

Michael ZIERDT und Sebastian DIPP MANN, Halle

Aktives Flechtenmonitoring in Halle/Saale

Altlasten, einer der vielen Begriffe die im Osten und im Westen Deutschlands einen anderen Inhalt haben. In den neu hinzugekommenen ostdeutschen Ländern wird das Wort Altlasten als Lasten aus der Alten Zeit verstanden, nur daß die alte Zeit erst gut zwei Jahre zurückliegt. Der im Umweltschutz und in Umweltschutzbegriffen wenig bewanderte Ostdeutsche wird den Begriff Altlasten wohl zumeist nur politisch behandeln. Eine alte SED-Seilschaft besteht aus alten SED-Altlasten, altlastig sein, daß heißt in der DDR politische Verantwortung getragen zu haben.

Aber auch im Umweltschutz muß der Begriff Altlasten in den neuen Bundesländern mit einem etwas anders gefärbten Inhalt belegt werden und auch hier wird dieser Inhalt politisch gefärbt sein. Alte Lasten, die jetzt viel Kopfzerbrechen bereiten und deren Beseitigung einen Menge Geldes verschlingen wird, das sind nicht nur die Gelände ehemaliger Munitionsfabriken, alter Tankstellen oder vor Jahren geschlossener Mülldeponien, alte Lasten sind auch alte Technologien und Verhaltensweisen der Bevölkerung, die dem vorherigen politischen System geschuldet sind. Eines dieser Probleme soll am Beispiel der Stadt Halle in seinen Auswirkungen auf die Umweltsituation näher dargestellt werden, die Altlastigkeit der Heizungsanlagen, genauer des Hausbrandes und die damit verbundene SO_2 -Belastung der Luft.

Dieses Problem hat etwas mit dem Wohnungsbauprogramm in der DDR zu tun, das die Wohnungsfrage in der DDR bis zum Jahre 1990 als soziales Problem lösen sollte. Das Wohnungsbauprogramm, vom VIII. Parteitag der SED eingeleitet, ging hauptsächlich davon aus, neue Wohngebiete auf der grünen Weise zu erreichen, die alte Bausubstanz und Infrastruktur jedoch nicht in die Lösung der Wohnungsfrage einzubeziehen. Die alten Häuser wurden nicht saniert und oft genug dem Verfall preisgegeben — wovon sich heute jeder Besucher einer ostdeutschen Stadt schmerzlich überzeugen kann. Die technische Ausstattung eines Hauses im Stadtgebiet von vor dem Wohnungsbauprogramm ist auf der Stufe der technischen Kenntnisse und des Wohnstandards stehengeblieben, die zur Bauzeit des Hauses üblich waren. Das hängt unter anderem auch damit zusammen, daß ein Großteil der Altbauten in Privatbesitz geblieben war, die niedrigen Mieten jedoch nicht hinreichten, auch nur die nötigsten Reparaturen durchzuführen zu können, geschweige denn, die Wohnungen zu modernisieren.

Im östlichen Teil Deutschlands findet man eine städtebauliche Situation, die

im Westen nicht mehr beobachtet werden kann. Die Städte sind in ihrer Struktur so erhalten geblieben, wie sie vor dem Krieg waren, hinzugekommen sind die Neubaugebiete am Rande der älteren Stadtteile. Mit Struktur ist hier weniger der bauliche Zustand der einzelnen Gebäude gemeint — die oftmals stark sanierungsbedürftig sind — als vielmehr einzelne Stadtteiltypen wie Gründerzeitvillen, innerstädtische Gewerbegebiete, Reihenmietfhäuser und ähnliches. Um diese Stadtteiltypen gruppieren sich Gebäudekomplexe aus den 50iger und 60iger Jahren und die Betonplattenbauten aus den 70iger und 80iger Jahren. Jeder dieser Stadtteiltypen hat nun die technische und infrastrukturelle Ausstattung seiner Entstehungszeit. Neben vielen anderen Merkmalen unterschieden sich die Wohnungen in den verschiedenen Stadtteiltypen auch durch die Art der Beheizung der Wohnungen. In den alten Wohngebieten herrschte durchweg, wenn auch in unterschiedlicher Dichte, Ofenheizung, die auf Braunkohlebrikettfeuerung beruht, in den Neubaugebieten werden die Wohnungen durch Fernwärme versorgt.

Schon bei einem Spaziergang durch Halle während der Heizperiode ist ein Unterschied in der Luftbeschaffenheit in verschiedenen Gebieten organoleptisch, also durch Geruch und Geschmack, festzustellen, der von den Rauchgasen aus dem Hausbrand bestimmt wird. Da die verwendete Braunkohle relativ viel Schwefel enthält, das bei der Kohleverbrennung zu SO_2 oxidiert wird, tritt dieses Gas neben anderen Bestandteilen verstärkt in den Stadtteilen auf, in denen mit Kohle geheizt wird. In den durch Fernwärme versorgten Neubaugebieten fehlt die Braunkohlefeuerung und somit auch das Schwefeldioxid als Emission. Von Interesse war nun herauszufinden, ob sich diese unterschiedliche Emissionsstruktur auch in einer unterschiedlichen Immissionsstruktur niederschlägt oder ob sich die Luftmassen in einem so kleinen Gebiet, wie es die Stadt Halle darstellt, so vermischen, daß eine relativ gleichmäßige Belastung mit SO_2 zu verzeichnen ist.

Die Untersuchungen sollten mit Bioindikatoren durchgeführt werden und zwar aus zwei Gründen. Zum einen ist diese Methode relativ kostengünstig, zum anderen sollte herausgefunden werden, ob in einem so hoch belasteten Gebiet, wie es die Stadt Halle ist, mit Hilfe so empfindlicher Organismen, wie Bioindikatoren sie darstellen, überhaupt eine Differenzierung der Luftbelastung möglich ist. Als Indikatoren wurden epiphytische Flechten verwendet, die nun schon seit über einem Jahrhundert als Zeiger für intensive Rauchgasbelastung der Luft verwendet und anerkannt werden. Aus folgenden Gründen eignen sich Flechten besonders gut als Indikatoren der Luftbelastung mit SO_2 :

- Flechten besitzen keine Kutikula, und damit keine Spaltöffnungen für den Gasaustausch. Die Schadstoffe, wie zum Beispiel SO_2 , können also aus der Luft durch einfache Diffusion mehr oder weniger ungehindert in den Flechtenkörper eindringen.
- Bei Begasungs- und Freilanduntersuchungen konnte festgestellt werden, daß Flechten vor allem gegenüber SO_2 und anderen sauren Gasen hochempfindlich reagieren. Wenn also, wie das bei den Untersuchungen in Halle der Fall ist, der Schwerpunkt der einwirkenden Emission bei den saueren Schadstoffen liegt, bieten sich Flechten als Indikatororganismen besonders an.
- Flechten sind „winterharte Immergrüne“. Damit eignen sie sich besonders

für Untersuchungen von Langzeitwirkungen bestimmter Stoffe und Untersuchungen, die nur im Winterhalbjahr möglich sind.

In Halle und Umgebung kommen, abgesehen von der äußerst robusten *Lecanora conizaeoides*, keine epiphytischen Flechten mehr vor, es konnte deshalb nur ein aktives Flechtenmonitoring durchgeführt werden. Der eigentlichen flächendeckenden Untersuchung ging eine Pilotstudie voran, um herauszufinden, welche Flechtenart die besten Indikatoreigenschaften in der besonderen Situation von Halle aufweist. Als Indikatorflechten wurden *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Usnea hirta* und *Ramalina farinacea* eingesetzt. Dabei gehören *Usnea hirta* und *Ramalina farinacea* zu den sehr empfindlichen Flechtenarten, *Evernia prunastri* zu den weniger empfindlichen und *Hypogymnia physodes* zu den recht resistenten Arten. Die Flechten wurden mit der Rinde vom Baum entnommen und — auf Holzbrettchen geklebt — in der Stadt verteilt. Die Exponierung der 12 Flechtentäfelchen erfolgte an 12 Standorten, die sich in unterschiedlichen Stadtteilen befanden und die mit Hilfe von Luftbildern im Maßstab 1:1000 ausgegliedert wurden (vgl. Abb. 1).

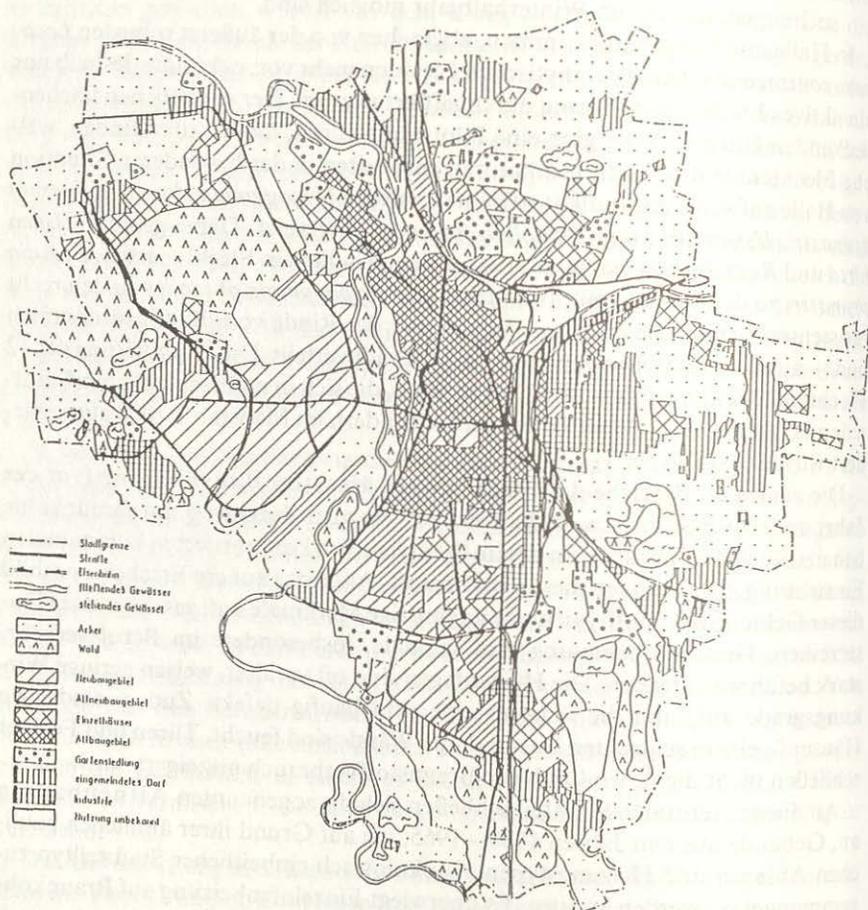
Die zentralen Bereiche der Stadt mit der ältesten Bausubstanz (vor der Jahrhundertwende bis ca. 1920 errichtet) werden durchweg mit Braunkohle beheizt, auch die Heizanlagen der im Stadtzentrum konzentrierten kommunalen Einrichtungen verwenden diesen Brennstoff. Auch das äußere Erscheinungsbild dieser Gebiete weist lufthygienisch ungünstige Merkmale auf: geschlossene Häuserreihen, Hinterhofbebauung und schmale, insbesondere im Berufsverkehr, stark befahrene Straßen. Die Heizanlagen sind oft veraltet, weisen geringe Wirkungsgrade auf, und die Schornsteine sind häufig defekt. Zudem sind viele Häuser in einem schlechten Zustand, die Wände sind feucht, Türen und Fenster schließen nicht dicht, wodurch der Brennstoffverbrauch gesteigert wird.

An diesem zentralen Stadtteil schließen sich die sogenannten Altneubauten an, Gebäude aus den Jahren 1930—1965, die auf Grund ihrer ähnlichen baulichen Anlagen und Heizungstypen als ökologisch einheitlicher Stadtteiltyp zusammengefaßt werden können. Es überwiegt Einzelofenheizung auf Braunkohlebasis, in vielen Wohnungen wurden aber nachträglich Öl-, Gas- oder auch Fernheizanlagen eingebaut. Das läßt einen gegenüber den Altbaugebieten niedrigeren Schadstoffausstoß erwarten. Größere Abstände und Grünanlagen zwischen den Wohnblocks, vorwiegend breite Straßen sowie große, zum Teil begrünte Höfe lassen eine — im Vergleich zu den enger bebauten Altbaugebieten — bessere Durchlüftung der Altneubaugebiete zu.

Sehr unterschiedliche Heizungsanlagen besitzen die Gebäude in den Villen-/Einfamilienhausvierteln, die vor allem im nordwestlichen, nordöstlichen und südöstlichen Stadtrandbereichen gelegen sind, Kohle-, Gas- und erste Ölheizungen, die erst hier entstehenden Luftverunreinigungen ist schwer abschätzbar. Die genannten Wohnviertel gelten als die bevorzugten Wohngegenden in Halle und werden, sicher auch wegen der vielen Gärten und begrünten Freiflächen, auch lufthygienisch als günstig betrachtet.

Schwache und nur gelegentliche Emissionen sind aus beheizbaren Häuschen bzw. Bungalows in Kleingartenanlagen zu erwarten. Die Abgase der umliegenden Emittenten können die Kleingartenanlagen meist ungehindert erreichen, da diese kaum bebaut und nur vereinzelt mit großen Bäumen bestanden sind. Die

Abb. 1: Die Stadtstrukturtypen der Stadt Halle



Schädigung der exponierten Flechten durch Autoabgase dürfte zu vernachlässigen sein, da Straßen erst in einiger Entfernung zu den Gärten vorbeiführen und die Anlagen selbst nur Fußwege aufweisen.

Ähnlich sind auch die im Stadtgebiet gelegenen landwirtschaftlich genutzten Flächen zu bewerten. Hier ist die Eigenverschmutzung minimal, lediglich durch Dünger- und Staubaufwirbelungen kann eine Beeinflussung der Luft auftreten. Die Einwirkung absinkender Stadt- und Industrieabgase könnte aber zu einer auf den ersten Blick nicht vermuteten Luftbelastung führen, die auf die Eigenzirkulation der Stadtluft zurückzuführen wäre. Die sich im Stadtzentrum erwärmende und aufsteigende Luft kühlt sich in größeren Höhen ab, sinkt außerhalb der Stadt wieder nach unten und wird durch den Unterdruck, den die im Zentrum aufsteigende Luft erzeugt, wieder in die Stadt gesaugt, dabei die Stadtperipherie durchziehend.

Eine ebenso geringe Belastung ist in den Neubaugebieten im Westen und Nordwesten Halles zu erwarten. Hier befindet sich Halle-Neustadt, bekanntlich eines der größten Neubaugebieten der DDR. Diese Neubauten, Produkte des Wohnungsbauprogrammes, sind fast ausschließlich aus Betonfertigteilen montiert und werden durch Heizkraftwerke fernbeheizt. Die Wohnungen sind fast durchweg mit Elektroherden ausgestattet, die Gewerbe beschränken sich auf Handel und Gastronomie, so daß die einzige Emissionsquelle der Stadtverkehr darstellt.

Eine typische Erscheinung sind auch die eingemeindeten Dörfer, die oftmals ihre Funktion als Nahrungsmittelproduzent für die Stadt behalten haben und zumindest noch viele Nebenerwerbsbetriebe aufweisen. Sie können auf Grund ihrer Mischstruktur als ökologisch eigener Stadtteiltyp betrachtet werden. Emissionen werden vor allem durch verschiedene Heizungstypen in Wohnbauten, kleinen Gewerbebetrieben (Bäcker, Fleischer etc.), sozialen Einrichtungen und landwirtschaftlichen Betrieben sowie dem Straßenverkehr verursacht. Außerdem kann hier die schon weiter oben beschriebene Umlagerung von Schadstoffen aus dem Stadtzentrum her erfolgen.

Als eigene ökologisch in Erscheinung tretende Stadtteiltypen dürften auch die von einem intensiven Straßenverkehr geprägten Bereiche zu betrachten sein, die an großen Kreuzungen, Knotenpunkten von Hauptverkehrsadern mit mehrspurigen Fahrbahnen entstehen. Wegen der großen Schneisen im Stadtreief ist hier eine sehr gute Belüftung zu erwarten, die Luftmassen unterschiedlichster Belastungszustände heranführen kann. Obwohl die Luft sicher stark belastet ist, dürfte eine Verunreinigung mit SO_2 hingegen kaum zu beobachten sein.

Ein weiterer, zumindest in Halle auszugliedernder ökologisch eigenständiger Stadtteiltyp ist das Bahngelände, um das sich, wegen der günstigen Transportbedingungen, Heizkraftwerke und einige größere Industriebetriebe konzentrieren, deren eigene Energiegewinnung ebenfalls auf der Verbrennung von Braunkohle beruht. Außerdem stellt die eigentliche Gleisanlage eine tiefe „Schlucht“ im Stadtreief dar, die sich unbedingt auf die Zirkulation der Luftmassen auswirken muß. Auch hier ist nicht von vornherein zu bestimmen, ob die Konzentration an Emittenten oder die gute Belüftung den Ausschlag für den lufthygienischen Zustand bilden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß der überwiegende Teil der Stadtstrukturtypen durch Einzelofenheizung gekennzeichnet ist. Noch 1989 überwog mit 69 Prozent diese Heizungsform gegenüber der Fernwärme, wobei der Anteil an Öl- und Gasheizung zu diesem Zeitpunkt sehr gering gewesen ist, was seine Ursache in der Orientierung auf einheimische Rohstoffe hat. Zum besseren Verständnis der Bedeutung des Hausbrandes in den neuen Ländern noch einen weiteren Hinweis: Während in den alten Bundesländern der mittlere Wärmebedarf bei 27,0 GJ/WE liegt, wurden in der DDR in fernbeheizten Wohnungen 49,1 GJ/WE, bei Einzelbeheizung sogar 77,9 GJ/WE aufgewandt! Sicher wird dieser erhebliche Mehrverbrauch teilweise durch die schlechtere Qualität der Bausubstanz bedingt sein, andererseits aber ist dieser ungerechtfertigt hohe Brennstoffeinsatz Ausdruck einer gewissen Sorglosigkeit beim Umgang mit der bisher stark subventionierten Kohle und Energie.

Diese Vorbetrachtungen über die Emissionssituation von Schwefeldioxid in

den einzelnen Stadtteiltypen von Halle werden durch Messungen der Luftbelastung der Stadt Halle mit SO_2 unterstrichen, die 1985 bis 1987 vom Bezirks-Hygiene-Institut Halle in einem Teil der Stadt durchgeführt wurden. In fünf Belastungsstufen untergliedert, wurde die höchste Belastung in den zentralen Bereichen festgestellt, in den Villen-/Einzelhausgebieten liegt eine mittlere Belastung vor und im Gebiet von Halle-Neustadt stellt sich die SO_2 -Belastung auf ein territoriales Minimum ein.

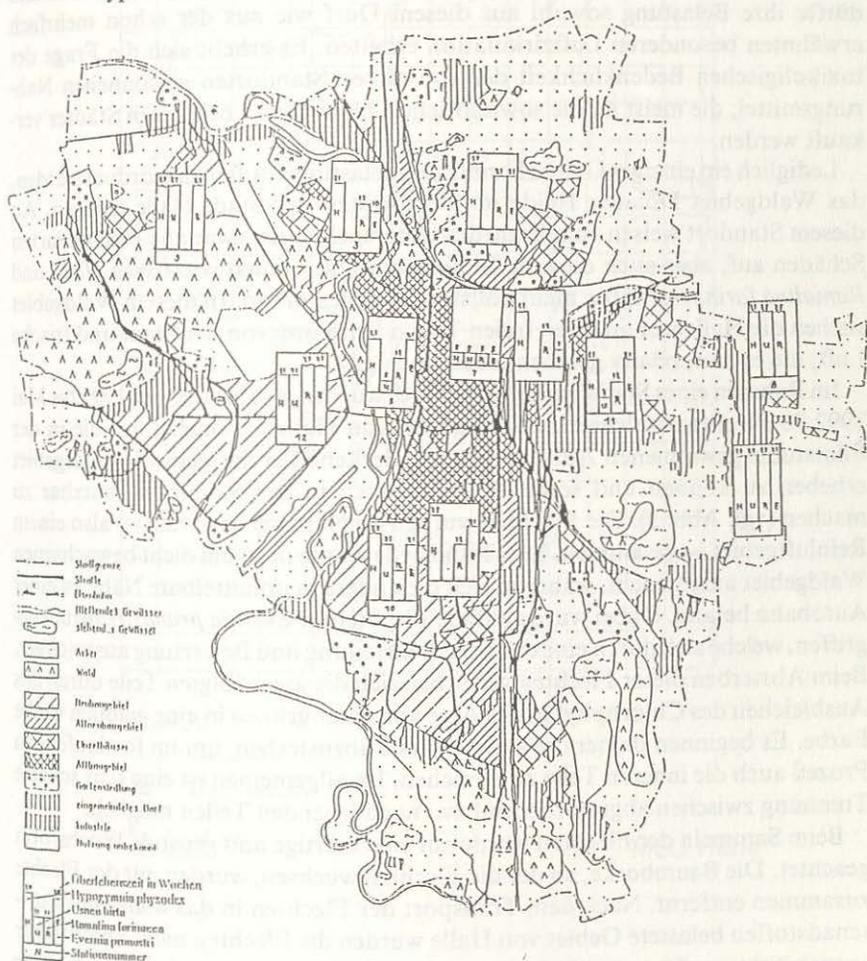
In Anlehnung an die Messungen des Bezirks-Hygiene-Instituts Halle wurden auch die Schadbilder der Flechtenexponate in fünf Belastungsstufen eingeteilt, die sich aus dem prozentualen Anteil angestorbenen Flechtenkörpers unter Berücksichtigung der Empfindlichkeit der jeweiligen Flechtenart ergeben. Da zu erwarten war, daß am Ende der Heizperiode alle Flechten an allen 12 Standorten vollständig abgestorben sein würden, sollte der zeitliche Verlauf der Schädigung mit erfaßt werden, so daß die Exponate in Abständen von etwa drei Wochen begutachtet und ihr Schädigungsgrad fixiert wurde. Auf diese Weise konnte in die Bewertung der Belastungsstufen neben dem Schadbild unterschiedlich empfindlicher Flechtenarten auch die Geschwindigkeit des Absterbens einbezogen werden (vgl. Abb. 2).

Wie schon weiter oben ausgeführt, läßt der emissionsökologische Zustand in den zentralen Bereichen Halles kein langes Überleben der Flechten erwarten, daß aber schon nach nur 5 Wochen Expositionsdauer auch die recht toxtolerante (Gift tolerierende) *Hypogymnia physodes* zu 100 Prozent abgestorben war, muß doch als besorgniserregendes Resultat gewertet werden. Dies umsomehr, als die Struktur dieses Standortes typisch für die bevorzugten Wohngegenden der Stadt ist und gerade auch von jüngeren Leuten, die ja oft kleine Kinder haben, bewohnt und speziell gesucht wird. Eine ähnliche Immissionssituation der bodennahen Luftschichten ist wahrscheinlich in allen Altbaugebieten der Stadt Halle zu erwarten. Leider sind in diesen Gebieten die Besitzverhältnisse außerordentlich verworren und bedürfen einer langen Klärung, was eine Sanierung der Heizungsanlagen, die zumeist aus dem vorigen Jahrhundert stammen, in die fernere Zukunft rücken läßt.

Die mehr industriell geprägten Stadtteiltypen, das Industriegelände Halle-Ost, das Bahngelände und der vom Straßenverkehr geprägte Bereich lassen sich der Belastungsstufe 4 zuordnen, was sicher weniger auf geringere Emissionen als viel mehr auf eine bessere Belüftung als im Altbaugebiet zurückzuführen ist. Erstaunlicherweise wurde im Villen-/Einfamilienhausviertel ebenfalls die Belastungsstufe 4 festgestellt. Diese Abweichung vom erwarteten als auch vom Bezirks-Hygiene-Institut gemessenen Belastungsgrad ist aber mit einem Blick auf die Nachbarschaften der Villenviertel erklärbar, die sich in unmittelbarer Nähe der Altbaugebiete befinden und außerdem durch die geringe Höhe der Häuser ihre Schadstoffe in recht bodennahe Luftschichten emittieren.

An drei Standorten wurde im Ergebnis der Pilotstudie eine mittlere Belastung mit Luftschadstoffen gemessen und der Belastungsstufe 3 zugeordnet. Dazu gehören die Stadtteiltypen Altneubaugebiet, Neubaugebiet und Kleingartenanlage. Wie schon oben diskutiert, zeichnen sich die Altbaugebiete sowohl durch eine bessere Belüftung als auch durch einen größeren Anteil an modernen Heizungsanlagen von den Altbaugebieten aus. Die unerwartet hohe Belastung

Abb. 2: Die Überlebenszeit der Flechten (*Hypogymnia physodes*, *Usnea hirta*, *Ramalina farinacea*, *Evernia prunastri*) in den einzelnen Stadtstrukturtypen der Stadt Halle



des Neubaugebietes, das sich im Süden von Halle befindet, ist auf die Nachbarschaft zum Chemiegiganten BUNA zurückzuführen, eigene Emissionen liegen, bedingt durch die reine Wohnfunktion der ostdeutschen Neubaugebiete und ihre Fernwärmeversorgung, nicht vor. Die relativ hohe Belastung der Luft im Kleingartengebiet ist auf jeden fall auf Fremdemitteln zurückzuführen, höchstwahrscheinlich auf die eigenartige Luftzirkulation in der Stadt, die eine Verfrachtung der Luftmassen aus der Innenstadt an die Stadtränder bewirkt.

Alle übrigen urbanen Standorte weisen die Belastungsstufe 2 auf. Bei den eingemeindeten Dörfern spielt sowohl ihre relative Stadtferne, ihre gute Belüftung und ihre Funktion als Produktionsstandort von Nahrungsmitteln eine Rolle. Auch das Neubaugebiet Halle-Neustadt kann der Belastungsstufe 2 zuge-

ordnet werden, ist es ja auch nicht den Einflüssen von BUNA in dem Maße ausgesetzt wie das Neubaugebiet Halle-Süd und Silberhöhe. Die beprobte landwirtschaftliche Nutzfläche befindet sich unmittelbar am Rande des Dorfes und dürfte ihre Belastung sowohl aus diesem Dorf wie aus der schon mehrfach erwähnten besonderen Luftzirkulation erhalten. Es erhebt sich die Frage der toxikologischen Bedenklichkeit der von diesen Standorten gewonnenen Nahrungsmittel, die meist an die sowieso schon hinreichend belasteten Städter verkauft werden.

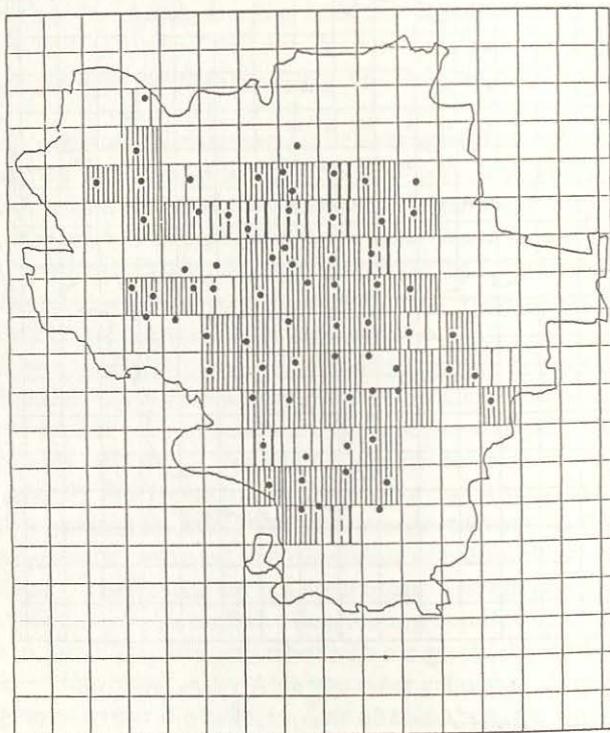
Lediglich ein einziges Gebiet konnte der Belastungsstufe 1 zugeordnet werden, das Waldgebiet Dölauer Heide im Nordwesten der Stadt Halle gelegen. An diesem Standort weisen zum Ende des Untersuchungen zwar alle Flechtenarten Schäden auf, aber auch die empfindlicheren unter ihnen wie *Usnea Hirta* und *Ramalina farinacea* waren nicht vollständig abgestorben. In diesem Waldgebiet suchen die Hallenser an ihren freien Tagen Erholung von der Stadt und frische Luft, die es hier, relativ gesehen, auch noch gibt.

Im Rahmen eines Stadtökologieprojektes wurden von November 1991 bis Mai 1992 70 Flechtentäfelchen im Stadtgebiet von Halle exponiert, um die in der Pilotstudie gewonnenen Aussagen flächendeckend für das gesamte Stadtgebiet erheben zu können und somit für Planungen in der Kommune nutzbar zu machen (vgl. Abb. 3). Die Flechten wurden im Nordschwarzwald — also einem Reinluftgebiet — gesammelt. Eine Fundstelle wurde in einem dicht bewachsenen Waldgebiet ausgemacht, während sich die andere in unmittelbare Nähe zu einer Autobahn befand. Dabei wurde auf die Flechtenart *Evernia prunastri* zurückgegriffen, welche sich durch eine einfache Beurteilung und Bewertung auszeichnet. Beim Absterben dieser Flechten verfärbten sich die geschädigten Teile durch das Ausbleichen des Chlorophyll in der Alge von einer grünen in eine gelblich weiße Farbe. Es beginnen immer die äußeren Äste abzusterben, um im fortlaufenden Prozeß auch die inneren Teile zu erreichen. Im allgemeinen ist eine sehr scharfe Trennung zwischen abgestorbenen bzw. noch lebenden Teilen möglich.

Beim Sammeln der Flechten wurde auf eine kräftige und gesunde Wuchsform geachtet. Die Baumborke, an der die Flechten wuchsen, wurden mit der Flechte zusammen entfernt. Nach dem Transport der Flechten in das höher mit Luftschadstoffen belastete Gebiet von Halle wurden die Flechten nicht unmittelbar ausgebracht sondern erst nach einer Adaptionszeit von etwa einer Woche. Für die Exponierung der Flechten wurden in zirka 9 x 25 cm große Holzbrettchen 3 Löcher mit einem Durchmesser von 4 cm und einer Tiefe von zirka 1,5 cm eingefräßt. Mittels wasserlöslichen und vollständig lösungsmittelfreiem Klebstoff wurden die Flechtenstücke an der Baumborkenseite in die Vertiefungen eingeklebt. In der linken und mittleren Vertiefung befanden sich die Flechten die in Autobahnnähe gefunden wurden und in der rechten die Flechten des Waldstandortes.

Um eine flächendeckende Beobachtung der Luftqualität von Halle zu ermöglichen, wurde der Abstand der Stationen voneinander auf zirka 1 km vereinbart. Dazu wurde ein Gitternetz mit einem Linienabstand von 1 km auf die Stadt Halle projiziert, um inmitten der einzelnen Quadrate Standorte ausfindig zu machen und um alle Stadtstrukturtypen von Halle zu erfassen. Dabei sollte auf möglichst gleiche — und für die jeweiligen Stadtgebiete typischen — Standortbedingungen

Abb. 4: Situation der Luftbelastung in der Stadt Halle anhand eines Flechtenmonitorings
 Stand: 27. 12. 1991 (nach 3wöchiger Expositionszeit der Flechtenart *Evernia prunastri*)



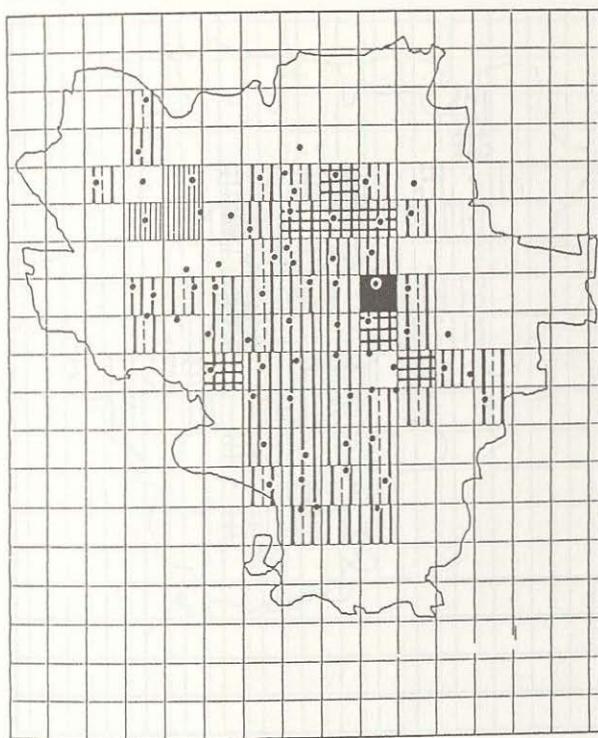
Legende:



© MLU Halle

Verkehrsknotenpunkten) wurden die stärksten Schädigungen beobachtet, die teilweise die Schadstufe 3! erreichten. Allerdings konnte in diesem Teil der Stadt der unmittelbare Kontakt mit punktuellen Störfaktoren nicht ausgeschlossen werden. Bei der Station 6 tritt diese Erscheinung recht deutlich hervor. Hier muß von einer Schockreaktion der Flechten ausgegangen werden, da sich dieser Standort in unmittelbarer Nähe eines Fuhrparks befand. Sehr günstige Schadstufen der Flechten sind für diesen Zeitschnitt an den Stationen in Halle-Neustadt (großes Neubaugebiet), in der Döhlauer Heide (Wald), in Lettin (eingemeindetes Dorf) und in der Silberhöhe (Neubaugebiet) gefunden worden. Der überwiegende Teil der Flechten konnte zur Schadstufe 1 zugeordnet werden und besaß zu dieser Zeit eine größere homogene Ausdehnung.

Abb. 5: Situation der Luftbelastung in der Stadt Halle anhand eines Flechtenmonitorings
 Stand: 7. 2. 1992 (nach 9wöchiger Expositionszeit der Flechtenart *Evernia prunastri*)



Legende:

— Stadtgrenze

0 1 2 km

keine Angaben

Schadstufe 0

Schadstufe 1

Schadstufe 2

Schadstufe 3

Schadstufe 4

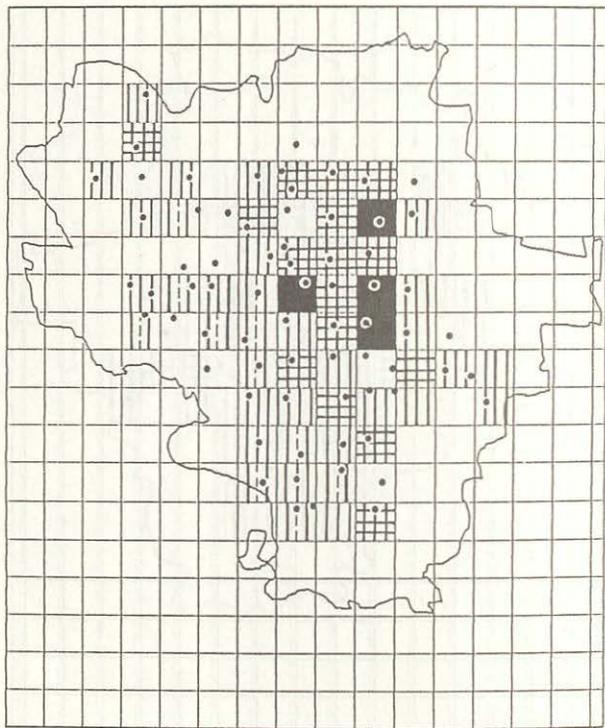
Schadstufe 5

© MLU Halle

Eine teilweise sehr starke Schädigung der Flechten erfolgte nach 9 Wochen der Exponierung (vgl. Abb. 5). Auffällig sind hier wieder die nördlichen Stadtteile, die schon im ersten Zeitschnitt starke Belastungen erkennen ließen. Eine wesentlich stärkere Schädigung wurde nun im Industriegebiet Ost in Bahnhofsnähe (Station 12 mit Schadstufe 5!) beobachtet. Die Innenstadtbereiche und Teile der Südstadt (Altbau-, Altneubau- und Industriegebiet) bilden hier ein recht zusammenhängendes Gebiet einer mittleren Schädigung. Relativ saubere Gebiete wurden neben den oben schon erwähnten auch in den östlichen Stadtrandgebieten (eingemeindete Dörfer) gefunden.

Nachdem im zweiten Zeitschnitt eine Differenzierung der Schadstufenverteilung der Flechten über das gesamte Stadtgebiet begann, setzte sie sich nach 16

Abb. 6: Situation der Luftbelastung in der Stadt Halle anhand eines Flechtenmonitorings
 Stand: 12. 3. 1992 (nach 16wöchiger Expositionszeit der Flechtenart *Evernia prunastri*)



Legende:

— Stadtgrenze

0 1 2 km

keine Angaben

Schadstufe 0

Schadstufe 1

Schadstufe 2

Schadstufe 3

Schadstufe 4

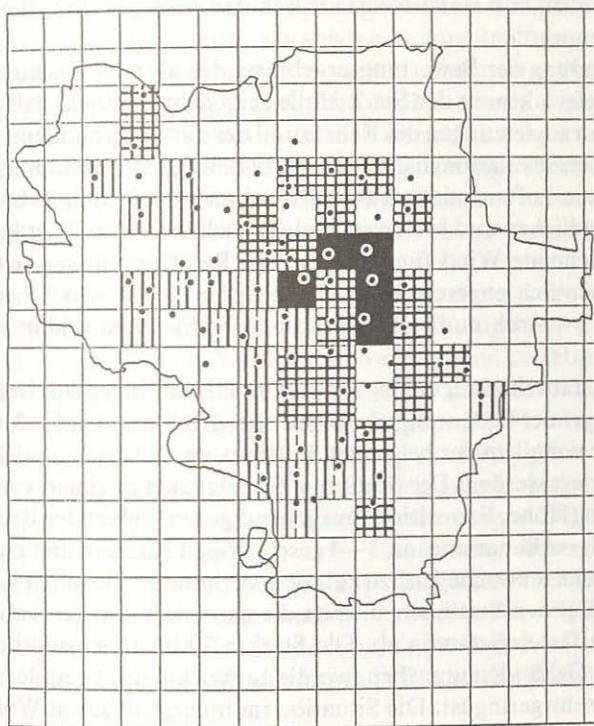
Schadstufe 5

© MLU Halle

Wochen weiter durch (vgl. Abb. 6). Eindeutig erkennbar ist die Zunahme der hohen Schadstufen im Innenstadtbereich (Altbaugbiet). Hier kann mit der Hinzunahme der nördlichen Stadtteile und des Industriegebietes Ost eine recht großflächige Zone mit einer ungünstigen lufthygienischen Situation ausgegliedert werden. Daran schließt sich ein weniger belasteter Gürtel an, dessen Schadstufen nicht über 3 hinausgehen. Ausnahmen bilden hier die Stationen 3 (Versuchseinrichtung beschädigt) und 57 (Industriegebiet). Die für ein Waldgebiet doch recht hohen Schadstufen, die in der Döhlauer Heide beobachtet wurden, sind auf einen Ablesefehler zurückzuführen.

Die Abbildung 7 zeigt das Bild des Flechtenzustandes nach 19wöchiger Expositionszeit. Auffällig ist der stark geschädigte Kern im Innenstadtbereich (Alt-

Abb. 7: Situation der Luftbelastung in der Stadt Halle anhand eines Flechtenmonitorings
 Stand: 2. 4. 1992 (nach 19wöchiger Expositionszeit der Flechtenart *Evernia prunastri*)



Legende:

— Stadtgrenze

0 1 2 km

keine Angaben
 Schadstufe 0
 Schadstufe 1
 Schadstufe 2

Schadstufe 3
 Schadstufe 4
 Schadstufe 5

© MLU Halle

baugbiet) und am Industriegebiet Ost mit Bahngelände (5—45 %). Dieses Gebiet wird von einem breiten Saum mit hoher Schadstufe umschlossen, der sowohl Altbau-, Altneubau-, Industrie- aber auch Einzelhäuser umfaßt (4—3). Nur die Neubaugebiete und Teile der Südstadt (Einzelhäuser) können mit der Schadstufe 2 eine noch recht günstige Belastungsstufe aufweisen. Aber auch hier machen sich die oben genannten Ablesefehler bemerkbar. Der Unterschied zwischen den Stationen 57 und 58 wird durch die unterschiedliche Entfernung zu einem Hauptemittenten vermutet. Dabei liegt die Station 58 in unmittelbarer Nähe zum Industriebetrieb, während sich die Station 57 schon in einer schädigungswirksamen Entfernung befindet.

Beim Vergleich der Untersuchung des Winterhalbjahres 1991/92 mit den

SO₂-Messungen der Luft durch das Bezirks-Hygiene-Institut Halle 1987 fallen deutliche Übereinstimmungen auf. So wird dort dem innerstädtischen Kern die höchste Belastungsstufe (5) zugeordnet. Daran schließen sich zwei Gürtel mit jeweils hoher bis mittlerer Belastung an. Allein in der Döhlauer Heide und den nördlichen Teilen von Halle-Neustadt konnten geringere SO₂-Belastungen der Luft gemessen werden.

Die Verbindung der Bewertungsergebnisse des aktiven Flechtenmonitorings mit den Reliefstrukturen der Stadt Halle zeigt sehr deutlich, daß die natürlich gegebenen Voraussetzungen des Reliefs und der damit verbundenen gesetzmäßigen Luftmassenzirkulation in der Stadt stark bzw. gänzlich eliminiert werden. So wurde eine gute Luftzirkulation an den Stationen 64, 54 und 36 beobachtet, die sich alle im südlichen und breiteren Saalebereich befanden. Hier konnte der aus Südwesten wehende Wind für eine günstige Belüftung dieser Gebiete sorgen. Aber im wesentlich engeren Saaletalbereich herrschen schwächere Luftbewegungen vor, wodurch dann die Belastung der Flechten erhöht werden kann (Station 9).

Für die Austauschbewegungen der Luft innerhalb einer Stadt ist die Aufrißgestaltung von großer Bedeutung. So konnte bei den Stationen 5, 12, 44, 45 und 62 eine Staulage vor allem der belasteten Luftmassen in Altbau- und Altneubaugebieten registriert werden. Die Station 4 befindet sich in einem von natürlichen Verhältnissen (Höhe, Exposition) ausgehend guten Gebiet der Belüftung. Aber durch eine engere Bebauung mit 3—4 geschossigen Häusern und kurzen Straßen ist nur eine sehr schwache Luftzirkulation vorhanden. Bei allen luftdynamisch ungünstig gelegenen Stationen starben die exponierten Flechten in wesentlich kürzerer Zeit fast vollständig ab. Die Station 70 im Innenstadtbereich ist mit zweietagigen Gebäuden umgeben, wo die Luftzirkulation gerade bei kritischen Wetterlagen sehr gering ist. Die Situation im innerstädtischen Wohnbereich ist bei der Größe und Begrünung der Innenhöfe wesentlich ungünstiger für einen regen Luftmassenaustausch als bei Station 70, was auch eine ungünstigere Flechtenentwicklung in dem Innenstadtkern vermuten läßt.

Beim Vergleich der gewonnenen Daten der Schädigung der Flechten an den 70 Stationen mit den ausgegliederten Stadtstrukturtypen der Stadt Halle fallen deutliche Gemeinsamkeiten beider Komponenten auf. So ist in dem am stärksten belasteten Gebiet, der Innenstadtkern mit seiner vorwiegenden Kohlefeuerung und schlechteren Wärmedämmung der Häuser sowie Teile des Industriegebietes Ost mit den dazugehörigen Eisenbahnanlagen zu finden. Daran schließen sich die Altneubaugebiete, die durch offenere Bebauung charakterisiert sind an. Die Industriebetriebe, die sich in diesen Gebieten befinden, wirken sich negativ auf die Entwicklung der dort exponierten Flechten aus. Der Vergleich, der inmitten eines Altneubaugebietes befindlichen Flechten (Station 51) mit den Flechten am Rande eines größeren Industriegebietes (Stationen 46), bestätigt diese Behauptung. Die lufthygienische Situation in den Gebieten mit Einzelhausbebauung ist sehr unterschiedlich und abhängig von der dortigen Heizungsart und der Luftmassenzirkulation. Da aber noch sehr oft mit Kohle geheizt wird, sind hohe Schadstufen der Flechten in diesen Gebieten keine Seltenheit (Station 2, 61 und 69). Die Gartensiedlungen weisen ein ähnliches Bild wie die Einzelhaussiedlungen aus, allerdings mit niedrigeren Belastungswerten. Da eine mögliche Filter-

wirkung der Vegetation im Winterhalbjahr fast ausgeschlossen werden kann, sind die Unterschiede der Belastung zwischen den Gebieten der Einzelhäuser mit den Gartensiedlungen vermutlich in der günstigeren Luftaustauschmöglichkeit durch größere Freiflächen und niedrigere Bebauung begründet. Die großen Neubaugebiete zeichnen sich durch eine geringe Luftbelastung aus. Die fehlende Kohleheizung oder anderen Emittenten sowie eine gute Belüftung, die bei längeren Häuserzeilen auch Strahlstromstärke erreicht, sind die hauptsächlichen Ursachen dafür. Für örtlich höhere Schadstufen der Flechten in den Neubaugebieten, aber auch in den Waldgebieten werden Fremdemittenten vermutet. So wurden in der Döhlauer Heide teilweise erhöhte Belastungen der Flechten beobachtet (Station 32). Die Schadstufen aller Heidestationen weisen ab dem 5. 2. 1992 einen Ablesefehler auf. Die Flechten bleichen infolge des geringeren Lichtangebotes aus. So konnte durch die verschwommene Trennung zwischen den noch lebenden bzw. den schon abgestorbenen Flechtenteilen keine exakte Bewertung durchgeführt werden. Insgesamt werden die Waldgebiete als sehr gering belastet eingestuft, da eine unabhängige Bewertung und die Hinzunahme der Fotos diesen Ablesefehler entdecken und beseitigen konnte.

Das aktive Flechtenmonitoring des Winterhalbjahres 1991/92 im Stadtgebiet von Halle hat eine recht kostengünstigen Beitrag zur lufthygienischen Beurteilung der Stadt erbracht. Dabei ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung des Grades der Schädigung mit den einzelnen Stadtstrukturtypen. Der wissenschaftliche Nutzen dieser Arbeit kann mit einer Fortsetzung dieser Forschungen erheblich vergrößert werden. So können auch mögliche Auswirkungen einer Heizungsumstellung im privaten aber auch gewerblichen Bereich erfaßt werden. Da dieser Prozeß in den neuen Bundesländern mit einem hohen Tempo abläuft, werden rasche und deutliche Verbesserungen in den stark belasteten Gebieten, vor allem in der Innenstadt, erwartet.

Bei einer Wiederholung des aktiven Flechtenmonitorings in Halle sollen einige Verbesserungen in der Untersuchungsmethodik angewendet werden. Dabei werden auch ungünstig gelegene Stationen versetzt. Weiterhin muß die Tiefe der Löcher überprüft werden, in denen die Flechten eingeklebt waren. Gerade kleine Flechten hatten in den tiefen Löchern ein eigenständiges Mikroklima mit einem schlecht funktionierenden Gasaustausch. Außerdem werden die Flechten aus nur einem Standort gesammelt, wobei gleichzeitig noch auf eine einheitliche Größe geachtet werden muß. Im nächsten Winterhalbjahr werden die Flechtentäfelchen schon im September aufgestellt, um nicht einen bedeutenden Teil der Heizperiode verstreichen zu lassen. Wichtig für die weitere Arbeit ist die Minimierung der Bewertungsfehler. Durch umfangreiche Ableseübungen und den Einsatz der schon in der Bewertung erfahrenen Studenten kann dieses Ziel erreicht werden.

Literatur

- DEGEN, L. 1988: Luftqualität in Wuppertal — ermittelt mit Flechten als Bioindikatoren (Umweltschutzbericht Wuppertal (1988)). In: MEISSNER (1989), S. 28—34.
- FEIGE, G. B. 1982: Niedrige Pflanzen — speziell Flechten — als Bioindikatoren. In: Decheniana-Beihefte, 26, Bonn, S. 23—30.
- HAWKSWORTH, D. L. and F. ROSE 1970: Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. In: Nature, 227, S. 145—148.
- JEWSEJEW, A. W., TIKUNOW, W. S. und M. ZIERDT 1990: Erfahrungen bei der Erstellung von Karten zur Bewertung und Prognose der Luftverschmutzung einer Stadt mittels Naturindikatoren (am Beispiel der Stadt Tallin. In: Landschaft + Stadt, 22, 1, S. 9—11.
- MEISSNER, B. (Hrsg.) 1989: Konzept für einen Leitfaden zur Umweltkartographie aus dem Arbeitskreis Umweltkartographie. In: Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe C, Band 11, Berlin.
- RABE, R und A. SEUREN 1980: Die Flechtenvegetation von Aachen — ihre Indikatorfunktion für die Immissionsbelastung. In: Staub — Reinhaltung der Luft 45, 3, S. 141—149.
- STEBUNG, L. und U. KIRSCHBAUM 1982: Bioindikatoren von Luftschadstoffen im Ballungsraum Frankfurt/M. mittels Flechten und höheren Pflanzen. In Staub — Reinhaltung der Luft 42, 7, S. 273—280.
- TAUBALD, C. 1991: Pilotstudie zum aktiven Flechtenmonitoring im Stadtgebiet von Halle. unv. Diplomarbeit, Martin-Luther-Universität Halle Wittenberg, Institut für Geographie.