., Luthy R.G. (1984)

Estimating adsorption of polycyclic aromatic hydrocarbons on soils. Soil Science Vol. 137, No. 5.

Elstner E.F., Osswald W. (1984)

Fichtensterben in "Reinluftgebieten": Strukturresistenzverlust. Naturwiss. Rundschau 37 (2), p. 52-61.

Europäische Gemeinschaft (1980)

Richtlinie des Rates vom 15. 7. 1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.

Foissner W. (1987)

Soil Protozoa: Fundamental Problems, Ecological Significance, Adaptations in Ciliates and Testaceans, Bioindicators and Guide to the Literature. Progress in Protistology 2, p. 69-212.

Fritz W. (1983)

Modelluntersuchungen zum Verhalten von Benzo(a)pyren im Boden. Z. ges. Hyg. 29, Heft 7.

Gabriel B. (1986)

Abschätzung des Straßen- und straßenbedingten Schadstoffeintrages in den Marchfeldkanal. In: Umweltverträglichkeitsprüfung Marchfeldkanal. Beiträge Umweltschutz, Lebensmittelangelegenheiten, Veterinärverwaltung 5/86. Wien: Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz.

Gassebner H., Pack I., Schusterschitz E., Weber A. (1986)

Untersuchungen über Waldschäden, Luft- und Bodenverunreinigungen durch den Straßenverkehr im Wipptal. Innsbruck: Amt der Tiroler Landesregierung, Landesforstdirektion.

Gassebner H., Müller G., Schwaninger C. (1986)

Untersuchungen über Waldschäden, Luft- und Bodenverunreinigungen durch den Straßenverkehr im Wipptal. Innsbruck: Amt der Tiroler Landesregierung, Landesforstdirektion.

Grill D. (1973)

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an Nadeln einiger Pinaceen, Cupressaceen und Taxaceen. Mikroskopie 29, p. 348-358.

Grill D., Pfeifhofer H. (1985)

Schädigung kutikulärer Wachse an Fichtennadeln. In: E. Führer, F. Neuhuber eds, Forschungsinitiative gegen das Waldsterben, p. 91-100. Wien: Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung.

Grimmer G., Böhnke H. (1972)

Bestimmung des Gesamtgehalts aller polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe in Luftstaub und Kraftfahrzeugabgasen mit der Capillar-Gas-Chromatographie. Z. Anal. Chem. 261, p. 310-314.

Häni H. (1988)

Schadstoffe im Boden. Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 14.

Hapke H.J. (1974)

Wirkungen und Schäden durch Blei, Cadmium und Zink bei Nutztieren. VDI-Berichte Nr. 203.

Harms H., Sauerbeck D. (1984)

Organische Schadstoffe in Siedlungsabfällen: Herkunft, Gehalte und Umsetzung in Böden und Pflanzen. Angewandte Botanik Bd. 58. Göttingen.

Heilenz S. (1970)

Untersuchungen über den Bleigehalt von Pflanzen an verkehrsreichen Standorten. Landwirtsch. Forsch. 25, 1. Sonderheft.

Horak O. (1976)

Bestimmung von Blei und Cadmium in Getreide- und Grasproben aus verschiedenen Entfernungen von Autostraßen mit Hilfe der flammenlosen Atomabsorptions-Spektroskopie. Landwirtsch. Forsch. 29, Heft 3/4.

Horak O., Rebler R. (1977)

Schwermetallverunreinigung von Pflanzen und Böden an Straßen.
SGAE Ber. Nr. 2869. Seibersdorf: Österr. Forschungszentrum.

Institut für Straßenbau und Verkehrswesen ed. (1987)

Beiträge zur Verkehrsplanung. Seminar. Umweltgerechter Verkehrswegebau 1/1987. Wien: Technische Universität.

Internationale Alpenschutz-Kommission (1989)

Neue Alpentransversalen - Erlösung oder neue Belastung für den Alpenraum. CIPRA-Schriften 6. Schaan.

Jaccard P. (1902)

Lois de distribution florale dans la zone alpine. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 38, p. 69-130. Lausanne.

Kasperowski E. (1981)

Boden. Beiträge zur Darstellung der Umweltsituation in Österreich, Teil 5. Wien: Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen.

Kasperowski E. (1988)

Die Versiegelung Österreichs. In: Raumordnung und umfassender Bodenschutz. Schriftenreihe Nr. 64. Wien: Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖRÖK).

Keller Th., Bajo S., Wyttenbach A. (1985)

Gehalte an einigen Elementen in den Ablagerungen auf Fichtennadeln als Nachweis der Luftverschmutzung. Allg. Forst- und Jagdzeitung Jg. 157, Heft 3/4.

Kloke A., Riebartsch K., Leh H.O. (1966)

Verunreinigung von Kulturpflanzen mit Blei aus Kraftfahrzeugabgasen. Landwirtsch. Forsch. 20, Sonderheft.

Kloke A. (1974)

Blei-, Zink-, Cadmium-Anreicherung in Böden und Pflanzen.
VDI-Berichte.

Kloke A. (1985)

Richt- und Grenzwerte zum Schutz des Bodens vor Überlastungen
mit Schwermetallen. Forschungen zur Raumentwicklung 14. Bonn.

Köchel A. (1987)

Die Belastung der Böden des Marchfeldes mit Schadstoffen.
Bodenschutz und Wasserwirtschaft, Fachtagung. Wien:
Österreichische Gesellschaft für Natur- und Umweltschutz.

Lahmann E., Seifert B., Li-zhi Zhao, Bake D. (1984)

Immissionen von polycyclischen aromatischen Kohlenwasser-
stoffen in Berlin (West). Staub - Reinhalt. Luft, Bd. 44,
Nr. 3.

Leh H.O. (1972)

Verunreinigungen von Pflanzen durch Blei aus Kraftfahrzeug-
abgasen. Blei und Umwelt. Berlin: Kommission für Umweltge-
fahren beim Bundesgesundheitsamt.

Lüftenegger G., Petz W., Foissner W., Adam H. (1988)

The efficiency of a direct counting method in estimating the
numbers of microscopic soil organisms. Pedobiologia 31,
p. 95-101.

Lygren E., Gjessing E., Berglind L. (1984)

Pollution transport from a highway. The Science of the Total
Environmental, 33. Amsterdam: Elsevier.

Magel E., Ziegler H. (1986)

Einfluß von Ozon und saurem Nebel auf die Struktur der sto-
matären Wachspfropfen von Picea Abies (L.) Karst. Forstw. Cbl.
105, p. 234-238.

Maierbrugger M. (1987)

Das tausendjährige Mauterndorf. Mauterndorf: Marktgemeinde.

Mattheß G. (1972)

Bleigehalte in Gestein, Boden und Grundwasser. Blei und Umwelt. Berlin: Kommission für Umweltgefahren beim Bundesgesundheitsamt.

Merian E. ed. (1984)

Metalle in der Umwelt. Weinheim, Deerfield Beach/Florida, Basel: Verlag Chemie.

Odzuck W. (1982)

Umweltbelastungen. Belastete Ökosysteme. UTB 1182. Stuttgart: Eugen Ulmer.

Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft. Arbeitsgruppe Waldbodenuntersuchung ed. (1986)

Waldbodenuntersuchung, Geländeaufnahme, Probenahme, Analyse. Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise in Österreich. Im Auftrag des Bundesministers f. Land- u. Forstwirtschaft. Wien.

Österreichisches Statistisches Zentralamt ed. (1985)

Straßenverkehrszählung 1980, Bundesstraßen. In: Beiträge zur Österreichischen Statistik, Heft 750.

Österreichisches Statistisches Zentralamt ed. (1987)

Straßenverkehrszählung 1985, Bundesstraßen. In: Beiträge zur Österreichischen Statistik, Heft 865.

Patzelt W., Gerzabek M.H. (1987)

Zink- und Cadmium-Aufnahme durch Lolium perenne im Gefäßversuch. OEFZS Ber. Nr. 4414. Seibersdorf: Österr. Forschungszentrum.

Peer T., Türk R. (1988)

Schwermetallimmissionsuntersuchungen im Einflußbereich des Tauern- und Katschbergtunnels mit Hilfe von Bioindikatoren. Umweltverträglichkeitsuntersuchung Tauerntunnel, Mautstelle St. Michael, Katschbergtunnel, Lärmschutz Hüttau-Gmünd. Teil G. Salzburg: Tauernautobahn AG.

Pflock H., Georgii H.-W., Müller J. (1983)

Teilchengebundene polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) in belasteten und unbelasteten Gebieten. Staub - REINHalt. Luft, Bd. 43, Nr. 6.

Pielou E.C. (1966)

The measurement of diversity in different types of biological collection. Journal of theoretical Biology 13, p. 131-144.

Pott F. (1985)

Pyrolyseabgase, PAH und Lungenkrebsrisiko - Daten und Bewertung. Staub - Reinhalt. Luft, Bd. 45, Nr. 7/8.

Pott F., Tomingas R., Brockhaus A., Huth F. (1980)

Untersuchungen zur Tumorerzeugenden Wirkung von Extrakten und Extraktfraktionen aus atmosphärischen Schwebstoffen im Subkutantest bei der Maus. Zbl. Bakt. Hyg. 1 Abt. Orig. B. 170.

POTT F., WERNER W. (1983)

Analytik und Bewertung kanzerogener polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe aus lufthygienisch-toxikologischer Sicht. Z. ges. Hyg. 29, Heft. 9.

Rat von Sachverständigen für Umweltfragen ed. (1985)

Umweltprobleme der Landwirtschaft. Sondergutachten. Stuttgart, Mainz: W. Kohlhammer.

Regelungen für Trinkwasser (1984)

Erlaß des Bundesministers für Gesundheit und Umweltschutz v.
10. August 1984.

Renkonen O. (1938)

Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. Annales Zoologici Societatis Zoologicae-Botanicae Fennicae Vanamo 6, p. 1-231.

Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften (1986)

3. Akademie-Forum: Umweltbelastung und Gesellschaft-Luft-Boden-Technik. Vorträge Nr. 346. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Rosinak W., Stickler H. (1987)

Ergebnisse des Pilotversuchs auf der Rheintalautobahn A 14 "Tempo 100". Straßenforschung Heft 335. Wien: Bundesministerium für Bauten und Technik.

Rosinak W., Stickler H. (1988)

Untersuchung Tempo 60 bei Nacht für bestimmte Lastkraftwagen und Sattelfahrzeuge auf der Inntal- und Brennerautobahn. Endbericht. Wien: Bundesministerium für öffentliche Wirtschaft und Verkehr, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten; Innsbruck: Amt der Tiroler Landesregierung.

Sattler E.L. (1972)

Blei Aufnahme und Verteilung. In: Blei und Umwelt. Berlin: Verein f. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene e.V.

Scheffer F., Schachtschabel P. (1984)

Lehrbuch der Bodenkunde. 11. Aufl. Stuttgart: Ferdinand Enke.

Schlichtling E., Blume H.-P. (1966)

Bodenkundliches Praktikum. Hamburg, Berlin: Paul Parey.

Sneath P.H., Sokal R.R. (1973)

Numerical taxonomy. San Francisco: Freeman.

Sommer G., Rosopulo A., Klee J. (1971)

Bleikontamination von Pflanzen und Böden durch Kraftfahrzeugabgase. Z. Pflanzenern., Bodenkd. 130.

Suchodoller A. (1967)

Untersuchungen über den Bleigehalt von Pflanzen in der Nähe von Straßen und über die Aufnahme und Translokation von Blei durch Pflanzen. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 77.

Tauernautobahn AG (1976)

Tauernautobahn Scheitelstrecke. Band II. Eine Baudokumentation bis zur Verkehrsübergabe am 21. 6. 1975. Salzburg.

Tiefenbacher K. (1983)

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in Lebensmitteln. Dissertation. Formal- u. naturwiss. Fak. d. Univ. Wien.

Tiefenbacher K., Tuschl P., Woidich H. (1983)

Studium der Aufnahme von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen durch höhere Pflanzen mit Hilfe chromatographischer Methoden und Isotopentechnik. Bodenkultur 34.

Tischberger A. (1988)

Inversionen im Bundesland Salzburg in ihrer witterungsklimatologischen Steuerung. Diplomarbeit. Naturwiss. Fak. d. Univ. Salzburg.

Umweltbundesamt Berlin (1979)

Jahresbericht 1978, Kap. II. 9. Schadstoffwirkungen.

Umweltbundesamt Berlin (1979)

Luftqualitätskriterien für ausgewählte polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe. Berichte 1/79. Berlin: Erich Schmidt.

Varmuza K. (1989)

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe Tauern-Autobahn, Datenauswertung (persönliche Mitteilung).

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (1986)

Kongreßband 1985 Gießen. Bodenbewirtschaftung, Bodenfruchtbarkeit, Bodenschutz. VDLUFA-Schriftreihe 16. Darmstadt.

Verordnung der Steiermärkischen Landesregierung (1987)

Aufbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Böden (Klärschlammverordnung). LBGl. Nr. 89/1987.

Vogel W.R. (1988)

Die Belastung von Arthropoden mit Blei und Cadmium in unterschiedlich schadstoffexponierten Waldgebieten. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 61.

Wasserwirtschaftskataster (1984)

Einfluß von Straße und Verkehr auf Gewässer. Literaturüberblick. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.

World Health Organization (1970)

European Standards for Drinking Water. Geneva: WHO.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (1985)

Klimadaten von Österreich (Mittelwerte 1971-1980), Teil III: Salzburg, Teil IV: Oberösterreich. Arbeiten, Heft 63, Publ. Nr. 300. Wien.

Zollinger F. (1988)

Die Notwendigkeit eines umfassenden Bodenschutzes. Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 14.

Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (1984)

BGBI. d. Rep. Österreich Nr. 199/1984.

Persönliche Mitteilungen (1988/89)

Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten: Ergebnisse der automatischen Straßenverkehrszählung, Monatsberichte Jänner - Dezember 1988.

Hydrographischer Dienst in Österreich: Niederschlagsdaten Zederhaus.

Österr. Automobil-, Motorrad- und Touring Club (ÖAMTC).

Tauernautobahn AG: Frequenzentwicklung Krafträder, PKW mit und ohne Anhänger, LKW und Busse.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.