

Beitr. Naturk. Oberösterreichs	18	381-409	17.10.2008
--------------------------------	----	---------	------------

## Immissionsökologische Untersuchung der epiphytischen Flechtenvegetation der Stadt Linz

B. THAN & R. TÜRK

**A b s t r a c t :** Mapping the immission load in Linz, Upper Austria, using epiphytic lichens. — From January 2006 to January 2007 a study of air quality was carried out in Linz. The chosen method was VDI 3957 Sheet 13 (Mapping the diversity of epiphytic lichens as an indicator of air quality). Number and frequency of lichen species on a defined area on the bark are the basis of a diversity value. This value allows an estimation of the influence of pollutants. In comparison to earlier studies a decrease of the lichen desert was found, the areas of moderate and low air quality increased relatively. The impact of air-transported nitrogen compounds seems to be stronger, only a few indicators of acid were found. There were no areas of very high air quality, high air quality takes 10 % of the measurement-areas. Moderate and low air quality was found in 88 % of the measurement-areas, very low air quality in 2 %. According to the results the impact of eutrophic pollutants is very low to moderate which may detect a problem with the methods. A total number of 35 lichen species was found. Due to the method, which is an immission-ecological study, this number doesn't represent the whole actual species-composition.

**K e y w o r d s :** Linz, Upper Austria, lichen diversity, lichen mapping, bioindication

### Einleitung

Flechten, eine Lebensgemeinschaft aus einem Pilz- und einem oder mehreren Algen- oder Cyanobakterienpartnern, werden schon lange erfolgreich als Bioindikatoren eingesetzt. Das feine Gleichgewicht zwischen den einzelnen Partnern ermöglicht es ihnen einerseits in extreme Lebensräume vorzudringen, andererseits reagieren Flechten enorm empfindlich auf anthropogene Umweltveränderungen (KRICKE 2006). Der Vorteil der Bioindikation liegt im Aufzeigen von Schadstoffgemischen und deren direkte Wirkung auf Lebewesen (FRANZEN et al. 2002).

Die Stadt Linz liegt in einer Halbbeckenlage, was zu einer komplizierten Situation für die Verdünnung der Emissionen führt (MURSCH-RADLGRUBER 2002). Es wurden bereits mehrere Untersuchungen im Stadtgebiet von Linz durchgeführt. BORTENSCHLAGER & SCHMIDT (1963), HOISLBAUER (1979) und TÜRK et al. (1994) führten immissionsökologische Flechtenkartierungen durch und verwendeten für ihre Zonenabgrenzungen qualitative Merkmale. Die aktuelle Richtlinie VDI 3957 Blatt 13 ersetzt alle vorangegangenen Richtlinien und trifft eine Abschätzung der Belastung mit Hilfe eines Diversitätswertes. In diesen gehen Anzahl und Frequenz der einzelnen Flechtenarten auf einer definierten

Teilfläche der Borke ein. Es wird zwischen Eutrophierungszeigern und Referenzarten unterschieden, da die Konzentration der sauren Schadgase seit den 1980er Jahren abgenommen hat und gleichzeitig die Auswirkungen luftgetragener Nährstoffverbindungen zunahmen (VDI 2005). Seit Anfang der 1990er Jahre konnte in Oberösterreich ein Rückgang der Immissionskonzentration aller Schadstoffe beobachtet werden. Generell nahm in Mitteleuropa die Konzentration der sauren Schadgase seit den 1980er Jahren ab und somit auch deren Auswirkungen auf die Baumborken. Die Auswirkungen luftgetragener Nährstoffverbindungen nahmen gleichzeitig zu. Auf Bäumen mit saurer Borkenreaktion stieg die Häufigkeit der Neutrophyten und Eutrophierungszeiger deutlich. Die Acidophyten profitierten von diesem Prozess nur wenig, da sie teilweise stickstoffintolerant sind und oft auch der Konkurrenz anderer Arten nicht standhalten konnten. Auf neutralen Borken wurden Eutrophierungszeiger überproportional gefördert, hingegen wurden für Acidophyten durch die Erhöhung des pH-Wertes Bedingungen geschaffen, mit denen sie nicht gut umgehen können. Weiters sind sie gegenüber den Eutrophierungszeigern weniger konkurrenzkräftig und ertragen den Einfluss von Stickstoff und anderer düngender Immissionen schlecht (VDI 2005).

Die vorliegende Studie hat zum Ziel, die aktuelle lufthygienische Situation in Linz mit Hilfe der epiphytischen Flechtenvegetation festzustellen. Dabei soll die Annahme überprüft werden, dass der Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen relativ gesehen, gestiegen ist. Mit Hilfe von Verbreitungskarten einiger Flechtenarten, soll ein Vergleich mit früheren Untersuchungen durchgeführt werden, um eine zeitliche Veränderung in den Flechtengemeinschaften zu untersuchen. Des Weiteren soll die Arbeit eine Grundlage für spätere Folgeuntersuchungen bilden.

## Untersuchungsgebiet

Das Stadtgebiet von Linz liegt in einer Meereshöhe von etwa 260 m bis 540 m an der Donau und umfasst 96 km<sup>2</sup> (HEBER et al. 1992). Im nördlichen Bereich ist das Linzer Becken von den Ebenen des Mühlviertels umgeben (HEBER et al. 1992), die Donau tritt in Linz zwischen Kürnberger Wald und Mühlviertel in die Ebene hinaus. Im Nordwesten grenzen die südlich der Donau gelegenen Ausläufer des Böhmischen Massivs, der Kürnberger Wald, im Norden vor Pöstlingberg, Lichtenberg, Magdalenenberg, Hagerberg und im Osten der Pfenningberg an das Becken an (UMWELTBUNDESAMT 2004). Der Kürnberg befindet sich auf einer Meereshöhe von 526 m, der Freinberg auf 405 m, der Pöstlingberg auf 539 m und der Pfenningberg auf 616 m. Das Stadtgebiet erstreckt sich nach Südosten über die Donau-Auen in die Mündungsebene der Traun (Heber et al. 1992). Östlich des Linzer Industriegebietes (mit voestalpine Stahl GmbH, Chemieindustrie), südlich des Pfenningbergs liegt Steyregg (UMWELTBUNDESAMT 2004).

## Klimaverhältnisse in Linz

Aufgrund der orographischen Situation von Linz, die durch die Halbbeckenlage und tiefe Einschnitte (z.B. Haselgraben) geprägt ist, kommt es zu komplizierten meteorologischen Verhältnissen (MURSCH-RADLGRUBER 2002). Generell hängt die Durchmischung und Reinigung der Luft unter anderem von der Temperaturverteilung, Windstärke und Windrichtung und vom Niederschlag ab. Durch die Ablenkung oder Abbremsung von Luft-

strömen und Generierung von Temperaturunterschieden hat die Geländeform einen großen Einfluss auf die Durchmischung der Atmosphäre und damit auf die Immissionskonzentrationen von Schadstoffen (MARHOLD 2003).

### **Windverhältnisse und Belüftung**

In Linz sind West- und Nordwestwinde zu 65 bis 85 % vorherrschend (UMWELTBUNDESAMT 2004), aber nur die Westwinde können durch ihre Stärke in die Linzer Bucht eindringen, die anderen Winde werden durch die Oberflächengestaltung der Landschaft umgelenkt. Im Winterhalbjahr sind Süd- und Südostwinde von größerer Bedeutung (HEBER et al. 1992). Der Pfenningberg lenkt bei Ostwind eine die Windrichtung nach Südost ab, wodurch Abgase der Industrie Richtung Innenstadt verfrachtet werden. Bei Südwestwind lenkt der Pfenningberg die Luft über den Trefflinger Sattel und in Richtung Asten ab (MARHOLD 2003). Der Luftaustausch mit dem Umland ist außerdem durch das dicht verbaute Gebiet behindert (HEBER et al. 1992). Die Kalmenhäufigkeit, also die Häufigkeit von Windgeschwindigkeiten unter 0,5 m·s<sup>-1</sup> liegen im Stadtgebiet bei 35-40 % (Umweltbundesamt 2004). Im Sommer nimmt eine starke Kaltströmung durch den Haselgraben Schadstoffe aus weiten Teilen Urfahrs und noch weiter südlich gelegenen Teilen von Linz mit in das offene Linzer Becken. Südlichere Teile der Stadt sind durch die großräumige Windströmung im offenen Becken beeinflusst und generell besser belüftet. In der zweiten Hälfte der Nacht erfolgt die Belüftung der Nordteile nur mehr durch Kaltluftabflüsse von den Flanken des Hügellandes und einer Strömung aus dem Donaudurchbruch (MURSCH-RADLGRUBER 2002).

### **Inversionen**

Durch die Halbbeckenlage hat Linz eine relativ hohe Kalmen- und Inversionshäufigkeit, die vor allem im Herbst und Winter auffällt (UMWELTBUNDESAMT 2004). Für Linz wurde die mittlere Obergrenze der Inversionsschicht bei etwa 230 m über Talniveau (ca. 490 m ü. M.) ermittelt (HOISLBAUER 1979). Die Inversionen lösen sich zumeist am Vormittag auf und Schadstoffe, die sich in den vorangegangenen Stunden angesammelt haben, werden von der Inversionsgrenze heruntergemischt. In dieser Zeit ist die Immissionsbelastung am stärksten. Die Überwärmung der bebauten Stadtbereiche führt zu einem Sog, der Luft aus dem Umland und den belasteten Industriebereichen in das Stadtzentrum saugt. Herrschen geringe Windgeschwindigkeiten und kommen noch starke Bewölkung oder Nebel und Hochnebel hinzu, tritt kaum eine thermische Bewegung auf und die Verdünnung von Luftschaadstoffen ist vermindert (MURSCH-RADLGRUBER 2002). Abbildung 1 zeigt eine sich auflösende Inversion vom Pfenningberg aus gesehen.



Abbildung 1: Sich auflösende Inversion, vom Pfenningberg aus gesehen (Foto: B. Than)

## Material und Methoden

### **VDI 3957 Blatt 13: Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator für die Luftgüte – Grundlagen der Methode**

Die Richtlinie VDI 3957 Blatt 13 baut darauf auf, dass die Diversität epiphytischer Flechten durch Luftschaadstoffe beeinflusst wird. Eine hohe Artenvielfalt lässt in der Regel auf günstige Lebensbedingungen schließen und ist daher erstrebenswert. Fördert ein abiotischer Faktor allerdings spezialisierte Arten, so muss deren Zunahme negativ bewertet werden. Anzahl, sowie Frequenz der einzelnen Flechtenarten auf einer definierten Teilfläche der Borke gehen in einen Diversitätswert ein, welcher als Parameter dient, um den Grad der Belastung abzuschätzen (VDI 2005).

Der Luftgüteindex setzt sich aus der Diversität des Flechtenvorkommens und der Häufigkeit der einzelnen Arten in einer Messfläche zusammen. Die Diversität ist die Anzahl der Arten, die auf einer bestimmten Fläche vorkommen. Die Frequenz wird in diesem Verfahren zur Gewichtung der Diversität verwendet und zur Bildung eines Flechtendiversitätswertes (FDW) verwendet. Dieser stellt einen statistischen Schätzwert der lufthygienischen Bedingungen dar. Der Flechtendiversitätswert wird für Eutrophierungszeiger und Nicht-Eutrophierungszeiger (Referenzarten) getrennt berechnet. Der Grund dafür ist der unterschiedliche Einfluss, den eutrophierende und nicht-eutrophierende Luftverun-

reinigungen auf Lebewesen haben können. Die Kombination der einzelnen Diversitätswerte ergibt dann den Luftgüteindex einer Messfläche (VDI 2005).

Die in dieser Untersuchung verwendete Messflächengröße beträgt 1 km<sup>2</sup>. Die Lage der einzelnen Messflächen entspricht dem Raster der Universalen Transversalen Mercatorabbildung (UTM) in 6° breiten Meridianstreifen, entnommen aus der Österreichischen Karte 1:50000 (BEV 2005).

### Auswahl der geeigneten Trägerbäume

Die Zahl der Bäume, die pro Messfläche untersucht werden müssen, hängt von der Größe der Flächen ab und liegt bei der vorliegenden Untersuchung bei 6 Bäumen. Ist die Zahl der geeigneten Trägerbäume kleiner als 6, gilt die Fläche als nicht beurteilt (VDI 2005).

### Bewertung der Ergebnisse

Anhand der Vielfalt und Zusammensetzung der Artengarnituren wird die Luftgüte mit sehr hoch, hoch, mäßig, gering oder sehr gering bewertet. Entsprechend wird der Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen mit sehr stark, stark, mäßig, gering oder sehr gering beurteilt. Eine kurze Charakterisierung erfolgt durch die zwei Ziffern des Indexwertes und in der Luftgütekarte durch die jeweilige Farbgebung. Die Diversitätswerte der Eutrophierungszeiger und der Referenzarten werden auf der in der Richtlinie enthaltenen Bewertungsmatrix gegeneinander aufgetragen und der sich daraus ergebende Luftgütewert abgelesen. Die erste der beiden Ziffern, aus denen sich der Luftgütewert zusammensetzt, beschreibt die Luftgüte, die zweite den Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen. Die Bewertungsmatrix wurde empirisch anhand der alten Kartierrichtlinie und Kartierergebnissen auf natürlicherweise ± subneutralen/neutralen Borken zusammengestellt. Dabei wurden die Klassenbreiten derart gewählt, dass sie mindestens der dreifachen Standardabweichung der Diversitätswerte entsprechen. Das bedeutet, dass sich der Flechtenbewuchs in Messflächen signifikant unterscheidet, wenn diese nicht benachbarten Luftgüteklassen angehören. Auch diese Angaben wurden empirisch gewonnen (VDI 2005).

## Ergebnisse

### Artenliste

In der vorliegenden immissionökologischen Untersuchung werden nur Bäume berücksichtigt, die den Kriterien der VDI – Richtlinie entsprechen und auf diesen wird auch nur ein Teil der Borkenoberfläche untersucht. In der folgenden Liste sind die gefundenen Arten, ihre Zeigerwerte nach WIRTH 1992 und ihre Häufigkeiten in den Messflächen aufgelistet. An den Nährstoffzahlen der einzelnen Arten ist erkennbar, dass sehr viele nährstoffliebende Arten in Linz vorkommen. Die Toxitoleranzwerte sind durchwegs hoch und die Reaktionszahl weist auf einen Schwerpunkt der eher subneutrophytischen bis basiphytischen Arten hin. In den Klammern finden sich die Häufigkeiten der Flechten in Prozent der Messflächen. Die Verbreitungskarten der einzelnen Flechtenarten finden Sie auf den Abbildungen 2-37 im Anhang. Im Vergleich dazu wurden auch die Verbrei-

tungskarten von TÜRK et al. 1994 eingefügt (siehe Abbildungen 38-46 im Anhang).

***Amandinea punctata* (HOFFM.) COPPINS & SCHEID. (61 %)**

kommt vor allem in den ländlich genutzten Stadtteilen auf Birne vor. *A. punctata* ist relativ unempfindlich gegenüber Luftverunreinigung sowie landwirtschaftliche Düngung und bevorzugt nährstoffreiche, eutrophierte Borken (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997).

***Candelaria concolor* (DICKS.) STEIN (40 %)**

verteilt sich auf das gesamte Stadtgebiet. Sie ist an mäßig nährstoffreichen Borken von Spitzahorn, Esche, Linde und Pappel zu finden (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997).

***Candelariella reflexa* (NYL.) LETTAU (28 %)**

ist im ganzen Stadtgebiet zu finden und erreicht eine Häufigkeit von 28 %. Sie bevorzugt nährstoffreiche Borken und ist häufig in Gesellschaft von *Amandinea punctata* und *Physcia tenella* (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997).

***Candelariella xanthostigma* (ACH.) LETTAU (81 %)**

ist sehr häufig vertreten und verteilt sich auf das gesamte Stadtgebiet. Nach WIRTH 1995 kommt sie bis in hochmontane Lagen auf Laubbäumen mit mäßig sauren und mäßig eutrophierten Borken vor, oft auf Linde, Ahorn, Esche und Eiche.

***Cladonia coniocraea* (FLÖRKE) SPRENG. (Einzelfund)**

nur in einer Aufnahme auf Birne vor. Sie ist eine Flechte mit weiter ökologischer Amplitude, die besonders am Grund von Bäumen vorkommt (WIRTH 1995). Das Vorkommen im untersuchten Stammbereich ist vermutlich auf das fortgeschrittene Alter des Trägerbaumes (140 cm Umfang) zurückzuführen.

***Evernia prunastri* (L.) ACH. (8 %)**

ist in Linz relativ selten und kommt in den Randbereichen der Stadt vereinzelt vor. Sie ist die am weitesten verbreitete Strauchflechte an Laubbäumen und bevorzugt mäßig nährstoffreiche bis nährstoffarme, leicht bis ziemlich saure Borken (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997).

***Flavopunctelia flaventior* (STIRT.) HALE (9 %)**

ist relativ selten und kommt mit drei Quadranten im Norden und 6 im Süden der Stadt vor. Die inneren Bereiche der Stadt meidet sie völlig. Sie ist meist auf mäßig basen- und mäßig bis ziemlich nährstoffreicher Borke von Laubbäumen zu finden (WIRTH 1995).

***Hypogymnia physodes* (L.) NYL. (15 %)**

kommt in 15 % der Messflächen vor, die Individuen sind aber zumeist nur rudimentär ausgebildet. Sie meidet die zentralen Bereich der Stadt dringt aber durchaus auch in stärker belastete Zonen vor. *H. physodes* ist zwar relativ resistent gegen Substratansäuerung, aber empfindlich gegen stärkere Staubbelaustung (TÜRK et al. 1994). Dadurch könnte das geringe Auftreten in Linz zu erklären sein.

***Hypogymnia tubulosa* (SCHAER.) HAV. (2 %)**

ist selten zu finden und taucht in 2 % der Messflächen auf. Laut KIRSCHBAUM & WIRTH 1997 kommt sie auf sauren oder durch Immissionen angesäuerten Borken vor. Diese Aussage über die Ökologie und die niedrige Nährstoffzahl von 3 lässt darauf schließen, dass sie ähnlich *H. physodes* durch die verstärkte Einwirkung eutrophierender Luftverunreinigungen zurückgeht.

***Lecanora carpinea* (L.) VAIN. (5 %)**

bevorzugt glatte Borken und kommt vor allem an Ahorn, Esche und Walnuss vor (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997). In Linz spielt sie eine eher untergeordnete Rolle.

***Lecanora chlarotera* NYL. (26 %)**

ist eine sehr variable Flechte und dringt als Kulturfolger bis in die Ballungsräume vor. Sie ist relativ unempfindlich gegenüber Luftverunreinigungen (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997). In Linz ist sie vor allem in den nördlichen und südlichen Bereichen, vereinzelt auch im Stadtzentrum, vertreten.

***Lecidella elaeochroma* (ACH.) M.CHOISY (22 %)**

*Lecidella elaeochroma* ist vorwiegend auf glatten Rinden zu finden (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997). In Linz sind vor allem Esche und Walnuss geeignete Trägerbäume.

***Lepraria* spec. (54 %)**

vermutlich *Lepraria incana* (L.) Ach. ist nach KIRSCHBAUM & WIRTH 1997 eine häufige Flechte in luftverschmutzten Gebieten und findet sich oft in Borkenrissen. Im Stadtgebiet von Linz kommt sie sowohl im Inneren der Stadt als auch in den Randbereichen vor.

***Melanelia elegantula* (ZAHLEBR.) ESSL. (10 %)**

Ist in Linz relativ selten. Sie ist gegen Luftverschmutzung relativ resistent und ist meist an Ahorn, Esche oder Linde zu finden (WIRTH 1995).

***Melanelia exasperatula* (NYL.) ESSL. (59 %)**

kommt auf Laubbäumen mit mäßig nährstoffreicher Borke vor und toleriert mäßig bis ziemlich starke Eutrophierung. In Linz kommt sie oft vor, wobei sie in den stärker belasteten Zonen schon starke Schädigungen aufweist.

***Opegrapha rufescens* PERS. (Einzelfund)**

kommt in Linz nur in einer der Messflächen vor, sie ist nach WIRTH 1995 empfindlich gegenüber Eutrophierung.

***Parmelia sulcata* TAYLOR (64 %)**

ist eine der häufigsten und toxintolerantesten epiphytischen Blattflechten. Sie hat eine breite ökologische Amplitude, bevorzugt aber nährstoffreiche Borken (WIRTH 1995). In Linz kommt sie über das ganze Stadtgebiet verteilt vor. Die inneren Stadtbereiche meiden sie allerdings. In Gebieten mit stärkerer Immissionseinwirkung zeigt sie oft deutliche Schädigungen.

***Parmelina tiliacea* (HOFFM.) HALE (29 %)**

Nach WIRTH 1995 kommt sie auf freistehenden Laubbäumen an lichtreichen Standorten vor und bevorzugt mäßig nährstoffreiche Borken. Sie ist in Linz mit Ausnahme der innersten Stadtbereiche überall vertreten, mit einem Schwerpunkt im ländlich geprägten Norden der Stadt.

***Phaeophyscia endophoenicea* (HARM.) MOBERG (5 %)**

ist relativ selten im Stadtgebiet. Sie verfügt nach ELLENBERG 1992 über eine niedrige Toxitoleranz und bevorzugt subneutrale Borken (WIRTH 1995).

***Phaeophyscia nigricans* (FLÖRKE) MOBERG (14 %)**

hat ihren Schwerpunkt auf eutrophierten, kalkhaltigen Gesteinssubstraten an anthropogenen Standorten, kommt aber auch auf den eutrophierten Stämmen freistehender Laubbäume vor.

***Phaeophyscia orbicularis* (NECK.) MOBERG (82 %)**

ist eine sehr variable Blattflechte, die nährstoffreiche, staubimprägnierte Borken von Laubbäumen bevorzugt (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997). Mit einer Häufigkeit von 82 % ist sie eine der wichtigsten Flechten in Linz.

***Phlyctis argena* (SPRENG.) FLOT. (4 %)**

bevorzugt rauhe Borken, wie die der Pappel, kommt aber auch an eher Glatten Borken vor und relativ toxitolerant (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997). Mit einem Vorkommen in 4 % der Messflächen spielt sie in Linz eine eher untergeordnete Rolle.

***Physcia adscendens* (FR.) H. OLIV. (94 %)**

besitzt typische kuppelartig aufgewölbte Lappenenden mit Soralen auf der Unterseite und besiedelt nährstoffreiche, staubimprägnierte Borken von Laubbäumen (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997). Sie ist neben *Xanthoria parietina* die häufigste Flechte im Stadtgebiet kommt sowohl in den ländlichen Bereichen, als auch in den stark belasteten Zonen vor.

***Physcia caesia* (HOFFM.) FÜRNR. (2 %)**

Ihr natürlicher Standort sind subneutrale bis basische, meist stickstoffreiche Substrate, besonders Kalkgestein. Basal kommt sie auch an stark staubimprägnierten Straßenbäumen vor (WIRTH 1995). Da die Aufnahme der Flechten nicht an der Stammbasis erfolgte, wurde sie nur selten gefunden.

***Physcia stellaris* (L.) NYL. (22 %)**

kommt in Linz zerstreut in den Aufnahmen vor.

***Physcia tenella* (SCOP.) DC. (40 %)**

eine häufige Flechte in Linz und kommt über das gesamte Stadtgebiet verteilt vor. Sie bevorzugt nährstoffreiche, staubimprägnierte Borken von Laubbäumen (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997).

***Physconia enteroxantha* (NYL.) POELT (10 %)**

verteilt sich hauptsächlich auf das nördliche Stadtgebiet. Sie kommt meist auf rissigen Borken von Esche, Linde, Nussbaum, Pappel und Ahorn vor (WIRTH 1995).

***Physconia grisea* (LAM.) POELT (18 %)**

Kommt hauptsächlich in den Randbereichen, aber auch mit einigen Aufnahmen im Zentrum, vor. Auch sie bevorzugt staubimprägnierte Borken und ist relativ toxitolerant (WIRTH 1995, ELLENBERG 1992).

***Pseudevernia furfuracea* (L.) ZOPF (Einzelfund)**

kommt nur in einer Aufnahme vor. Sie bevorzugt saure Borken von Laub- und Nadelbäumen (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997).

***Punctelia subrudecta* (NYL.) KROG (9 %)**

kommt zerstreut im Stadtgebiet vor.

***Ramalina farinacea* (L.) ACH. (3 %)**

ist sehr selten und wurde nur in 3 % der Messflächen gefunden. Sie hat eine sehr breite ökologische Amplitude und ist deshalb die häufigste Art ihrer Gattung (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997).

***Usnea* spec. (Einzelfund)**

wurde nur in einer Messfläche gefunden.

***Xanthoria candelaria* (L.) TH.FR. (8 %)**

kommt auf nährstoffreichen Borken freistehender Bäume mit hohem pH vor, oft in der Nähe von Landwirtschaftlichen Betrieben (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997).

***Xanthoria parietina* (L.) TH. FR. (92 %)**

ist die zweithäufigste Flechte in Linz. Sie bevorzugt nährstoffreiche Borken freistehender Bäume und Sträucher mit hohem pH-Wert (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997).

***Xanthoria polycarpa* (HOFFM.) TH. FR. EX RIEBER (5 %)**

wurde vereinzelt in 5 % der Messflächen gefunden. Sie hat eine ähnliche ökologische Amplitude wie *X. parietina* (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997).

**Übersicht über die Standorteigenschaften – Trägerbäume**

Die ausgewählten Bäume unterscheiden sich je nach Nutzung des Gebietes. *Pyrus communis*, *Malus domestica* und *Juglans regia* finden sich hauptsächlich in den ländlich geprägten Bereichen des Stadtgebietes, Arten wie *Tilia platyphyllos*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides* und *Fraxinus excelsior* im dichter verbauten Gebiet, in dem sie als Straßenbäume verwendet werden. Tabelle 1 und die Häufigkeit der einzelnen Trägerbäume in den Aufnahmen dar. Die Bäume spielen eine wichtige Rolle als Substrat für die Flech-

tengemeinschaften, da sie mit ihrer Borkenreaktion die Besiedelung beeinflussen. In der vorliegenden Studie wurden nur solche mit subneutraler Borkenreaktion verwendet.

Tabelle 1: Prozentueller Anteil der Trägerbäume an der Gesamtanzahl.

Baumart	Anzahl	Prozentueller Anteil
<i>Acer platanoides</i>	167	25 %
<i>Fraxinus excelsior</i>	79	12 %
<i>Juglans regia</i>	72	11 %
<i>Populus x canadensis agg.</i>	16	2 %
<i>Acer pseudoplatanus</i>	30	4 %
<i>Malus domestica</i>	29	4 %
<i>Pyrus communis</i>	191	28 %
<i>Tilia cordata</i>	83	12 %
<i>Tilia platyphyllos</i>	13	2 %

### Zustand der Flechten

In 67 % der Messflächen wurde das Alter der Flechten als "überwiegend Mischung aus alten und jungen Thalli" beschrieben, in 33 % als "junge Thalli". Es wurden keine Bäume mit ausschließlich alten Flechten gefunden. Möglicherweise verhindert die lange Dauer der Einwirkung von Luftschatstoffen ein höheres Alter der Flechten, die dann schon früher absterben. Vor allem in den stärker belasteten Zonen finden sich keine alten Thalli.

Die Schädigung der Flechten betreffend, wurden zu gleichen Teilen Gemeinschaften mit "überwiegend gesunden" (41 %) und "gesunden und geschädigten" (48 %) Thalli gefunden. In 11 % der Messflächen wurden Reinbestände an geschädigten Flechten nachgewiesen.

### Bewertung der Luftgüteklassen

Luftgütekarte der Stadt Linz nach VDI 3957 Blatt 13 siehe Anhang, Abbildung 47.

Tabelle 2: Verteilung der Luftgüteklassen in Linz

Luftgütekasse	Indexwert	Anzahl	Prozentueller Anteil
Sehr hohe Luftgüte	5	0	0 %
Hohe Luftgüte	4	11	10 %
Mäßige Luftgüte	3	51	49 %
Geringe Luftgüte	2	41	39 %
Sehr geringe Luftgüte	1	2	2 %

### S e h r h o h e L u f t g ü t e

Zonen mit sehr hoher Luftgüte konnten in keinem Bereich des Stadtgebietes nachgewiesen werden. Die mindestens erforderlichen Flechtendiversitätswerte von 40 bei den Referenzarten und der Flechtendiversitätswerte von maximal 10 bei den Eutrophierungszeigern konnte nirgends erreicht werden. Empfindlichere Arten wie *Evernia prunastri* kommen zwar vereinzelt in den Randgebieten der Stadt bis hin zu Zonen mit geringer Luftgüte vor, sind aber meist nur gering entwickelt oder zeigen Schadwirkungen. *Pseudevernia furfuracea* und *Usnea* spec. konnten überhaupt nur in 1 % der Messflächen nachgewiesen werden.

### H o h e L u f t g ü t e

Die Zone hoher Luftgüte erreicht eine Flächendeckung von etwa 10 % und findet sich im Bereich der südlichen Mühlviertler Randlagen und mit einem Quadranten im Süden im Bereich Traundorf. Die Zonen hoher Luftgüte sind gleichzeitig von sehr niedrigem bis niedrigem Einfluss von eutrophierenden Luftverunreinigungen geprägt. Blattflechten wie *Parmelia sulcata* oder *Parmelina tiliacea* sind gut entwickelt, weisen jedoch oft Immisionsschäden auf. Im Vergleich zu Zone 2 bei TÜRK et al. 1994 erreicht die Zone hoher Luftgüte nun wieder eine größere Flächenausdehnung.

### M ä ß i g e L u f t g ü t e

Wie aus Abbildung 47 ersichtlich, sind in Linz die Zonen mäßiger und geringer Luftgüte vorherrschend und auf das gesamte Stadtgebiet verteilt. Zone 3 nimmt mit 49 % einen recht großen Teil des Linzer Stadtgebietes ein. In dieser Zone nehmen die Abundanzen aller Arten ab, wobei relativ gesehen, die Frequenzen der Eutrophierungszeiger zunehmen.

### G e r i n g e L u f t g ü t e

Die Zone geringer Luftgüte ist in zwei Quadranten im Stadtinneren und in Steyregg, außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes, vertreten. Geringe Luftgüte ist in 39 % des Untersuchungsgebietes vertreten und ist somit die zweithäufigste Kategorie. Zone 3 und Zone 2 sind relativ gleichmäßig über das Stadtgebiet verteilt und prägen das Gesamtbild der Luftgütekarte. Die Deckungsgrade der Eutrophierungszeiger, wie *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens* und *Xanthoria parietina*, nehmen relativ zu den Deckungsgraden der Referenzarten enorm zu. Allgemein nimmt die Abundanz der Flechten stark ab.

### S e h r g e r i n g e L u f t g ü t e

Sehr geringe Luftgüte ist in 2 % der Messflächen zu finden. Die untersuchten Trägerbäume in diesen Gebieten sind bis auf wenige Thalli von *Phaeophyscia orbicularis* oder *Physcia adscendens* fast völlig flechtenfrei. Krustenflechten spielen eine untergeordnete Rolle.

In Tabelle 2 werden die Anteile der einzelnen Luftgütezonen an der Gesamtheit der Messflächen dargestellt.

### **Einfluss eutrophierender Luftverunreinigung**

Tabelle 3: Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen in Linz

Diversität der Eutrophierungszeiger	Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen	Indexwert (Zweite Ziffer)	Anzahl	Prozentueller Anteil
Sehr hoch	Sehr stark	E5	4	4 %
Hoch	Stark	E4	14	13 %
Mäßig	Mäßig	E3	27	26 %
Niedrig	Gering	E2	37	35 %
Sehr niedrig	Sehr gering	E1	23	22 %

Der Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen bezieht sich auf die Diversität der Eutrophierungszeiger und ist in Linz zu etwa gleichen Teilen als sehr gering bis mäßig einzustufen (vergleiche Tabelle 3).

4 % der Messflächen in Linz sind von starkem Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen geprägt. Die meisten dieser Probeflächen sind als Zonen geringer Luftgüte mit sehr starkem Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen zu bezeichnen. Eine Messfläche ist von sehr geringer Luftgüte mit sehr starkem Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen.

Starker Einfluss von Eutrophierung ist in 13 % der Aufnahmeflächen gegeben.

27 % des Stadtgebietes sind von mäßigem Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen geprägt. Die Bereiche sind auf das ganze Untersuchungsgebiet verteilt.

Die Bereiche (22 % der Messflächen), in denen geringer Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen herrscht, sind oftmals entweder Bereiche hoher oder sehr geringer bis geringer Luftgüte.

Auch der geringe Einfluss von Eutrophierung ist überall nachzuweisen und beträgt etwa 35 %.

### **Diskussion**

Linz und Umgebung würde viele Lebensmöglichkeiten für Flechten bieten, Belege aus früheren Zeiten (vor dem 2. Weltkrieg) bestätigen diese Annahme. Auch die entsprechenden Trägerbäume wären vorhanden, weshalb der Rückgang der Flechten aus den Ballungszentren offensichtlich mit der veränderten Luftqualität zusammenhing (TÜRK et al. 1994). Auch die seit den 1990er Jahren im Gange befindliche Rückkehr der Flechten lässt sich mit der Verschiebung der Immissionen erklären. Die Immissionen veränderten sich in Richtung luftgetragener Stickstoffverbindungen (FRANZEN et al. 2002). Die Tatsache, dass im Mühlviertel und im Alpenvorland, in größerer Entfernung vom Stadtgebiet konnten schon in den 1980er Jahren keine ungeschädigten Exemplare der empfindlichen Blatt- und Strauchflechten mehr nachgewiesen werden konnten, zeigt wie stark diese Einflüsse wirksam sein können (TÜRK et al. 1994).

Heute scheint sich die allgemeine Situation der Linzer Luft verbessert zu haben in Rich-

tung der Zunahme der Zonen mit mittlerer Qualität, also mäßiger Luftgüte. Durch die vermehrte Rücksichtnahme auf die Häufigkeit von Eutrophierungszeigern in der neuen Methodik, muss davon ausgegangen werden, dass im Gegensatz zu früher neben den industriellen Punktemittenten andere Einflüsse von Bedeutung sind. Auch die unregelmäßige Verteilung der Luftgüteklassen weist darauf hin, dass es wesentlich kleinräumigere Verteilung der Immissionen gibt. Das steht im Gegensatz zu den eindeutigen Zonierungen und Abfolgen der früheren Untersuchungen.

In den Bereichen hoher und sehr geringer Luftgüte ist der Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen sehr gering. Im ersten Fall ist dies wohl auf die generell bessere Luftqualität zurückzuführen. Im letzteren Fall ist die Gesamtdiversität so gering, dass auch die der Eutrophierungszeiger sehr gering ist. Deshalb ist der geringe Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen in diesem Fall nicht positiv zu werten und wird offensichtlich durch andere Faktoren überlagert. Vielleicht stoßen wir hier auch auf die Grenze dieser Methodik, da stickstoffliebende Arten auch nicht unendlich durch Stickstoffgaben gefördert werden. Ab einer gewissen Schadstoffkonzentration verschwinden auch die zuvor geförderten Arten. Es sind weitere Untersuchungen notwendig, um die Populationsdynamik im Zuge der Veränderung der Stickstoffkonzentration, zu verfolgen.

Der Schadstoffeintrag in Steyregg dürfte nach wie vor relativ hoch sein, die Bäume sind zum Teil völlig flechtenfrei. Eine Flechtenwüste, wie sie in den Arbeiten von TÜRK et al. 1992 und früheren beschrieben wurde, konnte nur noch an wenigen Stellen nachgewiesen werden. Zum einen die toxitoleranten Eutrophierungszeiger kommen in mehr oder weniger großen Abundanzen selbst in den stärker belasteten Zonen vor. Auffällig ist auch, dass im Allgemeinen die bewaldeten Bereiche fast völlig flechtenfrei sind. Fichten sind, wie schon TÜRK et al. 1994 feststellten, immer ohne Flechtenbewuchs.

Bereiche oberhalb der Inversionsgrenze sind meist von besserer Luftqualität, als die darunter, was die eher ungünstige Beckenlage der Stadt widerspiegelt. Die nördlichen Bereiche der Stadt profitieren einerseits von dieser höheren Lage, andererseits auch von günstigen Windverhältnissen, die einen leichteren Abtransport der Schadstoffe ermöglicht.

Die Lüftgütekarten der verschiedenen Untersuchungen können nur mit Vorbehalt verglichen werden können, da mit unterschiedlichen Methoden gearbeitet wurde. Ein Vergleich wurde aber dennoch angestellt, da die einzelnen Methoden an die Erfordernisse der jeweiligen Zeit angepasst waren und deshalb eine Wiederholungskartierung mit alten Methoden nicht sinnvoll wäre.

Werden die Verbreitungskarten von TÜRK et al. 1994 (Abbildungen 38-46) mit den aktuellen Karten verglichen, so können auch einige Aussagen über die Veränderung der Luftqualität getätigt werden. Die Verbreitung von *Amandinea punctata* hat seit dieser Zeit etwas abgenommen, was möglicherweise auch auf die Ausbreitung des Siedlungsgebietes und somit auf die verringerte Zahl an Trägerbäumen (vor allem *Pyrus communis*) zurückzuführen ist. Sie ist dennoch sehr häufig und weist aufgrund ihrer hohen Toxitoleranz auf einen nach wie vor hohen Belastungsgrad hin. Das Vorkommen von *Evernia prunastri*, eine relativ toxitolerante, aber eher acidophytische Strauchflechte, ist auf die Hälfte ihres Verbreitungsgebietes von 1994 zurückgegangen. Dies ist ein weiterer Hinweis auf die steigende Eutrophierung der Atmosphäre. Das aktuelle Vorkommen von *Hypogymnia physodes* ist im Vergleich zu 1994 stark zurückgegangen. *H. physodes* ist eine acidophytische Flechte, die den aktuellen, verstärkt durch Eutrophierung geprägten Bedingungen offensichtlich nicht gut standhält. *Parmelia*

*sulcata* war 1994 wesentlich häufiger, wenngleich sie auch in den stärker belasteten Gebieten Schädigungen aufwies. Ebenso wie *Parmelina tiliacea*, die auch in ihrer Häufigkeit abgenommen hat, verfügt sie über relativ geringe Stickstoffzahlen und weicht der stärkeren Eutrophierung der Atmosphäre. *Phaeophyscia orbicularis*, ein Eutrophierungszeiger hat stark zugenommen und ist fast über das gesamte Stadtgebiet verteilt. Dasselbe gilt für *Xanthoria parietina*, was den Eindruck der stärkeren Eutrophierung unterstreicht. *Pseudevernia furfuracea*, die sehr empfindlich auf Eutrophierung reagiert und *Usnea* spec. sind jeweils nur mehr in einem Quadranten zu finden und weisen ebenfalls auf diesen Umstand hin.

Die Mikrolichenen *Amandinea punctata*, *Candelariella reflexa* und *C. xanthostigma* sind in Linz sehr häufig vertreten. Sie verfügen über eine mittlere Nährstoff- und Reaktionszahl und bis auf *Candelariella reflexa* über relativ hohe Toxitolanzwerte. Da in der verwendeten Methodik keine Rücksicht auf den Schädigungsgrad der Flechten genommen wird und die obigen Arten sehr häufig sind, wurde die Luftgüte nochmals ohne Berücksichtigung der genannten Arten erstellt (siehe Abbildung 48, Anhang). Die Luftgütekarte zeigt eine deutliche Verschlechterung des Bildes. Die Zonen guter Luftqualität sind völlig verschwunden und weichen der Zone mäßiger und teilweise schlechten Luftqualität. Dies gibt einen Hinweis auf den starken Einfluss der weggelassenen Arten in diesen Bereichen. Der Anteil der Zonen mäßiger Luftqualität ist von 49 % auf 26 % gesunken. Vor allem im inneren Stadtbereich ist die Verdichtung der schlechten Luftgütezonen deutlich. Somit ist schlechte Luftqualität in 68 % statt vorher 39 % der Messflächen vertreten. Der Anteil sehr geringer Luftgüte ist von 2 % auf 6 % angestiegen. Wie FRANZEN-REUTER & STAPPER (2003) feststellten, ist *Amandinea punctata* ein Zeiger des steigenden Einflusses von Landwirtschaft.

## Zusammenfassung

Im Zeitraum von Jänner 2006 bis Jänner 2007 wurde eine immissionsökologische Untersuchung der epiphytischen Flechtenvegetation in der Stadt Linz durchgeführt. Als Methode wurde die Richtlinie VDI 3957 Blatt 13 (Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator für die Luftgüte) verwendet. Dabei gehen Anzahl, sowie Frequenz der einzelnen Flechtenarten auf einer definierten Teilfläche der Borke in einen Diversitätswert ein, welcher als Parameter dient, um den Grad der Belastung abzuschätzen. Im Vergleich zu früheren Untersuchungen wurden eine Abnahme der so genannten Flechtenwüsten und eine Zunahme der Zonen geringer und mäßiger Luftqualität festgestellt. Anhand der Verteilung der Luftgütezonen ist ein kleinräumiger Wirkungskreis mit stärkerer Auswirkung luftgetragener Stickstoffverbindungen anzunehmen. Die Auswirkungen saurer Immissionen sind seit den letzten Untersuchungen stark zurückgegangen, es wurden kaum Säurezeiger gefunden. Es konnten im Stadtgebiet keine Zonen mit sehr hoher Luftqualität nachgewiesen werden, die Zone hoher Luftgüte nimmt 10 % der Messflächen ein. Die Häufigkeit der Zonen mäßiger und geringer Luftqualität beträgt zusammen 88 %. Sehr geringe Luftqualität ist in 2 % der Messflächen vertreten. Der Einfluss eutrophierender Luftverunreinigungen ist den Ergebnissen nach als sehr gering bis mäßig einzustufen. Dies hängt mit der generell niedrigen Diversität in den stärker belasteten Zonen zusammen. Die niedrige Diversität der Eutrophierungszeiger dort lässt den Eindruck geringer Belastung entstehen. Offensichtlich ist aber die Belastung bereits so hoch, dass auch diese nicht mehr bestehen können.. Insgesamt wurden 35 Arten in den Aufnahmen festgestellt, wobei diese aufgrund der Methodik und der Wahl der Trägerbäume nur einen Teil der tatsächlichen Artengarnitur darstellen können.

## Literatur

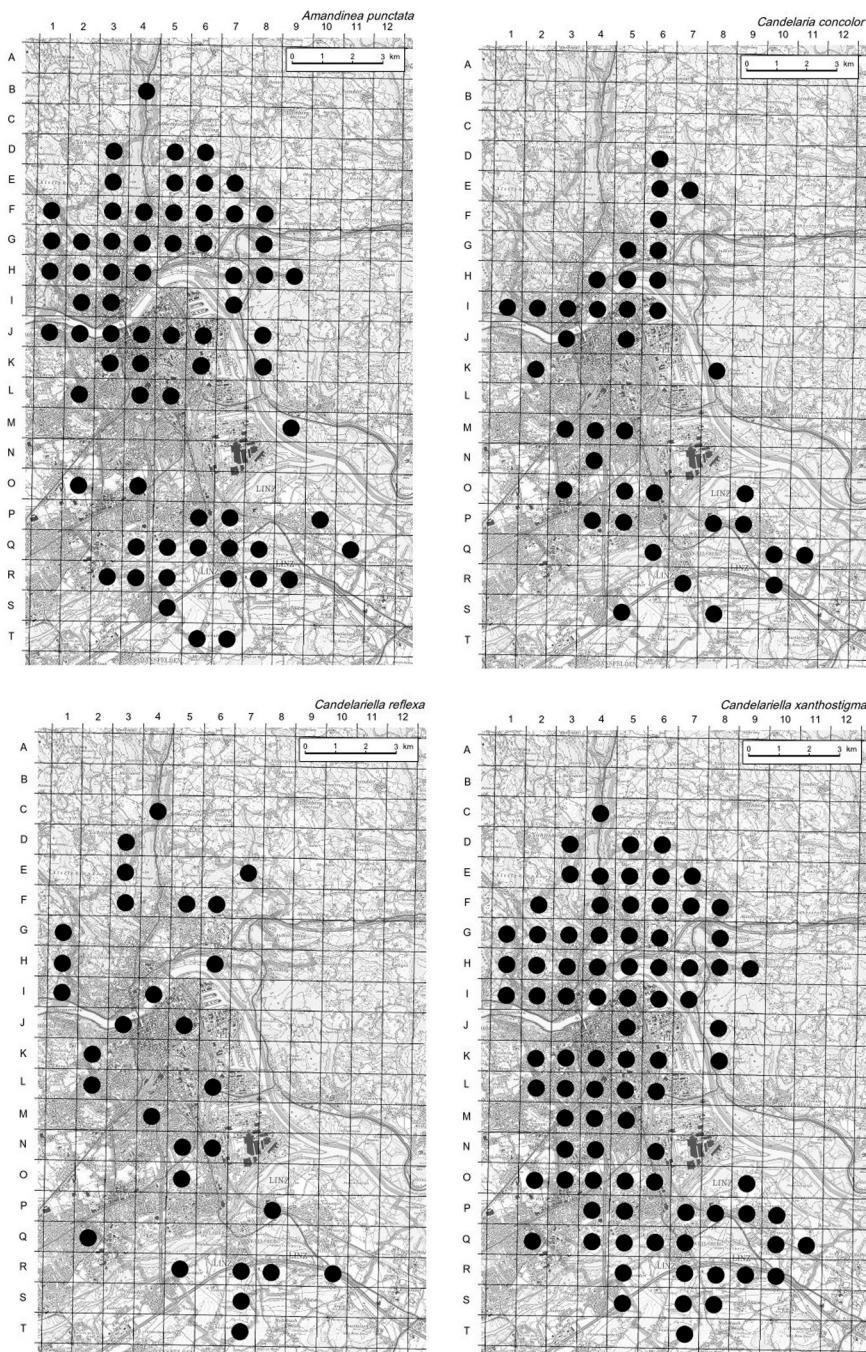
- BORTENSCHLAGER S. & H. SCHMIDT (1963): Untersuchung über die epixyle Flechtenvegetation im Großraum Linz. — Naturk. Jahrb. Stadt Linz 1963: 19-35 +Karten.
- BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSEWESEN (2005): Österreichische Karte 1:50000 Nr. 4319 (Linz) und 4320 (Perg). — Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien.
- FRANZEN I., STAPPER N.J. & J.-P. FRAHM (2002): Ermittlung der lufthygienischen Situation Nordrhein-Westfalens mit epiphytischen Flechten und Moosen als Bioindikatoren. — <http://www.bryologie.uni-bonn.de/deutsch/frame.htm>. Abrufdatum 12.12.2006.
- FRANZEN-REUTER I. & N. STAPPER (2003): Epiphytenkartierung: Nachweis eutrophierender Luftverunreinigungen in NRW. Landesweite Kartierung epiphytischer Flechten und Moose. — LÖBF-Mitteilungen **1/03**: 76-78.
- HEBER I., HEBER W. & R. TÜRK (1992): Ergebnisse der Flechtenexpositionen (Oktober 1990 bis Oktober 1991) für die Feststellung der Luftqualität in Linz. — [http://www.linz.gv.at/Umwelt/umwelt\\_27831.asp](http://www.linz.gv.at/Umwelt/umwelt_27831.asp), Abrufdatum 12.12.2006.
- HOISLBAUER G. (1979): Rindenflechten im Oberösterreichischen Zentralraum und ihre Abhängigkeit von Umwelteinflüssen. — Staphia **5**: 69 pp.
- KRICKE R. (2006): Flechten und Bioindikation. — <http://www.flechten-im-ruhrgebiet.de>, Downloaddatum: 05.12.2006.
- MARHOLD H. (2003): Feinstaubproblematik in Linz. — Grüne Reihe Bericht Nr. **1/2003**: 68 pp.
- MURSCH-RADLGRUBER E. (2002): Wärmeinsel Linz und belüftungsrelevante Strömungssysteme. Linz. — Grüne Reihe, Bericht Nr. 7/2002.
- TÜRK R., WITTMANN H., ROTH S & I. WÖGERER (1994): Die Luftqualität im Stadtgebiet von Linz – Untersuchungen über den epiphytischen Flechtenbewuchs im Bezug zur Schadstoffbelastung. — Naturkundl. Jb. d. Stadt Linz Bd. **37-39**/1991-1993: 457-490.
- UMWELTBUNDESAMT (2004): Medienübergreifende Umweltkontrolle in ausgewählten Gebieten – Linz. — <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/industrie/muk>, Abrufdatum: 1.12.2006.
- WIRTH V. (1992): Zeigerwerte von Flechten. — In: ELLENBERG H. (1992): Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropas. 2. Auflage. — Göttingen, Gölze, 258 pp.

Anschrift der Verfasser: Mag. Barbara THAN  
Ziegeleistr. 81  
A-4020 Linz, Austria  
E-Mail: [barbara.than@sbg.ac.at](mailto:barbara.than@sbg.ac.at)

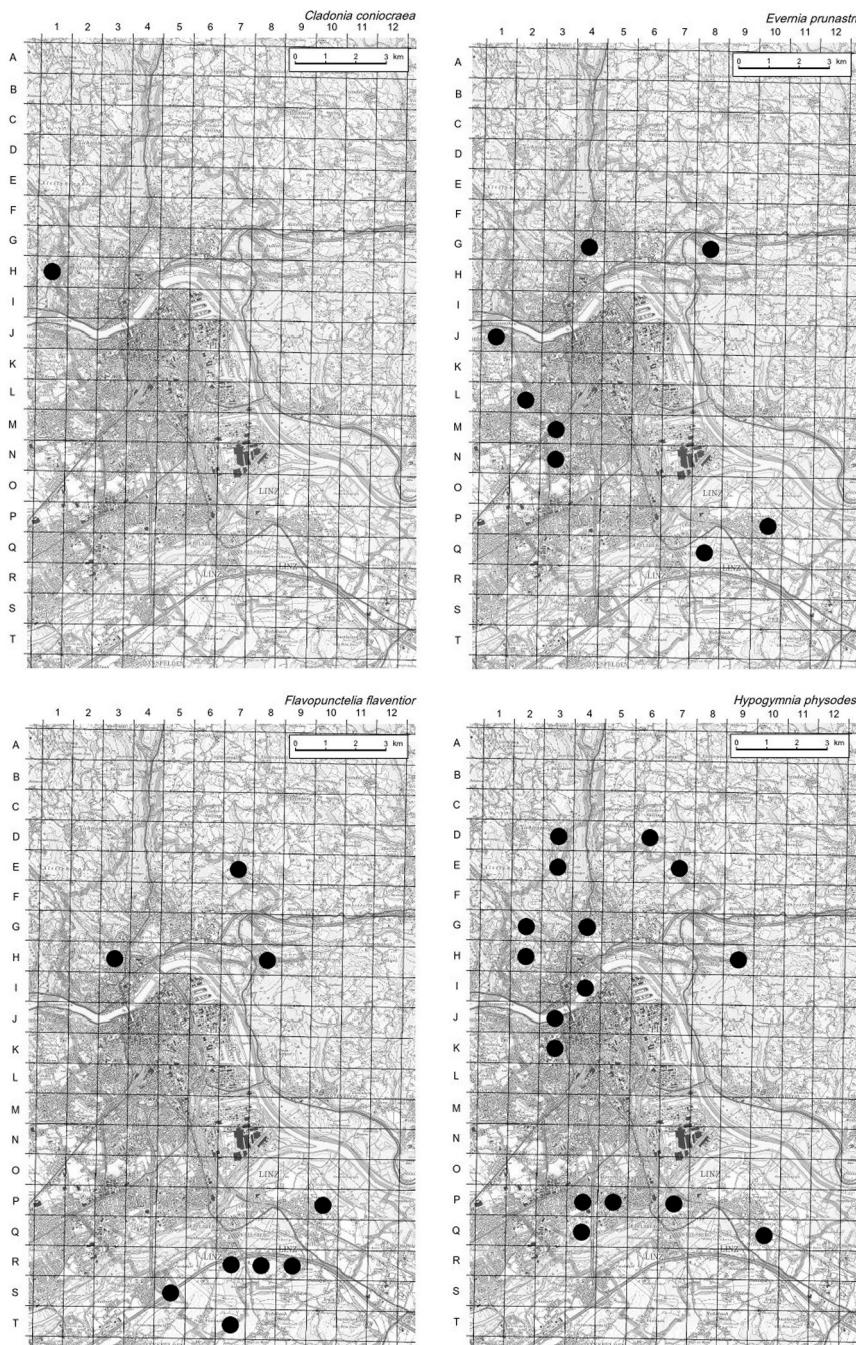
Dr. Roman TÜRK  
Universität Salzburg  
Fachbereich für Organismische Biologie  
Hellbrunnerstraße 34  
A-5020 Salzburg, Austria  
E-Mail: [roman.tuerk@sbg.ac.at](mailto:roman.tuerk@sbg.ac.at)

## Anhang

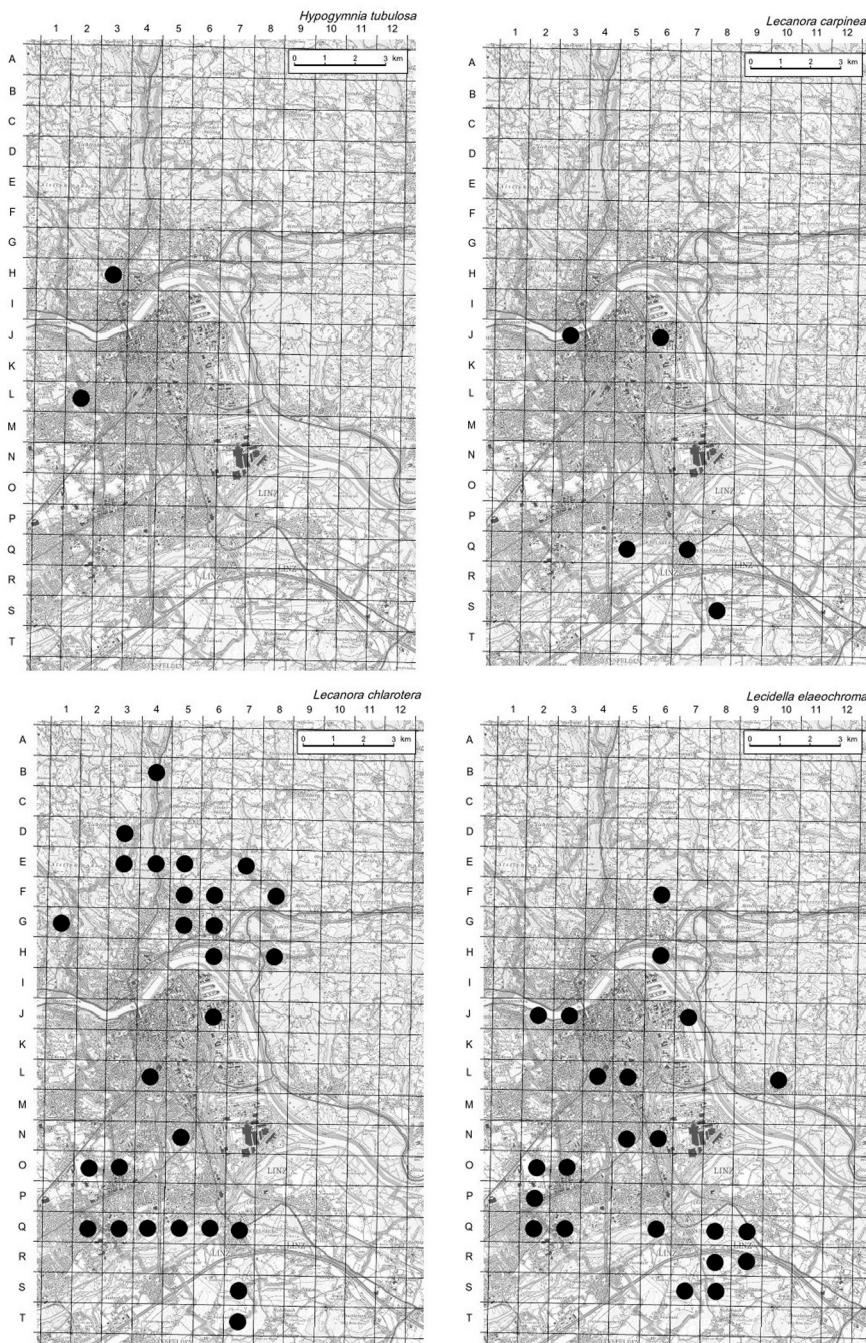
Auf den nachfolgenden Seiten werden Verbreitungskarten verschiedener Flechtenarten gezeigt (Abbildungen 2-37):



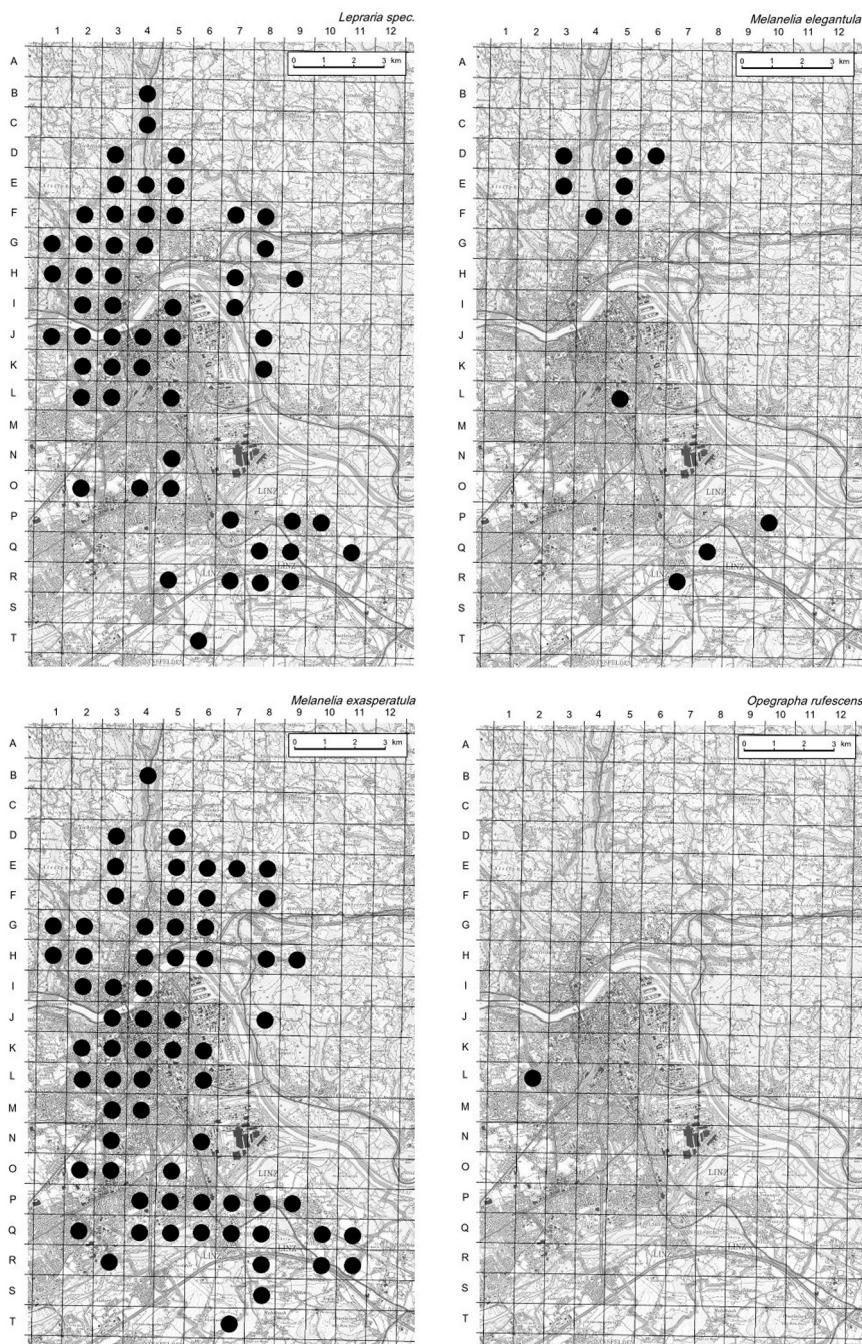
Abbildungen 2-5



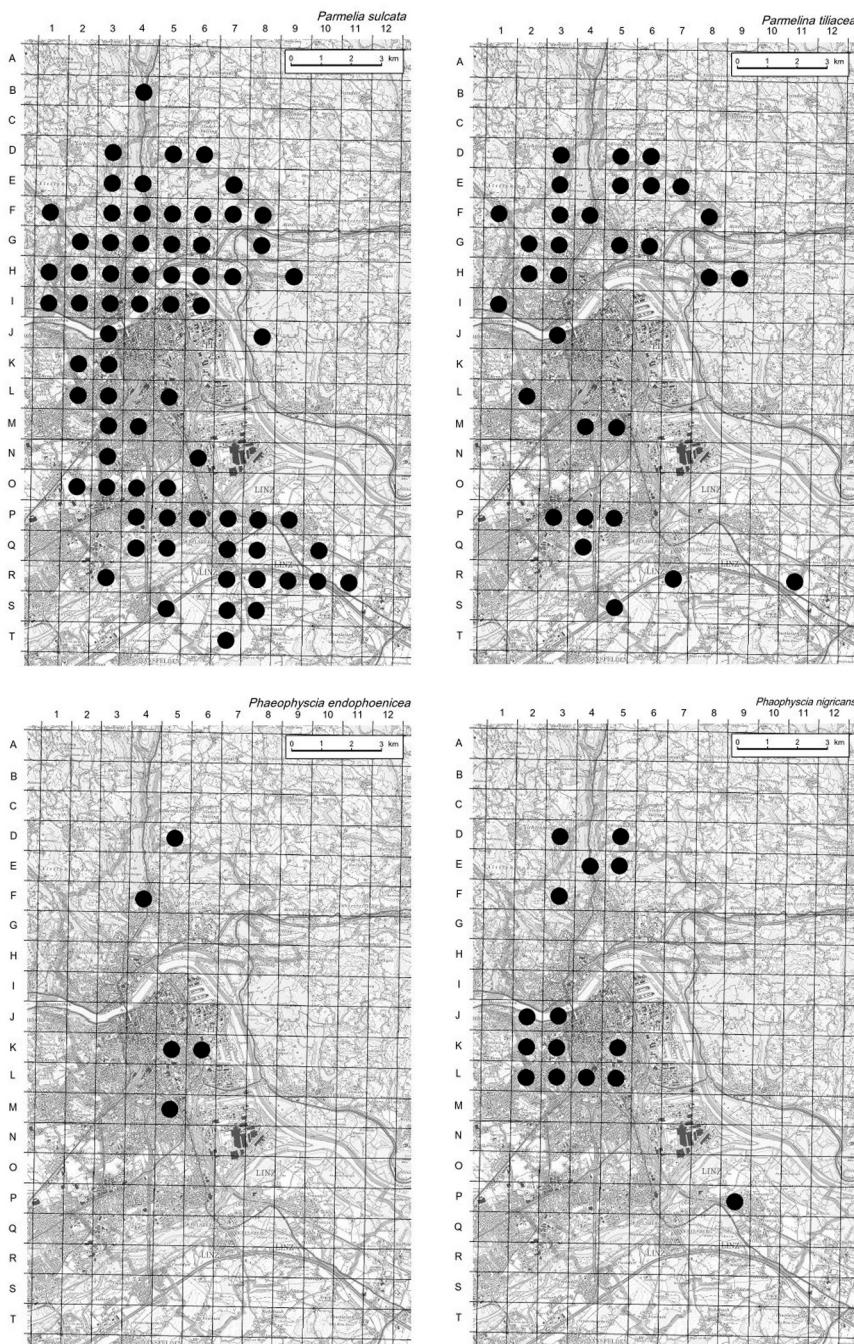
Abbildungen 6-9



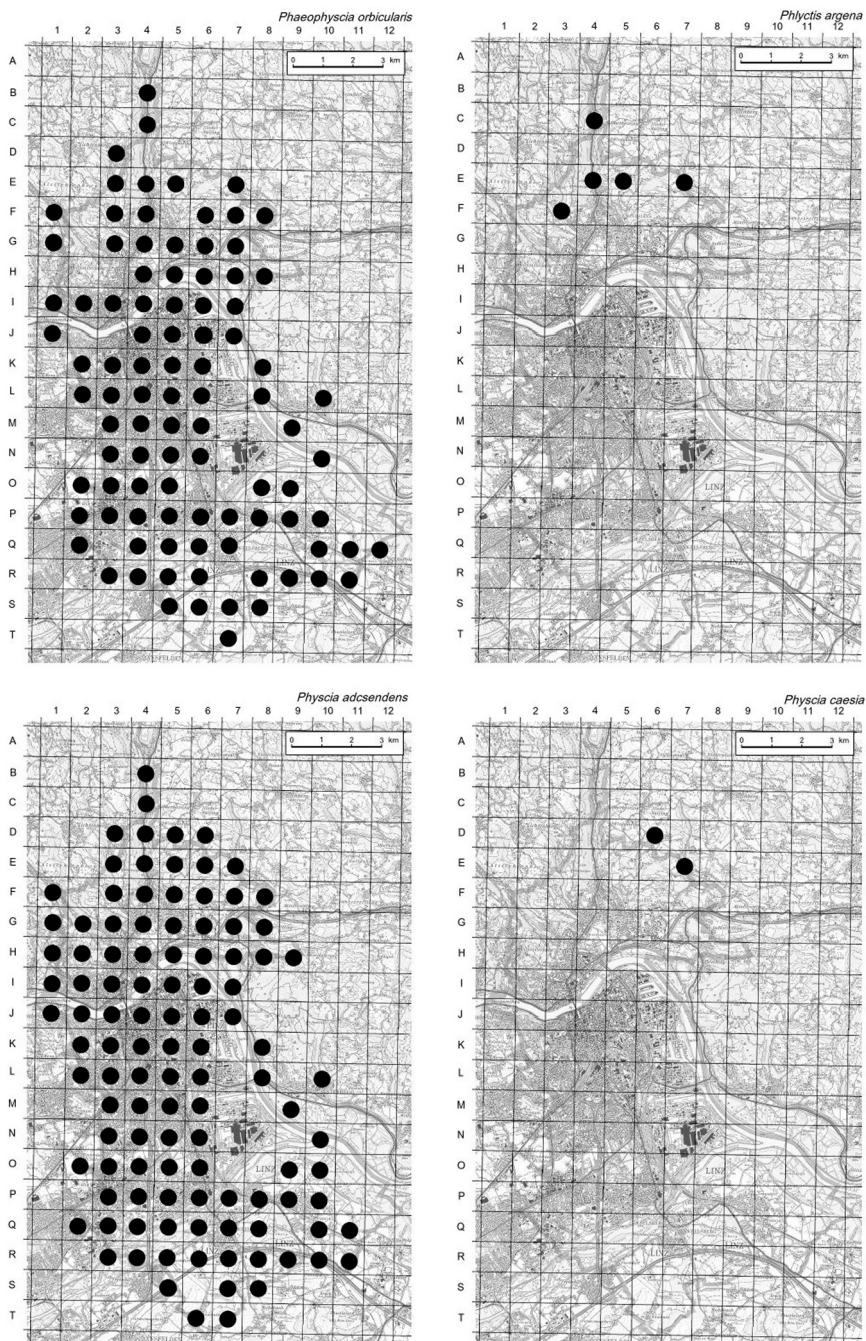
Abbildungen 10-13



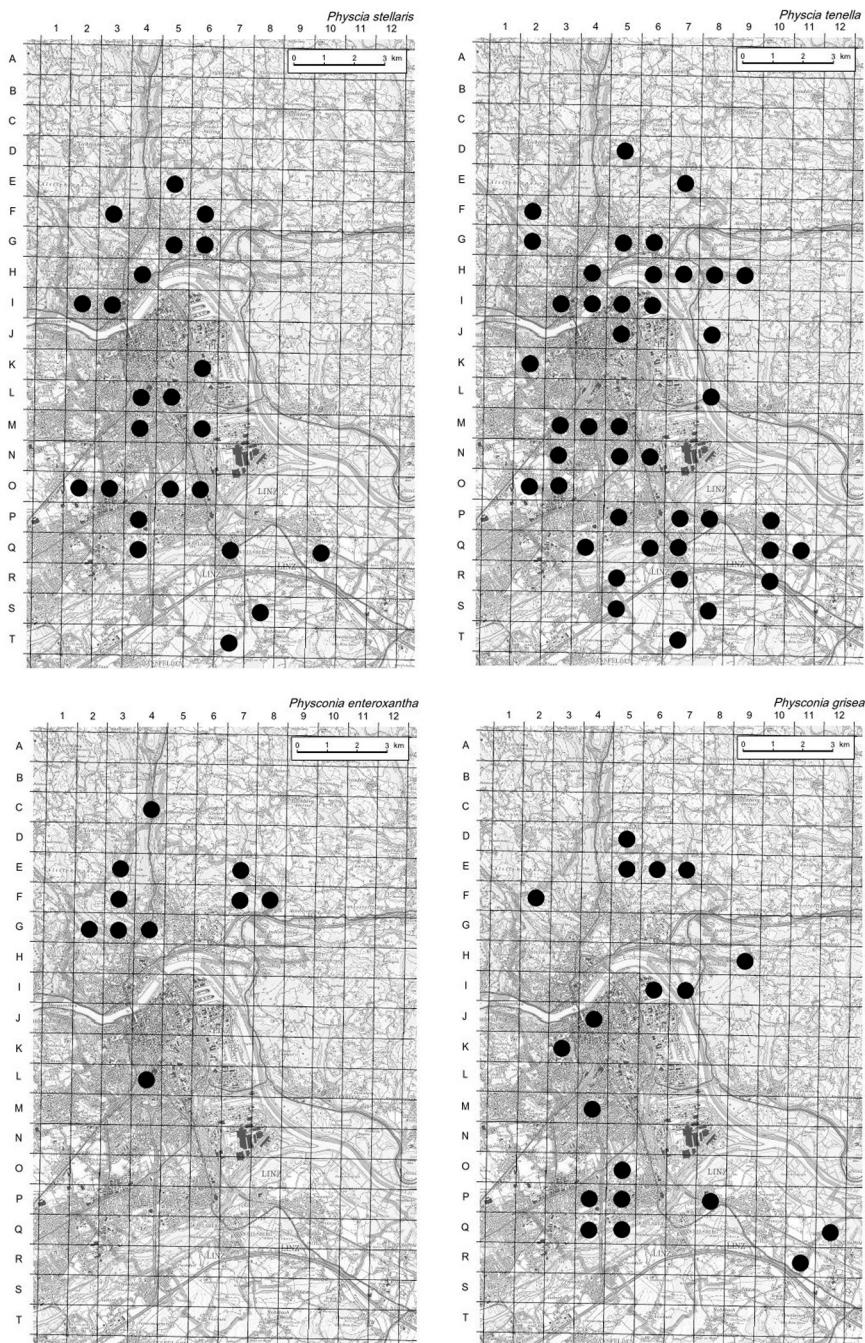
Abbildungen 14-17



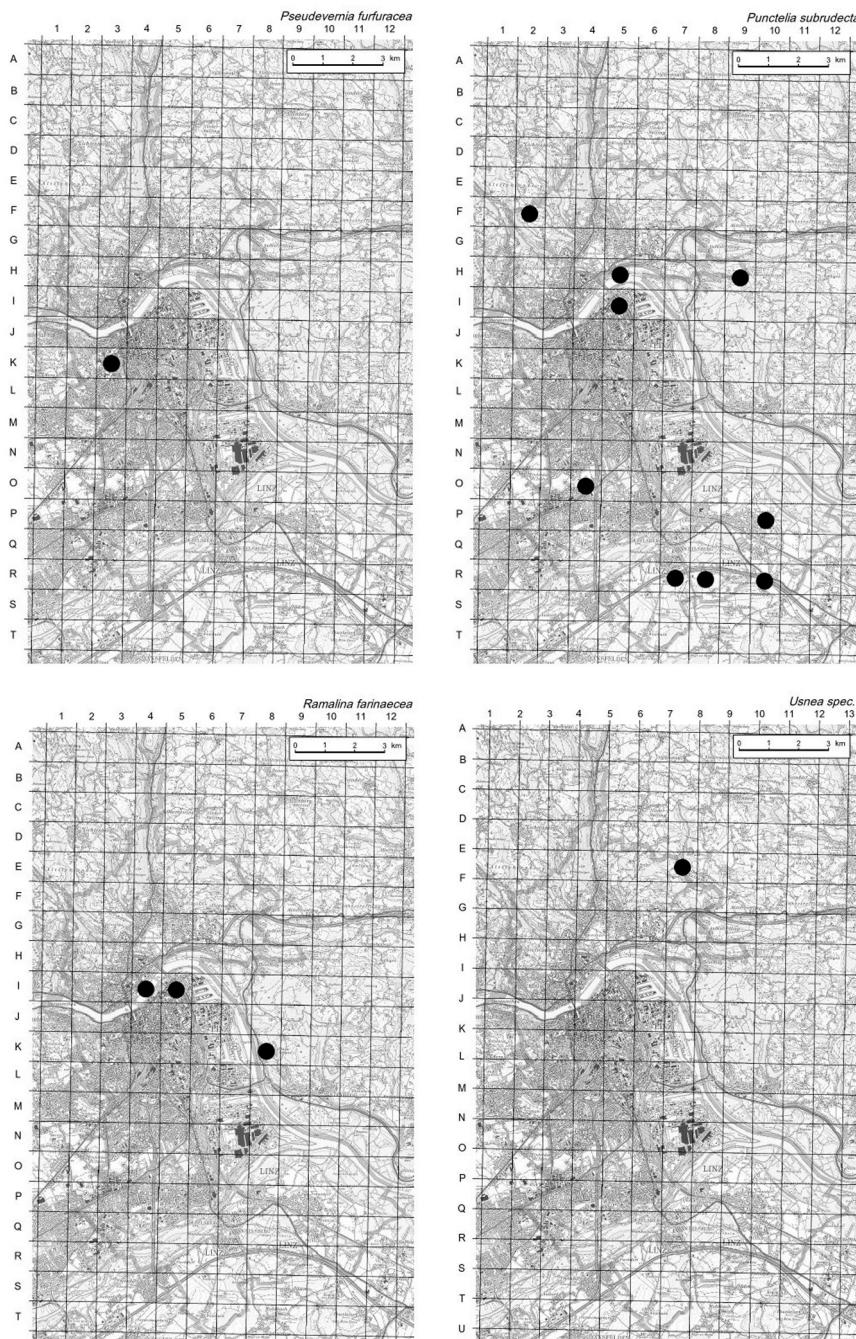
Abbildungen 18-21



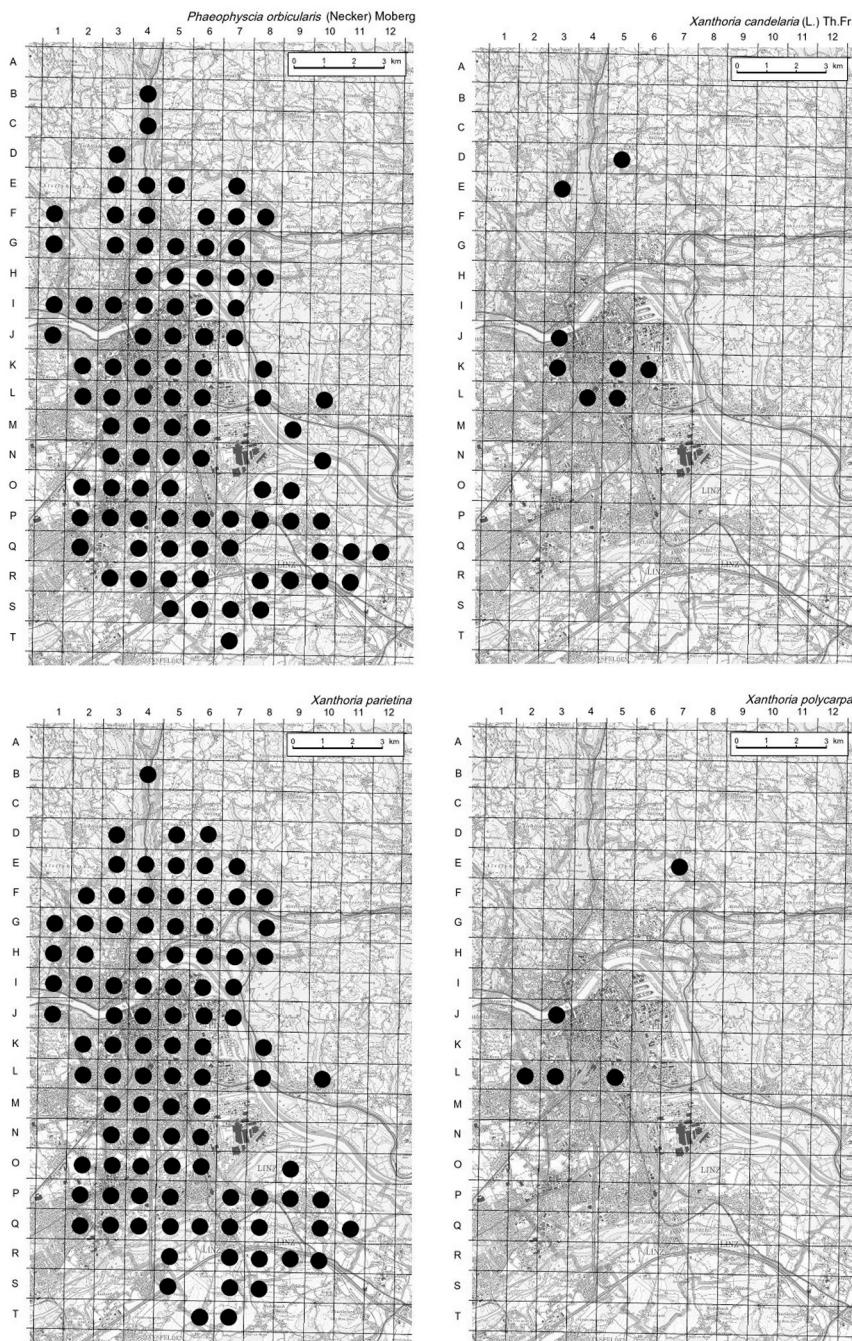
Abbildungen 22-25



Abbildungen 26-29

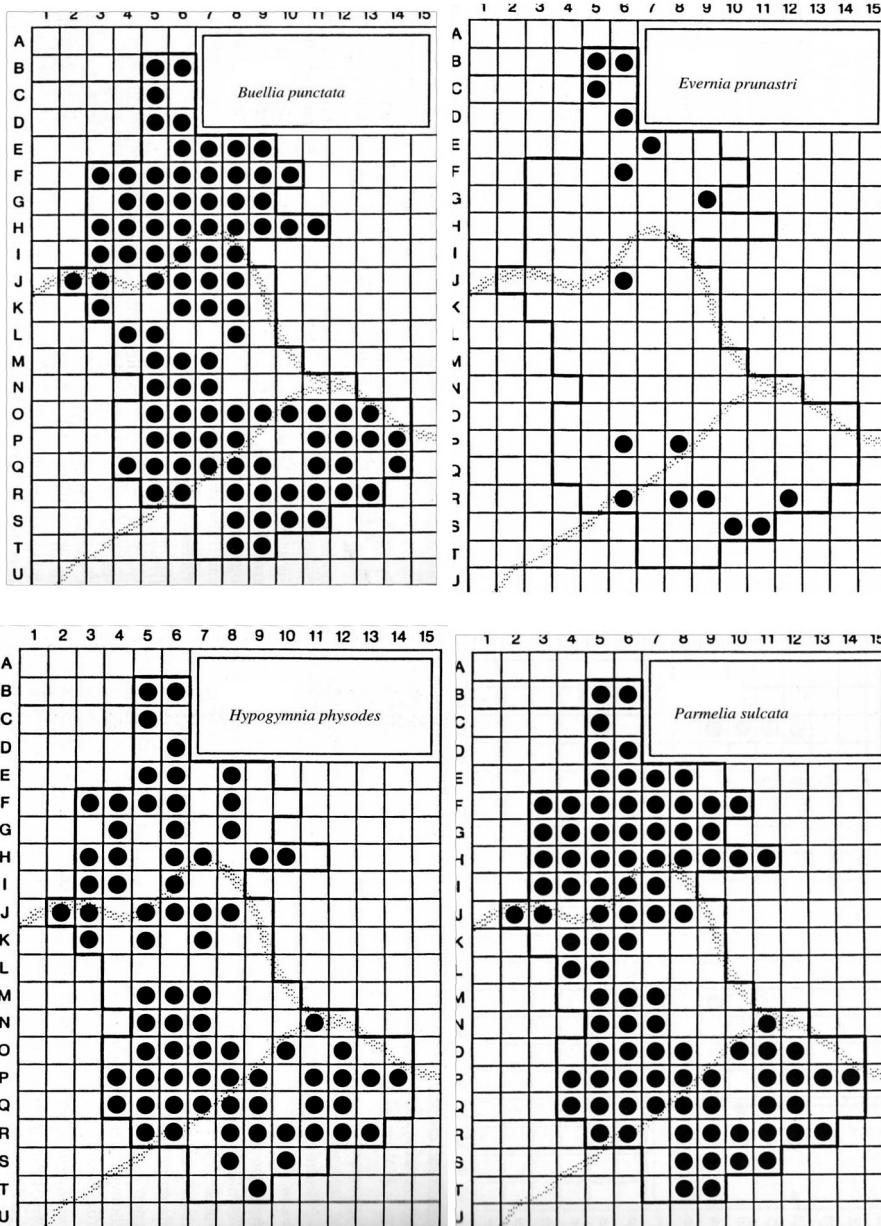


Abbildungen 30-33

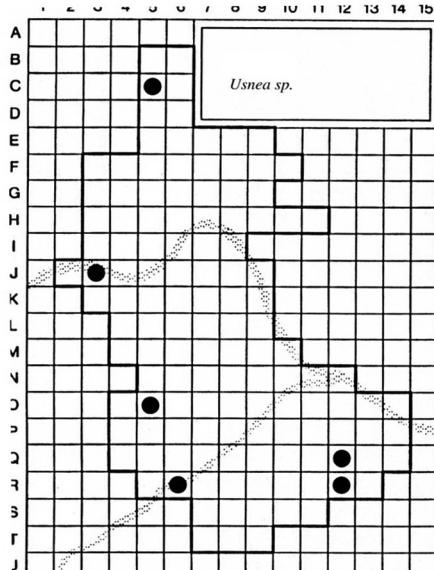
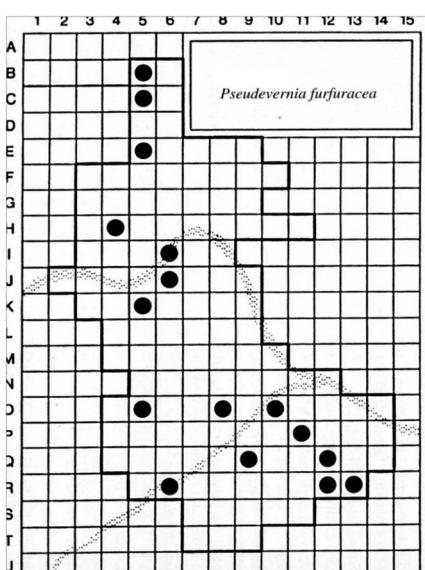
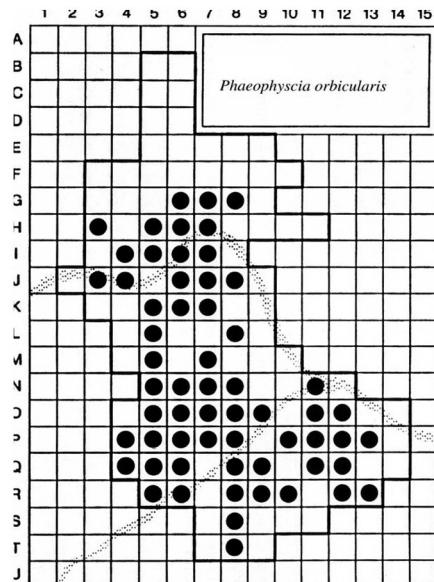
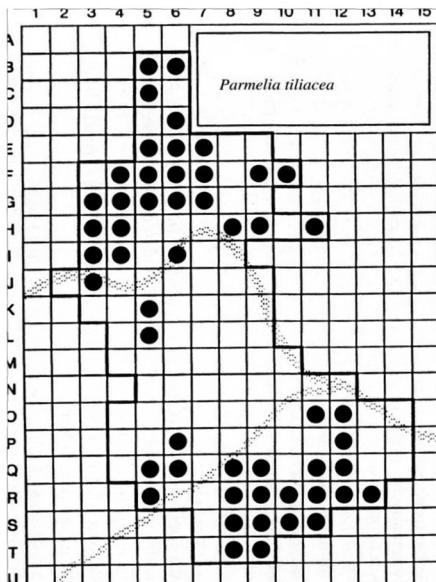


Abbildungen 34-37

Auf den nachfolgenden Seiten die Verbreitungskarten einiger Flechtenarten aus TÜRK et al. 1994 (Abbildungen 38-46):



Abbildungen 38-41



Abbildungen 42-45

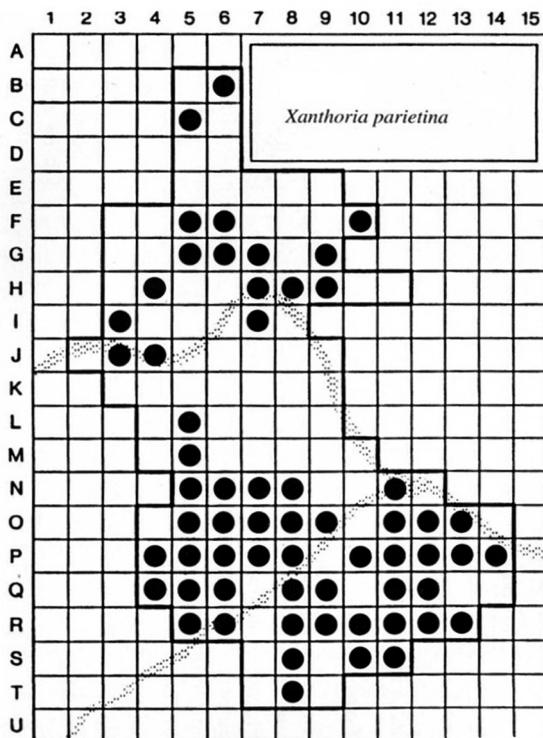


Abbildung 46

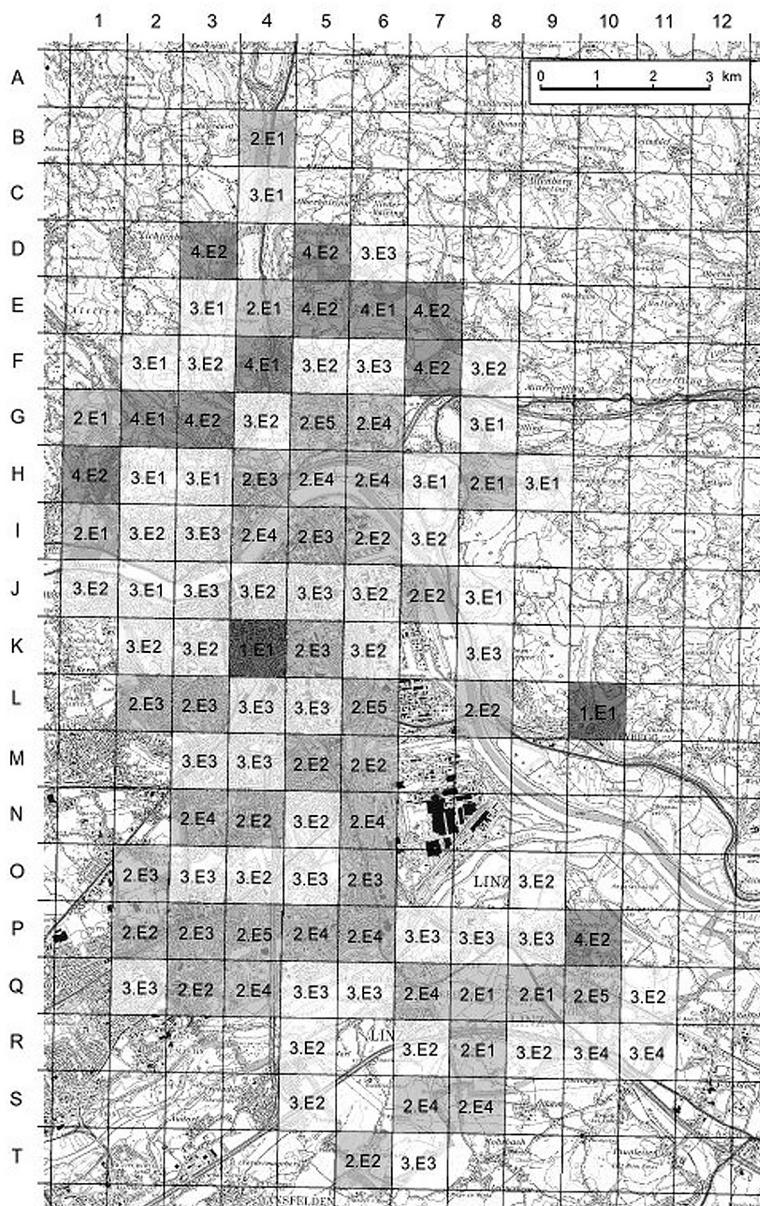


Abbildung 47: Luftgütekarte der Stadt Linz nach VDI 3957 Blatt 13

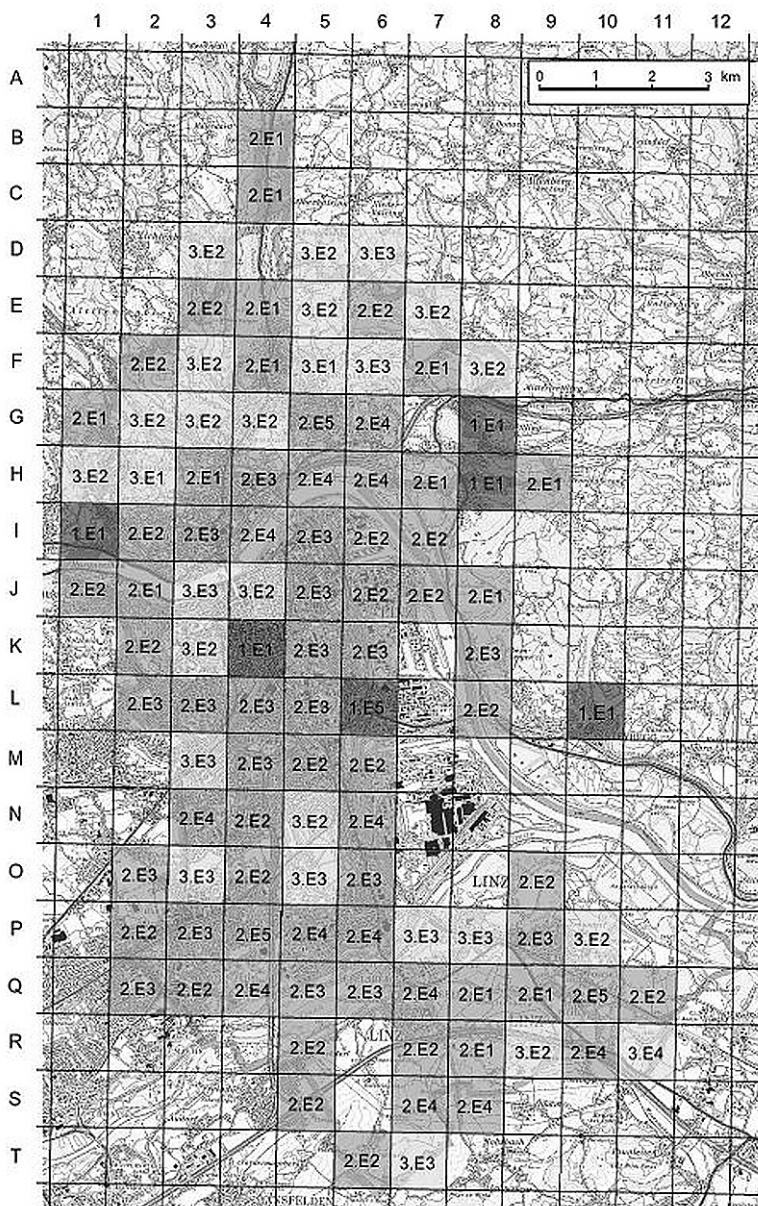


Abbildung 48: Kritische Luftgütekarte

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2008

Band/Volume: [0018](#)

Autor(en)/Author(s): Than Barbara, Türk Roman

Artikel/Article: [Immissionsökologische Untersuchung der epiphytischen Flechtenvegetation der Stadt Linz 381-409](#)