

Aus dem Institut für Pflanzenphysiologie der Karl-Franzens-Universität Graz

Luftgüte in Graz – Bioindikation mit Aktivem Monitoring*

Von Edith BERMADINGER, Dieter GRILL und Angelika REGAR
Mit 6 Abbildungen und 1 Tabelle

Eingelangt am 4. April 1991

Zusammenfassung: Um die Wirkung der in der Grazer Luft enthaltenen Schadstoffkomponenten auf Pflanzen darzustellen, wurden in der Vegetationsperiode 1988 (Mai–September) Untersuchungen mit Bioindikatoren durchgeführt, die unter standardisierten Bedingungen jeweils 14 Tage an 10 Standorten im Stadtgebiet exponiert wurden. Der Schwerpunkt lag auf der Indikation von Photooxidantien (*Nicotiana tabacum* cv. Bel W3, *Phaseolus vulgaris* cv. Pinto, *Trifolium incarnatum*, *Urtica urens*). Ergänzend wurden auch Indikatoren für SO₂ (*Vicia faba* cv. Herra) und HF (*Gladiolus hybridus* cv. Snowprincess) eingesetzt. Die Untersuchungen ergaben keinen Hinweis auf das Vorhandensein von HF oder SO₂ im Stadtgebiet von Graz während dieses Zeitraumes. Blattschäden an der gegenüber O₃ sehr empfindlichen Tabaksorte Bel W3 zeigten, daß während der gesamten Vegetationsperiode Ozon in pflanzenschädigenden Konzentrationen vorhanden war. Im Osten des Stadtgebietes waren diese Schäden während der ganzen Vegetationsperiode relativ hoch, während die Pflanzen der Innenstadtsstationen geringere Schäden ausbildeten. Bei den drei Stationen im Norden, Nordwesten und Südwesten wiesen die Blattschäden bei den Buschbohnen im Frühsommer auf eine Beeinflussung durch Stickoxide hin. In Perioden mit zahlreichen Gewittern waren die Ozonschäden an Tabak Bel W3 besonders hoch. Für die Ausbildung der Schäden an den einzelnen Stationen spielen vermutlich mikroklimatologische Bedingungen eine wesentliche Rolle, wobei hier vor allem Windrichtung und Windgeschwindigkeit von ausschlaggebender Bedeutung sein dürften.

Summary: Air quality in Graz – indication with active monitoring. During the vegetation period 1988 (May–September) indicator plants were used to evaluate the toxic effects of ambient air pollutants in the city area of Graz with main emphasis on the indication of photooxidants (*Nicotiana tabacum* cv. Bel W3, *Phaseolus vulgaris* cv. Pinto, *Trifolium incarnatum*, *Urtica urens*). The additional use of SO₂-sensitive (*Vicia faba* cv. Herra) and HF-sensitive (*Gladiolus hybridus* cv. Snowprincess) indicator plants did not show the presence of those pollutants during the vegetation period, while ozone induced leaf injury on tobacco Bel W3 reveals the occurrence of phytotoxic ozone concentrations in the ambient air. The eastern city area was characterized by distinct ozone induced leaf damage on Bel W3 during the whole vegetation period whereas the plants in the city center were not severely effected. The plants in the northern and north-eastern area display ozone damage in midsummer but are affected by NO_x during early summer (June). Periods with many thunderstorms correlated with higher ozone damages. Microclimatic conditions, especially winddirection and windspeed may be responsible for the differences between the 10 sites of investigations.

* gewidmet Prof. Dr. Otto HÄRTEL zu seinem 80. Geburtstag.

1. Einleitung

In Graz werden zur Luftgütecharakterisierung neben physikalisch-technischen Meßgeräten schon lange Bioindikatoren eingesetzt (vgl. GRILL 1982). Als Bioindikatoren werden Organismen bezeichnet, die zur qualitativen und in einigen Fällen auch zur quantitativen Überwachung von Luftschadstoffen in der Umwelt und zum Nachweis von Immissionswirkungen verwendet werden (= Monitororganismen) (ARNDT et al. 1987). Im Gegensatz zu physikalisch-chemischen Immissionsmeßverfahren, die die Art und Menge eines Schadstoffes bestimmen, erfährt man mit Bioindikatoren die biologische Wirkung eines Schadstoffes bzw. eines Schadstoffgemisches (SCHUBERT 1985).

War anfangs die mindere Luftgüte überwiegend auf SO_2 und HF zurückgeführt worden (EHRENDORFER et al. 1971, FISCHER & BRANDTNER 1972, SCHNOPFHAGEN 1977), so konnte in den letzten Jahren an Hand verschiedener Bioindikatoruntersuchungen eine Änderung in der Qualität der Schadstoffkomponenten beobachtet werden. EHRENDORFER et al. 1971 stellten mittels Flechtenkartierung im Stadtzentrum und in den Gebieten des Nordwestens eine sehr hohe und in dichter verbauten Stadtgebieten sowie Stadtteilen mit Industrie eine hohe SO_2 -Belastung fest. Borkenuntersuchungen (HÄRTEL & GRILL 1972, KINZEL & HÄRTEL 1972) zeigten neben den SO_2 -Immissionen auch hohe „Staubniederschläge“, die sich in der Nicht-Sulfatleitfähigkeit bei wäßrigen Borkeneluatungen äußerten. Diese „Staubimmissionen“ waren besonders im Winter an verkehrsreichen Straßen hoch (Salzstreuung). Seither nahm die SO_2 -Konzentration der Grazer Luft ständig ab (EDER 1986).

Eine neuerliche Flechtenkartierung (GRILL et al. 1988) stellte eine deutliche Verschlechterung der Luftsituation im unmittelbaren Stadtkern (Innenstadt, Teile der Bezirke Lend und Gries) fest. Als Ursache wurde die infolge zunehmender Verkehrsdichte erhöhte Belastung mit NO_x , Aerosolen, Staub und Kochsalz gesehen. Relativ geringe Sulfatgehalte der gleichzeitig durchgeführten Borkenuntersuchungen (KASCHNITZ, in Vorbereitung) schließen SO_2 als dominierende Schadkomponente aus. Die Luftqualität im Norden und Nordosten von Graz hatte sich wesentlich gebessert (Abnahme der SO_2 -Belastung infolge geänderter Emissionen aus dem Norden), im Süden hingegen war die Besserung nicht so deutlich (möglicher Ferneintrag von Emissionen aus dem Süden; zunehmende Besiedlungsdichte). KOSMUS & GRILL 1986 haben gezeigt, daß die auftretenden Blei-, Kadmium-, Chlorid- und Staubimmissionen überwiegend auf den Straßenverkehr zurückgehen.

Die Immissionssituation in Graz hat sich somit in den letzten Jahren wesentlich geändert. Die zur Bioindikation geeigneten Organismen sind zumeist nicht selektiv empfindlich gegenüber einem Schadstoff, doch reagieren einige von ihnen auf bestimmte Immissionen rascher als auf andere. Dies führt an einem Meßpunkt bei gleichzeitigem Einsatz verschiedener Bioindikatoren (Bioindikatorfächer) zu einer unterschiedlichen Ausprägung der gewählten Wirkungskriterien und liefert damit am jeweiligen Standort wertvolle Informationen über die Luftgüte. Um die Wirkung der in der Grazer Luft enthaltenen Schadstoffkomponenten auf Pflanzen darzustellen, wurde in der Vegetationsperiode 1988 ein solcher Bioindikatorfächer eingesetzt, wobei der Schwerpunkt auf der Indikation von Photooxidantien lag. Ergänzend wurden auch Indikatoren für SO_2 und HF eingesetzt. Als Wirkungskriterium dienten sichtbare Blattnekrosen bzw. die Anreicherung von Fluor in Blättern.

2. Material und Methode

Die verwendeten Pflanzensorten und deren spezifische Empfindlichkeit gegenüber Luftschadstoffen sind Tab. 1 zu entnehmen. Der Bioindikatorfächer wurde an 10 Standorten im Stadtgebiet exponiert (Abb. 1).

Tabelle 1: Pflanzeneinsatz des Indikatorfächers; (nach JÄGER & STEUBING 1982, ARNDT et al. 1987)

Deutscher Name	Lateinische Bezeichnung	Sorte	Indikation
Tabak	<i>Nicotiana tabacum</i>	Bel W3	O ₃
Tabak	<i>Nicotiana tabacum</i>	Samsoun	Referenz
Buschbohne	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Pinto	NO _x , O ₃ , (SO ₂)
Ackerbohne	<i>Vicia faba</i>	Herra	SO ₂ , (NO ₂)
Kleine Brennessel	<i>Urtica urens</i>	Inzuchtlinie	PAN, (O ₃)
Inkarnatklees	<i>Trifolium incarnatum</i>	Ostsaat	O ₃ , NO _x , SO ₂
Gladiole	<i>Gladiolus hybridus</i>	Snowprincess	HF
Gladiole	<i>Gladiolus hybridus</i>	Flowersong	HF

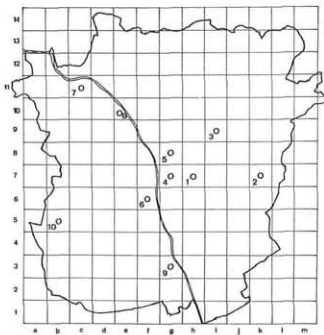


Abb. 1: Standorte des Bioindikatorfächers; 1. Unionhalle, Engelgasse (II. Bezirk); 2. Observatorium Lustbühel (IX); 3. Gstirnergasse 1 (X); 4. Joanneumhof (I); 5. Schloßberg, Uhrturm (I); 6. Altersheim Gries (V); 7. Wiener Straße, Kraftwerk STEG (XIII); 8. Augasse, Umspannwerk Nord (XIII); 9. Herrgottwiesgasse, Stadtgärtnerei (XVI); 10. Neupauerweg 42 (XV); die Quadranteneinteilung des Stadtgebietes entspricht derjenigen von GRILL et al. 1988, um einen Vergleich mit der Flechtenkartierung dieser Autoren zu erleichtern.

Die Anzucht der Pflanzen und die Beschickung der Expositionsgefäße erfolgte unter standardisierten Bedingungen (ARNDT et al. 1987, REGAR 1989). Die Pflanzen wurden für 14 Tage am jeweiligen Standort exponiert und dann durch neues Pflanzenmaterial ersetzt. Die Töpfe befanden sich in einer Metallrahmenkonstruktion, auf denen Wasserbehälter aufgebracht waren, aus denen die Töpfe automatisch durch Saugdochte bewässert werden konnten. Da die meisten Indikatorpflanzen unter Schattierung wesentlich empfindlicher auf Photooxidantien reagieren als unter direkter Sonneneinstrahlung, wurde die ganze Anordnung mit einem Schattiergewebe überspannt (50% Schattierwert), wobei die dem Norden zugewandte Seite immer frei blieb (ARNDT et al. 1987) (Abb. 2).

Nach 14-tägiger Exposition erfolgte die Bonitur. Als Wirkungskriterien dienten sichtbare Blattnekrosen, wobei der tote Anteil (Nekrosen) definierter Bezugsblätter bonitiert wurde (ARNDT et al. 1987, REGAR 1989). Berücksichtigt wurden nur solche Nekrosen, die eindeutig auf die Einwirkung von Luftverunreinigungen zurückgeführt werden konnten (nach STEUBING 1982, JÄGER & STEUBING 1982, POSTHUMUS & TONNEIJCK 1982, STEUBING et al. 1983, ARNDT et al. 1985, 1987, TONNEIJCK & POSTHUMUS 1987, REGAR 1989).

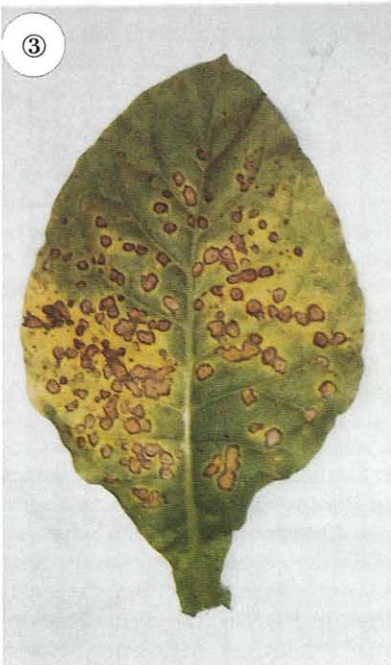


Abb. 2: Bioindikatorfächer an der Station Schloßberg; Pflanzenbesatz von links nach rechts: Ackerbohne, Tabak Samsoun, Buschbohne, dahinter Inkarnatklee, Kleine Brennesel, Tabak Bel W3.

Abb. 3: Blatt von Tabak Bel W3; charakteristische O_3 -bedingte Interkostalnekrosen.

Abb. 4: Primärblatt der Buschbohne Pinto; Blattrand- und Interkostalnekrosen.

Bei Tabak und Gladiole wurden zwei unterschiedlich empfindliche Pflanzensorten verwendet. Die Gladiole Snowprincess reagiert auf das Vorhandensein von HF mit der Ausbildung von Blattnekrosen, während die Gladiole Flowersong Fluor akkumuliert, aber über einen sehr weiten Konzentrationsbereich keine Blattnekrosen ausbildet. Die Tabaksorte Bel W3 hat sich als sehr empfindlich gegenüber Ozon erwiesen und reagiert rasch mit der Ausbildung charakteristischer Blattnekrosen, während die Sorte Samsoun erst bei extremer Oxidantienbelastung Nekrosen ausbildet. Der Einsatz beider Sorten war notwendig, da Tabak auch auf klimatische Veränderungen sehr empfindlich reagiert. Sind beide Tabaksorten gleich stark geschädigt, während die anderen Indikatoren keinen Hinweis auf Schadstoffeinfluß zeigen, so sind die Nekrosen nicht auf Immissionen, sondern auf andere Ursachen zurückzuführen.

Folgende Symptome konnten 1988 an den Pflanzen festgestellt werden:

- Tabak Bel W 3: Grauweisse bis gelbbraune Flecken, die über die Blattoberfläche verteilt sind; pergamentartige, elfenbeinfarbene Interkostalnekrosen (Abb. 3).
- Buschbohne Pinto: Braunfärbung der Interkostalfelder unter Aussparung der Blattadern, vereinzelt eine Bronzierung der Blattunterseite (Abb. 4).
- Inkarnatklee: Weiße bis hellgelbe Interkostal- und Blattrandnekrosen.
- Kleine Brennessel: Weiße nekrotische Flecken auf der Blattoberseite.

Die für SO_2 typischen schwarzen Interkostal- und Blattrandnekrosen bei der Ackerbohne konnten nicht beobachtet werden.

Bei der fluorakkumulierenden Gladiolensorte Flowersong wurde an getrocknetem Pflanzenmaterial nach Verbrennung im Schöningerkolben der Fluorgehalt mit einer fluorsensitiven Elektrode bestimmt (LEVAGGI et al. 1971, KRONBERGER & HALBWACHS 1974).

3. Ergebnisse und Diskussion

Weder durch die Ausbildung spezifischer Blattnekrosen der fluorsensitiven Gladiolensorte Snowprincess, noch durch erhöhte Fluorkonzentrationen der fluorakkumulierenden Gladiolensorte Flowersong konnte 1988 eine Fluoridbelastung im Stadtgebiet von Graz nachgewiesen werden. FISCHER & BRANDTNER 1972 wiesen im Fallaub dichter verbauter Stadtbereiche und in den Randregionen, sowie im Norden und Nordwesten noch relativ hohe Fluorkonzentrationen nach. Dies deutet bereits auf eine geänderte Immissionscharakteristik im Stadtgebiet hin.

Bei einem 1987 durchgeführten Vorversuch zum Bioindikatoreinsatz (GRILL & BERMADINGER 1987) konnten an der Ackerbohne und am Inkarnatklee vereinzelt Nekrosen festgestellt werden, die dem SO_2 zuzuordnen waren. Diese Nekrosen traten an jenen Stationen auf, die entlang der Mur in Nord-Süd-Richtung angeordnet waren. Die SO_2 -empfindliche Ackerbohne zeigte hingegen bei der Untersuchung 1988 keine SO_2 -bedingte Blattschädigung, während die Schadsymptome an den Blättern des relativ unspezifisch reagierenden Mischindikators Inkarnatklee an jenen Standorten auftraten, an denen die Tabaksorte Bel W3 und die Buschbohne Pinto eine erhöhte Blattschädigung zeigten, was als Zeichen einer Schädigung durch Photooxidantien gewertet werden kann.

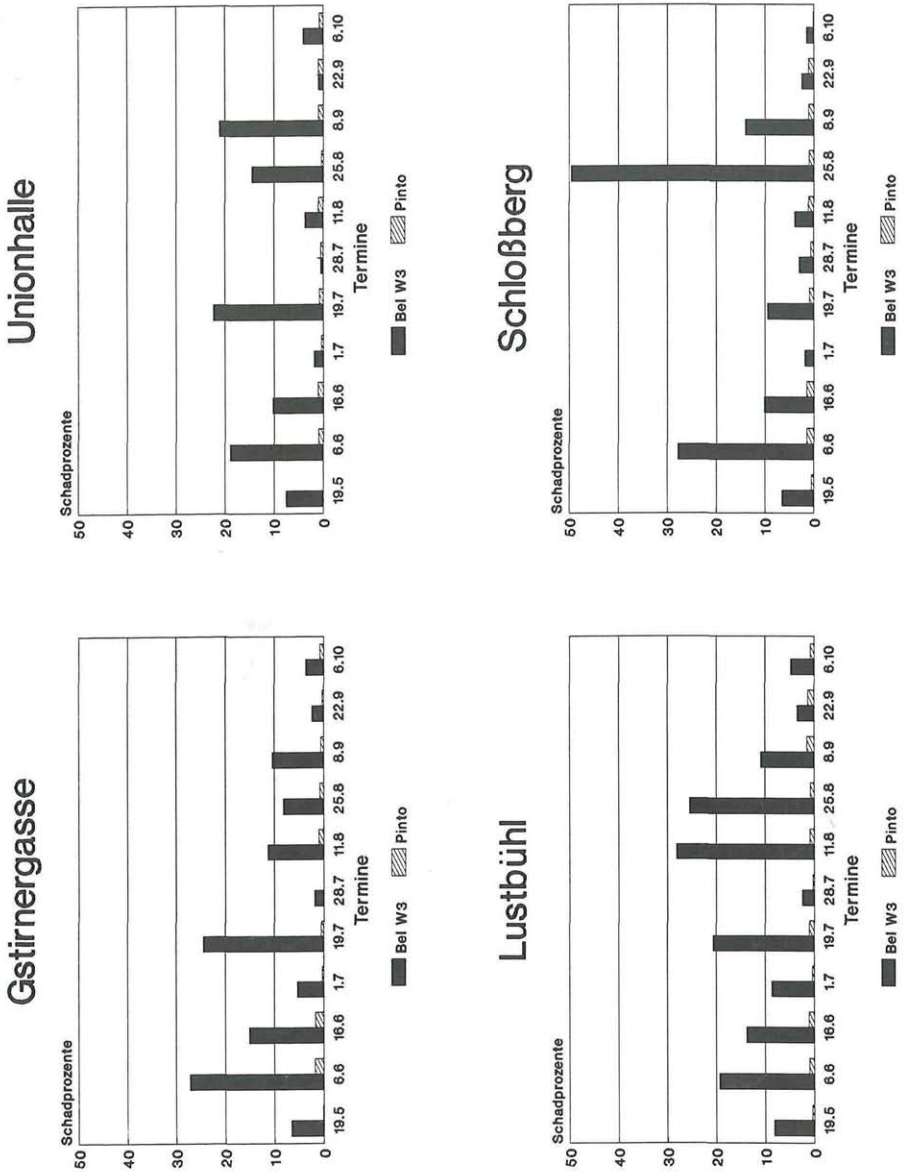
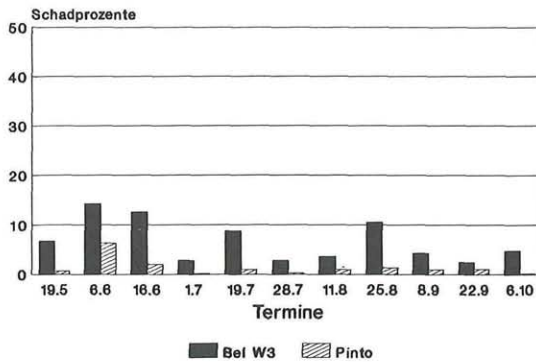


Abb. 5a: Schadprozent (% geschädigte Blattfläche) von Tabak Bel W3 und Buschbohne Pinto während des Untersuchungszeitraumes 1988; die Termine entsprechen den Boniturterminen, d.h. die Pflanzen waren jeweils die vorhergehenden 14 Tage im Stadtgebiet exponiert.

Die 10 Standorte, an denen der Bioindikatorfächer exponiert wurde, reichen natürlich nicht aus, um die komplizierten kleinklimatischen Verhältnisse einer Stadt wie Graz wiederzugeben. Betrachtet man jedoch den Schadensverlauf während der ganzen Vegetationsperiode an den einzelnen Stationen, so ist eine Zuordnung zu 3 Gruppen möglich.

Gruppe 1 umfaßt die Stationen Gstirnergasse, Schloßberg, Unionhalle und Lustbühel (Abb. 5a). Die Station am Schloßberg stellt einen Übergang zur Gruppe 2 dar. Diese Gruppe ist durch deutliche Blattschädigungen (O_3 -bedingt) an Bel W3 gekennzeichnet, die im Gegensatz zu den anderen Stationen auch im Frühsommer sehr deutlich ausgeprägt sind, wobei die beiden Maxima der Blattschädigung im Mai und Juni bei allen vier Stationen ident sind. Die O_3 -Schäden im Hochsommer sind deutlich, wobei die Station am Schloßberg mit fast 50% Blattschädigung am stärksten beeinflusst ist. Die Buschbohne Pinto zeigt, wie alle übrigen Bioindikatoren, nur minimale Blattschädigungen (vgl. Abb. 5a).

Gries



Joanneum

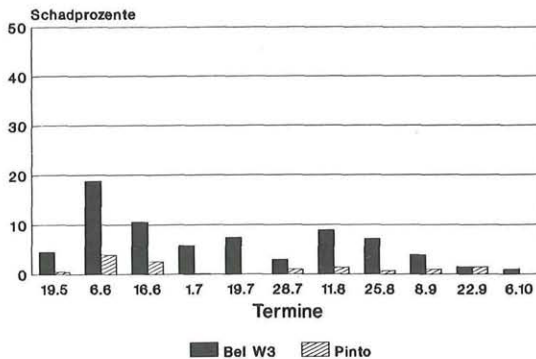


Abb. 5b: Schadprozente (% geschädigte Blattfläche) von Tabak Bel W3 und Buschbohne Pinto während des Untersuchungszeitraumes 1988; die Termine entsprechen den Boniturterminen, d.h. die Pflanzen waren jeweils die vorhergehenden 14 Tage im Stadtgebiet exponiert.

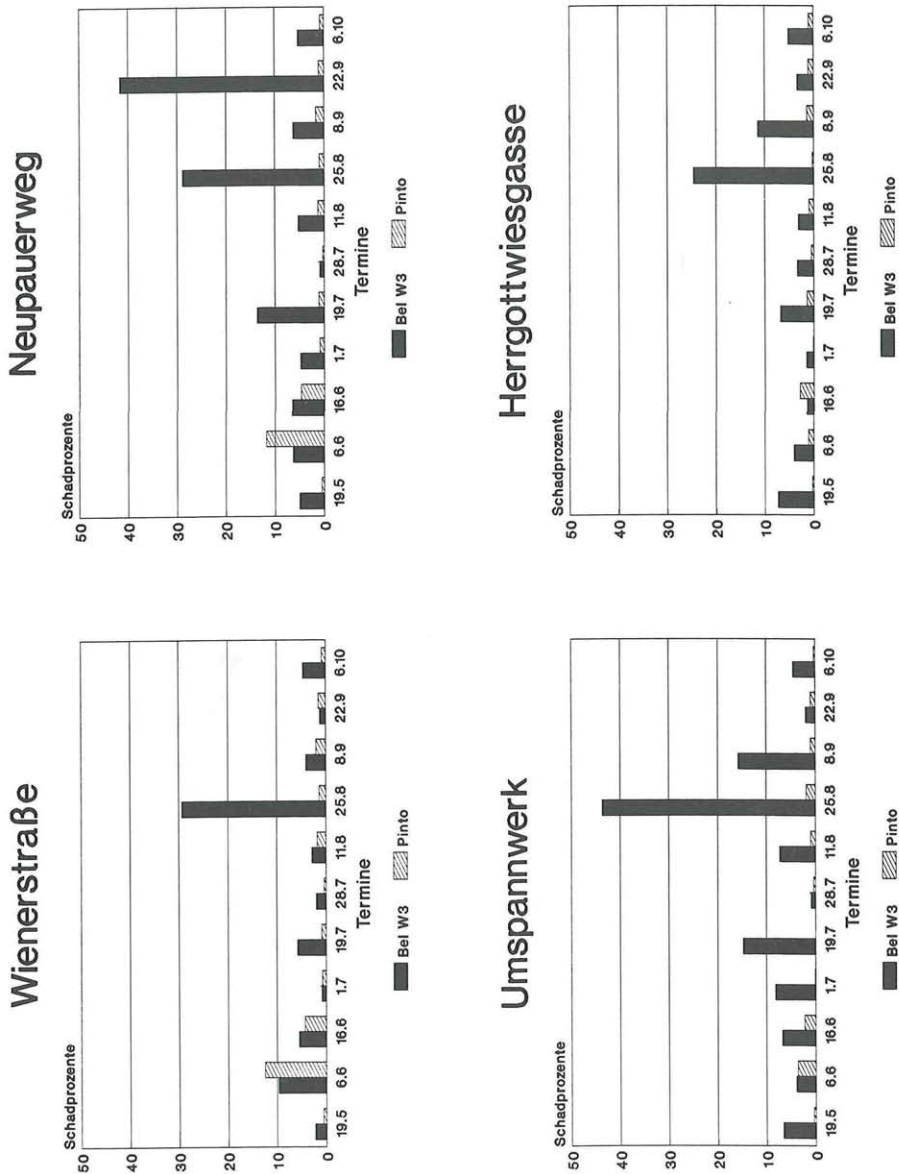


Abb. 5c: Schadprozente (% geschädigte Blattfläche) von Tabak Bel W3 und Buschbohne Pinto während des Untersuchungszeitraumes 1988; die Termine entsprechen den Boniturterminen, d.h. die Pflanzen waren jeweils die vorhergehenden 14 Tage im Stadtgebiet exponiert.

Gruppe 2 umfaßt die Innenstadtstationen Gries und Joanneum (Abb. 5b). An diesen Stationen sind die höchsten Blattschädigungen an Bel W3 im Frühsommer zu finden, die aber mit max. 18% deutlich unter den Schadwerten der Gruppe 1 liegen. Im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode treten nur mehr geringe Blattschäden auf (max. 12%). Im Gegensatz zur Gruppe 1 weist die Buschbohne Pinto im Frühsommer leicht erhöhte Blattschädigungen auf (6% am 6. 6. bei der Station Gries), die mit ebenfalls erhöhten Blattschäden an Bel W3 korrelieren.

Die Gruppe 3 umfaßt die Stationen Wiener Straße, Neupauerweg, Umspannwerk und Herrgottwiesgasse (Abb. 5c). Die Blattschäden an Bel W3 sind im Frühsommer relativ gering. Im Hochsommer (Boniturtermin 25.8.) ist an allen vier Stationen bei Bel W3 ein ausgeprägtes Schadensmaximum zu finden, das in seinem Ausmaß den Werten der Station Schloßberg (Gruppe 1) vergleichbar ist. Die Blattschäden an Pinto sind bei Herrgottwiesgasse und Umspannwerk mit max. 5% nur leicht, an den Stationen Wiener Straße und Neupauerweg jedoch deutlich erhöht (ca. 12%), wobei nur bei der Station in der Wiener Straße diese Erhöhung mit erhöhten Blattschäden an Bel W3 zusammenfällt.

Die Blattschäden an der Kleinen Brennessel und am Inkarnatklée sind generell gering (kleiner als 4%), korrelieren mit den Blattschäden an Bel W3 und sind damit auf die Einwirkung von Ozon zurückzuführen.

Bei allen Stationen nehmen die Schäden an Bel W3 im Spätsommer und Herbst sehr deutlich ab. POSTHUMUS 1977 und ARNDT et al. 1987 stellten fest, daß die generell geringeren Schäden an Bel W3 im Spätsommer saisonbedingt sind, da die Ausbildung der Schadenssymptome von der Luftfeuchtigkeit, der Temperatur und dem Licht abhängig ist (ARNDT et al. 1987). Es ist somit im Herbst eine stärkere Abnahme der Blattschäden zu beobachten, als sie aufgrund der klimatisch bedingten Ozonabnahme in dieser Jahreszeit theoretisch zu erwarten wäre.

Die Buschbohne Pinto gilt generell als Indikator für Ozon und Stickoxide, wobei sie auf O_3 empfindlicher reagieren soll als auf NO_x (ARNDT et al. 1987, PILGRAM & ARNDT 1987). Das Auftreten von Blattschäden an Pinto während des Einsatzes im Bioindikatorfächer 1988 in Graz läßt allerdings den Schluß zu, daß die an einzelnen Stationen zu beobachtenden Blattschäden auch die Einwirkung von NO_x widerspiegeln. Dies trifft v.a. auf die Stationen Herrgottwiesgasse (Boniturtermin 16.6.), Umspannwerk und Neupauerweg (jeweils 6.6. und 16.6.) zu. Gegen O_3 als Verursacher dieser Nekrosen spricht, daß die gleichzeitig zu beobachtenden Schäden an Bel W3 nur relativ gering ausgeprägt waren. Die Untersuchungen haben aber auch deutlich gezeigt, daß die Buschbohne Pinto keinen idealen Indikator für Ozon darstellt, da im Hochsommer die Blattschäden durchwegs nur sehr gering sind, wohingegen sie bei Bel W3 sehr deutlich ausgebildet sind.

Die Ozonbildung ist auf das Zusammenwirken von Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen (sowie auch Kohlenmonoxid) in photochemischen Reaktionszyklen zurückzuführen, wobei die Photolyse von NO_2 die Schlüsselreaktion dieses Zyklus ist (PUXBAUM 1990). Diese photochemischen Prozesse benötigen Strahlungsenergie (kurzwellige Strahlung im UV-Bereich), wie sie nur bei intensiver Sonneneinstrahlung, d.h. an Schönwettertagen, vorhanden ist. Temperatur und Sonnenscheindauer erreichen in Graz ihr Maximum in der Periode vom 19.7.–28.7. (Boniturtermin 28.7.). Hier läßt sich eine negative Korrelation mit den Blattschäden an Bel W3 erkennen, die an diesem Boniturtermin durchwegs nur sehr gering ausgeprägt sind (vgl. Abb. 5a-c und Abb. 6). Das stellt einen gewissen Widerspruch dar, da der Zusammenhang zwischen Ozonkonzentration und Temperatur in der Regel sehr gut ausgeprägt ist (KOLB 1990). Eine Erklärung ist vermutlich in mikroklima-

Klimadaten 1988

Station Universität Graz

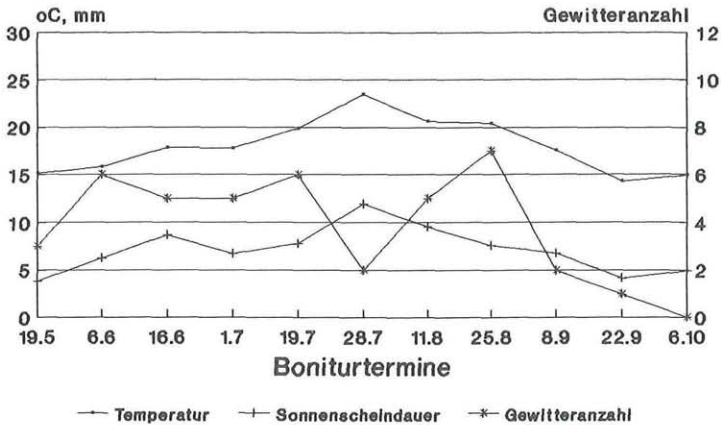


Abb. 6: Klimadaten der Klimastation Universität Graz; Temperatur (°C); Sonnenscheindauer (h); Gewitterhäufigkeit; die Werte stellen jeweils Mittel über den 14-tägigen Expositionszeitraum dar, d.h. der Wert zum jeweiligen Boniturtermin entspricht dem Mittel der 14 vorhergehenden Tage.

tischen Verhältnissen, eventuell Windrichtung und Windgeschwindigkeit, zu suchen, die während dieser Periode so ausgebildet sind, daß sich im Stadtbereich keine erhöhten Ozonkonzentrationen ausbilden können (Abtransport der Vorläufersubstanzen Stickoxide und Kohlenwasserstoffe und auch des bereits gebildeten Ozons). Eine sehr deutliche Korrelation besteht hingegen mit der Gewitterhäufigkeit. Die Maxima der Gewitter während einer 14-tägigen Expositionsperiode fallen mit den Schadensmaxima an Bel W3 zusammen (6.6.; 19.7. und 25.8.). Das bedeutet, daß in Graz in Perioden mit häufigen Gewittern ideale Bedingungen für die Ozonbildung vorliegen. Vermutlich spielen auch hier Windrichtung und Windgeschwindigkeit eine bedeutende Rolle (häufigere windstille Perioden und damit Konzentration der Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung und des bereits gebildeten Ozons im unmittelbaren Stadtgebiet). In der Periode vom 11.8.–25.8. wurden an der meteorologischen Station bei der Universität Graz zahlreiche windstille Phasen beobachtet, während in der Periode vom 19.7.–28.7. (Boniturtermin 28.7.) keine windstillen Perioden registriert wurden (Mitteilung des Institutes für Meteorologie und Geophysik, Graz). Da die klimatischen Bedingungen aber mit kleinen Abweichungen für den ganzen Grazer Raum Geltung haben, läßt sich die unterschiedliche Ausbildung der Schadsymptome an den Stationen, und damit die Ausbildung von drei Gruppen mit unterschiedlichen mikroklimatischen Verhältnissen, vorwiegend Windverhältnissen, am jeweiligen Standort erklären.

Die Ergebnisse des Bioindikatorfächers korrelieren nicht mit der durch die Flechtenkarte (GRILL et al. 1988) erhobenen Luftgütesituation. Gerade die Regionen, die laut Flechtenkarte eine gute Luftsituation aufweisen (Stadttrandbezirke im Osten, Süden und Westen), sind während der ganzen Vegetationsperiode durch sehr hohe O₃-bedingte Schäden an Bel W3 gekennzeichnet. Die aufgrund der Flechtenkartierung schlechte Luftgütesituation der Innenstadt spiegelt sich nicht in den Ergebnissen der zwei Stationen des Bioindikatorfächers in der Innenstadt wider.

Die Pflanzen dieser beiden Stationen wiesen nur geringe Schäden an Bel W3 und Pinto auf. Das läßt den Schluß zu, daß Bioindikatorfächer und Flechten auf unterschiedliche Umweltkomponenten reagieren, d.h. unterschiedliche Schadstoffkomponenten anzeigen. Flechten reagieren sehr empfindlich auf SO₂, Halogenide und Schwermetalle (vgl. GRILL et al. 1988), aber auch auf Stickoxide und Ozon (LASOTA-CHRIST & TÜRK 1984). Da die langsamwüchsigen Flechten aber das ganze Jahr über der Stadtluft ausgesetzt sind, dominieren bei der Ausprägung der Flechtenverteilung andere Schadstoffe, die v.a. durch die winterliche Immissionsituation verursacht sind (SO₂, Schwermetalle, Salz, etc.) (GRILL et al. 1988). Der Bioindikatorfächer hingegen wurde speziell zur Indikation oxidativer Luftschadstoffe entwickelt (ARNDT et al. 1985, 1987, PILGRAM & ARNDT 1987). Er ist zudem nur während der Vegetationsperiode einsetzbar.

Eine Untersuchung von LÖSCHER et al. 1990 hat gezeigt, daß es in Grazer Bezirken mit abnehmender Luftqualität eine Tendenz zur Erhöhung des SIDS-Risikos (Sudden infant death syndrom) gibt, wobei die Luftgütesituation mittels der Flechtenkartierung von GRILL et al. 1988 festgestellt wurde. Aus den bereits oben diskutierten Gründen ist auch hier eine direkte Korrelation mit dem Bioindikatorfächer nicht möglich.

Die vorgestellte Untersuchung hat gezeigt, daß der fachkundige Einsatz von Bioindikatoren eine Fülle von Erfahrungen und wertvollen Erkenntnissen bringt, die zur Überwachung von Schadstoffen in der Umwelt und zum Nachweis von Immissionswirkungen herangezogen werden können.

Dank

Wir möchten dem Magistrat Graz (MA 10/9) für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten, für die Aufstellung der Expositionseinrichtung, für das Einsammeln und Ausbringen der Pflanzen herzlich danken. Besonderen Dank schulden wir Herrn KRACHLER von der MA 10/9 für seine engagierte Mitarbeit. Die Stadtgärtnerei Straßgang hat die Arbeiten durch Lieferung der Erde und durch fachliche Hilfe bei der Pflanzenaufzucht unterstützt. Folgende Personen bzw. Institutionen waren uns bei der Samenbeschaffung behilflich, wofür ihnen an dieser Stelle herzlich gedankt sei: Austria Tabakwerke AG in Wien (Tabak Bel W3); Tobacco Institute of Greece, Griechenland (Tabak Samsoun); Dr. A. KEITEL, Landesanstalt für Umweltschutz in Baden-Württemberg (Inzuchtlinie der Kleinen Brennessel); Dr. A.E.G. TONNEIJCK, Research Institute of Plant Protection, Wageningen, Niederlande (Inkarnatklec). Das Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Graz hat uns in dankenswerter Weise die Klimadaten (Temperatur, Sonnenscheindauer, Windverhältnisse) zur Verfügung gestellt.

Literatur

- ARNDT, U., NOBEL, E. & SCHWEIZER, B. (1987): Bioindikatoren: Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- ARNDT, U., WALTER, W., KEITEL, A., MICHENFELDER, D., NOBEL, W. & SCHLÜTER, CH. (1985): Standardisierte Exposition von pflanzlichen Reaktionsindikatoren.- Staub - Reinhalt. Luft. 45: 481-483.
- EDER, J. (1986): Grazer Umweltbericht 1/1986 (Entwurf), Magistrat Graz.
- EHRENDORFER, F., MAURER, W., KARL, R. & KARL, E. (1971): Rindenflechten und Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Graz. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 100: 151-189.
- FABIAN, P. (1987): Atmosphäre und Umwelt. - Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York - London - Paris - Tokyo.
- FISCHER, G. & BRANDTNER, H. (1972): Studien über die Luftverunreinigungen im Raume Graz. 5. Mitteilung: Der Einfluß der Fluor-Immissionen auf die Grünfläche der Großstadt. Experimentelle Untersuchungen an *Fagus sylvatica* (Rotbuche). - Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. 155: 425-434.
- GRILL, D. (1982): Immissionswirkungen auf Pflanzen. - In: Umweltschutzseminar 1982. Grazer Luft - 10 Jahre beobachtet. Magistrat Graz.
- GRILL, D. & BERMADINGER, E. (1987): Bioindikation in Graz (Pilotstudie). - Bericht für die Mag. Abt. 10/9, Graz.
- GRILL, D., HAFELLNER, J., KASCHNITZ, A. & PONGRATZ, W. (1988): Neuerliche Erhebung der epiphytischen Flechtenvegetation in Graz. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 118: 145-155.
- HÄRTEL, O. & GRILL, D. (1972): Die Leitfähigkeit von Fichtenborkenextrakten als empfindlicher Indikator für Luftverunreinigungen. - Europ. J. For. Pathol. 2: 205-215.
- JÄGER, H. J. & STEUBING, L. (1982): Review of indicator and accumulator plants proposes to be used for monitoring air pollutants. - In: (Steubing, L. & Jäger, H.-J. eds.) Monitoring of air pollutants by plants. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- KIENZL, I. & HÄRTEL, O. (1979): Die Luftverunreinigungen im Stadtgebiet von Graz, dargestellt anhand von Borkenuntersuchungen. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 109: 113-135.
- KOLB, H. (1990): Meteorologische Einflüsse auf das bodennahe Ozon. - In: (Gesellschaft Österreichischer Chemiker, eds.) Tagungsband des Symposiums „Bodennahes Ozon“, 12. und 13. November 1990, Salzburg: 37-44. Wien.
- KOSMUS, W. & GRILL, D. (1986): Die Bedeutung verschiedener Parameter bei der Beurteilung von Immissionen anhand von Borkenanalysen am Beispiel des Stadtgebietes von Graz. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 116: 161-172.
- KRONBERGER, W. & HALBWACHS, G. (1974): Über eine einfache Methode zur Bestimmung des Fluoridgehaltes von Pflanzen mittels ionenspezifischer Elektrode. - Proc. IX. Int. Tagung über die Luftverunreinigung und Forstwirtschaft. Marianske Lazne, CSFR, Oktober 1974: 121-129.
- LASOTA-CHRIST, R. & TÜRK, R. (1984): Der epiphytische Flechtenbewuchs als Indikator für die Luftverunreinigungen im Stadtgebiet von Wien. - Städtehygiene 35: 122-131.
- LEVAGGI, D. A., OYUNG, W. & FELDSTEIN, M. (1971): Microdetermination of fluoride in vegetation by oxygen bomb combustion and fluoride ion elektrode analysis. - J. Air Pollut. Contr. Ass. 21: 277-279.
- LÖSCHER, W., EINSPIELER, C., HOLZER-SUTTER, A., GRILL, D., MOSER, M., HAIDMAYER, R., KURZ, R. & KENNER, T. (1990): Zusammenhänge zwischen dem „Plötzlichen Säuglingstod (SIDS)“ und der durch Bioindikation dargestellten Luftverschmutzung in Graz. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 120: 287-290.
- PILGRAM, C. & ARNDT, U. (1987): Aktives Monitoring in Waldschadensgebieten Südwestdeutschlands. - VDI-Berichte 609: 513-524.
- POSTHUMUS, A.C. (1977): Experimentelle Untersuchungen der Wirkung von Ozon und Peroxyacetylnitrat (PAN) auf Pflanzen. - VDI-Bericht 270: 153-160.

- POSTHUMUS, A.C., TONNEIJCK, A.E.G. (1982): Monitoring of effects of photo-oxidants on plants. – In: (Steubing, L. & Jäger, H.-J. eds.) Monitoring of air pollutants by plants. Methods and problems: 115-120. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- PUXBAUM, H. (1990): Bildungswege des bodennahen Ozons. – In: (Gesellschaft Österreichischer Chemiker, eds.) Tagungsband des Symposiums „Bodennahe Ozon“, 12. und 13. November 1990, Salzburg: 5.–25. Wien.
- REGAR, A. (1988): Bioindikation in Graz. – Diplomarbeit, Graz.
- SCHNOPFHAGEN, S. (1977): Großräumige Erhebungen von Immissionszonen mit Infrarot-Film in der Steiermark. – In: Luftgüte und Wald in der Steiermark, Amt der Steiermärkischen Landesregierung.
- SCHUBERT, R. (1985): Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. – Gustav-Fischer-Verlag, Stuttgart.
- STEUBING, L. (1982): Problems of bioindication and the necessity of standardization. – In: (Steubing, L. & Jäger, H.-J. eds.) Monitoring of air pollutants by plants. Methods and problems: 19-24. Dr. W. Junk Publishers, The Hague/Boston/London.
- STEUBING, L., KIRSCHBAUM, U., POOS, F., CORNELIUS, R. (1983): Monitoring mittels Bioindikatoren in Belastungsgebieten. – Umlandverband, Frankfurt am Main.
- TONNEIJCK, A.E.G., POSTHUMUS, A.C. (1987): Use of indicator plants for biological monitoring of effects of air pollution: the Dutch approach. – VDI-Berichte 609: 205-216.

Anschrift der Verfasser: Dr. Edith BERMADINGER, Univ.-Prof. Dr. Dieter GRILL und Mag. Angelika REGAR; Institut für Pflanzenphysiologie der Karl-Franzens-Universität Graz, Schubertstraße 51, A-8010 Graz.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [121](#)

Autor(en)/Author(s): Bermadinger Edith, Grill Dieter, Regar Angelika

Artikel/Article: [Luftgüte in Graz - Bioindikation mit Aktivem Monitoring. 29-41](#)