

Eine einfache Methode zur Bioindikation der Umweltbelastung in einer Großstadt mit epiphytischen Flechten¹

Sinje Schnell & Norbert J. Stapper

Zusammenfassung: Die Häufigkeit der beiden gegenüber Verkehrsimmissionen und städtischer Überwärmung toleranten Blatflechten *Phaeophyscia nigricans* und *P. orbicularis* bezogen auf die Deckung aller anderen epiphytischen Flechten wird als einfaches Instrument zur Bestimmung der Umweltbelastung einer Großstadt überprüft.

Abstract: The frequency of transport immission and urban heat island formation tolerant, foliose lichens *Phaeophyscia nigricans* and *P. orbicularis* in proportion to the cover of all other epiphytic lichens is tested as a simple means for the estimation of environmental pollution within a big city.

Einleitung

Aufgrund physiologischer Besonderheiten reagieren Flechten außerordentlich empfindlich auf Umweltbelastungen, namentlich saure oder eutrophierende Luftschadstoffe (NYLANDER 1866, HAWKSWORTH & ROSE 1970, VAN HERK 1999, LEITH *et al.* 2005) oder Klimaveränderungen (VAN HERK *et al.* 2002, INSAROV 2002). Standardisierte Kartierungen zur räumlichen Erfassung von Umwelteinflüssen beschränken sich in Deutschland auf epiphytische Flechten (VDI 1995, 2005), deren Diversität im Ruhrgebiet von rund zehn Arten zu Zeiten des "sauren Regens" (DOMRÖS 1966, KNABE 1981, WIEGEL *et al.*, 1991, BOLLE & PAUS 1993) seit Mitte der 1990er Jahre aufgrund effizienter Rauchgasentschwefelung auf inzwischen gut 100 Arten an den selben Straßenbäumen angestiegen ist. Trotzdem sind Flechtenkartierungen immer noch sehr beliebte und stark nachgefragte Themen für Schülerarbeiten, weil anhand der Diversität der Flechten die Belastung der gewohnten Umgebung mit z. B. der Schule im Mittelpunkt dargestellt werden kann. In den überaus meisten Fällen dürften Schülerinnen und Schüler aber nicht über die erforderliche Artenkenntnis verfügen, so dass sinnvolle Ergebnisse kaum zu erwarten sind. Wir stellen hier ein sehr vereinfachtes Kartierungsverfahren dar, das auf nur zwei Indikatorarten beruht und die typische Belastungssituation in einer mitteleuropäischen Großstadt räumlich grob abzuschätzen erlaubt. Die Idee dazu entstand im Laufe von Stadtkartierungen in Westdeutschland und wurde von der Erstautorin im Rahmen ihrer eigenen Schülerarbeit am Beispiel Düsseldorf ausprobiert.

¹ Die vorliegende Veröffentlichung beruht auf einer von der Erstautorin im Frühjahr 2008 angefertigten Schülerjahresarbeit am Monheimer Otto-Hahn-Gymnasium. Sie besuchte damals den Leistungskurs Biologie von Ulrich Anhut und wurde vom Zweitautor extern betreut, wie inzwischen mehrere Schülerinnen vor und nach ihr (siehe z.B. Vogel, S.: Archive for Lichenology 2, 2009). Sie hat 2009 ihre Abiturprüfung abgelegt und beginnt jetzt ihr Studium im Fach Molekulare Biologie (BSc.) an der Fachhochschule Gelsenkirchen, Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften.

Die meisten Flechten reagieren empfindlich auf reaktiven Stickstoff, namentlich Ammoniak (VAN HERK 1999), der bei landwirtschaftlicher Tierhaltung und, in geringerem Ausmaß, in Abgaskatalysatoren von Kraftfahrzeugen entsteht (CAPE *et al.* 2004). Je höher die Verkehrsbelastung, desto geringer der Anteil gegenüber Nährstoffeinträgen empfindlicher Flechten. Zwei Drittel der 73 kürzlich in Düsseldorf nachgewiesenen epiphytischen Flechten erträgt eine zumindest moderate Eutrophierung, darunter die beiden Blattflechten *Phaeophyscia nigricans* und *P. orbicularis*, deren Vorkommen durch Verkehrsbelastung sogar gefördert wird ("Verkehrszeiger"; VORBECK & WINDISCH 2001; FRANZEN-REUTER & STAPPER 2003) und die zudem stadtklimatisch ungünstige, aufgewärmte Standorte gut tolerieren (STAPPER & KRICKE 2004), sich folglich als Monitororganismen für "Stadt-typische" Umweltbelastungen geradezu anbieten. In einem Transekt von der Düsseldorfer Innenstadt bis in die südlichen Vororte wurde im Frühjahr 2008 die Frequenz der beiden *Phaeophyscia*-Arten bestimmt und dividiert durch den jeweiligen Deckungsgrad der Gesamtheit aller epiphytischen Flechten, der im Untersuchungsgebiet in erster Näherung parallel mit der Luftgüte ansteigt. Je höher dieser im Folgenden PD-Quotient genannte Wert, desto stärker die Umweltbelastung. Die Ergebnisse wurden mit denen einer standardisierten Erhebung verglichen (STAPPER & KRICKE 2004).

Material und Methoden

Die Messstationen wurden durch subjektives Einschätzen entlang des Transektes festgelegt. Auswahlkriterien waren das Straßenprofil (breit oder schluchtartig) und die damit verbundene Durchlüftung, die Verkehrsbelastung (gering, mäßig, stark) und die relative nächtliche Temperatur an den Baumstandorten, abgeleitet aus der Klimaanalyse der Landeshauptstadt Düsseldorf (STADT DÜSSELDORF 1995; STAPPER & KRICKE 2004). Die Station Lastring (Tab. 2) umfasst die hinsichtlich Verkehrsaufkommen, Bebauung und nächtliche Aufwärmung ähnlichen mehrspurigen Durchgangsstraßen Kruppstraße, Auf'm Hennekamp und Witzelstraße. Die Station Oberbilker Allee liegt zwar räumlich sehr nahe zu den Baumstandorten an der Kruppstraße, sie unterscheidet sich jedoch erheblich aufgrund ihres schluchtartigen Profils und ihren Verlauf vertikal zur Hauptwindrichtung. Die ausgewählten Bäume (*Acer* >> *Quercus*, *Tilia*, *Fraxinus*) genügen VDI 3957 Blatt 13 (VDI 2005). Die Frequenzen (=Vorkommen in den quadratischen Gittermaschen) der beiden *Phaeophyscia* - Arten wurden mit einem 10 mal 50 cm großen Zählgitter in den vier Haupthimmelsrichtungen über Kreuz bestimmt und der mittlere Deckungsgrad aller Flechtenarten in der dabei vom Zählrahmen überdeckten Stammfläche abgeschätzt. Zur kartografischen Darstellung der Baumstandorte wurde das freie Programm DIVA-GIS 5.3 (HUMANS *et al.* 2007) verwendet.

Ergebnisse

Die beiden als Indikatororganismen ausgewählten Blattflechten *Phaeophyscia nigricans* und *P. orbicularis* wurden an allen Stationen entlang des Transektes und an Trägerbäumen mit subneutraler und saurer Borke gleichermaßen nachgewiesen. Nur die beiden Innenstadt-fernen und gering verkehrsbelasteten Stationen Bruckner/Händelstraße im Düsseldorfer Süden und Griesstraße in Monheim-Baumberg sind durch niedrige Frequenzsummen der beiden Arten gekennzeichnet (vergl. Tab. 2 und Abb. 1). Zur weiteren Differenzierung der Umweltbelastung wurde daher die Frequenzsumme der beiden Arten dividiert durch den mittleren Deckungsgrad aller epiphytischen Flechten innerhalb der Zählgitterfläche, der mit steigender Entfernung der Baumstandorte vom Stadtzentrum, abnehmender Überwärmung und geringer werdender Belastung durch Kraftfahrzeugverkehr ansteigt (Abb. 1). Der so errechnete PD-Quotient ist mit 277 besonders hoch an der überwärmten und verkehrsbelasteten Station Zentrum, dort aber kaum höher als an der nächtlich etwas kühleren, jedoch schluchtartig bebauten und aufgrund der Orientierung quer zur Hauptwindrichtung schlechter belüfteten Station Oberbilker Allee. Unweit der Station Oberbilker Allee liegt die Station Lastring, die zwar auch eine relative nächtliche Temperaturabweichung von

im Mittel 2 Kelvin aufweist, aber offener bebaut und aufgrund ihres Verlaufes entlang der Hauptwindrichtung besser belüftet ist. Für epiphytische Flechten sind diese Bedingungen vorteilhaft, im Gelände erkennbar an höherer Artendiversität und höherer Deckung, und der PD-Quotient ist mit 65 gegenüber 240 statistisch signifikant niedriger als an der Oberbilker Allee (Tabelle 2). Die Stationen Lastring und Henkelstraße im hoch versiegelten Industriegebiet zwischen Düsseldorf-Reisholz und -Benrath weisen ähnlich hohe PD-Quotienten auf, das heißt, die geringere Belastung durch Kraftfahrzeugverkehr im Bereich Henkelstraße wird durch die überwiegend schluchtartige Bebauung und den hohen Versiegelungsgrad in diesem Stadtgebiet offenbar kompensiert. Die *Phaeophyscia*-Frequenzsummen sind im Botanischen Garten zwar höher als im Zentrum, doch der sehr hohe mittlere Deckungsgrad aller anderen Flechten führt dazu, dass der PD-Quotient ebenso niedrig ist wie an der Station Bruckner/Händlerstraße, einem Wohngebiet mit offener Bebauung und geringer Verkehrsbelastung in Düsseldorf-Benrath. Den niedrigsten PD-Quotienten weist die Station Griesstraße in Monheim-Baumberg auf. Die untersuchten Bäume stehen im verkehrsberuhigten nordwestlichen Teil der Griesstraße, wo der Stadtteil Baumberg an den Rhein grenzt, der hier als Frischluftbahn dient.

Diskussion

Mit der vorliegenden Arbeit sollte überprüft werden, ob anhand eines einfachen Kartierungsprotokolls, das die exakte Erfassung von nur zwei epiphytischen Flechtenarten verlangt, eine sinnvolle Bewertung der Umweltbelastung einer Großstadt zumindest näherungsweise möglich ist. Die ausgewählten Arten *Phaeophyscia nigricans* und *P. orbicularis* werden durch die für eine Großstadt typischen Stressfaktoren wie Verkehrsimmissionen und Überwärmung infolge Flächenversiegelung und Bebauung gefördert bzw. tolerieren diese erheblich besser als alle anderen, in Düsseldorf häufigen Flechten (STAPPER & KRICKE 2004). Je höher der PD-Quotient, der mittels Division von *Phaeophyscia*-Frequenzsumme und Deckungsgrad aller Flechten erhalten wird, desto höher die Belastung der Messstation durch Verkehrsimmissionen oder stadtklimatisch ungünstige Faktoren wie Abriegelung der Belüftung durch z. B. schluchtartige Bebauung oder hohe Flächenversiegelung. Im vorliegenden Fall sind stark belastete Stationen durch PD-Quotienten von deutlich über 100 gekennzeichnet, während mäßig bzw. gering belastete Stationen PD-Quotienten zwischen 50 und 100 bzw. unter 50 aufweisen. In anderen Regionen Deutschlands erhält man wahrscheinlich andere Werte, da *Phaeophyscia nigricans* außerhalb von Nordrhein-Westfalen nicht so häufig an unverletzten Baumstämmen vorkommt und beide *Phaeophyscia*-Arten mit steigender Humidität als Epiphyt seltener werden (FRAHM & STAPPER 2008). Während die Belastung durch eutrophierende Luftverunreinigungen an extrem verkehrsbelasteten und sogleich überwärmten Stationen anhand der aktuellen Flechtenkartierungsrichtlinie VDI 3957 Blatt 13 (VDI 2005) als gering eingestuft wird (Rasterquadrate mit Einstufung "E1", siehe Abb. 2), weist der PD-Quotient diese als hoch belastet aus - hier überleben nämlich kaum andere Flechten als *Phaeophyscia nigricans* und *P. orbicularis*! Auch der Innenstadt noch nahe, aber klimatisch begünstigte Standorte wie der Botanische Garten werden als solche erkannt und als geringer belastet ausgewiesen, als Stationen mit z. B. geringerer mittlerer Erwärmung, aber höherer Belastung durch Straßenverkehr und Versiegelung (Henkelstraße), die beim standardisierten Verfahren nach VDI 3957 Blatt 13 kaum unterschieden werden.

Mit nur 44 Baumstandorten an acht Messstationen ist der Datensatz zu gering für weitergehende statistische Analysen. Doch die Ergebnisse erscheinen sehr plausibel, und die Einfachheit des Verfahrens macht es attraktiv für ähnliche Untersuchungen durch interessierte Schülerinnen und Schüler in anderen Städten Deutschlands oder der Nachbarländer, deren Flechtenartenspektren sich nicht sehr stark unterscheiden. Mitglieder der lichenologischen Vereine werden dabei gerne beraten, einige bieten auch ähnliche Arbeitsthemen für Jugendliche im Internet an.

Literatur

- BOLLE, A., PAUS, S. (1993): Luftgüte in Duisburg ermittelt mit Flechten als Bioindikatoren. – Flechtenkartierung im Auftrag des Kommunalverband Ruhrgebiet und der Stadt Duisburg. Essen.
- DOMRÖS, M. (1966): Luftverunreinigung und Stadtklima im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet und ihre Auswirkung auf den Flechtenbewuchs der Bäume. – Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde 23: 1-132.
- FRAHM, J.-P., STAPPER, N.J. (2008): Der Einfluss der Humidität eines Gebietes auf die Ermittlung der Luftgüte mit Flechten nach VDI 3957 Blatt 13. – Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 6/2008, im Druck.
- FRANZEN-REUTER, I., STAPPER, N.J. (2003): Nachweis eutrophierender Luftverunreinigungen in NRW. Landesweite Kartierung epiphytischer Flechten und Moose. – LÖBF-Mitteilungen 1/ 2003, 76-78.
- HERK, C.M. VAN (1999): Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands. – Lichenologist 31, 9-20.
- HERK, C.M. VAN, A. APTROOT, H.F., VAN DOBBEN (2002): Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. – Lichenologist, 34 (2): 141-154.
- KNABE, W. (1981): Algen und Flechten als Zeiger der Luftqualität. – Untersuchungen zum Grünordnungsrahmenplan im Auftrag des Oberstadtdirektors der Landeshauptstadt Düsseldorf, Garten-, Friedhofs- und Forstamt. 21 Seiten und 4 Karten im Anhang.
- HAWKSWORTH, D. L., ROSE, F. (1970): Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. – Nature 227, 145-148.
- HIJMANS, R., GUARINO, L., JARVIS, A., O'BRIEN, R., Mathur, P. (2007): DIVA-GIS 5.3 – freies Geografisches Informationssystem, im Internet erhältlich: www.diva-gis.org [14. September 2005].
- INSAROV, G., SCHROETER, B. (2002): Lichen Monitoring and Climate Change. Kapitel 13 in: NIMIS, P.L., SCHEIDEGGER, C., WOLSELEY, P. A. (Hrsg.) Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens, The Hague, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, S. 183-201.
- LEITH, I.D., VAN DIJK, N., PITCAIRN, C.E.R., WOLSELEY, P.A., WHITFIELD, C.P., SUTTON, M.A. (2005): Biomonitoring methods for assessing the impacts of nitrogen pollution: refinement and testing. – Joint Nature Conservation Committee (JNCC) Report 386. - im Internet erhältlich: <http://www.jncc.gov.uk/default.aspx?page=3886> [May 8th, 2008].
- NYLANDER, W. (1866): Les lichens du Jardin de Luxembourg. – Bull Soc Bot France 13: 364—371.
- STADT DÜSSELDORF (1995): Klimaanalyse für die Landeshauptstadt Düsseldorf. – Der Oberstadtdirektor, Umweltamt. – Düsseldorf. 238 S.
- STAPPER, N.J. (2007): Bioindikation eutrophierender Luftverunreinigungen in Nordrhein-Westfalen mit epiphytischen Flechten und Moosen. In: Stickstoff und die Wirkung auf die Vegetation, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Schriftenreihe Band 37. Düsseldorf, S. 61 - 68.
- STAPPER, N.J., FRANZEN, I., GOHRBANDT, S., FRAHM, J.P. (2000): Epiphyten kehren ins Ruhrgebiet zurück. Ergebnisse einer Moos- und Flechtenkartierung im Revier. – LÖBF-Mitteilungen 2/2000, 12-21.
- STAPPER, N.J., KRICKE, R. (2004): Epiphytische Moose und Flechten als Bioindikatoren von städtischer Überwärmung, Standorteutrophierung und verkehrsbedingten Immissionen. – Limprichtia (Bonn) 24, 187 - 208.
- VDI (2005): VDI-Richtlinie 3957 Blatt 13: Luftverunreinigungen auf Flechten (Bioindikation) – Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator für die Luftgüte. Beuth Verlag, Berlin (2004), 27 S.
- WIEGEL, H., BOLLE, A., RABE, R., HÖING, W. (1991): Bioindikation von Luftverunreinigungen mit Flechten in Ballungsräumen am Beispiel der Stadt Dortmund: Wirkungskataster, lufthygienisch-klimatische Interpretation und Anwendung für die kommunale Planung. – VDI Berichte 901: 173-187.

Anschriften der Autoren

SINJE SCHNELL, Krummstraße 23, 40789 Monheim-am-Rhein.

NORBERT J. STAPPER, Büro für Ökologische Studien, Verresbergerstraße 55, 40789 Monheim-am-Rhein

Tabelle 1: Primärdaten des Projektes.

Nummerierung in der Reihenfolge der Aufnahme, Sortierung nach absteigenden Hochwerten. Frequenzwerte sind jeweils die Summe in den vier Himmelsrichtungen für *Phaeophyscia nigricans* (Phanig) und *Phaeophyscia orbicularis* (Phaorb); PhaSUM ist die Frequenzsumme beider Arten; MDG steht für den mittleren prozentualen Deckungsgrad der Flechten in der vom Zählrahmen überdeckten Fläche; PhaSUM/MDG ist Quotient aus Frequenzsumme und Deckungsgrad (PD-Quotient).

Nr.	Baum Gattung	Gauß-Krüger (PD)		Frequenzwerte			MDG (%)	PD-Quotient PhaSUM/MDG	Baumstandort
		Rechts	Hoch	Phanig	Phaorb	PhaSUM			
15	<i>Acer</i>	2555141	5677057	8	4	12	41	29,4	Oststraße
16	<i>Acer</i>	2555096	5676859	5	13	18	21	86,7	Oststraße
14	<i>Acer</i>	2554961	5676674	7	12	19	34	56,7	Oststraße
10	<i>Acer</i>	2556255	5676550	2	10	12	3	369	Karlstraße
9	<i>Acer</i>	2556240	5676525	2	17	19	18	107	Karlstraße
11	<i>Acer</i>	2556174	5676460	9	11	20	25	79,2	Karlstraße
12	<i>Acer</i>	2556177	5676433	7	11	18	20	88,9	Karlstraße
13	<i>Acer</i>	2554789	5676275	3	4	7	1	1400	Oststraße
1	<i>Acer</i>	2555803	5675636	4	15	19	41	46,1	Kruppstraße
2	<i>Acer</i>	2555761	5675569	1	13	14	23	62,2	Kruppstraße
4	<i>Acer</i>	2555882	5675430	4	12	16	12	139	Oberbilker Allee
8	<i>Acer</i>	2555803	5675409	1	17	18	31	58,5	Oberbilker Allee
5	<i>Acer</i>	2555886	5675390	6	10	16	11	152	Oberbilker Allee
6	<i>Acer</i>	2555907	5675387	4	9	13	8	163	Oberbilker Allee
3	<i>Acer</i>	2555925	5675384	0	11	11	1	880	Oberbilker Allee
7	<i>Acer</i>	2555762	5675383	0	11	11	23	47,8	Oberbilker Allee
19	<i>Fraxinus</i>	2555045	5674789	19	20	39	76	51,1	Aufm Hennekamp
20	<i>Fraxinus</i>	2555010	5674754	16	20	36	83	43,6	Aufm Hennekamp
18	<i>Acer</i>	2555040	5674728	15	20	35	71	49,1	Aufm Hennekamp
17	<i>Acer</i>	2555014	5674721	14	20	34	34	101	Aufm Hennekamp
21	<i>Acer</i>	2554944	5674419	2	4	6	20	29,6	Witzelstraße
22	<i>Acer</i>	2554953	5674412	4	12	16	8	207	Witzelstraße
32	<i>Acer</i>	2555367	5674126	13	17	30	80	37,5	Witzelstraße
31	<i>Acer</i>	2555546	5673974	5	2	7	31	23	Witzelstraße
33	<i>Quercus</i>	2556085	5672670	14	10	24	72	33,3	Botanischer Garten
34	<i>Acer</i>	2556133	5672525	7	10	17	89	19,2	Botanischer Garten
35	<i>Acer</i>	2556153	5672518	6	14	20	75	26,7	Botanischer Garten
36	<i>Quercus</i>	2556139	5672481	7	9	16	88	18,3	Botanischer Garten
40	<i>Acer</i>	2560069	5671895	16	20	36	61	58,8	Henkelstraße
39	<i>Acer</i>	2560002	5671843	3	7	10	18	57,1	Henkelstraße
38	<i>Quercus</i>	2559180	5671445	15	20	35	55	63,6	Henkelstraße
37	<i>Quercus</i>	2559214	5671442	9	13	22	70	31,7	Henkelstraße
24	<i>Acer</i>	2561487	5669571	4	5	9	46	19,5	Brucknerstraße
23	<i>Acer</i>	2561469	5669562	2	3	5	26	19,4	Brucknerstraße
25	<i>Acer</i>	2561410	5669561	2	4	6	18	33,8	Brucknerstraße
26	<i>Acer</i>	2561359	5669451	10	17	27	88	30,9	Händelstraße
30	<i>Acer</i>	2562311	5668446	10	16	26	65	40	Koblenzerstraße
29	<i>Acer</i>	2562344	5668411	3	8	11	60	18,3	Koblenzerstraße
27	<i>Acer</i>	2562870	5667916	15	14	29	59	49,4	Koblenzerstraße
28	<i>Quercus</i>	2562890	5667886	11	15	26	63	41,6	Koblenzerstraße
43	<i>Tilia</i>	2561873	5664886	2	3	5	34	14,8	Griesstraße
42	<i>Tilia</i>	2561892	5664878	2	2	4	60	6,7	Griesstraße
44	<i>Tilia</i>	2561900	5664867	5	6	11	64	17,3	Griesstraße
41	<i>Tilia</i>	2561946	5664853	1	4	5	66	7,5	Griesstraße

Tabelle 2: Umweltbelastung an den Messstationen.

Angegeben ist für jede Messstation der mittlere PD-Quotient ($MW(\text{PhaSUM}_i / \text{MDG}_i)$) mit dem jeweiligen Standardfehler und die daraus abgeleitete Höhe der Umweltbelastung. Die beiden mit (*) markierten Werte unterscheiden sich auf dem Niveau $p < 0,02$ (t -Test für unabhängige Stichproben, dabei ein Wert [880] der Variable Oberbilker Allee nicht berücksichtigt). Die indizierte Belastung ist gering bzw. mäßig oder hoch bei PD-Quotient unter 50 bzw. 50 bis 100 oder über 100, willkürliche Klasseneinteilung. Angaben zur Versiegelung und der nächtlichen Erwärmung nach Karten in STADT DÜSSELDORF (1995), Versiegelungsgrad in drei gleichbreiten Klassen von 0 bis 100 % und Erwärmung als mittlere relative Nachttemperatur in 2 m Höhe an den Baumstandorten der jeweiligen Station. Angaben zur Luftgüte und zum Einfluss eutrophierender Luftschadstoffe gemäß VDI 3957 Blatt 13 aus STAPPER (2007), vergl. Abb. 2. Alle weiteren Angaben nach subjektiver Einstufung.

Messstation	Zentrum	Oberbilker Allee	Lastring	Botan. Garten	Henkelstraße	Bruckner-Händelstr.	Koblenzer Str.	Griesstraße
	<i>Ergebnisse der vorliegenden Arbeit</i>							
PD-Quotient (Mittelwert)	277	240 (*)	65 (*)	24	53	26	37	12
(Standardfehler)	165	129	17	4	7	4	7	3
Indizierte Belastung	hoch		mäßig			gering		
	<i>Vergleichsdaten</i>							
Versiegelung	hoch	hoch	mittel - hoch	gering	mittel - hoch	gering		
MW(RNT)/K	4	2	2	0	-0,5	0	-1,5	k. D.
Nutzung	Innenstadt	City-Randlage		Park	Industrie, Wohnen	Wohnen in Vorortlage		
Verkehrsbelastung	hoch	hoch	hoch	gering	mäßig	gering		
Straßenprofil	breit	schluchtartig	breit	offen	schluchtartig	offen		
Durchlüftung	gut	schlecht	gut					
Luftgüte-Index nach VDI 3957/13	sehr gering, E1	(gering bis) mäßig, E2	mäßig, E2-3	mäßig (bis hoch), E3	mäßig, E2	mäßig, E3	mäßig, E3	k. D.

Abbildung 1: Frequenz der beiden *Phaeophyscia*-Arten und der Deckungsgrad epiphytischer Flechten entlang des Transektes.

Schwarze Punkte entsprechen den Baumstandorten. Die Größe der grauen Kreise gibt die Frequenzsumme der beiden Flechten (obere Karte) oder dem mittleren Deckungsgrad aller Flechten an den Bäumen wieder. Oststraße und Karlstraße wurden zur Messstation "Zentrum" zusammengefasst, die vierspurigen Durchgangsstraßen Kruppstraße, Auf'm Hennekamp und Witzelstraße zur Station "Lastring". Das Düsseldorfer Stadtgebiet ist hellgrau schattiert, die Station Griesstraße liegt in Monheim.

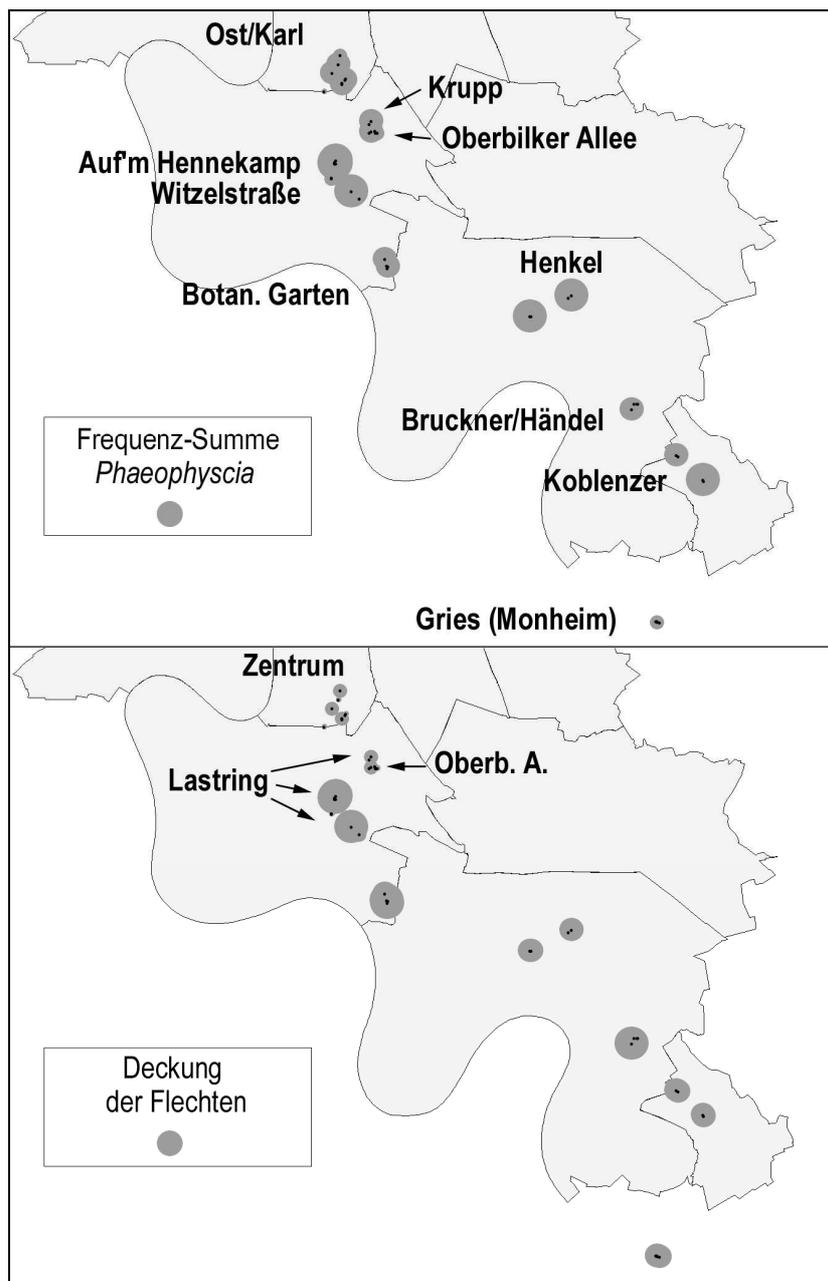


Abbildung 2: Luftgütekarte von Düsseldorf nach VDI 3957 Blatt 13 (VDI 2005).

Bei diesem Verfahren wird ein zwei dimensionales Bewertungsschema verwendet, in dem Eutrophierungszeiger den Einfluss düngender Luftschadstoffe wiedergeben und zur Abwertung der Luftgüte beitragen, deren Höhe hauptsächlich durch die Frequenz gegenüber Nährstoffeintrag empfindlicher Flechten bestimmt wird. In Graustufen umgesetzte Karte aus STAPPER (2007) nach Daten von 2003 (STAPPER & KRICKE 2004. Kantenlänge der Rasterquadrate ist 1 km. Der Kasten in der unteren Bildhälfte entspricht dem Kartenausschnitt in Abbildung 1.

