©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

Iris Vorndran

Epiphytische Blattflechten an Linden als Indikatoren der Luftverschmutzung in der Marktgemeinde Murnau am Staffelsee

Einleitung und Fragestellung

Luftschadstoffe besonders in den Zentren der Großstädte und in Industriegebieten hoch konzentriert. Das Ausmaß der Luftverschmutzung läßt sich durch Bioindikatoren nachweisen. „Unter Bioindikatoren versteht man Pflanzen- oder Tierarten, die die Umweltqualität anzeigen. Bioindikatoren sind häufig Arten mit oft sehr engen Umweltansprüchen. (...) Als wichtige Zeigerarten für die Luftverschmutzung gelten die Flechten." (BAYER. STAATSFORSTVERWALTUNG, 1984, S. 11).

Die Flechtenbioindikationsmethode wurde schon in zahlreichen Großstädten erprobt, z. B. in Augsburg, München, Hamburg, London. Alle Städte weisen gegenüber den Normal- oder „Reinluftgebieten" d. h. gegenüber Gebieten „ohne Einfluß von erheblichen, konkreten Schadstoffemissionen" (BAYER. STAATSFORSTVERWALTUNG, 1984, S. 50) ein vermindertes Flechtenvorkommen auf. Nur in Reinluftgebieten ist die Flechtenentwicklung nicht durch Luftverschmutzung gehemmt. Mit zunehmender Schadstoffkonzentration gegen die Stadtzentren mit dichter Bebauung und starkem Verkehr und gegen Industriezonen oder Kraftwerke mit hohen Emissionen nehmen Vitalität und Bedeckungsgrad der Flechten ab.

Auf Grund des Bedeckungsgrades werden verschiedene Luftqualitätszonen unterschieden, für die (nach ODZUCK, 1982, S. 88) SERNANDER bereits 1926 die Begriffe Normalzone, Kampfzone und Flechtenwüste eingeführt hat. Unter Flechtenwüste versteht man ein Gebiet, das flechtenfrei ist oder in dem zumindest die auf Luftschadstoffe empfindlich reagierenden Blatt- und Strauchflechten fehlen. In der Kampfzone ist die Entwicklung der Flechten gegenüber der Normalzone eingeschränkt. Blattflechten kommen in der Kampfzone vor, Strauchflechten höchstens vereinzelt.

Da es bisher offenbar noch keine Flechtenkartierung in Städten oder Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohnern gibt, soll der Frage nachgegangen werden, ob epiphytische Blattflechten auch in der zur Diözese Augsburg gehörenden oberbayerischen Gemeinde Murnau geeignete Bioindikatoren der Luftverschmutzung sind und ob es in diesem Marktort mit 11.000 Einwohnern, ohne nennenswerte Schadstoffemissionen durch Gewerbe- oder Industriebetriebe, aber zeitweise dichtem Verkehr in den Hauptstraßen, eine Flechtenkampfzone und vielleicht sogar eine Flechtenwüste gibt.

Flechten als Bioindikatoren

Nach KÖSTNER/LANGE (1986, S. 185) machte NYLANDER bereits 1866 die Rauchgase in Siedlungen für das Verschwinden epiphytischer Flechten verantwortlich. Im 20. Jahrhundert ging das Flechtenvorkommen entlang verkehrsreicher Straßen und in der Umgebung von emissionsintensiven Industriebetrieben und Kraftwerken zurück. Untersuchungen haben gezeigt, daß Flechten wegen ihrer Symbiosenatur besonders gut als Bioindikatoren für Immissionsbelastungen geeignet sind.

Die besondere Empfindlichkeit der Flechten gegenüber Luftschadstoffen hängt nach WIRTH (1983) mit der spezifischen Konstitution und Biologie des Flechtenlagers zusammen. Flechten haben kein Abschlußgewebe, das den Luftzutritt verhindert, keine

Anschrift der Verfasserin:
Iris Vorndran
Oberer Leitenweg 16
82418 Weindorf b. Murnau

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

Spaltöffnungen, die die Menge und Art der eindringenden Gase regulieren und sie können aufgenommene Schadstoffe nicht wieder abgeben. Außerdem wachsen sie langsam, so daß Schäden nur in längeren Zeiträumen (Jahren) behoben werden. Diese Eigenschaften führen dazu, daß schon geringe Schadstoffkonzentrationen in der Luft gestörten Stoffwechsel und gestörte Atmung verursachen können. Da verschiedene Flechtenarten unterschiedlich stark auf Luftverunreinigung reagieren, geben bestimmte Flechtengemeinschaften (z. B. epiphytische Blattflechten) konkrete Hinweise auf die Höhe dieser Schadstoffbelastung. Durch Kartierung epiphytischer Flechten können sowohl die Wirkungen einzelner Schadstoffe als auch Kombinationswirkungen (Synergismen und Antagonismen) nachgewiesen werden.

Luftverschmutzung und ihre Wirkung auf Flechten

Die Zonen verarmter oder fehlender Flechtenflora stimmen mit Gebieten erhöhter Luftschadstoffkonzentrationen gut überein. Nach der „Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft" (TA LUFT 1986, S. 4) versteht man unter „Luftverunreinigungen" alle „Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft, insbesondere durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe oder Geruchsstoffe (...)" Für den Rückzug der Flechten aus Siedlungsgebieten sind in erster Linie säurebildende Luftschadstoffe verantwortlich. Vor allem eine erhöhte Schwefeldioxid-Konzentration führt zur Beeinträchtigung von grundlegenden Aktivitäten der Flechte, z. B. der Photosynthese.

„Säurebildende Schadstoffe, insbesondere Schwefeldioxid (SO_2), Stickstoffoxide (No, NO_2), Chlorwasserstoff (HCl) und Fluorwasserstoff (HF), werden im wesentlichen beim Betrieb folgender Anlagen freigesetzt:

- Feuerungsanlagen für feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe (Kohle: SO_2, NO, NO_2, HCl, Heizöl: SO_2, NO, NO_2, Erdgas: NO, NO_2),
- Abfallverbrennungsanlagen (HCl, SO_2, NO, NO_2),
- Verbrennungskraftmaschinen (NO, NO_2,
- Produktionsanlagen der chemischen (SO_2, NO, NO_2, HCl, HF) und großkeramische Industrie (HF).

Schwefeloxide und Stickstoffoxide gehören dabei wegen der großen Emissionsmenge und ihrer teilweise weiträumigen Verfrachtung als Folge einer langen Verweildauer in der Atmosphäre zu den wichtigsten pflanzenphysiologisch wirksamen Komponenten der Luftbelastung." (BAYER. STAATSMINISTERIUM F. LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN, u. a., 1982, S. 5).

Schwefeldioxid reagiert mit den Wassertröpfchen von Wolken, Nebel und Regen zu schwefliger Säure. Stickoxide werden letztlich zu Salpetersäure. Das vor allem bei PVC-Verbrennung freigesetzte Chlor wird zu Salzsäure umgewandelt. Bei Messungen am Solling nördlich von Göttingen wurde festgestellt, daß dort „im langjährigen Mittel SO_2 mit 76%, Stickoxide mit 19% und Chlor mit 5% an der Säurebildung im Niederschlagswasser beteiligt" sind (ULRICH 1982, S. 13). Obwohl eine entsprechende Messung für den Landkreis Garmisch-Partenkirchen wahrscheinlich ein etwas anderes Ergebnis hätte, wird doch die große Bedeutung von SO_2 und NO_x als Schadgase deutlich. Der „saure" Regen beeinflußt das Flechtenwachstum direkt und indirekt, z. B. wenn er an der flechtenbewachsenen Oberfläche der Baumstämme abläuft. Flechten werden auch durch Stäube, Fluoride und Chloride geschädigt, in geringem Umfang auch durch Ozon und Schwermetalle (JÄKEL 1992, S. 49). Damit sind Flechten als Bioindikatoren für die gesamte Luftverschmutzung geeignet. Die ungefähre Gesamtbelastung der Luft läßt sich nach dem Flechtenbewuchs abschätzen und als „SO_2-Äquivalent" in mg/m^3 Luft ausdrücken. So bedeutet nach WIRTH 1983, S. 33:

- „keine Flechten an den Baumstämmen mehr vorhanden; Stämme ohne jeden Bewuchs oder durch Grünalgen grün gefärbt: über 0,16 mg/m^3 Luft" (Anm.: Bei dieser Luftverschmutzung wäre

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

der langzeitliche Immissionsgrenzwert IW 1 der TA LUFT (1986, S. 18 f.) von 0,14 mg/m³ Luft als SO_2-Äquivalent (Winter-Mittelwert) überschritten.)
- „hellgraue Laubflechten, wie Hypogymnia physodes und Parmelia sulcata erscheinen, an staubimprägnierten Stämmen die gelbe Xanthoria parietina; unter 0,06 – 0,08 mg/m³ "
- „üppiger Bewuchs mit Bartflechten in feuchten Lagen, an freistehenden Bäumen fruchtende Strauchflechtenarten (...): unter 0,03 mg/m³ "

Im Raum Murnau gibt es weder Industrie noch Kraft- und Heizwerke. Es muß sich also um die Auswirkungen der Schadstoffemissionen von Haushalten, Gewerbegebieten und durch den Verkehr handeln, wenn das Wachstum epiphytischer Flechten durch Luftverschmutzung beeinträchtigt wird.

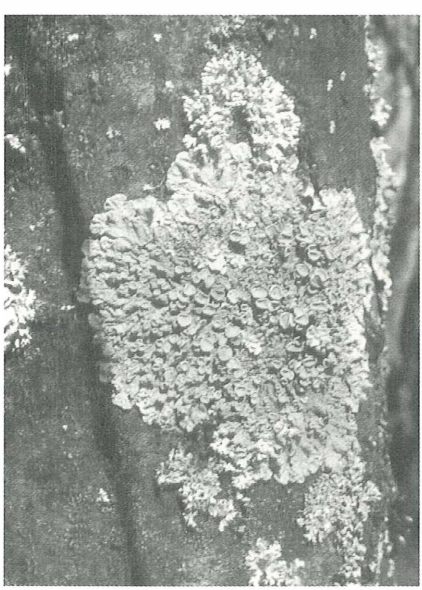
Kartierungsmethode

Für eine Flechtenkartierung in Murnau war zunächst zu klären, welche Flechten und welche Trägerbäume geeignet sind. Da normaler, nicht saurer Niederschlag einen pH-Wert von etwa 5,6 hat (ODZUCK 1982, S. 277), sind Bäume mit mäßig saurer Borke, d. h. mit einem pH-Wert von 4,9 bis 5,6, besonders gut geeignet, um die direkten und indirekten Wirkungen von Luftschadstoffen auf epiphytische Flechten zu erfassen. Zu dieser Gruppe von Trägerbäumen gehören die Winterlinde *(Tilia cordata)* und die Sommerlinde *(Tilia platyphyllos)*. Weil es für einen aussagekräftigen Vergleich vorteilhaft ist, sich auf nur eine Baumart und auf wenige Flechten der gleichen Art zu beschränken, kam es darauf an, ob es in Murnau genügend Linden gibt, die die Bedingungen für eine Flechtenkartierung erfüllen. Im Gegensatz zu Großstädten, wo stets mehrere Arten von Trägerbäumen mit unterschiedlicher Borkenacidität berücksichtigt werden mußten, reichen Murnaus Linden für eine Kartierung aus.

Nach STEUBING/FANGMEIER (1992, S. 113) sollten auf Flächen mit einer Seitenlänge von 250 m x 250 m mindestens drei möglichst gleichmäßig verteilte Bäume auf ihren Flechtenbewuchs hin untersucht werden, bei 1 km x 1 km großen Arealen mindestens sechs. Im 3 km² großen Murnauer Kartierungsgebiet gibt es 1993 ca. 120 Winter- und Sommerlinden, von denen 36 die Voraussetzungen für die Flechtenaufnahme erfüllen.

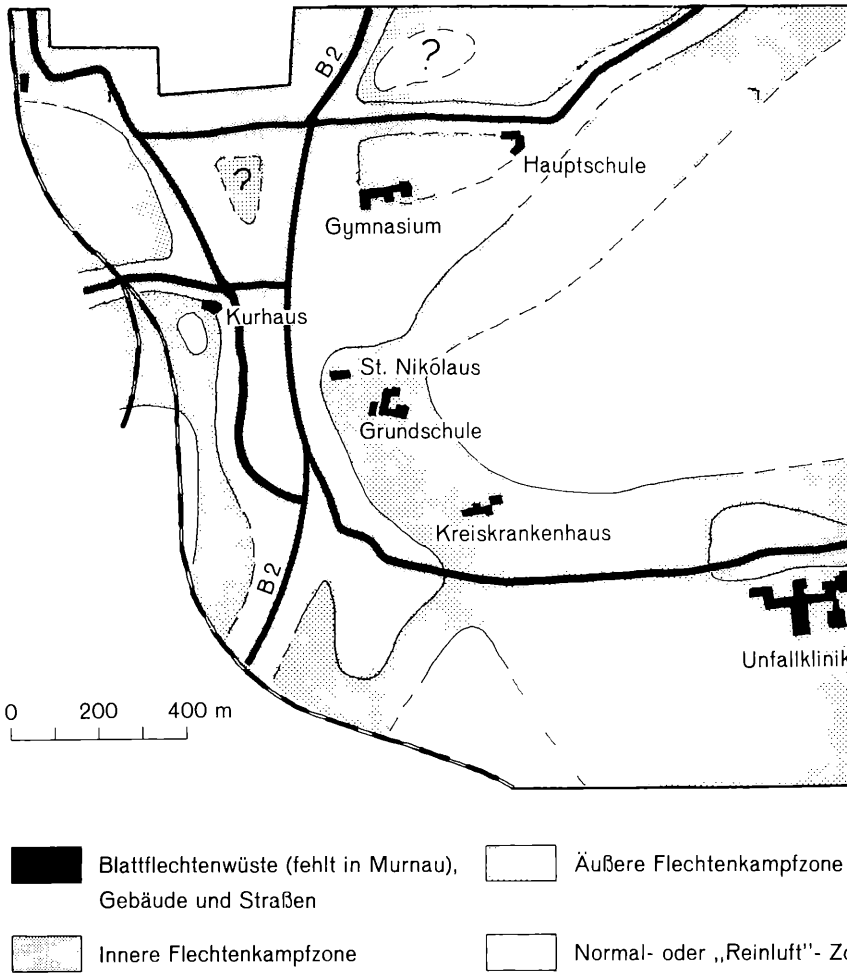
Strauchflechten fehlen in Murnau auf allen Linden. Auch Krustenflechten kommen für eine Kartierung nicht in Frage, weil sie sogar noch in den Flechtenwüsten mit sehr hoher Luftverschmutzung existieren können. Dagegen bieten die empfindlichen Blattflechten die besten Kartierungsvoraussetzungen.

Auf Murnauer Linden kommen hauptsächlich folgende Flechten vor:
- *Parmelia-Arten* (Schüsselflechten), vor allem die graue *Parmelia tiliacea,* die – wie ihr lateinischer Name schon erkennen läßt – bevorzugt auf Lindenstämmen wächst, und die grünlich-graue *Parmelia flaventior.*



Wandgelbflechte, *Xanthoria parietina*

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at



Epiphytische Blattflechten in Murnau – Hauptbedeckungsgrad auf Linden 1993

- *Xanthoria parietina* (Wand-Gelbflechte). Sie wächst besonders gern auf Borke, die durch Straßen- und Kalkstaub gedüngt wurde.
- *Hypogymnia physodes* (Lippen-Schüsselflechte) und *Physcia*-Arten (Schwielenflechten) sind weniger häufig.

Das Kartierungsgebiet liegt östlich der Bahnlinie München-Murnau-Garmisch (vgl. Abb.). Es umfaßt den Kurpark, das fast geschlossen bebaute und verkehrsreiche Ortszentrum entlang der B 2, sowie nach Osten den Übergangsraum mit Schulen, St. Nikolaus-Kirche und Kliniken bis zu den reinen Wohngebieten am Ortsrand. Dieser Gemeindeteil ist etwa 300 ha groß. In ihm sind die klimatischen und geologischen Bedingungen gleichartig. Gleiches

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

Substrat garantiert die Beschränkung auf Linden. Weitere Einflußfaktoren auf den Bedeckungsgrad von Flechten, die nichts mit der Wirkung der Luftschadstoffe zu tun haben, liegen im Wuchs der Trägerbäume. Es dürfen nur gesunde, gerade gewachsene Stämme verwendet werden. Die Bäume sollen ungefähr gleiche Wachstumsbedingungen aufweisen und nicht zu jung/dünn bzw. zu alt/dick sein. Dies wird dadurch sichergestellt, daß möglichst nur Linden mit einem Stammumfang von 100 cm bis 280 cm – gemessen in 1,5 m Stammhöhe – untersucht werden (STEUBING/FANGMEIER 1992, S. 113).

Damit auch die Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse gleich sind, wurden Trägerbäume verwendet, die etwa 4 m Stammabstand oder mehr von anderen Bäumen, Hecken, Gebäuden u. ä. aufweisen und deren Äste nicht so tief zum Boden reichen, daß sie den Stamm übermäßig stark gegen Licht, Regen und Wind abschirmen. Daraus folgt, daß die gemessenen Prozentwerte für die Bedeckung der Lindenstämme mit Blattflechten bei nicht optimalen Wachstumsbedingungen Mindestwerte sind.

Die Häufigkeit des Vorkommens epiphytischer Blattflechten wird am Trägerbaum in einer Höhe von 1 m bis 1,5 m gemessen. Entweder mißt man den Bedeckungsgrad um den ganzen Stamm herum oder den Hauptbedeckungsgrad durch Anlegen eines 50 cm x 20 cm großen Flechtenaufnahmegitters (nach VDI-Richtlinie 3799; vgl. STEUBING/FANGMEIER 1992, S. 114) auf der Stammseite, die am stärksten bewachsen ist. Mit dieser Aufnahmehöhe werden Einflüsse vom Boden her (z. B. Streusalz, Hundekot) ausgeschlossen.

Interpretation der Kartierungsergebnisse von 1993

Der Hauptbedeckungsgrad epiphytischer Blattflechten auf 36 Murnauer Trägerbäumen erreichte im Minimum 5%, maximal 87%. Eine Flechtenwüste gibt es in Murnau also nicht. Dies läßt für das Ortszentrum auf geringere Luftverschmutzung schließen als in den Zentren von Großstädten, wo bei Flechtenkartierungen stets Flechtenwüsten nachgewiesen wurden.

Wenn man die Flechtenhauptbedeckung den verschiedenen Expositionsrichtungen zuorndet, ergibt sich folgende prozentuale Verteilung:

SE	S	SW	W
NW	N	NE	E
3%	6%	8%	28%
30%	14%	8%	3%

Für alle Linden zusammen liegt das Expositionsmaximum mit 30% in NW-Richtung. Mehr als die Hälfte (58%) aller Murnauer Linden sind am dichtesten in W- oder NW-Exposition mit Blattflechten bewachsen. Das stimmt nicht ganz mit der Behauptung von STEUBING/FANGMEIER (1992, S. 113) überein, daß dies „in der Regel die West- bis Südwestseite sein" wird, wohl aber mit den Hauptwindrichtungen am nördlichen Alpenrand. Daraus folgt, daß die häufigere Befeuchtung der Stämme auf der Luvseite, die das Flechtenwachstum positiv beeinflußt, wichtiger sein muß, als der Säuregehalt im Regen, der die Flechtenvitalität negativ beeinflußt, weil sonst das Maximum der Hauptbedeckung eher auf den vom sauren Regen geschützteren östlichen bis südlichen Stammseiten liegen müßte.

Bei der Interpretation der Hauptexpositionsrichtungen des Wachstums epiphytischer Flechten im Detail wird deutlich, daß es in Murnau mehrere Luftqualitätszonen geben muß. Auf Linden an den in der Karte eingezeichneten Hauptstraßen wachsen die Flechten häufig am besten auf der der Straße abgewandten Stammseite. In reinen Wohngebieten hat dagegen die Immissionsbelastung von der Straßenseite her keine erkennbare Auswirkung.

Das Kartierungsergebnis für den Blattflechtenbewuchs in der Kampfzone läßt es nicht ratsam erscheinen, dieses Gebiet – wie in Großstädten üblich – in eine innere, mittlere und äußere Zone zu teilen. Für Murnau ist eine Zweigliederung der Kampfzone in einen inneren Teil (mit einem Hauptbedeckungsgrad unter 20%) und einen äuße-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

ren Teil (mit einem Hauptbedeckungsgrad zwischen 20% und 50%) sinnvoll und gut zu begründen. Konkret ergaben sich folgende Werte:

	Anzahl der Trägerlinden	Hauptbedeckungsgrad (in Prozent)
innere Kampfzone	15	5 – 17
äußere Kampfzone	15	21 – 36
Normalzone	6	58 – 87

Die innere Flechtenkampfzone umfaßt den Ortskern von Murnau und erstreckt sich entlang der Ausfallstraßen (vgl. Abb.). Das ist das Gebiet, in dem sich die Schadstoffemissionen von Verkehr und Hausbrand überlagern oder wo durch höheren Schadstoffausstoß der Kraftfahrzeuge an Steigungen deren Emissionen allein für deutlichen Flechtenrückgang verantwortlich sind. Auf den Linden dieser Zone sind oft große Flächen des Stammes ganz frei von Blattflechten und auch auf der am stärksten bewachsenen Stammseite können die immissionsresistenteren Krustenflechten überwiegen. Der Grund dafür kann nur in der Erniedrigung des pH-Wertes der Borke liegen, so daß Krustenflechten in ihrem optimalen pH-Bereich wachsen und dadurch die Blattflechten verdrängen.

Die äußere Kampfzone umfaßt das Gebiet rings um den Ortskern, in dem sich auch die Schulen und Krankenhäuser befinden. Einige Inseln besserer Luftqualität sind an Linden nachweisbar; andere (in der Abb. mit Fragezeichen versehen) mangels Linden nur an Obstbäumen und an einem Spitzahorn, dessen Blattflechten-Hauptbedeckung mit 83% besonders hoch ist.

Die Normal- oder „Reinluft"-Zone erstreckt sich von SW her über die Bahnlinie bis in den Kurpark. Große Reinluftgebiete befinden sich ferner im Süden und Osten Murnaus. Auffallend ist, daß auch in der Normalzone an keiner Linde Strauch- oder gar Bartflechten zu finden waren. Trotzdem stimmt die Bezeichnung als „Reinluftzone" sicherlich, denn auf Birken oder in Astgabeln von Fichten und Obstbäumen kommen durchaus auch Strauchflechten vor.

Aus diesen Ergebnissen läßt sich ableiten, daß epiphytische Blattflechten auch für Gemeinden mit etwa 10.000 Einwohnern als Bioindikatoren der Luftverschmutzung gut geeignet sind.

Literatur

Bayer. Staatsforstverwaltung (1984): Sonderheft „Waldsterben" – Fachworterläuterungen. Information 1/84. München

Bayer. Staatsministerium f. Landesentwicklung und Umweltfragen und Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. (1982): Dokumentation zum Baumsterben in Bayern (Stand: Juni 1982). In: Immissionsbelastung ländlicher Ökosysteme. Laufener Seminarbeiträge 2/82, S. 4 – 10

JÄKEL U. (1992): Umweltschutz. Naturwiss. Reihe Klett. Stuttgart u. a.

KÖSTNER B. UND O. L. Lange (1986): Epiphytische Flechten in bayerischen Waldschadensgebieten des nördlichen Alpenraumes. Floristisch-soziologische Untersuchungen und Vitalitätstests durch Photosynthesemessungen. ANL-Berichte Nr. 10. Laufen, S. 185 – 210

ODZUCK W. (1982): Umweltbelastungen Belastete Ökosysteme. UTB 1182, Stuttgart

STEUBING L. und FANGMEIER A. (1992): Pflanzenökologisches Praktikum. Gelände- und Laborpraktikum der terrestrischen Pflanzenökologie. Stuttgart

TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) vom 27. Febr. 1986. Erste Allg. Verw.-Vorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz. Köln u. a.

ULRICH, B. (1982): Gefahren für das Waldökosystem durch Saure Niederschläge. In: Immissionsbelastung ländlicher Ökosysteme. Laufener Seminarbeiträge 2/82, S. 13 – 28

WIRTH, V (1980): Flechtenflora. Ökologische Kennzeichnung und Bestimmung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. UTB 1062. Stuttgart

WIRTH, V (1983): Flechten. In: Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie C, H. 12/1980. Stuttgart

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des naturwiss. Vereins für Schwaben, Augsburg

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: 99_3

Autor(en)/Author(s): Vorndran Iris

Artikel/Article: Epiphytische Blattflechten an Linden als Indikatoren der Luftverschmutzung in der Marktgemeinde Murnau am Staffelsee 50-55