Literatur:

BÖTTCHER, H. (1997): Einige Funde seltener Pflanzenarten als Ergänzung zum "Atlas zur Flora von Süd-Niedersachsen". Gött. Flor. Rundbr. 11(4): 109-116.
CONERT, H. J. (1998): Poaceae, Eragrostoideae. In: Hegi, G., Illustrierte Flora von Mitteleuropa, 1(3), 3. Auflage. P. Parey, Berlin. 898 S.
DIERSSEN, K. (1968): Eragrostis poaeoides auch in Bad Münder. Mitt. Flor. Soz. Arbeitsgem. N.F. 13: 9.
FEDER, J. (1989): Flora und Vegetation der Pflasterflächen Hannovers. Unveröff. Ausarbeitung Universität Hannover. 51 S.
FEDER, J. (1990): Flora und Vegetation der Bahnhöfe im Großraum Hannover. Unveröff. Diplomarbeit Universität Hannover. 186 S.
FEDER, J. (1998): Bemerkenswerte Pflanzenfunde an der Bahn zwischen Bremen-Vegesack und Nienburg (Weser). Abh. Naturwiss. Ver. Bremen 44(1): 161-183
GARVE, E. & D. LETSCHERT (1991): Liste der wildwachsenden Farn- und Blütenpflanzen Niedersachsens. 1. Fassung vom 31.12.1990. Natursch. Landschaftspfl. Nieders. 24: 1-143.
HAEUPLER, H. (1976): Atlas zur Flora von Südniedersachsen. Scripta Geobot. 10. S. Goltze, Göttingen. 367 S.
HAEUPLER, H. & P. SCHÖNFELDER (1989): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. E. Ulmer, Stuttgart, 768 S.
HENKER, H. (1958): Das Kleine Liebesgras als Neophyt in Mecklenburg. Arch. Freunde Naturgesch. Mecklenburg 4: 166-170.
HÜLBUSCH, K. H. & D. KIENAST (1977): Beiträge zur ruderalen Flora und Vegetation Kassels. Hess. Flor. Rundbr. 26(1): 12-14.
KALLEN, H. W. (1990): Neu- und Wiederfunde bemerkenswerter Gefäßpflanzenarten im Landkreis Lüchow-Dannenberg (Niedersachsen) - 1. Teil Neophyten. Flor. Rundbr. 24: 104-113.
KAUERS, S. & R. THEUNERT (1994): Die Flora von Peine. Ökologieconsult 2, Peine. 1-372.
KUHBIER, H. (1977): Ein weiterer Beitrag zur Einbürgerung des Kleinen Liebesgrases (Eragrostis poaeoides P.B.) in Nordwestdeutschland. Mitt. Flor. Soz. Arbeitsgem. N.F. 19/20: 63-65.
KÜSEL, H: (1968): Zur Einbürgerung des Kleinen Liebesgrases (Eragrostis poaeoides P.B.) in Nordwestdeutschland. Mitt. Flor. Soz. Arbeitsgem. N.F. 13: 10-13.
PASSARGE, H. (1957): Zur soziologischen Stellung einiger bahnbegleitenden Neophyten in der Mark Brandenburg. Mitt. Flor. Soz. Arbeitsgem. N.F. 6/7: 155-163.
POTT, J. (1975): Untersuchungen zur Flora der Gleisanlage von Bahnhöfen im Raum Hannover. Unveröffentl. Ausarb. am Institut für Vegetationskunde. Univ. Hannover
WEBER, H. E. (1995): Flora von Südwest-Niedersachsen u. dem benachbarten Westfalen. Wenner, Osnabrück. 770S.

Anschrift des Verfassers: Diplom-Landespfleger Jürgen Feder, Im Dorfe 8, D-28757 Bremen

Beitr. Naturk. Niedersachsens 55 (2002): 63-72

Bioindikation mit Flechten im Raum Peine (ein Projekt im Grundkurs Biologie, 13. Jahrgang des Gymnasiums am Silberkamp in Peine)

von Anke Balgemann

1. Einleitung

Die vorliegende Untersuchung ist ein wesentlicher Bestandteil des Unterrichtsprojekts "Bioindikation mit Hilfe von Flechten im Raum Peine unter Verwendung von wissenschaftspropädeutischen Methoden", das ich vom 13.11.2000 - 16.12.2000 im Rahmen meiner zweiten Staatsexamensarbeit für das Lehramt an Gymnasien in einem Grundkurs Biologie des 13. Jahrgangs am Gymnasium am Silberkamp in Peine durchgeführt habe.
Die Verbindung zwischen dem Entstehen großer Städte, dem Anwachsen von Industrie und der

Bildung industrieller Ballungszentren sowie die Zunahme des Verkehrs, des Tourismus und die industrielle Produktionsweise der Land- und Forstwirtschaft führen zu starken Einwirkungen in den Naturhaushalt (vgl. SCHUBERT 1991). Luftverunreinigungen beeinflussen neben Menschen, Tieren und Pflanzen auch Boden und Gewässer.
Um Schädigungen lebenswichtiger Bestandteile der menschlichen Umwelt vorzubeugen, ist ein rechtzeitiges Erkennen von negativen Entwicklungen in Ökosystemen unabdingbar. Bioindikatoren bieten hier die Möglichkeit, Schäden in der Umwelt, wie sie durch das synergistische Zusammenwirken mehrerer Stressoren hervorgerufen werden, frühzeitig zu registrieren und Abhilfe zu leisten. Schon seit dem 19. Jahrhundert ist bekannt, daß Flechten als Bioindikatoren für lufthygienische Belastungen herangezogen werden können (vgl. KIRSCHBAUM & WIRTH 1997), und bis heute werden Flechten vielfach bei der Bestimmung der Luftqualität benutzt (vgl. NIEMEYER 1990; STADT BRAUNSCHWEIG 1995 u.a.).
2. Untersuchungsgebiet
Das Untersuchungsgebiet liegt in der Nähe der A2 zwischen zwei Großstädten, östlich der Stadt Hannover und westlich der Stadt Braunschweig. Es umfasst vier Untersuchungsflächen im Bereich der Kreisstadt Peine: zwei unmittelbar im Stadtbereich, eine Untersuchungsfläche im Industriegebiet Peine-Ost und eine im Naturschutzgebiet Wendesser Moor, nordwestlich von Peine-Stederdorf, in Autobahnnähe.
Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Bereich des südöstlichen niedersächsischen Tieflandes (AK STANDORTSKARTIERUNG IN DER AG FORSTEINRICHTUNG 1985). Generell ist hier der Winter überwiegend maritim geprägt mit langjährigen Monatsmitteln der Temperatur im Januar von ca. 1,5°C und des Niederschlags von ca. 50 mm, während der Sommer eher subkontinental beeinflußt wird mit Julitemperaturen im langjährigen Monatsmittel von ca. 18°C und Niederschlägen von ca. 65 mm. Westwinde herrschen in dieser Gegend vor. Lediglich bei Hochdruckwetterlagen kommt es zu einem vorherrschenden Ostwind. (vgl. ROHDE 1978).
Industrie- und Gewerbeanlagen mit hohen Emissionen sind im Untersuchungsgebiet selbst nicht (mehr) vorhanden. Die Qualität der Luft wird daher durch Luftemissionen entfernter industrieller Ballungszentren wie bspw. Hannover, Hamburg, Braunschweig oder Magdeburg (vgl. PUDWILL 2000) und den Verkehr vor Ort beeinflußt. Innerhalb und in unmittelbarer Nähe des Untersuchungsgebietes waren bis 1996 drei Luftmeßstationen in Betrieb. Deren Meßwerte zeigten gemäß einem bundesweiten Trend von 1985 bis 1996 eine deutliche Abnahme der Schwefeldioxidimmissionsbelastung auf (vgl. http://www.umweltbundesamt.de). Es ist davon auszugehen, dass diese Abnahme der Immissionsbelastung durch Schwefeldioxid auch in jüngerer Zeit anhält.

3. Material und Methode

3.1 Material
Im Untersuchungsgebiet wurde an vier ausgesuchten Untersuchungsflächen die epiphytisch an Baumrinde wachsende Flechtenvegetation untersucht.
Flechten sind eher "unscheinbare" Lebewesen, die aus einer dauerhaften Assoziation eines Mycobionten (Pilz) und eines oder mehrerer Photobionten (Algen) bestehen (vgl. SCHÖLLER 1997). In der Regel baut der Pilz einen spezifischen Körper auf, in welchem die Algen leben. Er produziert spezifische sekundäre Stoffwechselprodukte, wie etwa die Flechtensäuren (vgl. SCHÖLLER 1997). Die Lichenisierung stellt eine ganz besondere und erfolgreiche Methode

der Pilze dar, ihre Kohlenhydratversorgung zu sichern. Die Alge produziert Kohlenstoffverbindungen für sich und den Pilz und kann unter Umständen (Cyanobakterien) auch Luftstickstoff für sich und den Pilz binden. Sie erhält vom Pilz keinerlei Stoffwechselprodukte. Das Hyphengeflecht des Pilzes bietet ihr dagegen Schutz vor Austrocknung und UV-Strahlung. In der Natur ist sie auch ohne den Pilzpartner anzutreffen, kann aber in der Symbiose ausgedehntere Lebensräume besiedeln (vgl. RECKEL & WACH 1992).

Flechten reagieren weit empfindlicher auf Luftschadstoffe als andere Lebewesen. Schon seit mehr als 100 Jahren werden Flechten als Bioindikatoren für Luftverunreinigungen verwendet (vgl. ARNDT, NOBEL & SCHWEIZER 1987). Untersuchungen haben ergeben, daß Flechten auf saure Luftschadstoffe reagieren, insbesondere SO2/SO3, NOx, HF, HCL sowie Ozon und Kohlenwasserstoffe (vgl. RECKEL 1998, GOPPEL 1988). Die Folgen von Immissionsbelastungen für die Flechten können eine Herabsetzung der Zellatmung, die irreversible Schädigung des Chlorophylls, die Schädigung von Zellstrukturen oder das Auftreten von äußerlich sichtbaren Schäden wie Nekrosen oder Verfärbungen sein. Im schlimmsten Fall kann es zum Tod der Flechten kommen. Immissionen sorgen so für eine Verschiebung in der Artenzusammensetzung der Flechtenvegetation. Arten, die weniger empfindlich auf den jeweiligen Schadstoff reagieren, siedeln sich im Gebiet an (vgl. RECKEL 1998). Die Empfindlichkeit der Flechtenarten ist unter anderem durch die Wuchsform bedingt. Weitere Parameter sind der unterschiedliche anatomische Bau, die Unterschiedlichkeit der Symbiosepartner und stoffwechselphysiologische Unterschiede. (vgl. RECKEL (1998)) Vereinfacht dargestellt reagieren Bartflechten am empfindlichsten, gefolgt von Strauchflechten, Blattflechten und Krustenflechten.

Ihre Empfindlichkeit wird durch mehrere Faktoren bedingt. Einerseits können Flechten als Symbiose von Algen und niederen Pilzen sowohl Schädigungen des auto- als auch des heterotrophen Stoffwechsels anzeigen, zum anderen sind Flechten das gesamte Jahr über stofffwechselaktiv, also auch im Winterhalbjahr, in welchem die höchsten Immissionsbelastungen registriert werden. Weitere Faktoren sind ihre geringe Regenerationsfähigkeit, ihr hohes Potential zur Akkumulation von Schadstoffen aus der Atmosphäre durch das Fehlen einer schützenden Cuticula, das Fehlen eines Ausscheidungssystems und der geringe Chlorophyllgehalt ihres Thallus, dessen geringe Netto-Produktivität die Fähigkeit der Fechten reduziert, sich nach Stress schnell wieder zu erholen (vgl. RECKEL 1998, NIEMEYER 1995, KLAHM 1984).

3.2 Methode

Die Verfahren des Biomonitorings mit Flechten sind sehr vielfältig. Im Rahmen der Untersuchung mit den Schülern (Abb. 2) wurde mit einem vereinfachten VDI-Verfahren (VDI 3799 Blatt 1) gearbeitet. Die von AeroData bionet zur Verfügung gestellte vereinfachte Methode beschränkt sich auf wenige Laubbaumarten, in diesem Fall *Betula pendula, Quercus robur und Q. petraea,* und ihren Flechtenbewuchs (vgl. RECKEL 1998). Mit Hilfe eines Flechtenkartierungsgitters (Abb. 1) wurde die Zahl der Teilflächen am Gitter ausgezählt, in denen eine Flechtenart an einer Baumrinde vorkommt und der ermittelte Wert (Frequenz) im Aufnahmebogen notiert. Es wurden ausschließlich Flechtenarten berücksichtigt, die in der Tabelle des VDI für das Verfahren vorgesehen sind. Für jede Flechtenstation wurde ein Luftgütewert errechnet. Dieser LGW entspricht dem Mittelwert der Frequenzsummen an den Trägerbäumen einer Messfläche (Flechtenstation) und stellt somit eine statistische Schätzung der wahren Verhältnisse auf dieser Fläche dar. Ein hoher LGW zeigt eine relativ hohe Luftqualität an. Die Luftgütewerte werden für die Bewertung in Luftgüteklassen eingeteilt. Tritt

in einem Gebiet nur *Lecanora conizaeoides* auf, wird nach dem VDI-Verfahren der Deckungsgrad dieser Flechte pro Teilfläche ermittelt und der mittlere Deckungsgrad pro Flechtenstation errechnet. Je niedriger dieser ausfällt, desto geringer ist die Luftqualität.
Formel zur Berechnung der Luftgütewerte (LGW) nach VDI 3799 Blatt 1 (http://www.mustafa-b.de/flechten/):

$$LGW = \frac{\Sigma F_i}{n}$$

Fi = Frequenznummer des Baumes i in der Messfläche
n = Anzahl der kartierten Bäume auf der Messfläche

Tabelle 1: Einteilung der Luftgüteklassen nach dem VDI-Verfahren

Belastung der Luft	**Luftgütewerte**
Sehr gering	> 50
Gering	37,5-50
Mäßig	25-37,5
Hoch	12,5-25
Sehr hoch	0-12,5
Extrem hoch	0

4. Ergebnisse und Diskussion

Im Bereich der Stadt Peine wurden an vier Untersuchungsflächen 13 Flechtenarten bzw. -Artengruppen auf Betula pendula, Quercus robur und Q. petraea nachgewiesen.

Tabelle 2: Flechtenarten und -artengruppen im Bereich der Stadt Peine

Candelariella spec.
Hypogymnia physodes
Lecanora conizaeoides
Lecanora expallens
Lecanora hagenii-Gruppe
Lepraria incana-Gruppe
Graue Parmelia-Art
Parmelia tiliacea
Phaeophyscia orbicularis
Physcia tenella
Physconia grisea
Xanthoria parietina
Xanthoria polycarpa

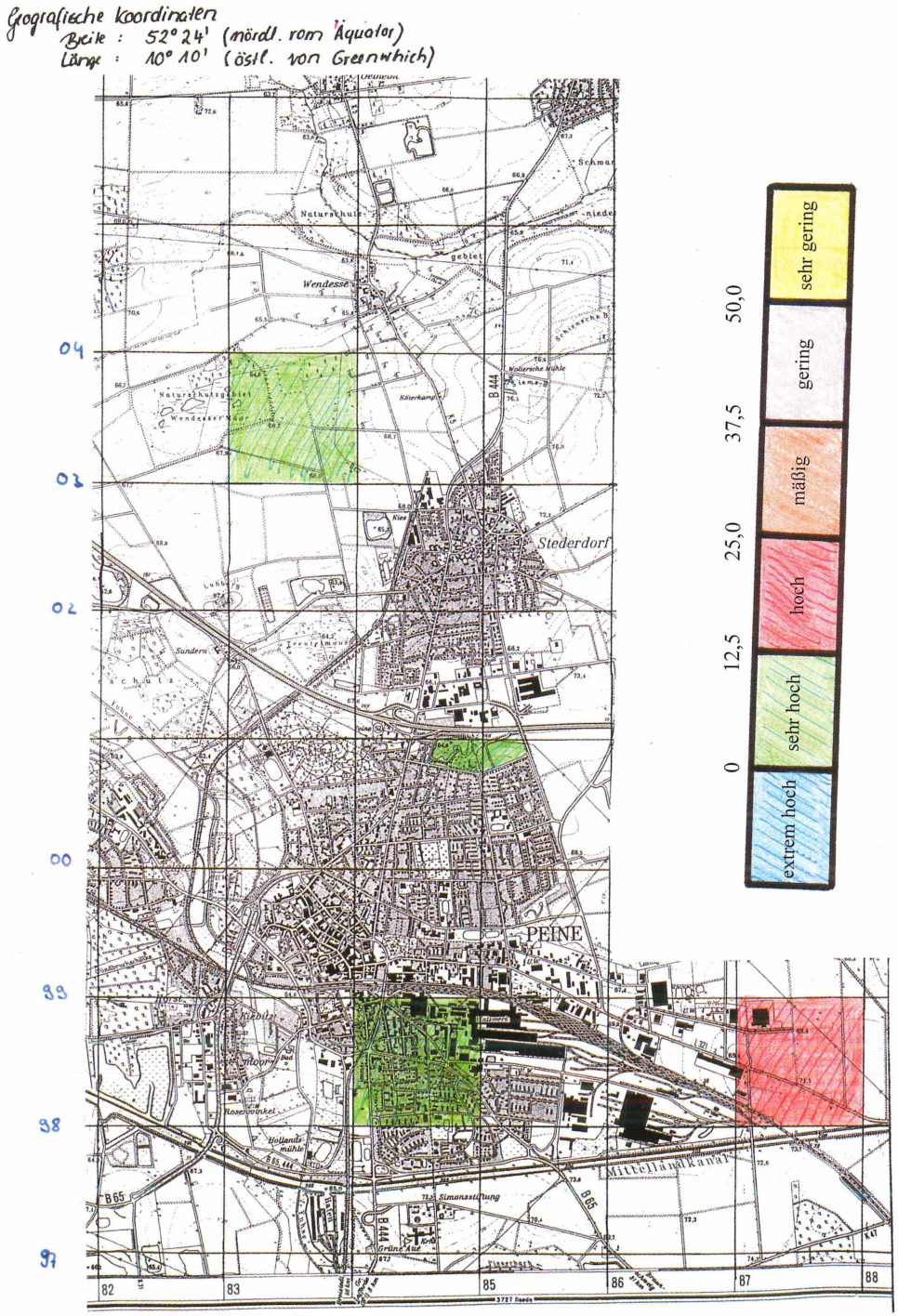
Tabelle 3: Flechtenarten und -artengruppen der verschiedenen Untersuchungsflächen

Wendesser Moor	Industriegebiet Peine-Ost	Heywoodpark	Peine Stadtbereich (Walzwerk)
		Candelariella-Art	
			Hypogymnia physodes
Lecanora conizaeoides		Lecanora conizaeoides	Lecanora conizaeoides
	Lecanora expallens	Lecanora expallens	
	Lecanora hagenii-Gruppe		
Lepraria incana-Gruppe	Lepraria incana-Gruppe		
		Graue Parmelia-Art	Parmelia tiliacea, Graue Parmelia-Art
	Phaeophyscia orbicularis		Phaeophyscia orbicularis
Physcia tenella/ adscendens	Physcia tenella/ adscendens	Physcia tenella/ adsecendens	Physcia tenella/ adscendens
			Physconia grisea
			Pseudevernia furfuracea
Xanthoria parietina	Xanthoria parietina		
	Xanthoria polycarpa		

Im bedeutenden Peiner Naturschutzgebiet (IBA-Gebiet) Wendesser Moor wurden zu 94 % Blattflechten nachgewiesen. Krustenflechten waren mit 5,5 % vertreten. Strauch- oder Bartflechten traten nicht auf. Die Untersuchungsfläche "Heywoodpark" im Stadtbereich Peines wies zu 79 % Krustenflechten und zu 21 % Blattflechten auf. Strauch- und Bartflechten konnten ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Im Industriegebiet Peine-Ost wurden zu 21,5 % Krustenflechten und zu 78,5 % Blattflechten kartiert. Im Bereich des Walzwerkes im Stadtbereich Peine ergab die Kartierung eine Flechtenwuchsformverteilung von 7,4 % Krustenflechten, 79,2 % Blattflechten und 13,4 % Strauchflechten.
Daraus ergibt sich eine Gesamtverteilung der Wuchsformen von Flechten an *Betula pendula, Quercus robur* und *Q. petraea* im Raum Peine von:

Krustenflechten:	28,3 %
Blattflechten:	68,3 %
Strauch- und Bartflechten:	3,4 %

Die aus den Kartierungsergebnissen errechneten Luftgütewerte (LGW-Werte) (Karte 1) schwanken zwischen 7,2 und 14,62. Sämtliche LGW-Werte weisen damit auf eine sehr hohe bzw. hohe Luftbelastung im Bereich Peine hin.
Im Vergleich mit der Immissionsentwicklung von Schwefeldioxid in Peine mittels chemisch-physikalischer Messung an den Luftmeßstationen und den Ergebnissen einer Flechtenexposition im Jahr 1991/92 ergeben sich erstaunliche Unterschiede zu den Ergebnissen nach der VDI-Methode der Schüler. Während die Kartierungsergebnisse der Schüler auf hohe bis sehr hohe Luftverschmutzung schließen lassen, ist die Immissionsentwicklung von Schwefeldioxid in Peine seit 1988 stark gesunken und liegt 1996 zwischen 12 und 14 µg/m3. Die Schädigungsindices bei der Flechtenexposition weisen mit sehr geringen Absterbegraden der Flechten ebenfalls auf eine relativ gute Luftqualität hin.



Karte 1: Das Untersuchungsgebiet Peine (TK 3627) mit Quadranten der Luftbelastung.
- Map 1: The Peine study area (Topographical map TK 3627) with different subareas of aerial pollution.

Bei den chemisch-physikalischen Messungen der Luftmessstationen handelt es sich um punktuelle Messungen am Tag. Aus diesen Messungen werden Mittelwerte errechnet, aus denen mögliche Immissionsextrema im Tagesgang nicht mehr ersichtlich sind. Die Flechtenexponate hingegen erlauben ausschließlich eine Bestimmung der Luftqualität innerhalb des exponierten Zeitraumes, also in diesem Fall für die Jahre 1991/92. Da Flechten keine Ausscheidungsorgane für Schadstoffe besitzen und deshalb Schadstoffe akkumulieren, zeigt die für unser Projekt gewählte Methode der Flechtenkartierung Auswirkungen langfristiger Schadstoffimmissionen und reagiert auch auf kurzfristig höhere Immissionswerte. Insofern scheinen die Ergebnisse der drei Untersuchungsmethoden nur bedingt vergleichbar zu sein. Sie schließen einander nicht aus. Auf der anderen Seite stellte sich die VDI-Methode mit dem relativ einfach zu berechnenden LGW-Wert als Mittelwert der Frequenzsummen der Flechten an den Trägerbäumen einer Flechtenstation im nachhinein als erhebliche mögliche Fehlerquelle heraus. Gerade bei denen in der Flechtenbestimmung noch nicht stark geübten Schülern kann es vorkommen, daß ähnlich aussehende Flechtenarten als eine Art wahrgenommen und im Aufnahmebogen aufgeführt werden. Dies wiederum führt in der anschließenden Berechnung des LGW-Wertes zu einer deutlichen Erhöhung der Werte, sprich einer Ergebnisverschiebung im Sinne einer stärkeren Luftverschmutzung. Eine zusätzliche mögliche Fehlerquelle stellt die Auswahl der Untersuchungsbäume dar. Die von den Schülern ausgesuchten Eichen und Birken haben eine

Flechtengitter with Xanthoria parietina. - Fig. 1: Lichen grid with Xanthoria parietina. Photo: Verfasserin

sehr saure Borke. Auf saurer Borke wachsen generell weniger Flechtenarten als auf Bäumen mit mäßig saurer oder subneutraler Borke (vgl. RECKEL (1998)).
Im Vergleich mit einer Luftgüteuntersuchung mit Flechten in der nahe Peine gelegenen Gemeinde Uetze stellte sich heraus, daß zwar auch hier eine Tendenz zur schlechten Luftqualität gegeben ist, sich aber eine stärkere Differenzierung der Luftqualität im Gebiet zeigt. So sind in der Gemeinde Uetze große Bereiche mit mittlerer und mäßig-hoher Luftverschmutzung und nur kleine Gebiete mit ziemlich hoher Luftverschmutzung ausgewiesen. Vergleicht man zusätzlich das epiphytische Flechtenwachstum von Peine und der Gemeinde Uetze, so zeigen sich ähnliche Verhältnisse mit verstärktem Auftreten von

Flechtenbestimmung der Schüler. - Students identify lichens inmidst a study plot. Photo: Verfasserin

Krustenflechten, Blattflechten in geringen oder mittleren Deckungsgraden und in Ausnahmefällen Gebiete mit ausschließlichem Auftreten von Lecanora conizaeoides (vgl. FALLISCH 1991).
Es ist demnach davon auszugehen, daß die Luftqualität in Peine ähnlich wie in Uetze eine Tendenz zu stärkerer Luftverschmutzung hat. Als mögliche Gründe für eine schlechtere Luftqualität im Raum Peine wurden zum einen Langzeitfolgen der Peiner Industrieemissionen genannt. Zum anderen wurden von den Schülern Haushaltsemissionen, heutige Industrieemissionen, Emissionen durch die Landwirtschaft und vor allem Emissionen durch hohes Verkehrsaufkommen, besonders im Bereich der A2, als mögliche Gründe genannt.

Neben der Autobahnnähe wurde für den Bereich Wendesser Moor (1-1,5 km N der A 2), der die schlechtesten Luftgütewerte aufwies, auch ein Zusammenhang mit einem Chemieunfall und einem Brand in einer Papierfabrik in Peine-Stederdorf in jüngster Zeit vermutet.
Bei der Untersuchung in der Gemeinde Uetze wurde u.a. mit der LuGI-Methode gearbeitet. Bei diesem Verfahren wird anstelle der Frequenz der Deckungsgrad und die Vitalität der Flechten pro Teilfläche des Flechtenkartierungsgitters ermittelt. Weiterhin werden die Empfindlichkeitswerte der Flechtenarten berücksichtigt. Durch diese weiteren Parameter

kommt es beim Nicht-Erkennen einer Flechtenart oder bei der Auswahl von Bäumen mit saurer Borke zwar ebenfalls zu einer Verschiebung der Ergebnisse, insgesamt bleiben die Ergebnisse doch differenzierter.
Ein Vergleich der gewonnenen und hier dargestellten Ergebnisse mit einer Untersuchung der gleichen Flächen nach der LuGI-Methode wäre daher sicher interessant und spannend.

Zusammenfassung

Im Bereich der Kreisstadt Peine zwischen den Großstädten Hannover und Braunschweig wurde an vier Untersuchungsflächen die epiphytische Flechtenflora von *Betula pendula, Quercus robur* und *Q. petraea* kartiert. Mit Hilfe der Kartierungsergebnisse wurden die Luftgütewerte für die vier Untersuchungsflächen nach VDI 3799 Blatt 1 ermittelt. Im gesamten Untersuchungsgebiet wurden 13 verschiedene Flechtenarten bzw. artengruppen gefunden, die überwiegend zu den Wuchsformen der auf Luftverschmutzungen weniger empfindlich reagierenden Blatt- oder Krustenflechten gehören. Die Luftgütewerte der Untersuchungsflächen schwanken zwischen 7,2 und 14,62 und weisen damit auf eine sehr hohe bzw. hohe Luftbelastung im Bereich Peine hin.

Summary

Bioindication by means of lichens in the area of Peine, Lower Saxony. (A project for finalists in O-level biology at the Gymnasium am Silberkamp, Peine.)
Epiphytic lichens on Betula pendula, Quercus robur and Q. petraea were investigated in the Peine area, between the cities of Hannover and Braunschweig. A total of 13 species or aggregates were found, most of them from groups less sensitive to air pollution . Using the standard VDI 3799 sheet 1 , the degree of pollution was established for four sample locations. According to the results based on the frequency and diversity of epiphytic lichens, pollution was found to reach between 7.2 and 14.62 points, which indicates a high or even very high atmospheric strain in the Peine area.
Summary by Andreas Zeugner.

6. Literatur

6.1 Fach- und fachdidaktische Literatur

Arbeitskreis Standortskartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung (1985): Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke in der Bundesrepublik Deutschland. Landwirtschaftsverlag. Münster-Hiltrup.
ARNDT, U. & W. NOBEL & B. SCHWEIZER (1987): Bioindikatoren: Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. Ulmer, Stuttgart.

FALLISCH, A. (1991): Diplomarbeit zum Thema: Erfassung der epiphytischen Flechtenvegetation zur Beurteilung der Luftgüte in der Gemeinde Uetze und angrenzenden Gebieten. Hannover.

GOPPEL, C. (1988): Luftbelastung in einem Stadtteil. Unterrichtsanregung für die Sekundarstufe I/II (10.-12. Schülerjahrgang). In: Unterricht Biologie. Bioindikatoren. Heft 131, 12. Jahrgang. Friedrich in Velber, Seelze.

HAUCK, M. (1996): Die Flechten Niedersachsens. Bestand, Ökologie, Gefährdung und Naturschutz. Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, Heft 36. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hannover.

KIRSCHBAUM, U. & V. WIRTH (1997): Flechten erkennen - Luftgüte bestimmen. 2. verb. Auflage. Ulmer, Stuttgart.

KLAHM, G. (1984): Wie sauber noch ist die Luft in unserer Stadt? - Pflanzen zeigen uns den Zustand der Luft an. Eine Projektarbeit für die Abschlussklasse der Sekundarstufe I. In: Naturwissenschaften im Unterricht Biologie, Heft 3 (Themenheft 16: Praktische Umweltbiologie), 32. Jahrgang. Aulis Verlag Deubner, Köln.

MASUCH, G. (1993): Biologie der Flechten. Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden.
NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (Hg.) (2000): Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen. Jahresbericht 1999. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hannover.

NIEMEYER, R. (1990): Beurteilung der Luftqualität im Stadtgebiet von Hannover mit Hilfe von Flechten als Bioindikatoren. In: Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover, 132. Hannover.

NIEMEYER, R. (1995): Flechten als Instrumentarium zur Begutachtung der Luftgüte im aktiven Biomonoitoring. In: Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover, 137. Hannover.

PUDWILL, R. (2000): Die epiphytische Flechtenflora im Raum Gifhorn (Ost-Niedersachsen). In: Beiträge Naturk. Niedersachsen 53 :. 61-67.

RECKEL, S et al. (1998): AeroData Bionet. Bioindikation mit Flechten. Jugendliche untersuchen Luftqualität. Arbeitshilfen zur Flechtenkartierung für Jugendliche und Erwachsene. Materialien für Schulen und außerschulische Gruppen in Niedersachsen. 1. Auflage. AeroData, Hannover.

RECKEL, S. & G. WACH (1992): Dokumentation der Luftqualität mit Flechtenexponaten am östlichen Stadtrand von Peine (1991/92). Landkreis Peine, Peine.

ROHDE, P. (1978): Geologische Karte von Niedersachsen 1:25 000. Erläuterungen zu Blatt 3523 Garbsen. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Hrsg.), Hannover.

SCHÖLLER, H. (1997): Flechten. Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz und kulturelle Bedeutung. Begleitheft zur Ausstellung "Flechten - Kunstwerke der Natur". Senkenbergische Naturforschende Gesellschaft, Frankfurt am Main.
SCHUBERT, R. (1991): Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen (Umweltforschung). 2. überarb. Auflage. Fischer, Jena.

STADT BRAUNSCHWEIG, Umweltamt (Hg.) (1995): Ermittlung der Luftqualität in Braunschweig mit Flechten als Bioindikatoren. Kurzfassung. Schriftenreihe Kommunaler Umweltschutz, Heft 6. Stadt Braunschweig, Braunschweig.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hg.) (1995): VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1. Beuth Verlag, Düsseldorf.

6.2 Internetadressen

AeroData (1998): http://www.bionet.schule.de/aerodata/hannover
Umweltbundesamt (2000): http://www.umweltbundesamt.de
Klüsener, K.-H. (2000): http:www.mustafa-b.de/flechten/
Luftüberwachungssystem Niedersachsen (2000): http:77www.nloe.de

6.3 Verzeichnis der Karten

Topographische Karte 1:25 000, Normalausgabe, TK 3627 Peine, Hrsg. Niedersächsisches Landesverwaltungsamt - Landesvermessung 1997.

Anschrift der Verfasserin: Anke Balgemann, Ludwig-Jahn-Str. 18, 31628 Landesbergen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: 55

Autor(en)/Author(s): Balgemann Anke

Artikel/Article: Bioindikation mit Flechten im Raum Peine (ein Projekt im Grundkurs Biologie, 13. Jahrgang des Gymnasiums am Silberkamp in Peine) 63-72