

Vegetationsverhältnisse im Rauchschadengebiet von Lenzing (Oberösterreich)

F. HÖGLINGER

A b s t r a c t : The state of vegetation in an air pollution damaged area at Lenzing (Upper-Austria) were explored, analysed and described.

In 1899 a papermill was built. Soon owners of the woods around announced damages caused by smoke as a wither of coniferous trees, deciduous trees shed its leaves and even carbonizing the litter and moss ground. In 1939 a rayon staple-plant was built. The increase of production, especially the introduction of the burning of extraction liquor destroyed a large amount of wood in the 50's and 60's. In the 70's the vegetation became stabilized to "industrioclimax"-communities. The smoke-burnt areas are located on a terrace of 490 metres, 30 metres above the level of the river "Ager". The very spot is immediate eastwards of the "Kocherei", where timber is treated with $Mg(HSO_3)_2$. High amounts of SO_2 , approaching by frequent southwestwinds, shaped a zone of vegetation without wood. The average concentration was $0,09\text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ obviously over 3 mg/m^3 measured within half an hour. Under those circumstances forms oak (*Quercus robur*) the edge of wood area.

Only some species of grasses (*Poaceae*) are forming dominant systems. An acid *Molinia caerulea*-fallow is formed on the worst spots of the centre. Under the litter-horizon there is a carbonized horizon, which has got characteristics of "active-coal". On less exposed spots, there is *Arrhenatherum elatius*, at obstructed spots *Calamagrostis epigeios*, on an old path, near the eaves of the first oak trees, *Holcus mollis*. *Agrostis capillaris* is dominating the edges of the treeless zone and where the meadow is mown *Festuca rubra*.

On both sides of the treeless zone grows a bright *Agrostis capillaris*-oakwood. Where air pollution decrease, there are common maple (*Acer campestre*), cluster-cherry (*Prunus padus*) and in herb layer *Lamiastrum montanum*. On the outermost edges follows a shrub wood like stand of hornbeam (*Carpinus betulus*), ash (*Fraxinus excelsior*) and beech (*Fagus sylvatica*) within *Hedera helix*.

At unsteady limy slope there is a very thin and sparse rod with *Arrhenatherum elatius*, *Daucus carota*, *Artemisia vulgaris* and *Tussilago farfara*. Oak (*Quercus robur*) forms the boundary of the wood and is accompanied by *Cornus sanguinea*, *Ligustrum vulgare*, common maple (*Acer campestre*) and hornbeam (*Carpinus betulus*). On the herb layer dominates *Calamagrostis varia*, in transition to the *Agrostis capillaris*-oakwood *Brachypodium pinnatum*.

All those researches took place in 1993 when the first positive effects of avoiding emission were realized. On spots of bare ground could be found birch (*Betula pendula*) from the year 1991, which was the first year emission was below 3 tons SO_2 a day. If "mykorrhiza-fungus" *Laccaria proxima* appeared only this time or in former times remains as an open question. Later, even spruce (*Picea abies*) where able to settle in the *Molinia*-fallow. In the rod of the not stabilized slope ubiquitous mosses settled subsequently which may start humidification.

K e y w o r d s : air pollution damaged area, sulphur-dioxide (SO_2), Lenzing (Upper-Austria), *Quercus*, *Molinia*, *Laccaria*.

Einleitung

Schwefeldioxid ist in Gebieten mit vulkanischer Aktivität ein natürlicher Standortfaktor. In manchen Tälern der Ostalpen muß die Verhüttung sulfidischer Erze von Bedeutung für die Vegetationsverhältnisse gewesen sein. Ziel dieser Arbeit ist die Beschreibung der Vegetation des, durch die Einwirkung von Schwefeldioxid aus der Zellstoffproduktion entstandenen Rauchschadengebietes von Lenzing. Das Werk liegt im südwestlichen Oberösterreich und ist mit der Industrialisierung in der ersten Hälfte des Zwanzigsten Jahrhunderts entstanden. Abb. 1 ist ein Ausschnitt aus den amtlichen Karten (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen). Im Zentrum liegt das Werksgelände. Es wurde an der Ager, dem Abfluß des Attersees, errichtet. Eingetragen ist der engere Einflußbereich des Industriegebietes, vereinfacht nach RICEK (1977b), sowie die Verbreitungslücke der Tanne. Im Kern des engeren Einflußgebietes liegt ein gehölzfeindlicher Bereich, dessen Waldgrenze den Autor von Kind an beeindruckt hat. Heute existieren die, in dieser Arbeit beschriebenen, außerordentlich extremen Standortbedingungen nicht mehr, da Maßnahmen zur Emissionsverringerung gegriffen haben. Dies ist der Anstoß zu dieser Veröffentlichung.

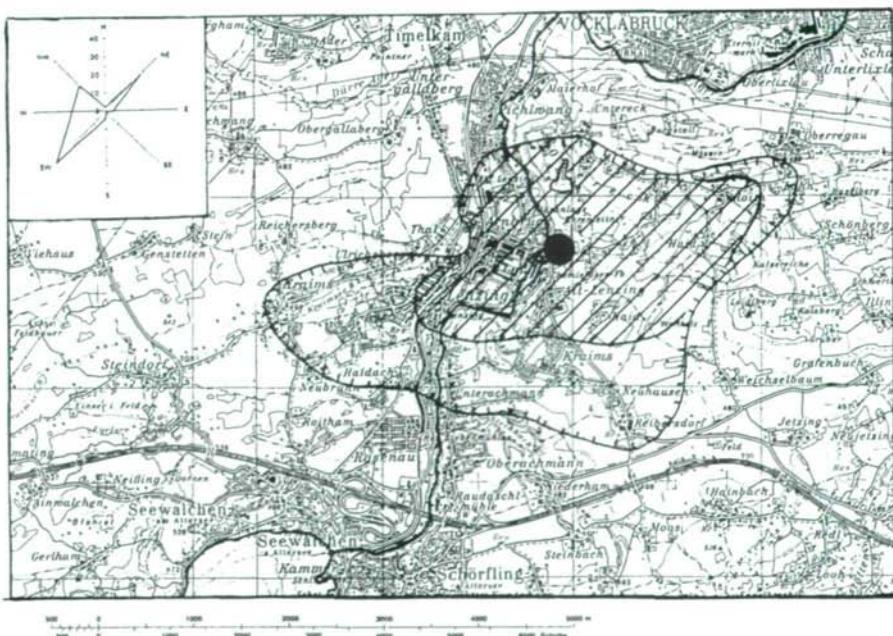


Abb. 1: ÖK 1:50 000 (verkleinert), Lage des gehölzfeindlichen Rauchschadengebietes von Lenzing (ausgefüllter Kreis), Areallücke der Tanne, *Abies alba* (Lenzing, Sportplatz, schraffiert) und engerer Einflußbereich des Werkes (innere Kampfzone der Epiphyten). Windrose aus STEINWENDER et al. 1993.

Das Rauchschadengebiet liegt auf einem, durch ein Trockental, der sogenannten "Öttinger Wiege", abgetrennten Sporn der, die Ager begleitenden Hochterrasse. Dieses, in 490 m Seehöhe gelegene "Plateau", wurde von den inzwischen abgesiedelten Bewohnern von Arnbruck "Bankerl" genannt, was in Zusammenhang mit der freien Aussicht mit Abendsonne steht (westexponierte Lage). Hier wurden auch Sonnwendfeuer abgebrannt. Nach VAN HUSEN (1996) ist die Hochterrasse im Bereich von Alt-Lenzing in schwer überschaubarer Weise mit deren Erosionsniveau in altpleistozänen Kies verzahnt. STADLER (1982-85) konstatiert die Bodenform 23: Kalkfreie Lockersedimentbraunerde aus lehmigen Deckschichten (20 cm leicht bis mittelschwer, 50 cm mittelschwer, darunter schwer; gut wasserversorgt).

Die Entstehung des Rauchschadengebietes von Lenzing ist durch die Schwefel-dioxidemission beim Aufschluß des Holzes bedingt. Das Holz wird unter beachtlichem Druck und Hitze mit Hydrogensulfit und überschüssiger Schwefeliger Säure behandelt. Dabei löst sich die Kittsubstanz Lignin als Ligninsulfonat und die Zellulose, die Stützsubstanz, wird frei. Der Ort dieser Prozedur heißt "Kocherei". Die Entstehung des gehölzfeindlichen Bereiches ist mit speziellen orographischen Verhältnissen verbunden (Abb. 2). Östlich der Ager liegt die etwa 30 m höher gelegene Hochterrasse, ein Teil der Ager-Aurach-Platte. Das Schwefeldioxid aus der Kocherei erreicht in besonderem Maße den unmittelbar angrenzenden Rand dieser Platte, insbesondere bei Westwind, aber auch bei Windstille.

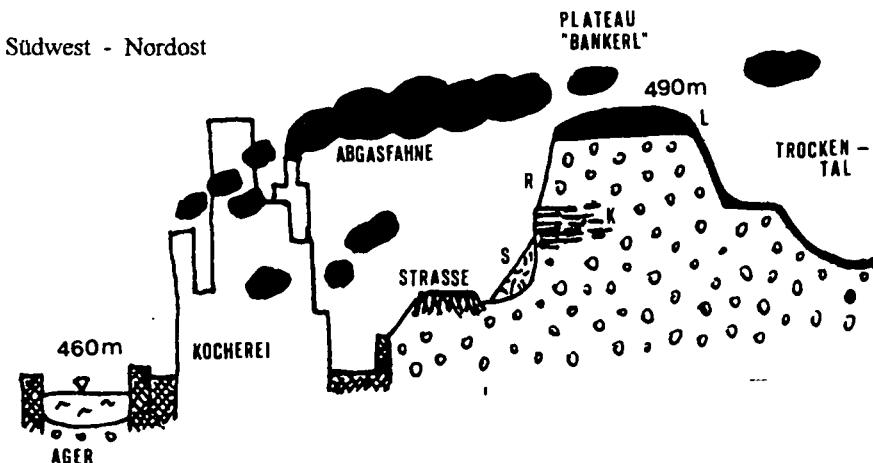


Abb. 2: Lage des Rauchschadengebietes von Lenzing. L = Lehmdecke, R = kalkreicher Rohboden, K = anstehendes Konglomerat, S = Schuttfächer.

Das Ost-West-gerichtete Windfeld im Alpenvorland, ist durch seine Anbindung an das Nord-Süd-gerichtete Atterseebecken und den Verlauf der Ager im Bereich von Lenzing in die Richtungen Nordost-Südwest modifiziert. Der Westwind ist meist durch Tiefdruckgebiete nördlich der Alpen bedingt, er bringt den Großteil des Niederschlags, der Ostwind ist in erster Linie ein tagesperiodischer Wind, üblicherweise herrscht wolkenloses Hochdruckwetter. Für die, am Nordende des Attersees gelegene Station Seewalchen

ergibt die Auszählung der Windrichtungen (Morgen-, Mittag-, Abendtermin, Okt. 87 bis Okt. 88, 1095 Fälle, Tab. 1):

Tab. 1: Windrichtungsverteilung Seewalchen nach Morgen-, Mittag- und Abendterminen. Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

West	44 %
Ost	24 %
Calme	15 %
Rest	17 %

Der West-, bzw. Südwestwind treibt das Schwefeldioxid von der Kocherei an die Terrassenkante. Dies gilt besonders für stürmische Winde. Die Auszählung für Seewalchen (wie oben, 119 Fälle) ergibt für Wind mit Böen spitzen über Beaufort 6:

Tab. 2: Verteilung der Richtung stürmischer Winde in Seewalchen.

West und Südwest	91 %
Rest	9 %

Die Windstatistik der Station Lenzing des automatischen Luftgüteüberwachungsnetzes (Zeitraum 1982 bis März 1984, AMT DER OÖ LANDES-REGIERUNG 1984) zeigt, daß in Wirklichkeit Windstille am häufigsten ist (Tab. 3). Die Station erfaßt Halbstunden-mittelwerte, so sind im Gegensatz zur obigen Auszählungen die nächtlichen Wind-verhältnisse aliquot berücksichtigt. Während windschwacher Wetterlagen, insbesondere aber in den Nachtstunden, kommt es infolge mangelnder Schadstoffverdünnung zu besonders hohen Immissionskonzentrationen, besonders am Plateau, in direkter Nachbarschaft zur Kocherei.

Tab. 3: Windrichtungsverteilung Lenzing nach Halbstundenmittelwerten.

Calme	44,5 %
West und Südwest	25,7 %
Nordost	10,8 %
Rest	19,0 %

Die jährliche Niederschlagsumme liegt in Lenzing bei 1000 mm, die Durchschnittstemperatur bei 8,0°C. ZWITTKOVITS (1983) ordnet das Gebiet seinem Klimatyp 23 zu, der den Alpenrand westlich der Steyer einnimmt. Pflanzengeographisch gehört das Gebiet der submontanen Höhenstufe an. Diese reicht von Lambach, vielleicht besser von Schwanenstadt, mit der Verbreitung der Hainbuche stellenweise bis in 700 m Seehöhe (RICEK 1977a). Das vielfältige Klima dieser Höhenstufe soll Tab. 4 veranschaulichen (aus den Karten der OBERÖSTERR. NATURRAUMPOTENTIALKARTIERUNG):

Tab. 4: Kennzahlen für das Klima.

Anzahl der Tage mit:	Vöcklabruck	Lenzing	Weyregg	Mondsee	Vöcklamarkt
Tagesmittel über 5°C	225-230	225-230	225-230	über 230	unter 220
Tagesmittel über 10°C	160-165	160-165	unter 150	über 165	160-165
Niederschlag über 10 mm	25-30	30-35	35-40	50-55	35-40

Das Lenzinger Rauchschadengebiet liegt in der Mitte des Quadranten 8047/2 der floristischen Kartierung Mitteleuropas. Es befindet sich innerhalb des Verbreitungsgebietes von *Acer campestre*, *Festuca heterophylla*, *Peucedanum oreoselinum*, *Staphylea pinnata* und *Viscum album* s.str., aber bereits außerhalb der Verbreitung von *Acer platanoides*, *Cornus mas*, *Melampyrum nemorosum* und *Populus nigra*. Das Vorkommen von *Robinia pseudacacia* ist als synantrop zu betrachten.

Waldbestand und Rauchschäden Ende der Zwanzigerjahre

Die Papierfabrik wurde 1899 gegründet. Abb. 3 zeigt ein Luftbild, entstanden vor dem Jahre 1938 (Archiv AURACHER).



Abb. 3: Luftbildaufnahme der Papierfabrik in Arnbruck, vor 1938. Blick Richtung Nord.

Rechts, bzw. nordöstlich vom Schlot, liegt das Rauchschadengebiet. Die Leiten vom Terrassensporn zum Agertal war Wiese. Hier wurde später die neue Straße nach Alt-Lenzing gebaut, dabei entstand ein großer Geländebruch. Der Rest des Hoch-terrassensporns war bis zur Ackerflur von Alt-Lenzing, im Vordergrund rechts, bewaldet. Der Waldbestand am Terrassensporn erscheint merkbar heller, als der weiter südwestlich gelegene Bestand am Terrassenabfall zur Ager. Letzterer ist heute Buchenwald und war es sicherlich auch damals. Der Waldbestand am Terrassensporn erscheint am Luftbild nicht nur heller, sondern auch aufgelichtet. Hier entstand später die gehölzfeindliche Zone. Der Waldrand der oben erwähnten Wiese blieb dabei im Wesentlichen erhalten (Abb. 4). Am Nordende des Terrassensporns ist eine Schotterentnahmestelle zu erkennen. Sie wurde später als Deponie genutzt.



Abb. 4: Südwestliche Waldgrenze des Rauchschadengebietes von Lenzing, von der Emissionsquelle, der Kocherei aus gesehen. Blickrichtung Süd. Der Waldrand wird von *Quercus robur* gebildet, in der Krautschicht dominiert *Agrostis capillaris*. Davor befindet sich eine Brache mit dominierendem *Arrhenatherum elatius*. An der Geländekante des Anrisses zur Straße nach Alt-Lenzing kommen seit 1991 Birken auf. August 1994.

Über den Zustand des, in Abb. 3 als "heller" zu erkennenden Waldbestandes, hat Forstwirt F. KRÖGER "am 23. August 1928 an Ort und Stelle auf Grund einer eingehenden Besichtigung festgestellt": "Der Wald besteht hier zur Hälfte aus Altholz von Buchen, Hainbuchen, einzelnen Eichen und Eschen, sowie eingemengten Fichten. Der Zustand der teils ganz geschwärzten Stammrinden, sowie die teils vollständige Verbrennung der Bodendecke (insbesondere der Moosdecke) lässt auf schon vieljährige Einwirkung des Giftgases schließen. Der Großteil der Altholzstämme ist stark entblättert, manche sogar

sind vollkommen kahl. Die andere Hälfte dieses Waldes besteht aus sogenannten Plenterwald in teils natürlicher und teils künstlicher Verjüngung. Diese Bestände weisen in gänzlich unregelmäßiger Mischung eine Bestockung von Buchen, Hainbuchen und Eichen mit zahlreich eingesprengten Tannen und Fichten und einzelnen Lärchen im Alter von etwa 20-80 Jahren auf. Die Lärchen sind fast zur Gänze abgestorben, die Fichten und Tannen zum Teil schwer, zum Teil leicht verbrannt, die Laubhölzer vielfach stark, teils gänzlich entlaubt."

Er empfiehlt u.a. die Aufforstung von Hainbuchen, Kiefern und Eichen, "aber auch diese Holzarten werden durch immer wiederholte Verbrennung des Laubes, sowie der Bodenstreu und Moosdecke nur einen geringen Zuwachs und Ertrag aufweisen. Hiezu kommt noch für den Landwirt die Unmöglichkeit einer rationellen Streunutzung, die sich ihm bei normalen Verhältnissen in periodischer Wiederholung im gesunden Walde geboten hätte." Mit der Verbrennung der Bodenstreu begann die später zu besprechende Bildung eines kohligen Bodenhorizontes im Zentrum des Plateaus.

Entwicklung seit den Fünfzigerjahren

1939 entstand eine Zellwollefabrik, neben Schwefeldioxid aus dem Holzaufschluß trat auch Schwefelkohlenstoff aus der Produktion der Viskosefaser auf. Ab 1956 wurde die Ablauge des Holzaufschlusses erfaßt, eingedickt und verbrannt. Damit hatte sich der Ausstoß an Schwefeldioxid drastisch erhöht. "Die bisher als chronische Rauchschäden anzusprechenden verwandelten sich in akute, geradezu katastrophalen Ausmaßes. Ganze Waldbestände starben ab." (FORSTVEREIN 1983). Trotz Einführung des Magnesium-bisulfitverfahrens im Jahre 1963, das die Rückgewinnung von Schwefeldioxid und Magnesiumoxid ermöglichte, änderte sich infolge Produktionssteigerung nicht viel. Die Aufnahmen von Dipl.Ing. E. Leithner veranschaulichen die damaligen Verhältnisse (Abb. 5 bis 10).

Das Zentrum der Rauchschadengebiete hatte offenen Charakter. Abb. 7 und 8 zeigen grasige Bestände mit Eichengruppen. Die Eichen sind aber abgestorben und wurden entfernt. Alteichen überlebten am Nordrand, ein Einzelbaum im angrenzenden Pfeifengrasbestand (Abb. 11). Um diesen Einzelbaum stehen einige verkohlte Eichen-stümpfe. Am Westrand des Plateaus, an der Terrassenkante ober dem Anriß der Straße nach Alt-Lenzing, haben buschige, also verzweigte Eichen überlebt (Abb. 17).

Im Südteil des Plateaus war Buchenwald (Abb. 5 und 6). Der Bestand wird in einem Gutachten um 1950 (ANONYMUS) folgendermaßen beschrieben: "100 % Laubholz, durchschnittlich 50 Jahre alt, Bestockung 0,7." Er wurde in den Sechzigerjahren vernichtet. Abbildung 10 zeigt die letzte alte Buche. In der Folge konnte sich nur mehr ein Eichenbuschwald entwickeln (Abb. 4). Weiter südlich sind die Buchen ebenfalls abgestorben. Da der Schwefeldioxideinfluß nicht mehr so massiv war, hat sich eine Art Niederwald aus Eiche, Hainbuche, Esche und Buche regenerieren können (Abb. 28). Dieser Bereich erscheint auf einem Luftbild aus den Siebzigerjahren (ANSICHTSKARTE), merkbar höher, als das nördlich angrenzende Eichengebüsch. Im äußersten Südosten des Waldbestandes überlebten Altbuchen (Abb. 9).

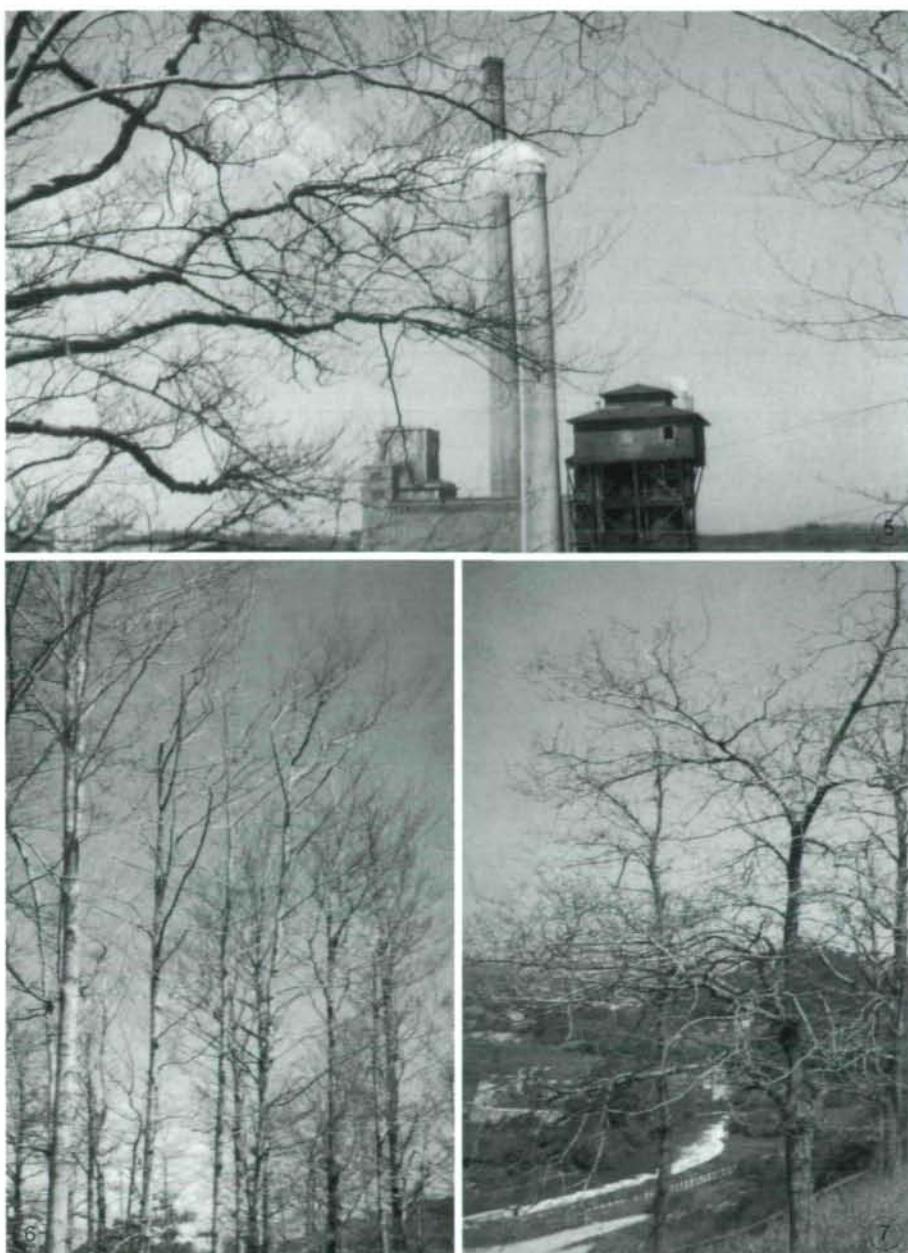


Abb. 5-7: 5 – Dürre Buchen östlich des Werkes. Mai 1963. 6 – Dürre Buchen östlich des Werkes. Mai 1963. 7 – Dürre Eichen östlich des Werkes, Blickrichtung Nord, unten die Ager. Mai 1963.

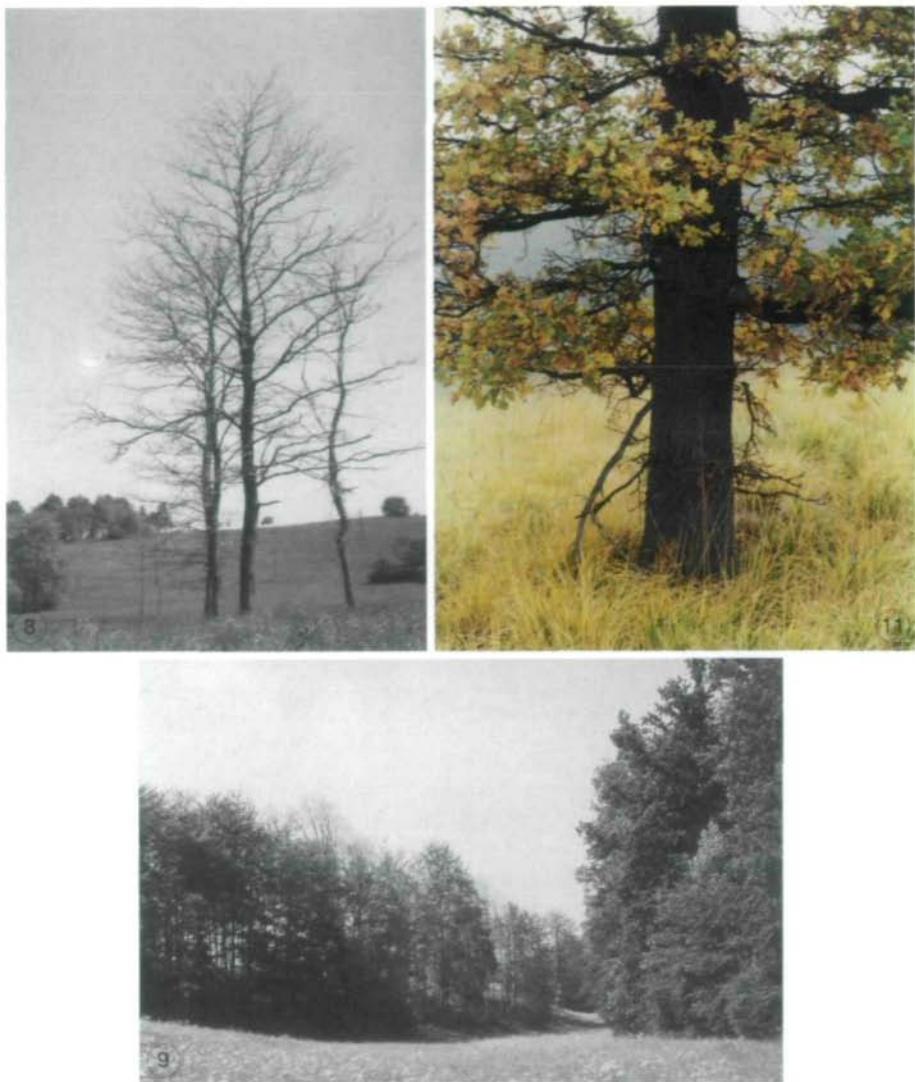


Abb. 8: Dürre Eichen östlich des Werkes, Blickrichtung Ostnordost. Mai 1963. **Abb. 9:** Das Rauchschadengebiet von "hinten", Trockental östlich vom Plateau, die "Öttl-Wiege", Blickrichtung Nord. Die Buchen am linken Bildrand stocken im Bereich der in Abb. 20 dargestellten alten Schotterentnahmestelle., sie haben bis heute überlebt. Juli 1964. **Abb. 11:** Einzelstehende Alteiche im *Molinia*-Bestand. Epiphyten fehlen, Stammfuß vegetationsfrei. *Molinia caerulea* lässt unter dem Baum nach, *Agrostis capillaris* nimmt zu. Oktober 1994.



Abb. 10: Letzte Starkholzbuche, die dem Werk zugewandte Seite entlaubt (West bzw. Südwest), ansonsten Blattränder und Blattspitzen nekrotisch braun. Juni 1968. Dasselbe Bild bot dieser Baum bereits im Juni 1965.

In den Siebziger- und Achtzigerjahren stabilisierten sich die Verhältnisse im Rauchschadengebiet, akute Symtome traten kaum mehr auf. Trotz Produktionssteigerung wurden nämlich kontinuierlich Maßnahmen zur Rückhaltung bzw. Wiedergewinnung von Schwefeldioxid gesetzt. Chronische Symtome in den benachbarten Wäldern, insbesondere den (ehemals) stark vertretenen Tannenbeständen, waren immer noch erheblich. Zu Beginn der Achtzigerjahre erhielten 250 Waldbesitzer eine Entschädigung für Rauchschäden an ihren Waldbeständen (FORSTVEREIN 1983): "Trotz aller Maßnahmen sind auf Grund der speziellen Gegebenheiten und Abhängigkeiten zwischen Schadstoffemission, Baumarten und langer Umrübszeit von Waldbeständen noch Rauchschäden gegeben."

Anhaltspunkte für die damals aufgetretenen Konzentrationen von Schwefeldioxid in der Luft im engeren Rauchschadengebiet, geben Messungen mit "Barytlappen", durchgeführt von der LENZING AG. Die Lappen wurden unter anderem am "Plateau" in der gehölzfeindlichen Zone und bei der, 350 m ostnordöstlich gelegenen, kontinuierlich messenden Station "Lubinger" exponiert. Diese Station befindet sich bei dem Haus, das in Abb. 27 ganz rechts hinter dem Buchenwald erkennbar ist. Die Barytlappenwerte an der Station korrelieren mit den dort direkt gemessenen durchschnittlichen Schwefel-dioxidkonzentrationen. Es ist deshalb zulässig, über die Barytlappenwerte auch die durchschnittliche Konzentration an Schwefeldioxid am Plateau im Zentrum des Rauchschadengebietes anzugeben, Tab. 5 zeigt das Ergebnis:

Tab. 5: Mittlere Schwefeldioxidgehalte der Luft.

Jahresmittel:	Station "Lubinger"	"Plateau"
1974	0,086 mg/m ³	0,071 mg/m ³
1975	0,119 mg/m³	0,101 mg/m ³
1976	0,106 mg/m ³	0,083 mg/m ³
1977	0,066 mg/m ³	0,094 mg/m ³
1978	0,053 mg/m ³	0,071 mg/m ³
1979	0,051 mg/m ³	0,086 mg/m ³
1980	0,050 mg/m ³	0,090 mg/m ³
1981	0,064 mg/m ³	0,075 mg/m ³
1982	0,032 mg/m ³	0,090 mg/m ³
1983	0,082 mg/m ³	0,115 mg/m ³
1984	0,067 mg/m ³	0,127 mg/m³
Gesamtmittel	0,071 mg SO ₂ /m ³	0,091 mg SO ₂ /m ³

Der Unterschied der mittleren Konzentration an den beiden Meßstellen ist gar nicht so groß, zwischen 1974 und 1976 fingen die Barytlappen an der Station Lubinger sogar größere Mengen von Schwefeldioxid auf, als die an der Meßstelle Plateau. Die Vegetationsverhältnisse sind aber sehr verschieden: Der Meßpunkt am Plateau liegt, bzw. lag, in der waldfeindlichen Zone, die Station Lubinger hingegen hinter einem Buchenwald, der am Abfall zum Trockental stockt, das zwischen den beiden Stationen liegt.

Es scheint, daß kurzeitige Spitzenwerte für die Vegetationsverhältnisse prägend sind, weniger der Mittelwert über das ganze Jahr. Regelmäßige Spitzenwerte der Schwefeldioxidkonzentration an der Station Lubinger waren in den Achtzigerjahren 3 mg SO₂/m³. Am Plateau wurde dieser Wert sicherlich übertroffen. Darüberhinaus sind auch die nasen Depositionen zu berücksichtigen. Sie wirken sich primär am Plateau aus, kaum 100 m von der Emissionsquelle entfernt. Bis in die Siebzigerjahre wurden die Kocher in offene "Gruben" geleert, durch die entweichenden Dämpfe, die wieder kondensierten, kam es nicht selten zu Nebel und sogar Niederschlag mit hohem Gehalt an Schwefeliger Säure.

Schließlich ist der Wind zu berücksichtigen. ELSTNER (1984) betont, daß die Quantifizierung der Schäden durch Luftschaadstoffe äußerst problematisch und nicht generell einer einfachen Dosis-Effekt-Beziehung zuzuordnen ist. Das Produkt aus Konzentration und Andauer der Einwirkung des Schadstoffes, für das Maß der Toxizität, ist jedenfalls um die Strömungs- bzw. Windgeschwindigkeit zu erweitern. Das Windfeld selbst wird aber durch die Vegetation beeinflußt. In anderen Rauchschadengebieten wurde beobachtet, daß auch die krautige Vegetation und niedrige Büsche eine beachtliche Wirkung haben. Beispielsweise betonen HALBWACHS & KISSER (1967), daß im Rauchschadengebiet von Ranshofen bei Braunau, Zwergformen von Fichte und Birke ihre Existenz der abschirmenden Wirkung der umgebenden Kräutervegetation verdanken. Außerdem stellten sie bei Birkenbüschchen fest, daß durch die besondere Ausformung der Krone, in Anpassung

an die örtlichen Gegebenheiten, ein Teil von ihr weitgehend gegen die Immissionen abgeschirmt wird. Im Industriegebiet von Arnoldstein (Kärnten) bemerkte KUTSCHERAMITTER (1982) Ökotypen von *Agrostis stolonifera* und *Poa alpina*, die ihre vegetativen Teile durch besonders viele blühende Halme mit großen Rispen vor den seitwärts vom Wind zugeführten Schadstoffen, darunter besonders SO₂, schützen sollen.

Wenn man von Bodenfaktoren absieht, ergibt sich, daß bei gegebener Schadstoffbelastung, die Vegetationsverhältnisse vom Windfeld geprägt werden. Das Windfeld wird aber durch die Vegetation beeinflußt. Die Waldgrenze verläuft im Rauchschadengebiet von Lenzing relativ scharf, weil der Gehölzbestand die Windverhältnisse maßgeblich beeinflußt. Der äußerste Baum, bzw. Strauch, der den extremen Verhältnissen gerade noch standhält, schützt die dahinterliegenden.

Prinzipiell können drei Typen der Vegetationsstrukturen an natürlichen Waldgrenzstandorten unterschieden werden (KNAPP 1979, KARRER 1985):

- Quasi-Kontinuum-Typ: Die Bäume werden entsprechend einem kontinuierlichen Gradienten der Standortfaktoren vom hochstämmigen Wald bis hin zur Waldgrenze immer niedriger.
- Diskontinuum-Typ: Das plötzliche Auftreten von, Baumwuchs verhindernden Standortbedingungen, verursacht scharfe Grenzen gegenüber Bereichen baumfreier Vegetation.
- Mosaik-Typ: Der Wald löst sich in einzelne Baumgruppen auf, die mosaikartig mit anderen Vegetationseinheiten bzw. Formationstypen verknüpft sind.

Im Rauchschadengebiet von Lenzing kann man nur bedingt von einer "natürlichen" Waldgrenze sprechen. Ursprünglich bestand eine anthropogen bedingte Waldgrenze (Abb. 3), später wurde sie von katastrophalen Ereignissen bestimmt. Alle drei, oben genannten Typen sind, bzw. waren auf engstem Raum zu beobachten. Am deutlichsten ist der Quasi-Kontinuum-Typ ausgebildet, wobei aber die eigentliche Waldgrenze ziemlich abrupt verläuft. Dieser ist an der Terrassenkante mit dem Mosaik-Typ mit Eichenbüschchen verzahnt.

Trotz der oben genannten Problematik, was die Beziehung zwischen der durchschnittlichen Schadstoffkonzentration und der Vegetation betrifft, sollen die Meßwerte von Lenzing mit der Untersuchung der Epiphytenflora von RICEK (1977b) verglichen werden. Er nennt in Lenzing neben Lufthalgen folgende widerstandsfähige Arten: *Parmelia sulcata*, *Parmelia scorteae*, *Parmelia physodes*, *Physcia ascendens*, *Pertusaria globulifera*, *Candelariella xanthostigma*, *Lepraria aeruginosa*, *Hypnum cupressiforme*, *Bryum capillare*, *Brachythecium populeum*, *Amblystegium serpens*, *Leskeia nervosa*, *Orthodicranum montanum*, *Leucodon sciuroides*, *Ceratodon purpureus*, *Pohlia nutans*, *Dicranella heteromalla*.

Der Zone V = Leerzone = Flechtenwüste, gehören der Großteil des Werksgeländes, die Werkstraße ab der Mitte zwischen ihrer Abzweigung von der Attersee-Bundesstraße und der Agerbrücke, das hier besprochene Rauchschadengebiet selbst und Alt-Lenzing an. Somit liegt die Meßstation "Lubinger", etwa 750 m von der Kocherei entfernt, an der äußeren Grenze dieser "Flechtenwüste". Das langjährige Mittel der Schwefel-dioxidkonzentration beträgt dort 0,07 mg/m³, das Jahresmittel konnte 0,12 mg/m³ erreichen und Spitzenwerte regelmäßig 3 mg/m³.

Als maximalen Toleranzwert für Flechtenwachstum auf Baumrinden werden 0,15 bis 0,17 mg SO₂/m³ angegeben (FEIGE 1982, HUBER & HUBER 1984, KIRSCHBAUM et al. 1974, HAWKSWORTH & ROSE 1970, SIGL 1976). Die Grenze der Flechtenwüste korrelieren in Frankfurt mit einer mittleren SO₂-Belastung von 0,11 mg/m³ (KIRSCHBAUM et al. 1974), in Saarbrücken mit 0,06 bis 0,09 mg/m³ (SEITZ 1972).

Die Zone IV = innere Kampfzone, ist vereinfacht in Abb. 1 dargestellt. Sie erstreckt sich 3,1 km weit in Richtung Ostsüdost, bis zur Kirche von Oberregau und 2,9 km Richtung Westsüdwest. RICEK betont, daß sich in dieser Zone "Feinheiten" in der Orographie, bzw. die Besonderheiten im Windfeld bemerkbar machen, so gehören die, dem Werk nahegelegenen Obstgärten von Pettighofen bei der Kirche von Lenzing, bereits der Zone III an. Als Anhaltspunkt für die mittlere Konzentration an Schwefeldioxid im Grenzbereich der Zonen III/IV, kann vielleicht das Mittel der Station Lenzing des automatischen Luftüberwachungsnetzes des Landes dienen, sie liegt beim Sportplatz bzw. Hallenbad. Mittel 1982-86: 0,035 mg SO₂/m³. Das maximale Monatsmittel wurde im Februar 1986 verzeichnet: 0,146 mg SO₂/m³. Das maximale Tagesmittel 1983 bis 1984 erreichte 0,208 mg SO₂/m³ (AMT DER OBERÖSTERREICH. LANDESREGIERUNG 1984, 1986).

Die, von TÜRK (1984) durchgeführte Flechtenkartierung lieferte ein ähnliches Ergebnis, wie die Untersuchung von RICEK. Die Zone V = "sehr stark belastete Zone", erstreckt sich nach Westen nur wenig über das Werksgelände hinaus, nach Ostsüdost hingegen bis gegen Oberregau. Die Zone III = mittel belastete Zone = äußere Kampfzone, reicht nach dieser Untersuchung im Westen gut 1,5 km an das Werk heran, in östlicher Richtung tritt sie nicht auf, die Zone IV reicht bis zum Industriegebiet von Steyrermühl-Laakirchen. "Der Raum Lenzing-Steyrermühl-Laakirchen erwies sich als der am stärksten belastete in Oberösterreich. Trotz der für Flechten guten klimatischen und orographischen Verhältnisse waren Birn- und Apfelbäume über weite Strecken vollkommen flechtenfrei. Wurden Blatt- oder Strauchflechten gefunden, so waren sie stark geschädigt und meist nur in Einzelexemplaren in Borkenrissen zu finden. Die durch die Luftschadstoffe als einzige geförderte Flechte *Lecanora conizaeoides* tritt gehäuft auf der ganzen Untersuchungsfläche auf. Weitauß mehr als die Hälfte des Untersuchungsgebietes weist TÜRK als epiphytische Flechtenwüste aus." (STEINWENDER et al. 1993).

Die immissionsbedingte Verbreitungslücke der Tanne reicht vom Werk 2,6 km Richtung Ostsüdost und 1,3 km Richtung Westsüdwest (Abb. 1). Innerhalb dieser Verbreitungslücke liegen Restvorkommen im engen Tal der "Brunngraben" bei Obereck. Die Verbreitungsgrenze liegt in einer Größenordnung der mittleren Schwefeldioxid-konzentration von 0,04 mg/m³, wobei sie den Schutz von Fichten, die in der Windrichtung stehen, benötigt.

Weitere Maßnahmen zur Verringerung der Schwefeldioxidemission aus der Zellstoffproduktion, zu nennen wäre eine Kesselanlage, die bei der Verbrennung der Ablauge aus der Kocherei eine mehrstufige Rückgewinnung des Schwefeldioxides ermöglicht, insbesondere aber die Erfassung sämtlicher diffuser Emissionen aus der Kocherei, brachten in den Neunzigerjahren eine deutliche Verbesserung der Situation. Abb. 12 zeigt den Ausstoß an Schwefeldioxid aus der Zellstoffproduktion (LENZING AG):

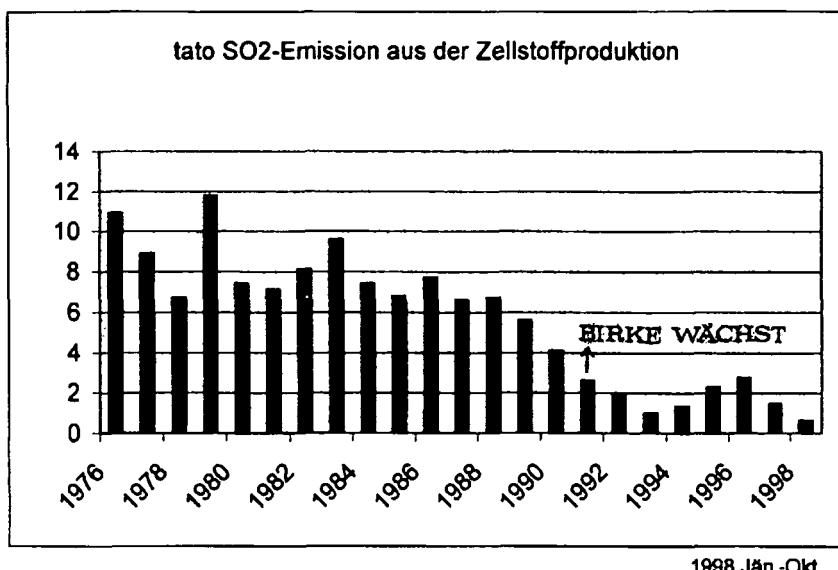


Abb. 12: Schwefeldioxidemission aus der Zellstoffproduktion in Tonnen pro Tag. Ab dem Jahre 1991 besiedeln Birken die Kahlstellen im engeren Rauchschadengebiet.

Die im Folgenden dargestellten Untersuchungen, fanden vorwiegend im Jahre 1993 statt, als sich die Immissionsverringerung auszuwirken begann. An offenerdigen Stellen, am Übergang vom Plateau zum Anriß ober der Straße nach Alt-Lenzing, siedelten sich Birken an. Jahresringzählungen ergaben, daß sie durchwegs aus dem Jahre 1991 stammen. Es war dies das erste Jahr, in dem die Schwefeldioxidemission aus der Zellstoffproduktion unter 3 t/Tag blieb. Im Jahre 1999 waren die Birken etwa 6 m hoch und hatten einen Stammdurchmesser von 9 cm (Abb. 13). Die Grasbestände hatten sich, abgesehen von einzelnen angeflogenen Fichten, kaum verändert. Im schütteten Rasen, am Anriß zur Straße nach Alt-Lenzing, begann sich eine Moosschicht zu etablieren.

Die Böden und ihr Zustand

Über der dicken Lehmdecke im Zentrum des Plateaus dominiert Pfeifengras. Nähere Untersuchungen zeigten, daß ein auffällig tiefschwarzer Bodenhorizont mit dem Vorkommen von *Molinia* korrespondiert. Abb. 14 zeigt links ein Bodenprofil im Pfeifengrasbestand, rechts ein Profil von einem dazwischenliegenden Kahlerdefleck.

Unter der 5 cm dicken Streu- bzw. Rohhumusschicht (Auflagehorizont), die unter den Horsten von *Molinia* den Charakter eines teppichartigen Wurzelfilzes hat, folgt mit einer scharfen Grenzlinie der durchwurzelte kohlige Horizont, der 5 bis 10 cm mächtig ist.

Der, wiederum scharf abgegrenzte, durchwurzelte B-Horizont, reicht bis in etwa 30 cm Tiefe. Der darunterliegende C-Horizont ist nicht durchwurzelt und besteht aus steinigem Lehm. Alle untersuchten Steine bzw. Steinchen sind kalkfrei (keine Reaktion mit Salzsäure). Anzeichen von Pseudovergleyung, Tonverlagerung oder gar Podsolierung fehlen.



Abb. 13: Westrand des Plateaus, Blickrichtung Nord. Birkenverjüngung, 6 Jahre alt. Sie erfolgte in Kahlerdeflecken im *Agrostis capillaris*-Bestand, wo sich schon zu Zeiten extremer Schwefeldioxidemissionen Eichenbüschle, im Bild rechts, halten konnten. Links vom angekohlten Holzzaun *Calamagrostis epigeios*. Am rechten Bildrand beginnt die *Molinia*-Brache. Am Horizont Buchenwald der Leiten rechtsseitig der Ager. November 1996.

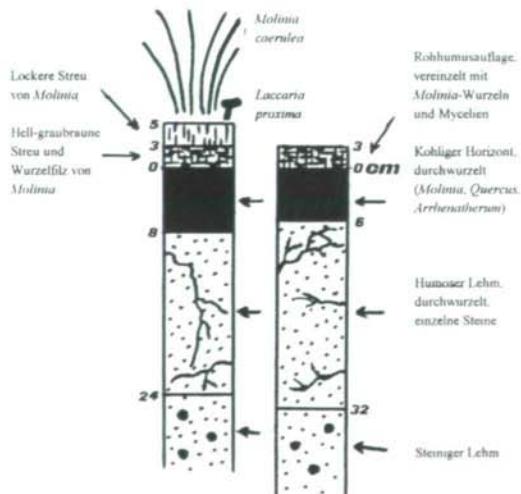


Abb. 14: Schematische Darstellung zweier Bodenprofile im Zentrum des Rauchschadengebietes von Lenzing. Oktober 1993.

Das hier beobachtete Durchwurzelungsverhalten von *Molinia* entspricht gut den Literaturangaben, so dem Wurzelbild bei PETERSEN (1988) von einem grundwasserfernen Standort: Der Wurzelpilz der oberen 10 cm enthält dort 87 % der organischen Bodensubstanz. Unter 20 cm Bodentiefe befinden sich nur mehr 2 % der organischen Substanz, einzelne Wurzeln reichen bis in 60 cm.

Die Entstehung des kohligen Horizontes ist auf die, einer Verbrennung oder Verkohlung ähnelnden Wirkung der Schwefeligen Säure, bzw. der aus ihr gebildeten Schwefelsäure, zurückzuführen. Die Wirkung hat bereits KRÖGER (1928) beobachtet. Eine fleckenweise Verkohlung der Grasnarbe konnte der Autor auch noch als Kind in den Siebzigerjahren beobachten. Damals konnte man am Plateau bei Westwind nur schwer atmen. Die Reste des Holzzaunes ober dem Anriß zur Straße nach Alt-Lenzing und Eichenstümpfe am Plateau sind ebenfalls verkohlt. Der A-Horizont ist am gesamten Plateau, größtenteils auch an dessen Abfall zum Werk hin, dunkel gefärbt, bzw. rußig. Die Anreicherung der kohligen Substanz im Pfeifengrasbestand resultiert, abgesehen von der besonders starken Einwirkung von Schwefeldioxid im Zentrum des Rauchschadengebietes, aus folgenden Faktoren:

- *Molinia* liefert große Mengen von Streu (60-80 dt/ha, PETERSEN 1988).
- Die Lehmschicht ist im Zentrum des Plateaus am dicksten. Die einwirkenden Säuren werden weniger stark abgepuffert, als in den Randbereichen des Plateaus.
- Die biologische Aktivität ist gering, die kohlige Substanz wird mit dem darunterliegenden Lehm nicht durchmischt (scharfe Grenzen der Bodenhorizonte).
- Das Zentrum des Plateaus ist weitgehend eben, Erosionserscheinungen, die am Rand des Plateaus zu beobachten sind, fehlen. Der kohlige Horizont bleibt erhalten.

Der kohlige Horizont ist auch bei mikroskopischer Vergrößerung homogen, weder torfig, fasrig, noch mullig. Eine getrocknete Probe vom Dezember 1996 wurde an der Bundesanstalt für Agrarbiologie in Linz untersucht: "Die Bestimmung des organischen Kohlenstoffes durch chemische NaBoxidation ergab 26,5 % C und einen Gesamt-N-Gehalt von 0,9 %. Das daraus zu errechnende C/N-Verhältnis von 30:1 lässt auf viel unzersetztes, nicht humifiziertes Material schließen. Der pH-Wert, bestimmt in einer Calciumchlorid-Suspension, betrug 3,9. Der wasserlösliche Sulfatgehalt von 300-400 mg/kg ist für eine Bodenprobe absolut hoch, aber durch die stattgefundenen Kontamination nicht weiter verwunderlich." (AICHTBERGER 1997).

pH-Wert und C/N-Verhältnis entsprechen den Werten von Rohhumus (SCHEFFER & SCHACHTSCHNABEL 1984). Der Sulfatgehalt ist im Jahre 1996 gegenüber durchschnittlichen Böden etwa um das Siebenfache erhöht. Die Oberösterreichische Bodenzustandsinventur ergab Werte zwischen 11 und 210 mg/kg. Über 80 % der Sulfatgehalte im Grünland befanden sich zwischen 50 und 75 mg/kg (AMT DER OBERÖSTERR. LANDESREGIERUNG 1993). Eine Altschneeprobe aus Alt-Lenzing vom Jänner 1997 hatte 29 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ (AMT DER OBERÖSTERR. LANDESREGIERUNG 1997).

Bereits am 14. und 27. September 1993 wurden während regnerischer Witterungsperioden Bodenproben gesammelt und (frisch) innerhalb von zwei Tagen im Zellstofflabor der Lenzing AG untersucht. Zur Messung des pH-Wertes wurden die Proben 1:1 mit destilliertem Wasser, bzw. 0,1 N KCl-Lösung versetzt und 3 Stunden stehengelassen. Die Suspension wurde dann mit einer geeichten Glaselektrode gemessen. Es war auffällig, daß die Braunfärbung des überstehenden Wassers bei den verschiedenen Proben sehr unterschiedlich war, auffällig gering bei den Proben aus dem kohligen Horizont. Deshalb

wurden einige H_2O -Extrakte durch ein Blaubandfilter filtriert und die Extinktion des Filtrates bei 500,5 nm (blau) und 2,000 cm Schichtdicke gemessen. Als Maß für den Kohlenstoffgehalt wurde für einzelne Proben der Glühverlust bestimmt. Da die Tonminerale ebenfalls einen Glühverlust haben, ist der Kohlenstoffgehalt niedriger. Der Glührückstand aller Proben ist identisch mit gebranntem Lehm: kantige, helle und dunkle Sandkörner (0,1 bis 1 mm Durchmesser), ganz selten durchsichtige Quarzkörner und Glimmerplättchen, befinden sich in einer feinen, ziegelroten Masse.

Tab. 6 versucht die Befunde der Untersuchungen der Proben vom Plateau zu ordnen. Zunächst folgen aber die Ergebnisse der Messungen der Wasserstoffionenkonzentration. Vier Gruppen sind zu unterscheiden, wobei sich die letztere deutlich abhebt:

- Sehr stark sauer: Die Rohhumusauflage und der direkt darunterliegende kohlige Horizont im Zentrum des Plateaus, also der Bereich des Wurzelfilzes von *Molinia*, erreichen $pH(H_2O)=4,0$ und $pH(KCl)=3,3$ (Tab. 6).
- Stark sauer:
 - Tieferer Teil des kohligen Horizontes im Zentrum (Tab. 6): $pH(H_2O)=4,4$ bzw. $pH(KCl)=4,1$.
 - Südlicher Teil des Zentrums, Lehm, direkt unter der Grasnarbe von *Arrhenatherum* (Tab. 6): $pH(H_2O)=4,4$ bzw. $pH(KCl)=3,7$.
 - Plateaukante Ost, gemähte *Arrhenatherum*-Wiese mit *Festuca rubra*, *Molinia caerulea* und *Hypochoeris radicata*, dunkler Lehm unter der Grasnarbe: $pH(H_2O)=4,7$ bzw. $pH(KCl)=4,3$.
 - Plateaukante Nord, *Brachypodium pinnatum*-Bestand unter lichtem Eichenschirm, etwas *Peucedanum oreoselinum*, stark humoser, merkbar fasriger Lehm direkt unter der Grasnarbe: $pH(H_2O)=4,6$ bzw. $pH(KCl)=3,9$.
 - Plateaukante West, *Agrostis capillaris*-Rasen mit *Convolvulus arvensis*, steiniger Lehm unter der Grasnarbe: $pH(H_2O)=4,7$ bzw. $pH(KCl)=4,0$.
 - Westlich des Plateaus, Oberrand des Abfalles zum Anriß ober der Straße nach Alt-Lenzing, kahle Stelle mit *Convolvulus arvensis*, stark steiniger Lehm von der Bodenoberfläche (Abb. 17): $pH(H_2O)=4,9$ bzw. $pH(KCl)=4,1$.

Diese pH-Werte unterscheiden sich nicht wesentlich von denen der entkalkten, dicken Lehmschichten der Hochterrasse in größerer Entfernung vom Werk. Beispielsweise zeigt ein langjährig beobachteter, episodisch wasserführender Waldtümpel südlich vom Sportplatz Lenzing ("Lehmgrube") an der Austrittsstelle von Bodenwasser konstant $pH=4,6$ (entspricht dem $pH(H_2O)$ -Wert).

- Sauer: Lehm unter der Glatthaferwiese mit viel *Leontodon hispidus* am östlichen Abfall des Plateaus (Abb. 15):
 - Humoser Lehm unter der Grasnarbe: $pH(H_2O)=5,7$ bzw. $pH(KCl)=4,6$.
 - Humoser Lehm von Maulwurfshäufen: $pH(H_2O)=5,9$ bzw. $pH(KCl)=4,6$.
- Alkalisch: Rohboden am Anriß ober der Straße nach Alt-Lenzing (Abb. 16):
 - Schütterer Rasen mit viel *Daucus carota*, stark steiniger Lehm unter der Grasnarbe, Steine brausen mit Salzsäure auf: $pH(H_2O)=8,45$ bzw. $pH(KCl)=7,3$.
 - Offene Hangrutschung mit *Tussilago farfara* und *Artemisia vulgaris*, Steine in stark plastischem, hellem Material, alles mit Salzsäure kräftig aufbrausend: $pH(H_2O)=8,45$ bzw. $pH(KCl)=7,8$.

Tab. 6: Analysenergebnisse der Bodenproben vom Plateauzentrum (September 1993).

Probenahme	Vegetation	Charakter der Probe und Entnahme (Horizont)	pH H ₂ O	pH KCl	Extinktion des Wasserextraktes	Glühverlust in % der Trockenmasse
Plateauzentrum MITTE	Pfeifengras-Bestand mit wenig <i>Carex leporina</i> , <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Festuca rubra</i> und vereinzelt <i>Arrhenatherum elatius</i>	KOHLESCHICHT unter der Rohhumusdecke	4,1	3,3	-	44,5
Plateauzentrum WEST (die drei Proben vom selben Profil)		Rohhumusauflage (Molinia)	3,9	3,25	0,213	-
		KOHLESCHICHT direkt unter der Rohhumusdecke	3,9	3,5	0,146	-
		KOHLESCHICHT aus 5 cm Bodentiefe	4,4	4,1	0,016	26,5
		KOHLESCHICHT direkt unter der Rohhumusdecke	4,6	3,9	0,221	22,6
Plateauzentrum SÜD	Glatthaferbestand mit <i>Festuca rubra</i> und <i>Agrostis capillaris</i>	Humoser LEHM mit einzelnen Steinchen, direkt unter der Grasnarbe (A-Horizont)	4,4	3,7	0,339	15,8

Der Glühverlust des kohligen Horizontes unter dem Pfeifengrasbestand erreicht nach den Stichproben 30 % der Trockenmasse, etwa doppelt so viel wie der humose Lehm unter dem benachbarten Glatthaferbestand. Dieser Befund paßt zu dem, durch chemische Naßoxidation ermittelten Wert von 26,5 % C.

Mit der Extinktion des Wasserextraktes erhält man einen Anhaltspunkt für die Konzentration an wasserlöslichen Huminstoffen in der Bodenlösung, in erster Linie von Huminsäurevorstufen. Wenngleich Huminstoffe keine einheitliche Stoffgruppe sind und ihre Färbung vom physikalischen Zustand des Huminstoffsystems, insbesondere von der Wasserstoffionenkonzentration abhängt (SOUCI 1938, ZIECHMANN 1980), ist die Extinktion, entsprechend dem Lambert-Beerschen Gesetz, direkt proportional der Konzentration in der Lösung.

Die Befunde vom Profil "Plateauzentrum West" (Tab. 6) zeigen, daß die Konzentration wasserlöslicher Huminsäurevorstufen im obersten Abschnitt des kohligen Horizontes um $\frac{1}{3}$ geringer ist, als im Auflagehorizont oberhalb. 5 cm tiefer, im unteren Abschnitt des kohligen Horizontes, ist nur mehr $\frac{1}{13}$ der Konzentration vorhanden. Es ist anzunehmen,

daß sie im Auflagehorizont gebildet werden, durch das Niederschlagswasser nach unten transportiert und in der kohligen Schicht adsorbiert werden. Einen Hinweis für das Adsorptionsverhalten der kohligen Substanz liefern auch die Ergebnisse der drei, in Tab. 6 unten stehenden Extinktionsmessungen. Die Extinktion des Wasserextraktes verläuft indirekt proportional dem Glühverlust. Je höher der Gehalt an kohliger Substanz, desto geringer der Gehalt an wasserlöslichen Huminstoffen.

Eine gewisse Unsicherheit bei der Interpretation der Extinktionswerte besteht darin, daß trotz Filtration und visuell völlig klarer Lösung, die Möglichkeit nicht auszuschließen ist, daß feinste Tonteilchen das Ergebnis beeinflussen. Damit wäre ein höherer Gehalt an wasserlöslichen Huminstoffen vorgetäuscht (der aber bei allen Proben in einer vergleichbaren Größenordnung liegen sollte). Um sicher zu gehen, wurde eine "milde" Extraktion mit Natronlauge durchgeführt. Huminstoffe, insbesondere echte Huminsäuren, lassen sich durch alkalische Extraktionsmittel besonders gut aus Böden und Toren gewinnen. Dabei verändert das alkalische Milieu das Huminstoffsystem, was eine bedeutende Vertiefung der Färbung zur Folge hat, gleichzeitig kommt es zu Oxydationsreaktionen, die gleichsinnig wirken. Es wurde so vorgegangen, daß die Kaliumchlorid-Suspensionen der pH-Messung zweier Proben, mit 0,1 N NaOH auf pH=8,5 gebracht und 2 Stunden stehen gelassen wurden. Es folgte die Filtration durch ein Faltenfilter, was etwa ebenso lange dauerte. Die Filtrate enthielten nun sehr hohe Huminstoffkonzentrationen und waren tiefbraun. Sie wurden im Verhältnis 1:100 mit destilliertem Wasser verdünnt und gemessen. Durch die Verdünnung konnte der Einfluß etwaiger, durch das Filter durchgedrungener Tonteilchen auf $1/100$ verringert werden. Die Ergebnisse stehen in Tab. 7.

Tab. 7: Extinktionen von Extracten zweier Bodenproben vom Plateau

Probe (vgl. Tab. 6)	Glühverlust	Extinktion des Extractes mit destilliertem Wasser	Extinktion des 1:100 verdünnten Natronlauge- extractes
Kohleschicht, Plateauzentrum Süd	22,6 %	0,221	0,194
Stark humoser Lehm vom Südrand des Plateaus	15,8 %	0,339	0,508

Die Befunde zeigen zunächst, daß eine Beeinflussung der Ergebnisse durch feinste Tonteilchen unwahrscheinlich ist. Interessanter ist die Tatsache, daß durch die alkalische Extraktion die Unterschiede zwischen den beiden Proben deutlicher werden, als im Wasserextract. Im humosen Lehm unter *Arrhenatherum* ist die Konzentration an wasserlöslichen Huminsäurevorstufen um das 1,5-fache höher, als im kohligen Horizont unter *Molinia*. Der Gehalt an echten, im alkalischen Milieu löslichen Huminsäuren, ist um das 2,6-fache höher, als im kohligen Horizont. Das Ergebnis ist so zu interpretieren, daß im kohligen Horizont praktisch kein humifiziertes organisches Material vorkommt, insbesondere deshalb, weil die untersuchte Probe, wie Tab. 6 zeigt (zweite von unten), keine extreme Stichprobe aus dem kohligen Horizont am Plateau ist.

Man kann diesen Bodenhorizont demnach nur schwer als A-Horizont auffassen, obwohl er in seiner Position mit dem A-Horizont des benachbarten Braunerdebodens korrespondiert und er sich sicherlich mit der drastischen Einwirkung der Schwefeldioxidimmission aus einem solchen entwickelt hat. Als A-Horizont wird nämlich ein, durch Humus gefärbter oberster Mineralbodenhorizont verstanden (FINK 1969). Hier handelt es sich aber

um einen, durch kohliges Material gefärbten Mineralbodenhorizont, der nachweislich kaum Humus enthält.

Die Merkmale dieses Horizontes sind: scharf abgegrenzt vom Horizont oberhalb (Streuauflage, O-Horizont, *Molinia*-Streu und -Wurzelfilz) und unterhalb (B-Horizont einer kalkfreien Lockersedimentbraunerde aus lehmigen Deckschichten), die scharfe Begrenzung des Horizonts spricht für gehemmtes Bodenleben, er ist aber durchwurzelt und Pilzmycelien sind erkennbar, Mächtigkeit bis 10 cm, Farbe schwarz, $\frac{3}{4}$ der Trockenmasse ist Lehm, $\frac{1}{4}$ der Trockenmasse ist verkohlte *Molinia*-Streu, humifiziertes Material fehlt weitgehend, die aus der Streuschicht eingewaschenen Huminsäurevorstufen werden durch die kohlige Substanz adsorbiert, C/N=30, Reaktion stark sauer, pH(H₂O)= 4,0 bis 4,6, pH(KCl)= 3,3 bis 4,0, freie Aluminiumionen treten bei dieser Bodenreaktion auf, hinzu kommt ein hoher Gehalt an wasserlöslichen Sulfaten.

Der kohlige Horizont deckt sich mit dem dominanten Auftreten des Pfeifengrases. Wie oben dargestellt, besteht im Rauchschadengebiet von Lenzing eine deutliche Wechselwirkung. Im Grunde markiert er aber nur die extremen Standortverhältnisse, denen gerade dieses Gras gewachsen ist. Kohlehorizonte von weit größerer Mächtigkeit und Reinheit entstehen bei der Herstellung von Holzkohle, sie haben sicherlich auch die Eigenschaft, wasserlösliche Huminstoffe bzw. Huminsäurevorstufen zu adsorbieren. OBERFORSTER (1986) konnte im Gebiet von Großraming aber keine Besonderheiten in den Vegetationsverhältnissen solcher Standorte feststellen.



Abb. 15: Ostabfall des Plateaus, Blickrichtung Westsüdwest, Richtung Werk. Links brachliegende, rechts bewirtschaftete Glatthaferwiese, im unteren Teil, bei besserer Basenversorgung mit *Leontodon hispidus* und *Daucus carota*, dort sind Maulwurfshaufen zu erkennen. Am Oberrand, bzw. schon am Plateau gedeiht eine *Festuca rubra*-Wiese. Am Plateau sieht man ab dem zweiten Schlot von links den *Molinia*-Bestand mit dem kohligen Bodenhorizont. Er reicht bis *Agrostis capillaris*-Eichenwald rechts vom Strommast. Dieser hat die hohen Immissionen der Sechzigerjahre überlebt, ebenso die einzelstehende Alteiche links vom Strommast (vgl. Abb. 11). Am linken Bildrand der eigentliche *Agrostis capillaris*-Eichenbuschwald, der bis zur Waldgrenze immer niedriger wird. Herbst 1995.



Abb. 16: Blick von der Kocherei nach Nordost. Anriß der Straße nach Alt-Lenzing mit kalkreichem Rohboden. Im Vergleich mit Abb. 13, die vor dem Eichenbuschwald am rechten Bildrand (hinten) aufgenommen wurde, wird das rasche Wachstum der Birken deutlich. Am linken Bildrand einer der "Stapeltürme", in denen der aufgeschlossene Zellstoff zwischengelagert wird. August 1994.



Abb. 17: Steinige Kahlerdeflecken mit *Convolvulus arvensis* im *Agrostis capillaris*-Bestand an der Terrassenkante oberhalb des Anrisses der Straße nach Alt-Lenzing. In der Bildmitte ein Eichenbusch, der die hohen Immissionen der Sechzigerjahre überstanden hat, aber nicht mehr in die Höhe wachsen konnte. Der buschige Zwergwuchs ist wegen der deutlich verringerten Immission seit den Neunziger-jahren nicht mehr ganz so deutlich. Rechts *Populus tremula*, sie hat sich erst mit der Verringerung der Immission eingefunden. Oktober 1993.

Pilzflora im Oktober 1993

Zur Zeit der Bodenuntersuchungen fruchteten am Plateau ziemlich viele Pilze. In der Rohhumusaufklage im *Molinia*-Bestand im Zentrum des Plateaus dominierte *Laccaria proxima* (Boud.) Pat. Sie fruchtete in den Bereichen zwischen den Horsten (Abb. 18). Nicht nur ihre Menge, sondern auch die Größe, gut 10 cm, war bemerkenswert (Abb. 19). Die Art gilt als Bewohner saurer Moore und vegetationsärmer Quarzsandflächen. RICEK (1989) beschreibt sie als "sehr stark azidophil", als "Mykorrhizasymbiont vorwiegend von Nadelholz, wohl auch von Laubbäumen (Birke und Erle), oft schon bei nur 2-4 m hohen Jungbäumen". Das Substrat in Lenzing ist sehr stark sauer, auch junge Birken, im Mittel zwei Jahre alt, sind vorhanden. Falls nicht auch die Stieleiche, deren Wurzeln sowohl Kohlehorizont, als auch den darunterliegenden B-Horizont durchziehen, als Mykorrhizasymbiont in Frage kommt, würde dies bedeuten, daß *Laccaria* zusammen mit der Birke, erst zu Beginn der Neunzigerjahre aufgetaucht ist.

Es ist davon auszugehen, daß die, in der Streuschicht gebildeten Huminsäurevorstufen, unter Mitwirkung dieses Pilzes entstehen. Das Pfeifengras selbst gilt nach OBERDORFER (1990) als "Humuszehrer" mit Wurzelpilz. Da sich das Vorkommen von *Laccaria* mit dem des dichten Wurzelfilzes von *Molinia* deckt, kann man eine engere Beziehung zwischen den beiden Arten vermuten. Jedenfalls befinden sich westlich der *Molinia*-Brache, im *Agrostis capillaris*-Bestand, Kahlerdeflecken mit Birkenjungwuchs und Eichenbüschchen,



Abb. 18: *Laccaria proxima* im Pfeifengrasbestand. Oktober 1993.



Abb. 19: *Laccaria proxima* im Pfeifengrasbestand. Oktober 1993.

die den Standortansprüchen von *Laccaria proxima*, etwa "verwachsende Sand- und Schottergruben" entsprechen, sie fehlt aber dort. Weit seltener als *Laccaria* war *Paxillus involutus* (BATSCH) FR., nach RICEK (1989) ein Birkensymbiont. Zerstreut konnten Täublinge (*Russula* sp.) aufgesammelt werden. Sie sind als Eichensymbionten aufzufassen.

Vegetationsverhältnisse im Rauchschadengebiet von Lenzing

Die folgende, gestrafft gehaltene Vegetationsgliederung, ist im Sinne einer beschreibenden Vegetationskunde zu verstehen. Ergänzt sind Vegetationsaufnahmen vom September 1993 nach dem üblichen Verfahren nach BRAUN-BLANQUET. Die Nomenklatur richtet sich nach FISCHER & ADLER (1994) und FRAHM & FREY (1983).

Wie im dritten Kapitel erwähnt, hatten sich die Vegetationsverhältnisse in den Siebzigerjahren stabilisiert. Akute Schäden an der Vegetation traten nicht mehr auf. Was verblieben war, ist weitgehend resistent gegenüber der Einwirkung von Schwefeldioxid. "Sofern die Belastungen nicht zu hoch sind, führt die mit beginnender Veränderung der ursprünglichen Vegetation einsetzende sekundäre Sukzession, unter gleichbleibenden Belastungen, im Verlaufe der Zeit zur Herausbildung neuer stabiler Strukturen geringerer Komplexizität", von WOLAK (1971) als Industrioklimax-Gemeinschaften bezeichnet. Wie an Grenzstandorten schlechthin, treten hier in Übereinstimmung mit dem zweiten biocoenotischen Grundprinzip wenige Arten in hoher Abundanz auf (GUDERIAN & REIDL 1982). Es entstanden artenarme Dominanzgesellschaften, nicht nur im baumfeindlichen Zentrum des Rauchschadengebietes, sondern auch innerhalb der Gehölzgesellschaften an der Peripherie. Tab. 8 bringt eine Übersicht der, im Rauchschadengebiet unterschiedenen

Gesellschaften. Die Grenzen zwischen diesen Gesellschaften sind scharf, wie in Abb. 20 dargestellt.

Tab. 8: Vegetationsgliederung und Schema der Standortfaktoren. Boden: schwarz = kohlinger, stark saurer Lehm; dunkelgrau = saurer Lehm; hellgrau = relativ basenreicher Lehm; weiß = kalkreicher Rohboden bzw. Deponieboden. Immission: schwarz = sehr stark; weiß = relativ gering.

Gliederung der Vegetation des Rauchschadengebietes		Boden	Immission
Dominanz- gesellschaften des waldfeindlichen Standortes am Plateau	Pfeifengras-Brache		
	Glatthafer-Brache		
	Landreitgras-Gesellschaft		
	Rotstraußgras-Brache		
	Gesellschaft von Weichem Honiggras		
Wiese östlich des Plateaus	Rotschwingel-Wiese		
	Glatthafer-Wiese		
Waldgesellschaften am Plateau	Rotstraußgras-Eichenbuschwald		
	Buchenfreier Eichenwald		
	Eichen-Hainbuchen-Eschen-Buchenwald		
	Buchenwald		
Wald am Plateauabfall	Fiederzwenken-Eichenwald		
	Buntreitgras-Eichenwald		
Vegetation am Anriß der Straße nach Alt-Lenzing			
Robinienbestand über Deponieboden		Deponie	

Die Dominanzgesellschaften des waldfeindlichen Zentrums am Plateau sind den, in PILS (1994) beschriebenen Brachestadien von Wiesen ähnlich, insbesondere den hochgrasdominierten Brachen von Bürstlingrasen mit *Calamagrostis epigeios*, *Agrostis capillaris*, *Molinia caerulea* und *Holcus mollis*. Als Nardetalia-Ordnungscharakterart ist in Lenzing nach OBERDORFER (1990) bestenfalls *Carex leporina* aufzufassen Ähnlichkeiten bestehen zur *Agrostis tenuis-Holcus mollis*-Gesellschaft in MÜLLER (1993, azidokliner Saum). Die floristischen Beziehungen zur Vegetation saurer Kahlschläge (Verband *Epilobion angustifolii*) sind eher schwach. Im Gegensatz dazu ist die Vegetation im Rauchschadengebiet von Ranshofen nach den Tabellen von NIKLFELD (1967) und TIEFENBACH (1990) als Schlagflur aufzufassen.

Die Waldgrenze wird von der Stieleiche (*Quercus robur*) gebildet, sie ist die dominante Baumart im Rauchschadengebiet. Am kalkhaltigen Konglomerat ist der Rote Hartiegel (*Cornus sanguinea*) ziemlich resistent. In geschützten Nischen am Fuße der Konglomeratbänke kann auch der Schwarze Hollunder (*Sambucus nigra*) überdauern. Ziemlich resistent sind Pfaffenkäppchen (*Euonymus europaea*), Feldahorn (*Acer campestre*) und Liguster (*Ligustrum vulgare*). Die Robinie (*Robinia pseudacacia*) wurde in den Siebzigerjahren auf der Deponie gepflanzt und hält sich seitdem. Salweide (*Salix caprea*) und Zitterpappel (*Populus tremula*), insbesondere aber die Birke (*Betula pendula*), sind Pioniergehölze, die erst in den Neunzigerjahren aufgetaucht sind. Sie gehören nicht zu den, gegenüber Schwefeldioxid resistenten Arten.

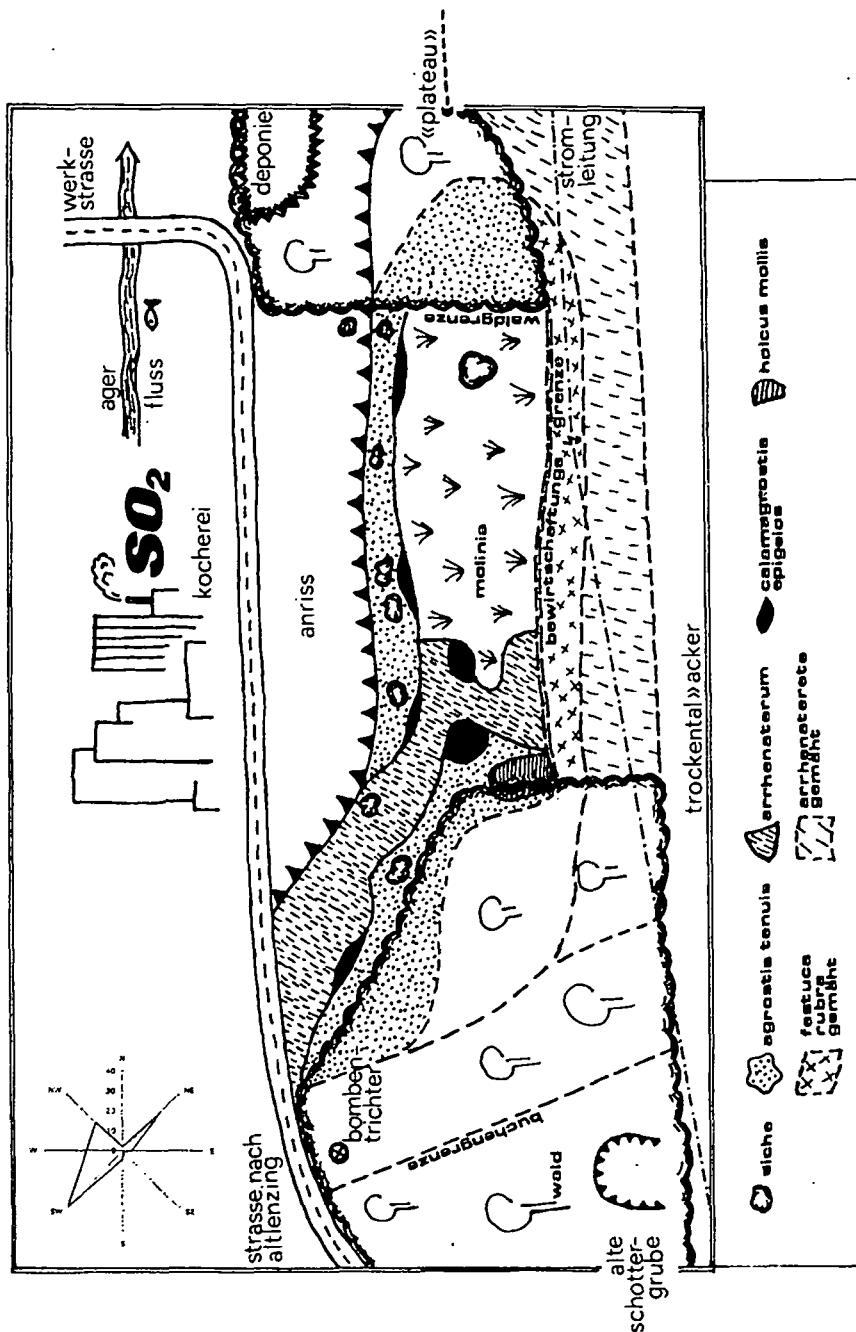


Abb. 20: Schema der Vegetationszonierung im Rauchschadengebiet von Lenzing. Windrose Lenzing.

1 Dominanzgesellschaften des waldfeindlichen Standortes am Plateau

1.1 Pfeifengras-Brache (*Molinia caerulea*-Dominanzgesellschaft)

(Abb. 11, 15, 18, 19, 21, 25 und 27).

Die bultige Gesellschaft nimmt einen großen Teil des ebenen Plataeauzentrums ein. Der Boden ist, zumindest im Bereich des Wurzelfilzes sehr stark sauer, die Bodenverhältnisse wurden im vierten Kapitel geschildert. Es handelt sich um typische *Molinia caerulea*: Deckspelze der untersten Blüte bis zu 4 mm lang, abgerundet; Samen 2,2 mm lang, braun; Ährchen zweiblütig; Rispenäste kahl; Blätter 5-8 mm breit, Höhe der Rispen bis zu 150 cm. Die Begleiter des Pfeifengrases sind auf kahle Flecken zwischen den Bulten beschränkt.

Tab. 9 zeigt links die Aufnahme einer etwa 100 m² großen Fläche im Bestand, daneben stehen zwei Aufnahmen von jeweils etwa 5 m² großen Kahlerdeflecken vom Nordrand des Bestandes.

Tab. 9: Vegetationsaufnahmen: Pfeifengrasbrache und zwei Kahlerdeflecken.

Deckung (%)	80	20	10
<i>Molinia caerulea</i> s.str.	5	+	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+	1	+
<i>Carex leporina</i>	+	.	+
<i>Agrostis capillaris</i>	.	1	+
<i>Festuca rubra</i> s.str.	.	1	+
<i>Quercus robur</i> (juv)	.	+	r
<i>Holcus lanatus</i>	.	+	.
<i>Aster cf. novi-belgii</i>	.	+	.
<i>Weisia rutilans</i>	.	+	.

1.2 Glatthafer-Brache (*Arrhenatherum elatius*-Dominanzgesellschaft)

Unter weniger extremen Standortbedingungen tritt eine ähnlich artenarme, von Glatthafer geprägte Gesellschaft auf. Sie besiedelt einen merkbar erhöhten Bereich des Plateaus zwischen *Molinia*-Brache und *Agrostis capillaris*-Brache (Abb. 21) und den Abfall des Plateaus zur Straße nach Alt-Lenzing (Abb. 4 und 22). Der Waldrand wird gemieden, wohl wegen des erhöhten Säure- und Schadstoffeintrages am Trauf, ebenso der extreme Standort mit dem kohligen Horizont. Die Standorte werden den beiden relativ flach wurzelnden Arten überlassen. Der Glatthafer hingegen ist, wie *Calamagrostis epigeios*, Tiefwurzler. Die pH-Werte, direkt unter der Grasnarbe gemessen, unterscheiden sich zwar nicht wesentlich von den anderen Standorten am Plateau (stark sauer), in größerer Bodentiefe, die der Glatthafer auch durchwurzeln kann, wird die Basenversorgung aber besser sein, zumindest besser als beim *Molinia*-Standort.

Tabelle 10 zeigt drei Vegetationsaufnahmen, Aufnahmefläche je 30 m², Deckung jeweils um 80 %. In der linken Spalte steht eine Aufnahme vom Plateau, in der mittleren Spalte eine vom Plateaurand und in der rechten Spalte eine vom bereits stärker nach Westen geneigten Hang.

Tab. 10: Vegetationsaufnahmen: Glatthafer-Brachen.

<i>Arrhenatherum elatius</i>	5	5	5
<i>Festuca rubra</i> s.str.	+	1	.
<i>Quercus robur</i> (juv.)	.	+	+
<i>Molinia caerulea</i> s.str.	+	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	.	+	.
<i>Betula pendula</i> (juv.)	.	.	+

Mit der Verringerung der Immission erfolgte die Verjüngung der Birke nicht am Plateau, sondern nur am Hang zur Straße nach Alt-Lenzing. In diesem Bereich konnte im November 1996 *Rumex acetosella* aufgefunden werden. Die Art kommt nördlich des Attersees, wie bereits RICEK (1973) für die Flyschzone feststellte, nur adventiv vor. Auf Kahlerdeflecken traten die Moose *Dicranella heteromalla*, *Polytrichum formosum*, *Pohlia nutans* und *Ceratodon purpureus* auf. Innerhalb weniger Jahre hatte sich in der *Arrhenatherum*-Brache nicht nur *Rumex acetosella*, sondern auch die Pflanzengesellschaft des "Dicranellatum heteromallae" (RICEK 1970) angesiedelt.

1.3 Land-Reitgras-Gesellschaft (*Calamagrostis epigeios*-Dominanzgesellschaft)

Die Art besiedelt im Gebiet ausgehagerte Waldschläge, aufgelassene Baumschulen und Gärten, Bahngelände und nährstoffärmere Anschüttungen, durchwegs nicht gemähte und gestörte Standorte. Sie dominiert auch stellenweise im Rauchschadengebiet von Ranshofen (NIKLFELD 1967). Im Lenzinger Rauchschadengebiet kommt es in zwei Bereichen zur Ausbildung kleinräumiger Dominanzgesellschaften: Einerseits eine Fläche um ein 1 m tiefes und 2 m im Durchmesser messendes Loch, das sich zwischen *Molinia*- und *Arrhenatherum*-Brache befindet, also ein, durch Aushubmaterial gestörter Standort (Abb. 21 hinten), an dem eine bessere Basenversorgung angenommen werden kann. Den Grund des Loches, vor der Einwirkung von Schwefeldioxid, nicht zuletzt vom Land-Reitgras geschützt, besiedelten *Ajuga reptans*, *Juncus effusus*, *Luzula pilosa* und *Atrichum undulatum*. Letzteres gilt nach LARCHER (1984) als relativ empfindlich gegen SO₂-Belastung. Zum anderen werden kleinere Bereiche am Westrand des Plateaus besiedelt, wo die Dominanzgesellschaft von *Agrostis capillaris* an die von *Molinia caerulea*, bzw. an die von *Arrhenatherum elatius* grenzt. Das sind Stellen, wo Kahlerdeflecken gehäuft auftreten und in der Folge die Verjüngung der Birke ab 1991 einsetzte (Abb. 13).

Zwei Aufnahmen, Aufnahmefläche je 30 m², Deckung um 90 %, brachten dasselbe Ergebnis:

Tab. 11: Vegetationsaufnahmen der Land-Reitgras-Gesellschaft.

<i>Calamagrostis epigeios</i>	5	5
-------------------------------	---	---

1.4 Rot-Straußgras-Brache (*Agrostis capillaris*-Dominanzgesellschaft)

(Abb. 4, 15, 16, 17, 21 und 23).

Die Gesellschaft besiedelt den Westrand des Plateaus ober dem Anriß zur Straße nach Alt-Lenzing (Abb. 25). Der Standort ist extrem exponiert und der Einwirkung von Schwefeldioxid entsprechend ausgesetzt. Im Gegensatz zum benachbarten *Molinia*-Standort

herrscht Bodenerosion vor, vegetationsfreie Flecken treten gehäuft auf. Hier findet man *Convolvulus arvensis*, Eichenbüsche konnten sich halten, seit 1991 verjüngt sich hier die Birke. Der Boden besteht aus stark saurem, wenig humosen, steinigen Lehm. Außerdem besiedelt die Gesellschaft den Saum zum Eichenbuschwald und den Waldrand selbst, also die Waldgrenze. Besonders starke Schwefeldioxideinwirkung, insbesondere auch durch nasse Depositionen, ist im Trauf der Bäume zu erwarten.

Agrostis capillaris und *Molinia caerulea* besiedeln die extremsten Standorte im Rauchschadengebiet von Lenzing. Beide sind Flachwurzler, *Agrostis* wurzelt nach OBERDORFER (1990) bis in 50 cm Tiefe. Dabei besiedelt *Agrostis capillaris* die stärker geneigten, humusarmen, erosiv geprägten Standorte an der Plateaukante und am Saum an der Waldgrenze. Die Standorte haben Beziehungen zu einer Schlagflur im Kontakt zum *Agrostis capillaris*-Eichenbuschwald. In Lenzing ist *Agrostis capillaris* im Gegensatz zu *Molinia* (mehr oder weniger) schattenverträglich.

Tabelle 12 bringt fünf Vegetationsaufnahmen. Die beiden linken stammen von der Waldgrenze im Süden des Plateaus. Die drei rechten stammen vom Westrand des Plateaus, sie sind so angeordnet, daß zuerst eine Aufnahme vom oberen Teil, angrenzend an den *Molinia*-Bestand, kommt, dann folgt eine von weiter unten und zuletzt die Aufnahme einer offenen Stelle am untersten Rand der *Agrostis capillaris*-Gesellschaft, knapp über dem Anriß der Straße nach Alt-Lenzing.

Tab. 12: Vegetationsaufnahmen: Rot-Straußgras-Brache und Kahlerdefleck.

Aufnahmefläche [m ²]	15	30	15	30	5
Deckung [%]	80	90	80	80	5
<i>Agrostis capillaris</i>	5	5	5	5	.
<i>Festuca rubra</i> s.str.	1
<i>Arrhenatherum elatius</i>	.	+	.	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	.	+	.	.	.
<i>Carex leporina</i>	.	+	.	.	.
<i>Molinia caerulea</i> s.str.	.	+	+	r	.
<i>Quercus robur</i> (juv.)	.	.	+	.	.
<i>Betula pendula</i> (juv.)	.	.	+	+	.
<i>Convolvulus arvensis</i>	.	.	.	+	+
<i>Campanula rotundifolia</i>	.	.	.	r	.
<i>Salix caprea</i> (juv.)	.	.	.	r	.
<i>Weisia rutilans</i>	+

Nach der Verringerung der Immission konnten sich an einer erhöhten Stelle im *Agrostis*-Bestand am Waldrand *Luzula pilosa*, *Veronica officinalis*, *Polytrichum formosum*, sowie Jungpflanzen von Fichte und Birke und ein einzelnes Pflänzchen von *Calluna vulgaris* ansiedeln. Die beiden Baumarten tauchten 1945 auch im Rauchschadengebiet von Ranshofen, als das Werk kriegsbedingt seinen Betrieb einstellen mußte, auf und konnten sich im Schutze der krautigen Vegetation halten (HALBWACHS/KISSE 1967). *Calluna* ist

nördlich vom Attersee sehr selten, Vorkommen liegen unter einer Starkstromleitung am oberen Ende der, dem Westwind stark ausgesetzten Leiten nordöstlich von Mairhof nahe Pichlwang und mehrere südöstlich von Oberregau (altpleistozäner Kies).

1.5 Gesellschaft des Weichen Honiggrases (*Holcus mollis*-Dominanzgesellschaft)

Im Bereich eines alten Fahrweges, direkt im Trauf des Eichenbuschwaldes, befindet sich eine, von *Holcus mollis* dominierte Fläche (Abb. 24). Sie fällt auf, wegen des dichten Grasfilzes, der bis in den Winter grün bleibt. Sie grenzt an die *Agrostis capillaris*-Gesellschaft. Der Standort scheint besser wasserversorgt (nordexponierter, stärker beschatteter Waldrand). Die Vegetationsaufnahme, 30 m², Deckung 98 %, erbrachte folgendes Ergebnis:

Tab. 13: Vegetationsaufnahme: Gesellschaft von Weichem Honiggras.

<i>Holcus mollis</i>	5
----------------------	---

Eine *Holcus mollis*-Zone schiebt sich auch vor den Waldrand an der Leiten nordöstlich vom Plateau (Abb. 27). *Holcus* reicht dort ein Stück in den Eichenbestand, der mit wenig Hainbuche und Buche den Saum des Buchenwaldes bildet. Begleiter sind: *Poa nemoralis*, *Aegopodium podagraria*, *Melica nutans* und randlich auch *Anemone nemorosa*. Das Weiche Honiggras ist im Altmoränengebiet nördlich des Attersees verbreitet, es besiedelt frische Säume an Waldrändern und geht auch in den Acker. *Holcus mollis* bildet auch im Rauchschadengebiet von Ranshofen Dominanzgesellschaften, wo es nach NIKLFELD (1967) insbesondere mit *Avenella flexuosa*, die in Lenzing fehlt, konkurrieren muß.

2 Gemähte Rotschwingel-Wiese

Unter vergleichbaren Standortbedingungen, unter denen die *Molinia*-Brache gedeiht, kommt am Ostrand des Plateaus bei Mahd *Festuca rubra* zur Dominanz (Abb. 17 und 25). Er bildet eine geschlossene, kurzrasige Wiese. Der nahezu schwarze Lehm unter der Grasnarbe ist stark sauer. Die Begleitarten des Rotschwingels sind in Tab. 14 aufgelistet. Anzumerken ist, daß *Anthoxanthum odoratum* und die Leguminosen die, am stärksten von Schwefeldioxid beeinflußten Bereiche meiden.

3 Gemähte Glatthafer-Wiese

Den Ostabfall des Plateaus besiedelt eine Glatthaferwiese (Abb. 15). Die Bodenverhältnisse sind günstiger als bei der Rotschwingelwiese, die Bodenreaktion liegt im sauren, die Immissionsbelastung ist im Lee des Plateaus geringer. Ihr Südteil liegt seit 1991 brach und wurde mit Fichten aufgeforstet. Sie zeigen keine Immissionschäden, sind aber erheblich verbissen.

Die Aufnahmen von Tab. 14 sollen den Übergang von der stark sauren Rotschwingelwiese an der Plateaukante (linke Spalte) zur besser basenversorgten Glatthaferwiese am Plateauabfall (rechte Spalte) verdeutlichen. Die Listen sind nicht vollständig, da die Aufnahmen im September erfolgten.

Tab. 14: Vegetationsaufnahmen: Rotschwingelwiese und Glatthaferwiese.

Hangneigung	10°	30°	10°	20°
Fläche [m ²)	20	30	40	40
Deckung Krautschicht [%]	98	98	98	95
Deckung Moosschicht [%]	-	-	-	25
<i>Festuca rubra</i> s.str.	5	3	1	1
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+	2	1	2
<i>Molinia caerulea</i> s.str.	+	r	2	+
<i>Dactylis glomerata</i>	+	1	1	+
<i>Achillea millefolium</i>	+	1	1	+
<i>Plantago lanceolata</i>	+	+	+	1
<i>Galium album</i>	+	+	+	+
<i>Ajuga reptans</i>	+	2	.	+
<i>Holcus lanatus</i>	+	+	1	.
<i>Daucus carota</i>	+	+	.	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+	+	.	+
<i>Rumex acetosa</i>	.	+	+	+
<i>Solidago virgaurea</i>	.	+	+	r
<i>Heracleum sphondylium</i>	+	.	.	r
<i>Cerastium holosteoides</i>	.	+	.	+
<i>Pimpinella major</i>	.	+	.	+
<i>Knautia arvensis</i>	.	+	.	+
<i>Betonica officinalis</i>	.	+	.	r
<i>Betula pendula</i> (juv.)	.	+	+	.
<i>Alchemilla monticola</i>	.	.	+	r
<i>Luzula campestris</i> s.str.	+	.	.	.
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	+	.	.	.
<i>Trifolium repens</i>	+	.	.	.
<i>Prunella vulgaris</i>	+	.	.	.
<i>Plantago media</i>	+	.	.	.
<i>Hypochoeris radicata</i>	+	.	.	.
<i>Veronica chamaedrys</i>	.	+	.	.
<i>Carpinus betulus</i> (juv.)	.	+	.	.
<i>Dryopteris filix-mas</i>	.	r	.	.
<i>Quercus robur</i> (juv.)	.	.	+	.
<i>Leontodon hispidus</i> subsp. <i>glabratus</i>	.	.	.	3
<i>Centaurea jacea</i>	.	.	.	+
<i>Linum catharticum</i>	.	.	.	+
<i>Trifolium pratense</i>	.	.	.	+
<i>Campanula patula</i>	.	.	.	+
<i>Briza media</i>	.	.	.	+
<i>Scabiosa columbaria</i>	.	.	.	+
<i>Salvia pratensis</i>	.	.	.	r
<i>Ranunculus acris</i>	.	.	.	r
<i>Sanguisorba officinalis</i>	.	.	.	r

4 Waldgesellschaften am Plateau

4.1 Rotstraußgras-Eichen(busch)wald

(Abb. 4, 16, 23, 24 und 27)

Etwa 3 m hohe Eichenbüsche finden sich schon in der *Agrostis capillaris*-Brache am Westrand des Plateaus.

Nördlich der *Molinia*-Brache befindet sich ein lichter, grasiger Eichenbestand. Die Bäume haben die hohen Immissionen der Sechzigerjahre überlebt, sie sind 14 m hoch, bei Stammumfängen von 105 bis 184 cm. (Aufnahme Tab. 15 links): An Pilzen fanden sich 1993 Täublinge (*Russula* sp.) und Kremplinge (*Paxillus* sp.).

In typischer Ausbildung bildet ein Eichenbuschwald, bis 10 m hoch (Stammumfänge 58 bis 103 cm), die Waldgrenze im Süden des Plateaus und an dessen Abfall zur Straße nach Alt-Lenzing (Aufnahme Tab. 15 rechts).

Tab. 15: Vegetationsaufnahme: Rotstraußgras-Eichenwald.

Aufnahmefläche		60 m ²	100 m ²
Deckung Baumschicht		50 %	50 %
Deckung Krautschicht		60 %	70 %
B.: <i>Quercus robur</i>		4	4
Kr.: <i>Agrostis capillaris</i>		4	4
	<i>Molinia caerulea</i> s.str.	1	

4.2 Buchenfreier Eichenwald

Am Plateau folgt mit abnehmender Immissionsbelastung dem *Agrostis capillaris*-Eichenbuschwald eine noch buchenfreie Zone. Der Wald ist hier bereits höher (13 m) und dichter (Abb. 26). Zur Eiche gesellen sich Feldahorn (*Acer campestre*) und Traubenkirsche (*Prunus padus*), bei geringerer Immissionsbelastung auch Hainbuche (*Carpinus betulus*) und Esche (*Fraxinus excelsior*). Die Strauchschicht ist relativ gut entwickelt und deckt zu 20 %. Sie wird von *Sambucus nigra*, *Prunus padus*, *Cornus sanguinea*, *Acer campestre* und wenig *Sambucus racemosa* aufgebaut. Die mäßig deckende Krautschicht besteht aus *Calamagrostis epigeios*, *Festuca rubra*, *Brachypodium sylvaticum*, *Melica nutans*, *Ajuga reptans*, *Melampyrum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Solidago virgaurea*, *Eupatorium cannabinum*, *Oxalis acetosella*, *Luzula pilosa*, *Luzula luzuloides* und *Pimpinella major*.

Am Saum zu einem ungenützten Fahrweg gedeihen *Eupatorium cannabinum*, *Urtica dioica*, *Rumex obtusifolius*, *Ajuga reptans*, *Moehringia trinervia*, *Lamium maculatum*, *Ranunculus repens*, *Achillea millefolium* und *Stellaria media*.

Mit abnehmender Immissionsbelastung kommt *Lamiastrum montanum* zur Dominanz, *Oxalis acetosella* nimmt zu, *Pulmonaria officinalis*, *Rubus hirtus* agg., *Anemone nemorosa*, *Viola reichenbachiana*, *Fragaria vesca*, *Dryopteris dilatata* und *Vaccinium myrtillus* treten auf. Bei weiterer Immissionsverringerung tritt *Hedera helix* auf.

Im Nordostteil des Waldes am Plateauabfall ist die Basenversorgung bei vergleichbarer Immissionsbelastung besser. Zu den oben genannten Arten (*Hedera* fehlt) gesellen sich *Cyclamen purpurascens*, *Aegopodium podagraria*, *Sympyrum tuberosum*, *Carex brizoides* und die Sträucher *Frangula alnus* und *Ligustrum vulgare*.

4.3 Eichen-Hainbuchen-Eschen-Buchenwald

Nach außen hin, also weiter nach Süden, wird der Wald höher (18 m, im Bereich der alten Schotterentnahmestelle, wo die Bäume in den Sechzigerjahren nicht ab-gestorben sind, auch mehr), dichter und dunkler (Abb. 28). Deshalb ist die Strauchschicht mit *Sambucus nigra* und *Prunus padus* nur schwach entwickelt. Die Krautschicht deckt zu 80 %. Sie wird von *Hedera helix*, der nicht klettert und *Lamiastrum montanum* dominiert. Untergeordnete Begleiter sind *Brachypodium sylvaticum*, *Anemone nemorosa*, *Sympyrum tuberosum*, *Polygonatum multiflorum*, *Poa nemoralis*, *Aegopodium podagraria*, *Pulmonaria officinalis* und *Sanicula europaea*. Der Charakter des Bestandes ist noch niederwaldartig. Wir nähern uns aber bereits der Klimaxgesellschaft, die im Gebiet im Sinne der Gliederung von MÜLLER (1992), je nach Kalkgehalt des Untergrundes, zum Galio odorati-(Abieti)-Fagetum oder Cardamino trifoliae-Fagetum zu zählen ist.

An der Lehmböschung zur Straße nach Alt-Lenzing tauchen im Bereich des Eichen-Hainbuchen-Eschen-Buchenwaldes auch die ersten Moose auf: *Dicranella heteromalla*, *Atrichum undulatum*, *Pohlia nutans* und *Isopterygium elegans*.

5 Waldgesellschaften am Plateauabfall

5.1 Fiederzwenken-Eichenwald

Die Kante am Nordwestrand des Plateaus besiedelt ein niederer, lichter Eichenwald, dessen Krautschicht ganz von der Fiederzwenke (*Brachypodium pinnatum*) dominiert wird. Er steht räumlich und standörtlich zwischen dem *Agrostis capillaris*-Eichenwald und dem *Calamagrostis varia*-Eichenwald. Der Lehm unter der dichten Grasnarbe ist zwar stark sauer, er dürfte aber am Oberhang nur oberflächennahe entkalkt sein. Die Strauchschicht, bestehend aus *Sambucus nigra* und *Ligustrum vulgare*, ist schwach entwickelt. In der, zu 98 % deckenden Krautschicht können *Solidago virgaurea*, am steilen Unterrand auch *Peucedanum oreoselinum* bestehen. Kahlerdeflecken an der Böschung eines alten Fahrweges besiedelt *Pohlia nutans*.

Die Krautschicht unter dem Eichenschirm ist als Saumgesellschaft aufzufassen. Ähnlichen Charakter haben Brachestadien von Halbtrockenrasen (vgl. PILS 1994). Eine solche Brache befindet, bzw. befand sich im oberen Agertal am schottrigen, steilen Abfall der Niederterrasse am linksseitigen Talrand südlich der Attersee-Kläranlage. Als Begleiter traten u.a. *Betonica officinalis*, *Peucedanum oreoselinum*, *Teucrium chamaedrys*, *Primula veris*, *Carex montana* und *Carex umbrosa* auf. Die Bodenreaktion ist dort neutral: pH(H₂O)=7,6; pH(KCl)=7,0. Infolge fehlender Bewirtschaftung hat sich diese, ehemals artenreiche Leiten aber schon in einen Eschenbestand (mit eindringendem *Cyclamen purpurascens*) verwandelt. An Stellen mit dickerer Lehmschicht eines benachbarten Hohlweges mit pH(H₂O)=6,5, pH(KCl)=5,6 (schwach sauer), wird *Brachypodium pinnatum* von *Betonica officinalis*, *Sanguisorba officinalis* und *Molinia caerulea* begleitet. Im weiter westlich gelegenen Hohlweg am Abfall der Hochterrasse in Haidach wird *Brachypodium pinnatum* von "Säurezeigern", wie *Agrostis capillaris*, *Hieracium sabaudum*, *Luzula luzuloides* und *Solidago virgaurea* begleitet.

5.2 Buntreitgras-Eichenwald

Am steilen Anriß ober der Straße nach Alt-Lenzing bildet ein 4-6 m hoher Buschwald aus *Quercus robur*, *Acer campestre* und *Euonymus europaea* die Waldgrenze. Die gut entwickelte Strauchschicht besteht aus *Cornus sanguinea* und *Ligustrum vulgare*.

Im angrenzenden, etwa 10 m hohen Wald kommt *Carpinus betulus* hinzu. Die Leiten ist etwa 50° nach Westen geneigt, der Boden ist schottrig, stellenweise steht Konglomerat an. Der Humus ist auffällig dunkel gefärbt. Die gut entwickelte Strauchschicht bilden *Sambucus nigra*, *Ligustrum vulgare*, *Euonymus europaea*, *Fraxinus excelsior*, *Acer campestre*, *Carpinus betulus* und *Cornus sanguinea*. Die stark deckende Krautschicht wird von *Calamagrostis varia* dominiert. Begleiter sind *Lamiastrum montanum*, *Eupatorium cannabinum*, *Solidago virgaurea*, *Urtica dioica*, *Euphorbia cyparissias* und *Poa nemoralis*. An Steinen findet sich vereinzelt *Atrichum undulatum*.

Wie beim Fiederzwenken-Eichenwald handelt es sich hier um eine Waldverlichtungsgesellschaft, MUCINA (1993) erwähnt eine *Calamagrostis varia*-(Epilobetea)-Gesellschaft.

6 Vegetation am waldfeindlichen Standort am Anriß der Straße nach Alt-Lenzing

Der Standort korrespondiert mit dem *Calamagrostis varia*-Eichenwald, unter der extremen Schwefeldioxideinwirkung konnte sich aber nur ein schütterer Rasen bilden (Abb. 16). Er wird von *Arrhenatherum elatius*, *Daucus carota* und *Dactylis glomerata* gebildet, relativ selten sind *Festuca rubra*, *Achillea millefolium*, *Galium album* und *Salvia pratensis*. Der stark steinige Lehm unter der Grasnarbe ist alkalisch. An anstehendem Konglomerat kommt *Plantago media* vor, ganz selten finden sich in dürftigen Rasen die Moose *Tortula muralis* und *Ceratodon purpureus*. Die Rutschflächen werden von *Tussilago farfara* und *Artemisia vulgaris* besiedelt.

Auffällig ist das Fehlen von *Equisetum arvense*, *Carex flacca*, *Plantago lanceolata*, *Leontodon hispidus* und auch von *Hieracium murorum*.

Am Fuße der Konglomeratbänke und im unteren Teil der Schuttfächer treten Nährstoffzeiger auf: *Eupatorium cannabinum*, *Cirsium vulgare*, *Ajuga reptans*, *Holcus lanatus*, *Dactylis glomerata*, *Lysimachia nummularia*, *Taraxacum officinale*, *Festuca rubra*, *Artemisia vulgaris*, *Galium album*, *Achillea millefolium*, *Ranunculus repens*, *Lamium maculatum*, *Aster cf. novi-belgii* und *Solidago cf. canadensis*. *Urtica dioica* findet sich nur in Einzelexemplaren. Dazu kommt *Sambucus nigra* in geschützten Nischen des anstehenden Konglomerates. Direkt an der Straße, der Untergrund ist hier wasserzügig, treten Herden von *Phragmites australis* und *Fallopia japonica* auf.

7 Robinienbestand über Deponieboden

Die schottrig-schlackige, mit dunklem, humosen Material abgedeckte Deponie wurde mit *Robinia pseudoacacia* bepflanzt. Sie bildet einen lichten, etwa 15 m hohen Bestand. In der Strauchschicht ist *Sambucus nigra* und wenig *Euonymus europaea* vertreten. Die Krautschicht wird von *Urtica dioica* geprägt, dazu kommen *Galium aparine* und *Lamium maculatum*. Moose fehlen, *Brachythecium rutabulum* tritt erst weiter nördlich auf, wo die Immissionsbelastung geringer ist.



Abb. 21: *Molinia caerulea*-Brache am Plateau, Blickrichtung Süd. Vor dem *Agrostis capillaris*-Eichenbuschwald im Hintergrund ist an der fahleren Färbung *Arrhenatherum elatius* bzw. *Calamagrostis epigeios* zu erkennen. Rechts im Bild der Westrand des Plateaus mit der *Agrostis capillaris*-Gesellschaft und Eichenbüschchen, inzwischen mit Birken verbuscht. Oktober 1994.



Abb. 22: Südwestliche Waldgrenze des Rauchschadengebietes (vgl. mit Abb. 4), Blick nach Süden. *Arrhenatherum elatius*-Brache am Westabfall des Plateaus. Am rechten Bildrand die Papierfabrik. Die Leinen oberhalb von ihr besiedelt ein Buchenwald, der zum *Cardamine trifoliae*-Fagetum zu stellen ist (mit *Cyclamen purpurascens*). Dieser korrespondiert mit dem entsprechenden Eichenwaldtypen und der Glathaferbrache am Abfall der Hochterrasse zum Agertal. Oktober 1993.



Abb. 23: Westrand des Plateaus mit der *Agrostis capillaris*-Brache. Am Rand zum Anriß der Straße der verkohlte Holzzaun. Blick auf die Kocherei, rechts ein Stapelturm, etwa in der Mitte ein Blastank, links dahinter einer der Kocher. Oktober 1994.



Abb. 24: *Holcus mollis*-Gesellschaft an der südlichen Waldgrenze am Plateau. Oktober 1993.



Abb. 25: Ostrand des Plateaus, Blickrichtung Nordwest. Die scharfe Grenze der Pflanzengesellschaften ist durch die Bewirtschaftung bedingt, links *Molinia caerulea*-Brache, rechts gemähte *Festuca rubra*-Wiese. Dahinter ist der *Agrostis capillaris*-Eichenwald zu sehen, der hier nicht als Buschwald ausgebildet ist, da es sich um den Rest des Gehölzbestandes aus den Sechzigerjahren handelt. Am rechten Bildrand ist der Buchenwald der rechtseitigen Leiten zur Ager zu sehen. Oktober 1993.



Abb. 26: Südteil des Plateaus, Blick zum Werk Richtung Nordwest. Buchenfreier Eichenwald mit *Carpinus betulus* und *Sambucus nigra*. November 1996.



Abb. 27: Blick vom Plateau in Richtung Ostnordost, im Vordergrund die *Molinia*-Brache. Am linken Rand des Buchenwaldes hinter dem Trockental, ober dem erkennbaren Niveau der Niederterrasse, ein *Holcus mollis*-Eichensaum. Am rechten Bildrand ist hinter dem Buchenwald das Haus "Lubinger" zu erkennen. Dort befindet sich die Luftmeßstation. November 1996.



Abb. 28: Eichen-Hainbuchen-Eschen-Buchenwald im Süden des Plateaus. Die Krautschicht wird von *Hedera helix* geprägt. Mit Verringerung des Schwefeldioxidausstoßes seit 1991 beginnt er an den Baumstämmen emporzuwachsen. November 1996.

SO₂-resistente Arten und Familien

Tab. 16 bringt eine Liste von Arten, die gegenüber der Einwirkung von Schwefeldioxid im Rauchschadengebiet von Lenzing, entweder auf sauren oder kalkreichen Böden, relativ resistent sind:

Tab. 16: Im Rauchschadengebiet von Lenzing, gegenüber SO₂ weitgehend resistente Arten und deren Familienzugehörigkeit. Der Zusatz HF bedeutet, daß die entsprechende Art auch im Rauchschadengebiet von Ranshofen auftritt, dort waren fluorwasserstoffhaltige Emissionen bestimmd.

<i>Achillea millefolium</i>	Asteraceae, Asteroideae	HF
<i>Agrostis capillaris</i>	Poaceae	
<i>Arrhenaterum elatius</i>	Poaceae	HF
<i>Artemisia vulgaris</i>	Asteraceae, Asteroideae	HF
<i>Aster cf. novi-belgii</i>	Asteraceae, Asteroideae	
<i>Calamagrostis epigeios</i>	Poaceae	HF
<i>Campanula rotundifolia</i>	Campanulaceae	HF
<i>Carex leporina</i>	Cyperaceae	HF
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	
<i>Cornus sanguinea</i>	Cornaceae	
<i>Dactylis glomerata</i>	Poaceae	
<i>Daucus carota</i>	Apiaceae	
<i>Euonymus europaea</i>	Celastraceae	
<i>Festuca rubra</i> s.str.	Poaceae	
<i>Galium album</i>	Rubiaceae	
<i>Holcus lanatus</i>	Poaceae	
<i>Holcus mollis</i>	Poaceae	HF
<i>Molinia caerulea</i> s.str.	Poaceae	HF
<i>Plantago media</i>	Plantaginaceae	
<i>Quercus robur</i>	Fagaceae	
<i>Salvia pratensis</i>	Lamiaceae	
<i>Sambucus nigra</i>	Caprifoliaceae	
<i>Tussilago farfara</i>	Asteraceae, Asteroideae	HF

Von den 19 krautigen Arten tritt nach der Tabelle von NIKLFELD (1967), knapp die Hälfte auch im Rauchschadengebiet von Ranshofen auf, sie sind auch relativ resistent gegenüber der Einwirkung von Fluorwasserstoff. *Dactylis glomerata* und *Holcus lanatus* ertragen SO₂ relativ gut, HF-dagegen schlecht.

Die Auswertung nach der Lebensform (ELLENBERG 1992) zeigt, daß es sich, abgesehen von den Gehölzen, durchwegs um Hemicryptophyten handelt. $\frac{3}{4}$ der krautigen Arten sind sommergrün, $\frac{1}{4}$ überwinternd-grün.

Mit gut 40 % der krautigen Arten dominiert die Familie der Süßgräser. Sie prägt die Physiognomie des Rauchschadengebietes und gibt ihr (teilweise) einen steppenartigen

Charakter. Es folgt mit gut 20 % die Familie der Korbblütler. Sie gehören allesamt zur Unterfamilie der Röhrenblütigen. Berücksichtigt man auch die Arten, die bis an den Rand der gehölzfeindlichen Zone vordringen, sowie die Arten am Rand der Straße nach Alt-Lenzing, so ergibt sich folgender prozentueller Anteil der Familienzugehörigkeiten:

Tab. 17: Familienzugehörigkeit der Flora im Rauchschadengebiet (ohne Gehölze). Familien, die besonders weit in die gehölzfeindliche Zone vordringen, sind fett hervorgehoben (56 Arten, 2 % = eine Art).

Poaceae	25 %
Asteraceae	18 %
Lamiaceae	9 %
Apiaceae	7 %
Juncaceae	7 %
Rubiaceae	4 %
Plantaginaceae	4 %
Polygonaceae	4 %
Caryophyllaceae	4 %
Scrophulariaceae	4 %
Cyperaceae	2 %
Convolvulaceae	2 %
Campanulaceae	2 %
Primulaceae	2 %
Ranunculaceae	2 %
Urticaceae	2 %
Euphorbiaceae	2 %
Oxalidaceae	2 %
Fabaceae	2 %

Danksagung

Die Pilze wurden von H. Forstinger und R. Schüssler von der Mykologischen Arbeitsgemeinschaft im Biologiezentrum Linz/Dornach bestimmt. K. Aichberger (Bundesanstalt für Agrarbiologie/Linz) übernahm die Untersuchung der Probe vom kohligen Bodenhorizont. E. Leithner (Schörfling) stellte mir die alten Gutachten und seine Diaaufnahmen aus den Sechzigerjahren zur Verfügung. Mit ihm und dem schon verstorbenen Matthias Thalhammer (Schörfling), konnte ich die Verhältnisse am "Bankerl" vor meiner Zeit besprechen. F. Auracher (Lenzing) stellte mir die alte Luftbildaufnahme der Papierfabrik zur Verfügung. M. Machatschek (Wien) half mir bei der Literatursuche. J. Kroiß und W. Brenner von der Umweltabteilung der Lenzing AG berieten mich in technologischen Fragen und stellten mir Meßwerte zur Verfügung. Schließlich übernahm A. Kump (Linz) die mühevolle Arbeit der Korrektur des Manuskriptes. R. Pieringer (Lenzing) übersetzte die Zusammenfassung ins Englische.

Zusammenfassung

Die Vegetationsverhältnisse des Rauchschadengebietes von Lenzing in Oberösterreich wurden untersucht und beschrieben.

Eine Papierfabrik entstand 1899. Rauchschäden, wie das Absterben der Nadelbäume, die Entlaubung der Laubbäume und die Verkohlung der Streu- und Moosschicht wurden bald darauf von den Waldbesitzern gemeldet. Ab 1939 entstand eine Zellwollefabrik. Die Produktionssteigerung, insbesondere aber die Einführung der Laugenverbrennung, führten in den Fünfziger- und Sechzigerjahren zu einer weitgehenden Vernichtung des Waldbestandes. Ab den Siebzigerjahren stabilisierten sich die Verhältnisse, man kann davon sprechen, daß sich "Industrioklimax-Gesellschaften" gebildet haben.

Das Rauchschadengebiet befindet sich auf einem Sporn der Hochterrasse in 490 m Seehöhe, 30 m über dem Niveau der Ager. Es liegt unmittelbar östlich der "Kocherei", wo Holz mit Bisulfit aufgeschlossen wird. Große Mengen an Schwefeldioxid, herangetragen durch die häufigen Südwestwinde, ließen die waldfreie Vegetationszone entstehen. Die durchschnittliche Konzentration lag bei 0,09 mg SO₂/m³, kurzzeitige Spitzen erreichten deutlich über 3 mg/m³. Die Waldgrenze bildet unter diesen Umständen *Quercus robur*.

Es entstanden artenarme, von Gräsern dominierte Gesellschaften: Die extremsten Stellen im Zentrum besiedelt eine stark saure *Molinia caerulea*-Brache. Unter der Rohhumusauflage folgt ein kohlinger Horizont, der Merkmale von Aktivkohle hat. An etwas weniger extremen Stellen dominiert *Arrhenatherum elatius*, an gestörten Stellen *Calamagrostis epigeios*, an einem alten Fahrweg im Trauf der ersten Eichen *Holcus mollis*. Ansonsten besiedelt den Rand der baumfreien Zone eine Dominanzgesellschaft von *Agrostis capillaris*, gemähte Bereiche eine von *Festuca rubra*.

Beidseitig der gehölzfeindlichen Zone folgt ein lichter *Agrostis capillaris*-Eichenwald. Mit abnehmender Immissionsbelastung treten *Acer campestre* und *Prunus padus* auf, in der Krautschicht *Lamiastrum montanum*. Bei geringerer Immissionsbelastung folgt ein niederwaldartiger Bestand aus *Carpinus*, *Fraxinus* und *Fagus*, in dessen Krautschicht *Hedera helix* hervortritt.

Auf basenreichem Rohboden im Anriß der Straße entstand ein äußerst schütterer Rasen mit *Arrhenatherum elatius*, *Daucus carota*, *Artemisia vulgaris* und *Tussilago farfara*. Die Waldgrenze bildet *Quercus robur*, begleitet von *Cornus sanguinea*, *Ligustrum vulgare*, *Acer campestre* und *Carpinus betulus*. In der Krautschicht dominiert *Calamagrostis varia*, im Übergang zum *Agrostis capillaris*-Eichenwald, *Brachypodium pinnatum*.

Die Untersuchungen erfolgten im Jahre 1993 und zeigen bereits die Auswirkungen der emissionsverringernden Maßnahmen. Auf den Kahlerdeflecken stellte sich ab 1991, dem Jahr, wo die Emission erstmals unter 3 t SO₂/Tag blieb, *Betula pendula* ein. Ob erst damals der, im engeren Rauchschadengebiet häufige Mykorrhizapilz *Laccaria proxima* auftauchte, muß offen bleiben. Später konnte sich im *Molinia*-Bestand sogar *Picea abies* ansiedeln. Im Rasen der instabilen Böschung ober der Straße etablierten sich ubiquitäre Moose.

Literatur- und Quellenverzeichnis

- ADLER W., OSWALD K. & R. FISCHER (1994): Exkursionsflora von Österreich. Ulmer.
- AICHTBERGER K. (1997): Briefliche Mitteilung, Februar (Bundesanstalt für Agrarbiologie, Linz).
- AMT DER OBERÖSTERR. LANDESREGIERUNG (1984): Automatisches Luftgüteüberwachungsnetz Oberösterreich, dritter Meßbericht. Linz.
- AMT DER OBERÖSTERR. LANDESREGIERUNG (1986): Automatisches Luftgüteüberwachungsnetz Oberösterreich, Meßbericht 4. Linz.

- AMT DER OBERÖSTERR. LANDESREGIERUNG (1993): Oberösterreichischer Bodenkataster, Bodenzustandsinventur. Linz.
- AMT DER OBERÖSTERR. LANDESREGIERUNG (1997): Briefliche Mitteilung der Abteilung Umweltschutz, Unterabteilung Luftreinhaltung und Energietechnik, an die "Vöcklabrucker Rundschau", Jänner 1977.
- ANONYMUS (um 1950): Forstliches Gutachten für die Parzelle 21 Oberachmann (später Lenzing 223).
- ANSICHTSKARTE Alpina Druck Innsbruck, FÖ 61 787.
- AURACHER F.: Luftbildaufnahme aus seinem persönlichen Archiv: Luftbild Austroflug, Vertrieb=Österr.Lichtbildstelle Wien I, 6104.
- BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGWESEN: ÖK 1:50 000, Blatt 65 und 66. ELLENBERG H. (1992): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Auflage. Göttingen.
- ELSTNER E.F. (1984): Schadstoffe, die über die Luft zugeführt werden. — In: HOCK B. & E.F. ELSTNER (1984): Pflanzentoxikologie. Der Einfluß von Schadstoffen und Schadwirkungen auf Pflanzen. Bibliographisches Institut Mannheim, Wien, Zürich.
- FEIGE G.B. (1982): Niedere Pflanzen – speziell Flechten – als Bioindikatoren. In: BICK H., NEUMANN D. (1982): Bioindikatoren, Ergebnisse des Symposions: Tiere als Indikatoren für Umweltbelastungen. Decheniana-Beihefte 26. BonnFINK J. (1969): Nomenklatur und Systematik der Bodentypen Österreichs. Mitteilungen der Österreichischen bodenkundlichen Gesellschaft, Heft 13. Wien.
- FORSTVEREIN FÜR OBERÖSTERREICH UND SALZBURG (1983): Schutz des Waldes – Verpflichtung für alle. Österr. Forsttagung 1983, Bericht zu den Lehrwanderungen.
- FRAHM J.P. W. & FREY (1983): Moosflora. UTB Ulmer.
- GUDERIAN R. & K. REIDL (1982): Höhere Pflanzen als Indikatoren für Immissionsbelastungen im terrestrischen Bereich. — In: BICK H., NEUMANN D. (1982): Bioindikatoren, Ergebnisse des Symposions: Tiere als Indikatoren für Umweltbelastungen. Decheniana-Beihefte 26. Bonn.
- HALBWACHS G. & J. KISSER (1967): Durch Rauchimmissionen bedingter Zwergwuchs bei Fichte und Birke. Centralblatt f. d. gesamte Forstwesen, 84. Jahrgang.
- HAWKSWORTH D.L. & F. ROSE (1970): Qualitative scale for estimating sulphur-dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature Vol. 227, Juli 11. Zitiert aus: HOISLBAUER G. (1979).
- HOISLBAUER G. (1979): Rindenflechten im Oberösterreichischen Zentralraum und ihre Abhängigkeit von Umwelteinflüssen. Staphia Nr. 5, Linz.
- HUBER A. & W. HUBER (1984): Pflanzen als Schadstoffindikatoren, Verhütung von Schäden. — In: HOCK B. & E.F. ELSTNER (1984): Pflanzentoxikologie. Der Einfluß von Schadstoffen und Schadwirkungen auf Pflanzen. Bibliographisches Institut Mannheim, Wien, Zürich.
- KARRER G. (1985): Waldgrenzstandorte an der Thermenlinie (Niederösterreich). Staphia 14.
- KIRSCHBAUM U., KLEE R. & L. STREUBING (1974): Luftqualitätsmessungen infolge von Immissionswirkungen auf Flechten. Flechten als Bioindikatoren. Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchung in der Region Untermain und Arbeitsbericht.
- KNAPP H.D. (1979): Geobotanische Studien an Waldgrenzstandorten des hercynischen Florengebietes, Teile 1-3. Flora 168 + 169.
- KRÖGER F. (1928): Forstliches Gutachten über Rauchschäden an Waldungen am Agerfluß. Kammer am Attersee.
- KUTSCHERA-MITTER L. (1982): Landsorten in den Ostalpen aus ökologischer Sicht. — In: Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Forschung, 9. Seminar: Abstammung der Kulturpflanzen und die Erhaltung des natürlichen Formenreichtums. Landw.-chemische Bundesversuchsanstalt Linz.
- LARCHER W. (1984): Ökologie der Pflanzen. UTB Ulmer.

- LEITHNER E. (1963 bis 68): Diaaufnahmen aus dem Rauchschadengebiet von Lenzing.
- LENZING AG (1999): Auskünfte der Umweltabteilung.
- MUCINA L (1993): *Epilobetea angustifolii*. — In: MUCINA L, GRABHERR G., ELLMAUER T. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I: Anthropogene Vegetation. Gustav Fischer.
- MÜLLER T. (1992): *Verband Fagion sylvaticae*. — In: OBERDORFER E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsche. Gustav Fischer.
- MÜLLER T. (1993): Klasse: *Trifolio-Geranietea sanguiei*. — In: OBERDORFER E. (1993): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II: Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgras-Gesellschaften, alpine Magerrasen, Saum-Gesellschaften, Schlag- und Hochstauden-Fluren. Gustav Fischer.
- NIKLFELD H. (1967): Pflanzensoziologische Beobachtungen im Rauchschadengebiet eines Aluminiumwerkes. Centralblatt f.d.ges. Forstwesen. 84. Jahrgang.
- OBERDORFER E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 6. Auflage. Ulmer.
- OBERFORSTER M. (1986): Beitrag zur Kenntnis der Böden und Vegetation von Futterwiesen, Weiden und Feuchtbeständen im Oberösterreichischen Voralpengebiet. Diplomarbeit, Univ.f. Bodenkultur Wien.
- OBERÖSTERR. NATURRAUMPOTENTIALKARTIERUNG: Karte Nr. 2.6, 2.7 und 3.5 des Klimakatasters/OÖ. Raumordnungskataster. Zentralanstalt f. Meteorologie und Geodynamik im Auftr. d. Abt. Raumordnung und Landesplanung der OÖ Landesregierung.
- PETERSEN A. (1988): Die Gräser als Kulturpflanzen und Unkräuter auf Wiese, Weide und Acker, ihre Bestimmung, Erkennung und Beschreibung in biologischer, ökologischer sowie landwirtschaftlicher und landeskultureller Beziehung. 6. Auflage. Akademie Verlag Berlin (DDR).
- PILS G. (1994): Die Wiesen Oberösterreichs. Linz.
- RICEK E.W. (1970): Kryptogamenvereine an Lehmböschungen. Jahrbuch des OÖ. Musealvereines 115.
- RICEK E.W. (1973): Floristische Beiträge aus dem Attergau und dem Hausruckwald II. — Mitt. d. naturwiss. Ver. Steiermark, Band 103. Graz.
- RICEK E.W. (1977a): Floristische Beiträge aus dem Attergau und dem Hausruckwald III. — Mitt. d. naturwiss. Ver. Steiermark, Band 107. Graz.
- RICEK E.W. (1977b): Die Moosflora des Attergaues, Hausruck- und Kobernaußerwaldes. OÖ Musealverein. Linz.
- RICEK E.W. (1989): Die Pilzflora des Attergaues, Hausruck- und Kobernaußerwaldes. Abhandlung der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich, Band 23.
- SCHEFFER F. & P. SCHACHTSCHNABEL (1984): Lehrbuch der Bodenkunde. Enke.
- SEITZ W. (1972): Flechtenwuchs und Luftverunreinigung im Großraum Saarbrücken. — Ber. Dtsch. Bot. Ges. 85 (5/6). Zitiert aus: HUBER A. & HUBER W. (1984).
- SIGL P.K. (1976): Kartierung epipyler Flechtenarten im Raum Wörgl-Kufstein. Hausarbeit, Innsbruck. Zitiert aus: HOISLBAUER G. (1979).
- SOUCI S.W. (1938): Die Chemie des Moores. Enke Stuttgart.
- STADLER A. (1982 bis 1985): Unveröffentlichte Kartierung Gerichtsbezirk Vöcklabruck. Bundesanstalt für Bodenwirtschaft, Denisgasse 31, Wien.
- STEINWENDER M. et al. (1993): Umweltstatuserhebung Waldzustand im Raum Gmunden – Vöcklabruck. Teil I. Leoben.
- TIEFENBACH M. (1990): Vegetationskundliche Untersuchungen im Einflußbereich eines Aluminiumwerkes. Diplomarbeit am Institut für Botanik, Univ. f. Bodenkultur. Wien.
- TÜRK R. (1984): Gutachten Flechtenkartierung. Zitiert aus: STEINWENDER et.al. (1993).

- VAN HUSEN D. (1996): Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 66, Gmunden. Geologische Bundesanstalt Wien.
- WOLAK J. (1971): Studies on the industrioklimax in Poland. Methods for the identification and evaluation of air pollutants injurious to forests. — Proc. 15 IUFRO Congr. Wien. Zitiert aus: GUDERIAN & REIDL (1982).
- ZIECHMANN W. (1980): Huminstoffe. Verlag Chemie, Weinheim-Deerfield Beach, Florida-Basel.
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK: Tägliche Wetterberichte Oktober 1987 bis November 1988.
- ZWITTKOVITS F. (1983): Klimatypen – Klimabereiche – Klimafacetten. — Klimatypenkarte von Österreich. Verlag der Österr. Akademie der Wissenschaften. Wien.

Anschrift des Verfassers: Dipl. Ing. Franz HÖGLINGER
Hamburgerstraße 2
A-4860 Lenzing, Austria.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Beiträge zur Naturkunde Oberösterreichs](#)

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: [0011](#)

Autor(en)/Author(s): Höglinger Franz

Artikel/Article: [Vegetationsverhältnisse im Rauchschadengebiet von Lenzing \(Oberösterreich\) 223-265](#)