

Flechten auf straßenbegleitenden Bäumen an ausgewählten Standorten in Düsseldorf ¹

Stephanie Vogel

Zusammenfassung: In der Düsseldorfer Innenstadt und im südlichen Vorort Benrath wurde das Artenspektrum epiphytischer Flechten an freistehenden Bäumen erfasst. Unter den 26 Flechten sind fünf durch den Klimawandel begünstigte Arten (u.a. *Punctelia borreri*). Bis auf eine meiden diese die Innenstadt. Als Grund dafür wird die gegenüber dem Vorort höhere Immissionsbelastung und höhere relative Trockenheit vermutet (innerstädtische Wärmeinsel).

Abstract: The species spectrum of epiphytic lichens growing on free-standing trees in the city center of Düsseldorf (North Rhine-Westphalia, Germany) and one of its southern suburbs, Benrath, was studied. Among the 26 lichens recorded so far, five are favored by global climate change (e.g. *Punctelia borreri*). Except one, they are limited to the suburban environment. This may be due to higher emission load and higher relative drought in the center ("heat island formation").

Einleitung

Schon seit dem vorherigen Jahrhundert wird die Vegetation von Flechten zur Untersuchung der lufthygienischen Belastung beobachtet, weil verschiedene Arten von Flechten anders auf Immissionswirkungen reagieren. Da Flechten auf eine Schadstoffbelastung mit einer deutlichen und eindeutigen Veränderung ihrer Lebensfunktionen antworten (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997), werden sie als Bioindikatoren benutzt. Flechten wachsen auf Baumrinden und Holz, auf Gestein und auch über Moosen (WIRTH & DÜLL 2000). Alge und Pilz gehen eine Symbiose (Lebensgemein-

¹ Die vorliegende Arbeit ist eine von inzwischen fünf Schüler-Jahresarbeiten zum Thema Bioindikation mit Flechten und neuerdings auch Moosen am Monheimer Otto-Hahn-Gymnasium. Die Schülerinnen der 12. Jahrgangsstufe wurden auf Anregung ihres Biologielehrers Stud. Dir. Ulrich Anhut extern betreut von dem Monheimer Biologen Dr. Norbert Stapper. Die Bearbeitungszeit beträgt vier Wochen. In der ersten Arbeit kartierte **Friederike Grimmer** 2006 Vorkommen von *Flavoparmelia soredians* in Monheim. **Rebecca Scharmann** untersuchte ein Jahr später die Häufigkeit von *Punctelia borreri* in Bezug auf die beiden anderen Arten der Gattung, *P. jeckeri* und *P. subrudecta*. **Sinje Schnell** probierte 2008 erfolgreich ein sehr einfaches Bioindikationsverfahren aus, in dem die Frequenz der beiden gegenüber Verkehrsimmissionen und stadtklimatisch bedingtem Trockenstress resistenten Blattflechten *Phaeophyscia nigricans* und *Ph. orbicularis* in Bezug zur Deckungssumme aller anderen Flechtenarten an den jeweiligen Trägerbäumen verwendet wurde. Parallel zur vorliegenden Arbeit untersuchte **Carina Antfang** den Zusammenhang zwischen Standortbedingungen und dem Vorkommen und der Häufigkeit von Moosen an Bäumen in Düsseldorf und Monheim.

schaft zu gegenseitigem Nutzen) ein. In dieser Symbiose erhält der Pilz die zum Überleben notwendigen Kohlenhydrate von der Alge, welche sich den Schutz durch das Pilzgeflecht vor Wasserverlust, intensiver Sonnenstrahlung oder vor algenfressenden Tieren zum Vorteil macht. Viele epiphytische (d.h. auf Baumrinde lebende) Flechten bevorzugen nicht dieselbe Baumart, da die Rinden zum Teil unterschiedliche chemisch-physikalische Eigenschaften aufweisen (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997). Auch hinsichtlich abiotischer Faktoren, wie die Umgebungstemperatur und der Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse, unterscheiden sich viele Arten.

Flechten nehmen Wasser, Tau oder sogar Wasserdampf aus der Atmosphäre mit ihrer Oberfläche auf und können bei Trockenheit weder die Wasserabgabe steuern noch haben sie einen Verdunstungsschutz. Anstelle von Wurzeln haben sie Rhizinen (griech. rhiza = Wurzel) oder Haftfasern, die sich auf der Unterseite des Lagers befinden. Sie trocknen in Trockenperioden aus und verfallen dabei in einen Ruhezustand, was für sie von Vorteil gegenüber Blütenpflanzen ist, da sie so auch auf Gestein wachsen können. So sind Flechten auch bei niedrigen Temperaturen aktiv und können Photosynthese betreiben, da für sie feucht-kühle Bedingungen optimal sind. Die Leistungs- und Aufgabenverteilung von Pilz und Alge ist ungleich. Der kleinere Anteil der Alge muss den größeren Anteil des Pilzes mit ernähren, was dazu führt, dass nur wenig Energie für das Wachstum des Flechtenthallus übrig bleibt.

Sexuelle Fortpflanzung ist dem Pilzpartner vorbehalten und erfolgt anhand von Sporen, die mit dem Wind oder Tieren verbreitet werden. Zur vegetativen Verbreitung nutzen Flechten Isidien (Auswüchse in Form von Stiften, Knöpfen, Blättchen oder kleinen Ästen, die an der Basis eine Sollbruchstelle haben) oder Soredien (Körnchen aus wenigen verflochtenen Pilzfäden und Algen, die in Soralen gebildet werden).

Flechten wurden wegen ihrer Eigenschaft, auf Luftschadstoffe empfindlich zu reagieren, frühzeitig als Bioindikatoren verwendet (NYLANDER 1866). Heute sind saure Luftschadstoffe durch z. B. Rauchgasentschwefelung drastisch reduziert worden, doch düngende Schadstoffe befinden sich auf hohem Niveau (siehe zur Übersicht VDI 2007). Die meisten Flechten werden durch düngende Schadstoffe in der Luft ("Lufteutrophierung") geschädigt, während andere dadurch gefördert werden, z. B. in der Nähe landwirtschaftlicher Betriebe mit Tierhaltung (VAN HERK et al. 1999; FRANZEN-REUTER & STAPPER 2003) oder im Straßenraum von Großstädten oder (STAPPER & KRICKE 2004). Arten, die durch nährstoffreiche Immissionen - das sind v. a. Stickstoffverbindungen und nährstoffreiche, mineralische Stäube - gefördert werden, bezeichnet man als Eutrophierungszeiger (z.B. *Phaeophyscia nigricans* oder *Ph. orbicularis*). Diese werden durch hohe Verkehrsbelastung und Nährstoffeinträge gefördert, einige zudem durch städtische Überwärmung offenbar weniger geschädigt als die meisten anderen Arten (STAPPER & KRICKE 2004; FRAHM & STAPPER 2008). Wärmezeiger sind Arten, die infolge des Klimawandels häufiger werden (z.B. *Flavoparmelia soredians*, *Parmotrema coniocarpa*, *Punctelia borrieri* oder *Physconia grisea* (VAN HERK et al. 2002; SCHMITZ et al. 2009).

An zwei Messflächen in der Landeshauptstadt Düsseldorf, in der Innenstadt und im südlichen Vorort Benrath, die sich hinsichtlich der Bebauungsdichte und des Versiegelungsgrades der Baublöcke, der relativen Nachttemperatur und der Verkehrsintensität unterscheiden (STADT DÜSSELDORF 1995; STAPPER & KRICKE 2004), wurden Anfang 2009 die epiphytischen Flechten an freistehenden Bäumen erhoben mit dem Ziel, Einflüsse dieser abiotischen Faktoren auf die Flechtenflora zu erfassen

Methodik

Auf den beiden Messflächen in Düsseldorf wurden freistehende Bäume auf Flechtenbewuchs untersucht, die den Kriterien der VDI-Richtlinie 3957 Blatt 13 genügen (VDI 2005). Auf der Messfläche Innenstadt wurden 14 und in Benrath 13 Bäume ausgewählt (siehe Tabelle 1). Diese Bäume waren bereits 2003 anlässlich einer flächendeckenden Epiphytenkartierung der Stadt Düsseldorf auf Moose und Flechten untersucht worden (STAPPER & KRICKE 2004). Es handelt sich um

Bäume mit leicht saurer bis subneutraler Borke, größtenteils Ahornbäume, in Benrath auch Linden und Eschen.

Die Bäume wurden visuell auf Flechtenvorkommen zwischen 70 und 200 cm Höhe über dem Boden untersucht, die meisten Arten im Gelände mit einer 10x-Triplett-Lupe und Tüpfeltest identifiziert oder mithilfe eines Messers vorsichtig entnommen und in zuvor angefertigte Herbarkapseln gelegt (aus A4-Bögen gefaltete Umschläge). Kritische Belege wurden vom Betreuer durchgesehen. Zur Abschätzung der Häufigkeit wurden folgende Klassen festgelegt: H1, Einzelfund; H2 mehrere Lager der Flechtenart am Baum; H3 Art nimmt größere Fläche ein, ggf. den halben oder ganzen Stamm bedeckend. Diese Angaben wurden zusammen mit der Baumnummer notiert. Die Koordinaten der Trägerbäume (Gauß-Krüger, Potsdam) wurden mittels GPS (GPS 72, Garmin, Olathe, KS, USA) ermittelt und mit der Baumart und Baumnummer in einem Geländetagebuch notiert. Von beiden Standorten wurden charakteristische Fotos gemacht.

Mitgenommene Belege wurden (stereo-)mikroskopisch untersucht (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997; WIRTH & DÜLL 2000) und mit Herbarproben aus einer vorangegangenen Exkursion mit dem Betreuer verglichen. Mikroskop (Will Wetzlar, Durchlicht-Mikroskop, 40-400x Vergrößerung) und Stereomikroskop (Euromex, Arnheim, NL), Petrischalen und Objektträger wurden von der Schule gestellt, Kalilauge und Natriumhypochlorid ("K" und "C" für den Tüpfeltest wurden vom Betreuer bereitgestellt. Im Tüpfeltest bewirken artspezifische Inhaltsstoffe in den Flechten mit den applizierten Substanzen (KOH, "K", und Natriumhypochlorit, "C") eine charakteristische Farbreaktion. Zur kartografischen Darstellung der Baumstandorte wurde das Programm DIVA-GIS 5.3 (HIJMANS *et al.* 2007) verwendet.

Ergebnisse

Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet 25 verschiedene epiphytische Flechtenarten nachgewiesen. Am häufigsten sind *Candelariella reflexa* (eine gelbe Krustenflechte), *Phaeophyscia orbicularis* und *Physcia tenella* (zwei Blattflechten). Die Rangordnung der Arten hinsichtlich ihrer Häufigkeit auf den Trägerbäumen zeigt das Diagramm in Abbildung 2. Unter den 26 Flechten sind fünf derzeit in Westdeutschland in Ausbreitung befindliche, durch Klimaveränderungen geförderte Flechten ("Wärmezeiger; SCHMITZ *et al.* 2009; siehe hierzu Tabelle 2) und zwölf gegenüber Nährstoffträgern tolerante Arten ("Nitrophyten"; VDI 2005).

Ein Vergleich der beiden Messflächen offenbart einen Unterschied hinsichtlich der mittleren Anzahl unterschiedlicher Flechtenarten pro untersuchtem Trägerbaum. In Düsseldorf-Benrath wurden

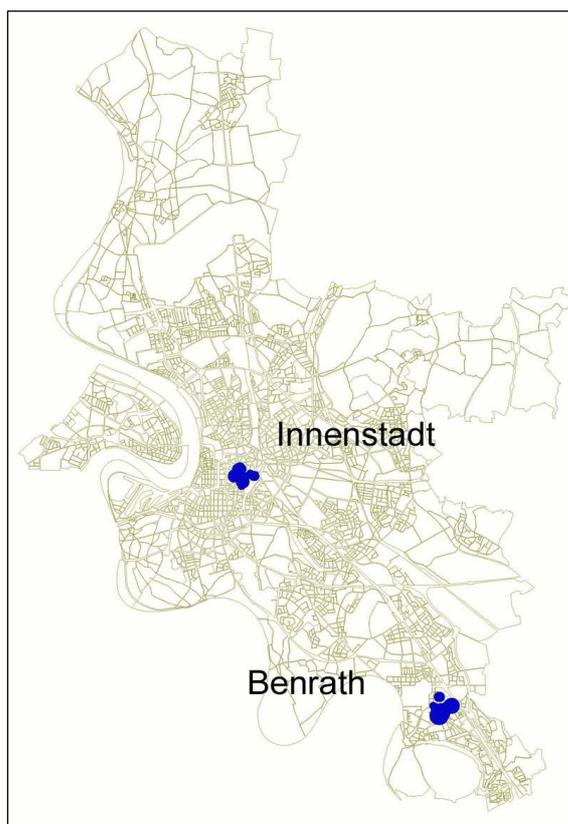


Abb. 1: Lage der Messflächen im Untersuchungsgebiet.

Kartenhintergrund: Baublöcke und Grenzen der Stadtbezirke der Landeshauptstadt Düsseldorf. Längste Nord-Süd-Distanz: 27,5 km.

6 ± 4 Arten pro Baum nachgewiesen, in der Innenstadt nur 4 ± 2 Arten pro Baum (Mittelwert ± Standardabweichung).

Vier der Wärmezeiger (*Flavoparmelia caperata*, *Physconia grisea*, *Punctelia borrieri* und *Melanelia elegantula*) kommen nur in Benrath vor, allerdings dort auch nur an wenigen Bäumen, maximal drei gleichzeitig an einem Baum, wohingegen in der Innenstadt nur ein Wärmezeiger nachgewiesen wurde, allerdings auch nur an drei von 14 dort untersuchten Trägerbäumen (*Punctelia subrudecta*; vergleiche Punktkarte in Abb. 3).

Ein Unterschied zwischen den Eutrophierungszeigern (nach VDI 3957 Blatt 13) ist bei den beiden Standorten kaum zu verzeichnen. *Phaeophyscia nigricans*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella* und *Xantoria parietina* sind Eutrophierungszeiger, die in beiden Messflächen vorkommen, *Physcia caesia*, *Physconia grisea*, *Xantoria candelaria* und *Xantoria polycarpa* hingegen nur in Düsseldorf-Benrath. Der Nitrophyt *Lecanora dispersa*, natürlicherweise ein Gesteinsbewohner, wurde nur einmal an einem Trägerbaum in der Innenstadt nachgewiesen.

Diskussion

Die letzte Flechtenkartierung zur Bestimmung der lufthygienischen Belastung der Landeshauptstadt Düsseldorf liegt inzwischen etwa sechs Jahre zurück (STAPPER & KRICKE 2004). Die Auswertung der Daten aus der vorliegenden Arbeit, die nur einen sehr geringen Teil des Stadtgebietes betreffen, lassen erkennen, dass auch 2009 der Vorortstandort Düsseldorf-Benrath eine höhere Artenvielfalt aufweist, als die Düsseldorfer Innenstadt. Ein wahrscheinlich immer stärker zu Buche schlagender Grund dafür ist die innerstädtische "Wärmeinsel": In der Innenstadt ist das Klima trockener als in Benrath. Aufgrund der dichter stehenden und höheren Gebäude, den höheren Versiegelungsgrad und die damit reduzierte Verdunstung heizt sich die Innenstadt gegenüber dem Vorort Benrath stärker auf. Die relative Nachttemperatur als auch vom Menschen deutlich zu spürendes Merkmal der innerstädtischen Aufheizung ist in der Innenstadt um bis zu neun Kelvin höher als in den umliegenden Gebieten von Düsseldorf (STADT DÜSSELDORF 1995). Dadurch ist das Klima in der Innenstadt relativ trockener als in Benrath (STAPPER & KRICKE 2004). In der Folge haben die Flechten ein kürzeres Zeitintervall für ihre Photosynthese (FRAHM & STAPPER 2008). Die Straßen in der Innenstadt sind zudem stärker befahren als in Benrath und weisen zudem ein schluchtartiges Profil auf, wodurch eutrophierende Abgasbestandteile stärker wirksam werden können (STAPPER 2007; STAPPER & KRICKE 2004).

Ammoniak ist die pflanzenwirksamste Komponente der Schadstoffe in der Luft (siehe zur Übersicht VDI 2007). Die Kraftfahrzeuge emittieren in geringer, aber hoch pflanzenwirksamer Menge im Abgaskatalysator gebildetes Ammoniak entlang der Straßen. Ammoniak verbindet sich in der Luft mit Stickoxiden, unter anderem zu Ammoniumnitrat. Gelangt dieses mittels Regen in den Boden, so sammelt sich die Verbindung im Wurzelbereich an und fördert raschwüchsige Pflanzen, die dieses Überangebot an Nährstoffen nutzen können, an Nährstoffarme Standorte angepasste Arten werden überwachsen und gehen unter (zum Beispiel Hochmoore). So kommt es bei einer Überdüngung zur Verdrängung der Flechten, welche auch wegen der starken Konzentration von Ammoniak eingehen, da sie in ihrer Symbiose gestört werden. Entgegen der Erwartung äußert sich dies aber nicht in einem deutlich erkennbaren Unterschied in der Häufigkeit nitrophytischer Flechtenarten, d.h. auch der Vorort Benrath weist hohe Immissionen düngender Luftschadstoffe auf.

Woher aber rührt der Unterschied betreffend die Häufigkeit wärmeliebender Arten? Auf den ersten Blick erscheint es paradox, dass diese gerade in der Innenstadt so selten sind. Der Grund dafür ist, dass diese Arten sich von Westen kommend gerade nach Deutschland ausbreiten (VAN HERK *et al.* 2002), sich in Düsseldorf also an ihrer östlichen Verbreitungsgrenze befinden (SCHMITZ *et al.* 2009). Unter diesen Bedingungen bewirkt der Trockenstress in der Innenstadt, dass sich die Arten dort trotz wärmerer Bedingungen nicht dauerhaft etablieren können.

Abschließend ein Blick auf die Ursachen für die inzwischen als nachgewiesen anerkannte Klimaerwärmung. Der Energiehaushalt der Erde wird im Wesentlichen durch die Einstrahlung der Sonne und die Ausstrahlung der Erdoberfläche bzw. Atmosphäre bestimmt. Gase wie Kohlenstoffdioxid oder Methan erlauben es dem Sonnenlicht die Erde zu erreichen, bewahren aber gleichzeitig ein Teil der Wärme in der Atmosphäre. Ohne diesen "Treibhauseffekt" würde es auf der Erde kein Leben geben, da die Temperaturen unter dem Gefrierpunkt lägen. Die Durchschnittstemperatur am Boden (etwa 15°C) steigt jedoch durch einen stark zunehmenden atmosphärischen Treibhauseffekt seit einigen Jahren an. Treibhausgase wie Wasser und Kohlendioxid liefern den Hauptbeitrag, welche heutzutage hauptsächlich durch Industrie (zum Beispiel Verbrennung fossiler Energierohstoffe wie Kohle, Erdöl und Erdgas), Landwirtschaft, Straßenverkehr und auch natürlich Faktoren drastisch vermehrt werden. Den seit 50 Jahren stetig ansteigenden Gehalt der Atmosphäre an CO₂ zeigt eine Studie des Mauna Loa Observatory (NOAA, ESRL 2009). Die Klimaveränderung beinhaltet infolge des Temperaturanstieges logischerweise eine Zunahme der in der Atmosphäre gespeicherten Energie, wodurch auch die Anzahl bzw. die Intensität von Naturkatastrophen steigt, namentlich schweren Stürmen oder Dürren (zur Übersicht siehe BATES *et al.* 2008).

Die Flechten sind insofern von der Klimaerwärmung betroffen, als dass gegenüber Trockenstress resistente (eigentlich fälschlich "wärmeliebend" bezeichnete) Flechten günstigere Überlebensbedingungen vorfinden als jene, teils im Gebiet urwüchsige Arten, die etwas kühlere und somit feuchtere Bedingungen tolerieren (FRAHM & STAPPER 2008). In den zukünftig immer stärker aufgeheizten Städten wird kühle Frischluft für die Bevölkerung ebenso wichtig sein, wie eine verminderte Schadstoffbelastung. Beide Belastungen lassen sich mit Flechten räumlich gut darstellen (STAPPER & KRICKE 2004; VDI 2005).

Danksagung

Für die Betreuung und die Überprüfung kritischer Belege möchte ich Herrn Dr. Stapper ganz herzlich danken.

Literatur

- BATES, B.C., Z.W. KUNDZEWICZ, S. WU AND J.P. PALUTIKOF, Eds., 2008: Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp. Verfügbar im Internet unter <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf> [letzter Zugriff: 7. März 2009].
- 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, Seite 251-256.
- FRAHM, J.P., STAPPER, N.J., FRANZEN-REUTER, I. (2007) : Epiphytische Moose als Umweltgütezeiger, Ein illustrierter Bestimmungsschlüssel.
- FRANZEN-REUTER, I., STAPPER, N.J. (2003): Nachweis eutrophierender Luftverunreinigungen in NRW - Landesweite Kartierung epiphytischer Flechten und Moose. LÖBF-Mitteilungen 1/03, 71-73.
- HERK, C.M. VAN, A. APTROOT, VAN DOBBEN, H.F. (2002): Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. Lichenologist 34 (2): 141-154.
- 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].
- KIRSCHBAUM, U., WIRTH, V. (1997²): Flechten erkennen, Luftgüte bestimmen - Ulmer, Stuttgart (Hohenheim), 128 S.
- NOAA, ESRL (2009): National Oceanic & Atmospheric Administration, Earth System Research Laboratory, <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends> [letzter Zugriff: 7.März 2009].
- NYLANDER, W., (1866) : Les lichens des Jardins de Luxembourg. – Bull. Soc. France 13, 364-372.
- STADT DÜSSELDORF (1995) : Klimaanalyse für die Landeshauptstadt Düsseldorf. Herausgeber: Landeshauptstadt Düsseldorf, Umweltamt, Quante, W., Diehl, H. 238 S.
- SCHMITZ, U., STAPPER, N., STEVENS, M., DAHL, A., LEISTEN, A. (2009): Klimafolgenmonitoring Stadt Düsseldorf 2008 - Monitoringuntersuchungen der Auswirkungen des Klimawandels auf

- ausgewählte Gruppen der Tier- und Pflanzenwelt. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Düsseldorf. 85 S.
- STAPPER, NJ. (2007) : Bioindikation eutrophierender Luftverunreinigungen in Nordrhein-Westfalen mit epiphytischen Flechten und Moosen. – *In*: Stickstoff und die Wirkungen auf die Vegetation. – KRdL-Expertenforum 12. und 13. Februar 2007, FAL, Braunschweig. – KRdL-Schriftenreihe Band 37, Düsseldorf, 160 S.
- STAPPER, NJ., KRICKE, R. (2004) : Epiphytische Moose und Flechten als Bioindikatoren von städtischer Überwärmung, Standorteutrophierung und verkehrsbedingte Immissionen - Limprichtia (Bonn)
- WIRTH, V., (2002) : Indikator Flechte, Naturschutz aus der Flechten-Perspektive – Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Serie C - Wissen für alle Heft 50
- WIRTH, V., DÜLL, R., (2000) : Farbatlas Flechten und Moose - Ulmer, Stuttgart (Hohenheim), 320 S.
- VDI (2005) : Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Flechten (Bioindikation). Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator für die Luftgüte. – VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1a; VDI 3957 Blatt 13. Düsseldorf: 1-27.
- VDI (2007): Stickstoff und die Wirkungen auf die Vegetation. – KRdL-Expertenforum 12. und 13. Februar 2007, FAL, Braunschweig. – KRdL-Schriftenreihe Band 37, Düsseldorf, 160 S.

Anschrift der Autorin

Stephanie Vogel, Heideweg 58, 40789 Monheim am Rhein

Abb. 2: Häufigkeitsanteil der Flechten auf den jeweiligen Bäumen.

Farblegende: Die grünen Balken stellen die Eutrophierungszeiger dar, die orangen Balken die Wärmezeiger, die Blauen sind weder Wärme- noch Eutrophierungszeiger und der graue Balken stellt eine Flechtenart dar, die Wärme- und gleichzeitig Eutrophierungszeiger ist.

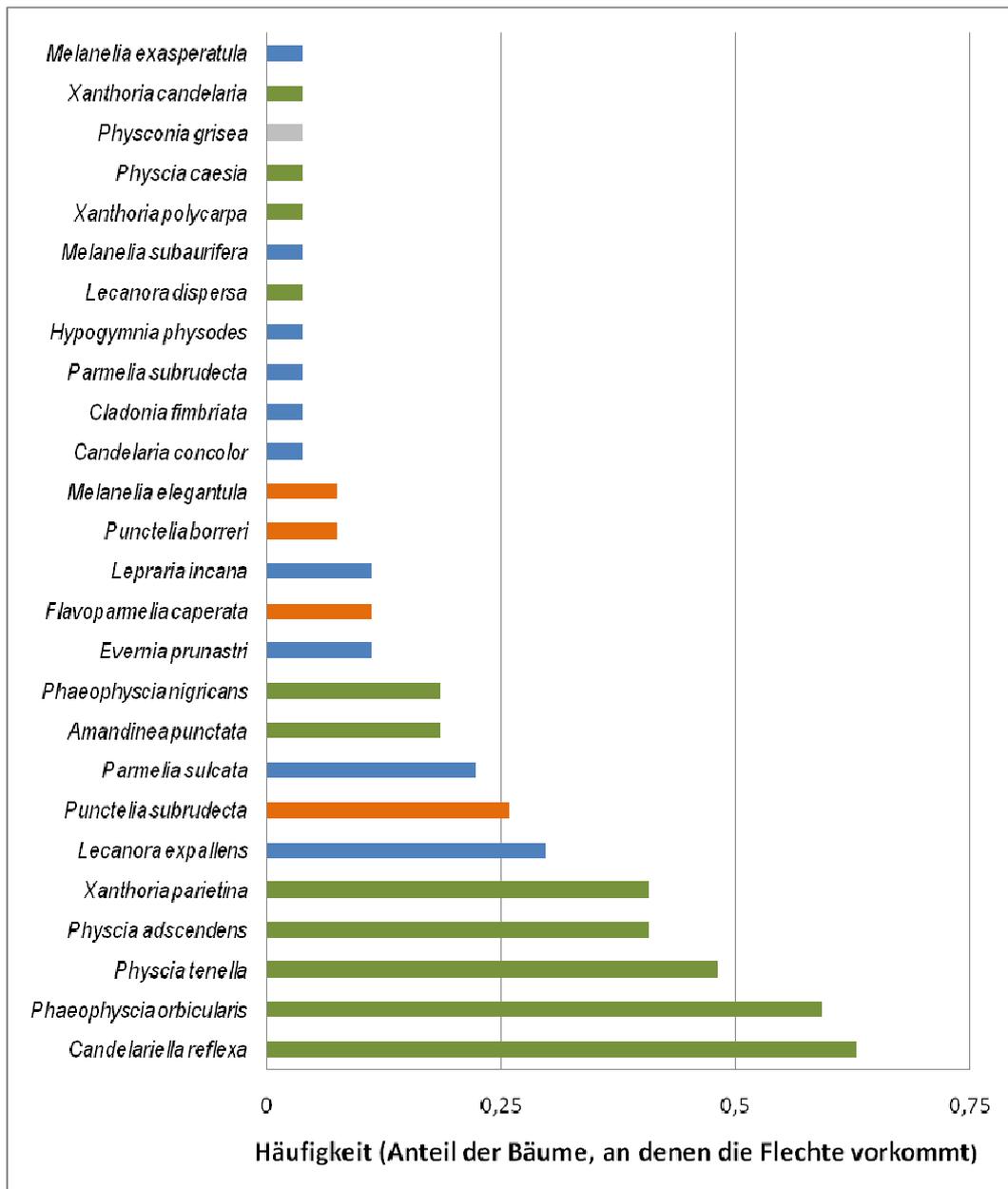


Abb. 3: Artendiversität an den Messflächen Innenstadt und Benrath.

Dargestellt ist die Anzahl der Wärmezeiger, Nitrophyten und der gesamten Flechtenarten, die auf den Trägerbäumen in den beiden Messflächen Innenstadt und Benrath nachgewiesen wurden. Schwarze Punkte: Baumstandorte; rote Kreise: Wärmezeiger (0 bis 3); grüne Kreise: Nitrophyten (1 bis 8); blaue Kreise: Flechtennachweise insgesamt am Baum (2 bis 10; Einzelwerte siehe Tabelle 1). Kartenhintergrund: Deutsche Grundkarte 1:5000.

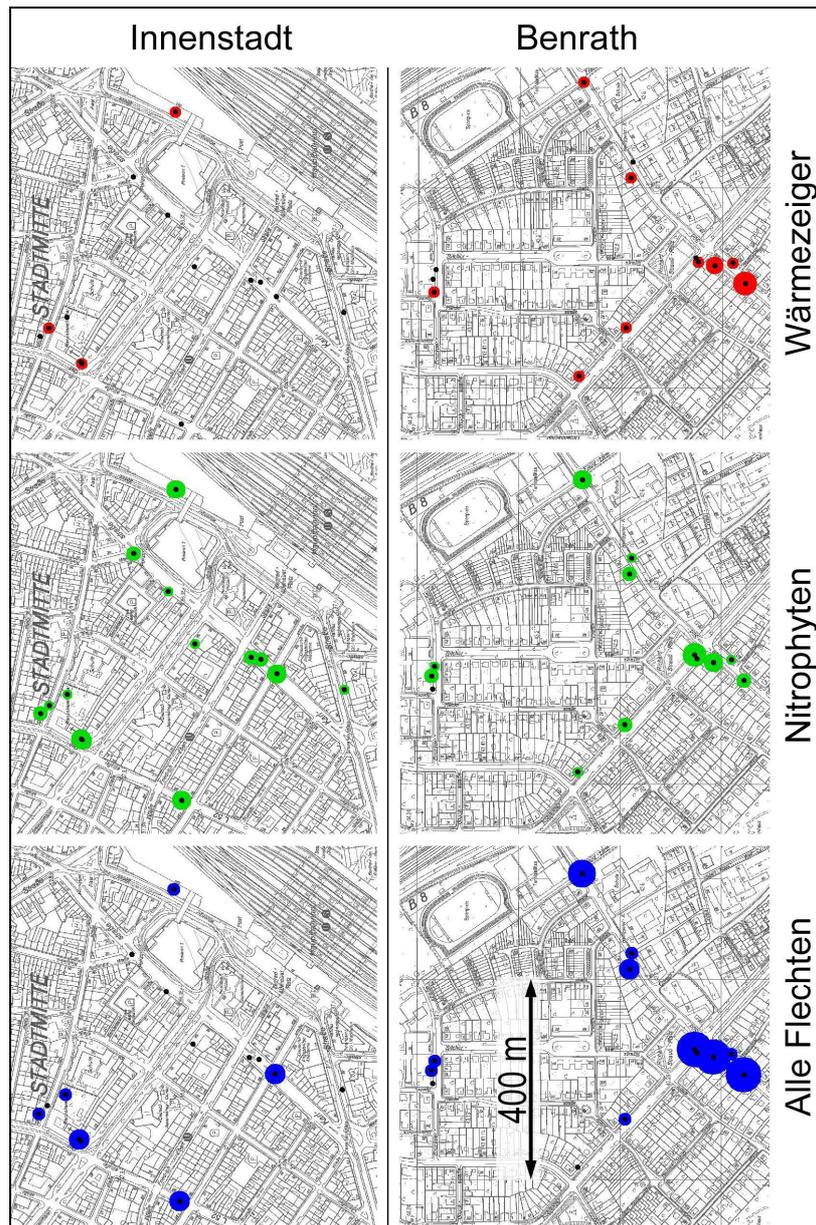


Tabelle 1: Baumstandorte mit Angabe der Flechtenarten bzw. der Wärmezeiger oder Nitrophyten pro Baum.

Abkürzungen: BEN, Benrath; City, Innenstadt; FleArt, Anzahl der Flechtenarten; WZ, Wärmezeiger; Nitro, Nitrophyten. Vergleiche Karte in Abbildung 3.

Baum-Nr.	Messfläche	Baumart	Rechts	Hoch	Flechtenart	WZ	Nitro
1	BEN	Linde	2561459	5669052	9	0	8
2	BEN	Esche	2561451	5669048	8	1	2
3	BEN	Esche	2561444	5669015	9	2	4
4	BEN	Linde	2561449	5668980	4	1	2
5	BEN	Esche	2561408	5668955	10	3	3
6	BEN	Ahorn	2561320	5669190	4	1	3
7	BEN	Esche	2561224	5669283	3	1	2
8	BEN	Ahorn	2561391	5669570	2	1	1
9	BEN	Ahorn	2561417	5669572	4	0	3
10	BEN	Ahorn	2561436	5669566	4	0	2
11	BEN	Ahorn	2561620	5669181	6	1	3
12	BEN	Ahorn	2561652	5669177	4	0	2
13	BEN	Ahorn	2561810	5665274	7	1	4
14	City	Ahorn	2555219	5676488	5	0	4
15	City	Ahorn	2555188	5676355	2	0	2
16	City	Ahorn	2555248	5676520	3	0	3
17	City	Ahorn	2555252	5676539	3	0	3
18	City	Ahorn	2555279	5676650	2	0	2
19	City	Ahorn	2555383	5676703	2	0	2
20	City	Ahorn	2555459	5676771	3	0	3
21	City	Ahorn	2555588	5676688	4	1	4
22	City	Ahorn	2555178	5676902	4	0	2
23	City	Ahorn	2555156	5676938	2	1	2
24	City	Ahorn	2555140	5676955	4	0	3
25	City	Ahorn	2555086	5676873	4	1	4
26	City	Ahorn	2555089	5676875	6	0	5
27	City	Ahorn	2554966	5676676	5	0	5

Tabelle 2: Nachgewiesene Flechtenarten.

Artcode: das für Datenbankabfragen benutzte Kürzel; Nitro: Nitrophyten (n) nach VDI (2005) und WZ, Wärmezeiger (w) nach STAPPER (2009).

Artname_wiss	Artcode	Artname	Nitro	WZ
Amandinea punctata (HOFFM.) COPPINS & SCHEIDEGG.	Ama pun	Amandinea punctata	n	
Candelaria concolor (DICKS.) STEIN	Can con	Candelaria concolor		
Candelariella reflexa (NYL.) LETTAU	Can ref	Candelariella reflexa	n	
Cladonia fimbriata (L.) FR.	Cla fim	Cladonia fimbriata		
Evernia prunastri (L.) ACH.	Eve pru	Evernia prunastri		
Flavoparmelia caperata (L.) HALE	Fla cap	Flavoparmelia caperata		w
Hypogymnia physodes (L.) NYL.	Hyp phy	Hypogymnia physodes		
Lecanora dispersa (PERS.) SOMMERF.	Lec dis	Lecanora dispersa	n	
Lecanora expallens ACH.	Lec exp	Lecanora expallens		
Lepraria incana (L.) ACH.	Lep inc	Lepraria incana		
Melanelia elegantula (Zahlbr.) Essl.	Mel ele	Melanelia elegantula		w
Melanelia exasperatula (NYL.) ESSL.	Mel exa	Melanelia exasperatula		
Melanelia subaurifera (NYL.) ESSL.	Mel sub	Melanelia subaurifera		
Parmelia sulcata TAYLOR	Par sul	Parmelia sulcata		
Phaeophyscia nigricans (FLÖRKE) MOBERG	Pha nig	Phaeophyscia nigricans	n	
Phaeophyscia orbicularis (NECKER) MOBERG	Pha orb	Phaeophyscia orbicularis	n	
Physcia adscendens (FR.) OLIV.	Phy ads	Physcia adscendens	n	
Physcia caesia (HOFFM.) FÜRNR.	Phy cae	Physcia caesia	n	
Physconia grisea (LAM.) POELT.	Phy gri	Physconia grisea	n	w
Physcia tenella (Scop.) DC.	Phy ten	Physcia tenella	n	
Punctelia borreri (SM.) KROG	Pun bor	Punctelia borreri		w
Punctelia subrudecta (NYL.) KROG	Pun sub	Punctelia subrudecta		w
Xanthoria candelaria (L.) TH.FR.	Xan can	Xanthoria candelaria	n	
Xanthoria parietina (L.) TH.FR.	Xan par	Xanthoria parietina	n	
Xanthoria polycarpa (HOFFM.) RIEBER	Xan pol	Xanthoria polycarpa	n	

Tabelle 3: Artvorkommen auf den Trägerbäumen.

Artcode: siehe Tabelle 2. Definition der Häufigkeitsklassen (H_Klass) im Text unter Methodik.

Baum#	Artcode	H_Kl.
27	Xan par	1
27	Phy ten	2
27	Phy ads	2
27	Pha nig	2
27	Can ref	2
26	Pun sub	2
26	Phy ten	2
26	Phy ads	2
26	Pha orb	3
26	Can ref	1
26	Can ref	1
25	Pha orb	3
25	Pha nig	2
25	Can ref	1
25	Ama pun	2
24	Xan par	1
24	Pun sub	2
24	Pha orb	2
24	Can ref	1
23	Phy ten	2
23	Pha orb	2
22	Pun sub	1
22	Phy ten	2
22	Par sul	1
22	Can ref	1
21	Xan par	2
21	Phy ten	3
21	Pha orb	2
21	Lec dis	1
20	Xan par	1
20	Pha orb	2
20	Can ref	1
19	Xan par	2
19	Pha orb	3
18	Xan par	2
18	Pha orb	3
17	Xan par	1
17	Pha orb	2
17	Pha nig	2
16	Xan par	2
16	Pha orb	3

Baum#	Artcode	H_Kl.
16	Pha nig	3
15	Phy ten	2
15	Pha orb	3
14	Xan par	2
14	Pun sub	2
14	Phy ads	2
14	Pha orb	3
14	Can ref	2
13	Xan can	2
13	Phy ten	2
13	Par sul	2
13	Lep inc	2
13	Lec exp	2
13	Can ref	2
13	Ama pun	1
12	Phy ads	2
12	Par sul	1
12	Lec exp	3
12	Can ref	2
11	Xan par	1
11	Pun sub	2
11	Phy ten	3
11	Par sul	2
11	Lec exp	3
11	Can ref	2
10	Phy ads	2
10	Eve pru	1
10	Can ref	2
10	Can con	1
9	Phy gri	2
9	Pha orb	2
9	Eve pru	1
9	Can ref	1
8	Pun sub	3
8	Phy ten	2
7	Pun sub	1
7	Pha orb	2
7	Ama pun	1
6	Phy ten	3
6	Phy ads	2
6	Lec exp	2

Baum#	Artcode	H_Kl.
6	Can ref	2
5	Pun bor	1
5	Pun bor	1
5	Phy ads	2
5	Pha orb	1
5	Par sul	1
5	Lep inc	3
5	Lec exp	3
5	Hyp phy	2
5	Fla cap	2
5	Can ref	2
4	Phy ten	2
4	Phy ads	2
4	Mel ele	2
4	Lep inc	3
3	Phy ten	2
3	Phy ads	3
3	Par sul	2
3	Mel ele	2
3	Lec exp	2
3	Fla cap	2
3	Eve pru	1
3	Can ref	2
3	Ama pun	2
2	Xan par	1
2	Phy ads	2
2	Pun sub	2
2	Mel sub	1
2	Mel exa	2
2	Lec exp	3
2	Fla cap	1
2	Cla fim	2
1	Xan pol	1
1	Phy ten	2
1	Phy cae	3
1	Phy ads	3
1	Pha orb	2
1	Pha nig	2
1	Lec exp	1
1	Can ref	1
1	Ama pun	2

Abb. 4: Ahornbaum Nr. 2 in Düsseldorf- Benrath.



Abb. 5: Ahornbaum Nr. 20 in der Düsseldorfer Innenstadt.



Abb. 6: *Physcia tenella* fotografiert durch das Stereomikroskop; Gesichtsfeld ca. 25 mm.

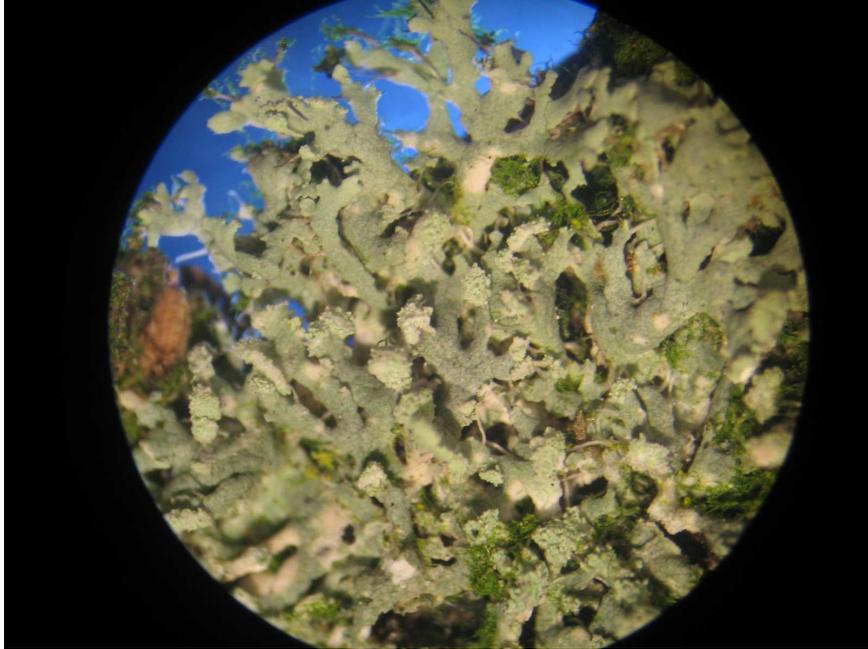


Abb. 7: *Lecanora expallens* fotografiert durch das Stereomikroskop; Gesichtsfeld ca. 25mm.

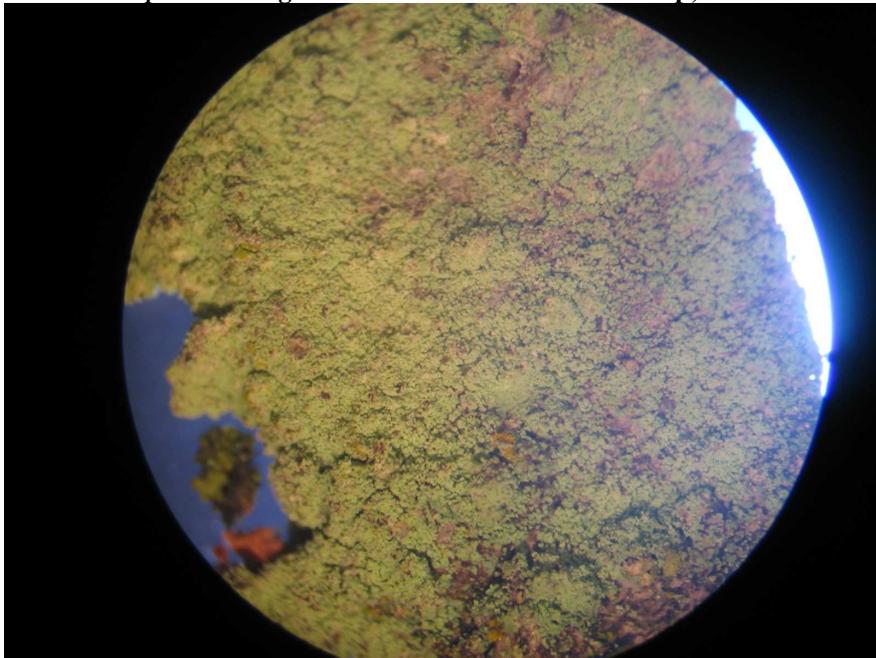


Abb. 8: *Xantoria parietina* fotografiert durch das Stereomikroskop; Gesichtsfeld ca. 25 mm.

