

Die Bestimmung der Stickstoff-Depositionsrates mit Hilfe von epiphytischen Flechten

Norbert J. Stapper, Jan-Peter Frahm, Isabelle Franzen-Reuter



Dr. Norbert Stapper
Büro für ökologische Studien, Monheim



Prof. Dr. Jan-Peter Frahm
Nees-Institut für Biodiversität der Pflanzen, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn



Dr. Isabelle Franzen-Reuter
Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Düsseldorf

Wenn sich bei der Genehmigung von Anlagen Anhaltspunkte für das Vorliegen erheblicher Nachteile durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme auf Grund der Einwirkung von Ammoniak oder wegen Stickstoffdeposition ergeben, sieht die TA Luft in Nr. 4.8 die Einzelfallprüfung vor. Im vorliegenden Beitrag wird anhand einer Untersuchung im Umfeld des FFH-Gebiets „Rodener Saarwiesen“ bei Saarlouis (Saarland) ein kurzfristig durchführbares biologisches Verfahren vorgeschlagen, bei dem baumbewohnende Flechten zur Abschätzung der Stickstoffdepositionsrate eingesetzt werden. Dabei wird die Erkenntnis genutzt, dass der Stickstoffgehalt der Blattflechte *Parmelia sulcata* mit der Höhe der lokalen Stickstoffdeposition korreliert. Über die Bestimmung der Stickstoffgehalte von *P. sulcata* lässt sich somit die jährliche Stickstoffdepositionsrate ermitteln. Ergänzend liefert eine Flechtenkartierung nach VDI 3957 Blatt 13 Aussagen zum Stickstoffeintrag. Auf Grundlage der Kartierungsdaten und des Stickstoffgehaltes in *P. sulcata* wurde für das Untersuchungsgebiet eine Gesamt-Depositionsrates von 13 kg N/(ha * a) abgeleitet. Bei einem relativen Gesamtfehler von ± 30 % könnte die Stickstoff-Gesamtdeposition durchaus 17 kg N/(ha * a) betragen.

1. Einleitung

Die Belastung von Landökosystemen durch eutrophierende Einträge aus der Luft stellt nach wie vor eine bedeutende Gefährdung der biologischen Vielfalt in Deutschland dar [1]. Die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) sieht in Nr. 4.8 „Prüfung, soweit Immissionswerte nicht festgelegt sind, und in Sonderfällen“ für genehmigungsbedürftige Anlagen vor, dass der Einzelfall geprüft werden soll, wenn sich Anhaltspunkte für das Vorliegen erheblicher Nachteile durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme auf Grund der Einwirkung von Ammoniak oder wegen Stickstoffdeposition ergeben [2]. Eine standardisierte Methode zur Prüfung, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme aufgrund von Stickstoffdeposition gewährleistet ist, wird in vielen Bundesländern erfolgreich angewendet [3]. Die Prüfung berücksichtigt die Vorbelastung des Gebietes z. B. anhand modellgerechneter Karten auf der Grundlage des hochauflösenden nationalen Datensatzes zur Stickstoff-Gesamtdeposition [4], die anlagenspezifische Zusatzbelastung, und eine ökosystemspezifische Beurteilung auf Grundlage der Critical Loads für luftgetragene Stickstoffverbindungen und weiterer Zuschlagfaktoren.

Die hier dargestellte Fallstudie aus dem Jahr 2007 bezieht sich auf ein im Hafengebiet von Saarlouis und

Dillingen geplantes Blockheizkraftwerk, für dessen Genehmigung die Bestimmung der Vorbelastung mit eutrophierenden Stickstoffverbindungen gefordert wurde. Unweit der geplanten Anlage befindet sich das FFH-Gebiet „Rodener Saarwiesen“. Die Bestimmung der Vorbelastung hätte die Installation einer aufwendigen Messanlage erfordert, die über mindestens ein Jahr hätte betrieben werden müssen. Die Planungsfirma wandte sich daher an den Zweitautor, im Rahmen eines Gutachtens der Universität Bonn die Stickstoff-Depositionsrates des Gebietes zu ermitteln. Hierfür wurde ein biologisches Verfahren entwickelt, das im Wesentlichen auf Ergebnissen der Dissertation der Drittautorin beruht [5; 6]. Zusätzlich zur Diversität epiphytischer Flechten im Untersuchungsgebiet [7] wurde getreu dem Prinzip „Flechten sind Passivsammler“ der Stickstoffgehalt der Blattflechte *Parmelia sulcata* als Referenz für den lokalen Stickstoffeintrag genommen. Die Stickstoffgehalte und Diversitätswerte waren zuvor im Rahmen der Dissertation anhand der Depositionsdaten der Messstationen des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) geeicht worden. Das Verfahren wurde vom Landesumweltamt des Saarlandes als geeignet akzeptiert. Wenn gleich das geplante Kraftwerk letztlich aus anderen Gründen nicht realisiert wurde, soll das gewählte Verfahren hier beispielhaft dargestellt werden.

2. Fragestellung

Ziel der Untersuchung war die indirekte Bestimmung der Gesamt-Stickstoffdeposition (= Belastung vor der Inbetriebnahme der geplanten Anlage, somit „Vorbelastung“) der Rodener Saarwiesen (FFH-Gebiet 6606-304) anhand von Baum-bewohnenden (= epiphytischen) Flechten und Moosen. Diese Organismen nehmen zwangsläufig Stickstoffverbindungen, wie Stickstoffoxide, Ammonium, Ammoniak, die häufig auch als „reaktiver Stickstoff“ bezeichnet werden, aus der Luft auf. Eutrophierungstolerante Arten, die man auch als „Eutrophierungszeiger“ nutzt [7], werden dadurch in ihrem Wachstum gefördert. Die Mehrzahl der Flechten jedoch toleriert ein Überangebot solcher Nährstoffe nicht und weicht zurück. Die indirekte Bestimmung der Gesamt-Stickstoffdeposition stützt sich hier auf Ergebnisse aus Nordrhein-Westfalen. Danach steigt der Beitrag eutrophierungstoleranter epiphytischer Flechten an der Gesamt-Flechtenartendiversität nach VDI 3957 Blatt 13 [7] proportional zur Gesamt-Stickstoffdeposition an den Baumstandorten rund um die Messstationen der Landesanstalt für Ökologie, Landwirtschaft und Forsten (heute: LANUV, NRW) [5]. Anhand aktueller Kartierungsdaten und des Stickstoffgehaltes in Flechtenproben von *Parmelia sulcata* sollte auf die Gesamt-Stickstoffdeposition im Untersuchungsgebiet Rodener Saarwiesen rückgeschlossen werden.

Die Vergleichsdaten aus Nordrhein-Westfalen sind in Abbildung 1 dargestellt. Kurz gefasst gilt: Je höher die Gesamt-Stickstoffdeposition,

- ◆ desto geringer die Anzahl der Flechtenarten pro Baum und der Diversitätswert aller Flechten nach VDI 3957 Blatt 13 („LDV“, *Lichen Diversity Value*);
- ◆ desto höher der Diversitätswert der Eutrophierungszeiger unter den Flechten („LDVN“);

- ◆ desto höher die mittlere Anzahl nitrophytischer Flechtenarten pro Baum nach *van Herk* [8];
- ◆ desto geringer der Diversitätswert der nicht-eutrophierungstoleranten oder durch Eutrophierung nicht geförderten „Referenz“-Flechten („LDVRef“);
- ◆ desto höher der Quotient LDVN/LDVRef;
- ◆ desto höher der Stickstoffgehalt in *Parmelia sulcata* [5; 6].

Während dieser Arbeitsansatz in Deutschland noch neu ist, wird in den Niederlanden schon ein Verfahren angewendet, bei dem die Höhe der Stickstoffimmission direkt anhand der mittleren Anzahl nitrophytischer Flechtenarten auf den Bäumen bestimmt wird („Nitrofile Indicatie Waarde, NIW“; [8]). Die Bestimmung der Stickstoffbelastung anhand des Stickstoffgehaltes in *Parmelia sulcata* ist als neue VDI-Richtlinie in Vorbereitung (siehe auch [6; 9]).

3. Methodik

3.1 Untersuchungsgebiet

Standort des geplanten Vorhabens war der Saarhafen zwischen Dillingen und Saarlouis. Das Untersuchungsgebiet, in dem epiphytische Moose und Flechten untersucht wurden, umfasst das südliche Stadtgebiet Dillingens und den Norden von Saarlouis, im Westen liegt Wallerfangen und im Osten der Ort Roden. Die Gesamtfläche beträgt 7,3 Quadratkilometer, von Norden nach Süden 3,4 km und von Westen nach Osten 2,1 km, mit dem Saarhafen und der Saarwiese (FFH-Gebiet 6606-304) etwa im Zentrum (vergl. Abb. 2).

3.2 Epiphytenkartierung

Zur Kartierung epiphytischer Flechten und Moose wurden gemäß VDI 3957 Blatt 13 [7] im öffentlichen Verkehrsraum Winter- und Sommerlinden, Berg- und Spitzahorne sowie Eschen ausgewählt, allesamt Trägerbäume der sogenannten Gruppe 1 mit subneutraler Rinde/Borke unter natürlichen Verhältnissen. Um die unmittelbare Wirkung von Luftschadstoffen aus dem motorisierten Straßenverkehr möglichst auszuschließen, wurden Bäume abseits stark befahrener Straßen ausgewählt, insgesamt 43 Bäume an neun Stationen in locker bebauten Wohngebieten oder nahe zum Hüttenwerk-Dillingen, sowie offenes Gelände, eine Kleingartenanlage und parkartiges Gelände (Abb. 2). Die Artansprache der Flechten und Moose erfolgte nach makroskopischen Merkmalen im Gelände, kritische Exemplare wurden im Labor anhand mikroskopischer und chemischer Merkmale identifiziert. Moose wurden aufgenommen, um die Epiphytenflora vollständiger abzubilden, ausgewertet wurden im Wesentlichen die Flechtendaten.

Auf den Bäumen wurden alle zwischen 70 und 230 cm Höhe über dem Boden vorkommenden Arten erfasst. Für eine gleichbleibende Kartierungstiefe wurde nach dem Fund der jeweils letzten Art jeder Baum für weitere zwei Minuten auf bis dahin nicht registrierte Arten abgesehen. Zur Bestimmung des Flechtendiversitätsindex als Grundlage der Luftgüte-Bestimmung nach VDI 3957 Blatt 13 wurde die Häufigkeit („Frequenz“) der Flechten mit Hilfe von Zählgittern in den vier Haupthimmelsrichtungen aufgenommen. Die maximale Frequenz einer Art kann dabei 20 betragen. Flechten und Moose

wurden in gleicher Weise erfasst. Bei der Datenauswertung wird zwischen eutrophierungstoleranten Flechten und so genannten Referenzarten unterschieden, deren jeweilige Frequenzsumme („Lichen Diversity Value“) mit LDVN bzw. LDVRef abgekürzt.

Der „Nitrofile Indicatie Waarde (NIW)“ nach *van Herk* [8] als Maß für die Stickstoffbelastung der Stationen errechnet sich aus der mittleren Anzahl der nitrophytischen Flechten pro Baum. Die hierbei berücksichtigten Flechtenarten sind nicht vollends identisch mit jenen nach VDI 3957 Blatt 13. Unter den Verkehrsbelastungs- und Staubzeigerarten [10; 11] befinden sich auch Moose (siehe Arteninventar in Tabelle 1).

3.3 Bestimmung des Stickstoffgehaltes in *Parmelia sulcata*

Die Eignung von *Parmelia sulcata* als Akkumulationsindikator für atmosphärische N-Einträge wurde inzwischen mehrfach bestätigt [5; 6; 12]. Im Untersuchungsgebiet ist sie eine der häufigsten Flechten und leicht und ohne jegliche Beschädigung des Trägerbaumes zu ernten. Alle Flechtenproben wurden bei trockenem Wetter gesammelt von jenen Trägerbäumen, die bereits für die Untersuchung nach VDI 3957 Blatt 13 ausgewählt worden waren sowie von benachbarten Bäumen, die ebenso den Auswahlkriterien entsprachen. Für jede zu analysierende Probe wurden von verschiedenen Baumstämmen fünf Flechtenlager bzw. die Randloben verschiedener Lager von insgesamt mindestens 5 cm² Gesamtfläche gesammelt. Dabei wurde eine Mindesthöhe von 1 m über dem Boden eingehalten. Das geerntete Material wurde in Polyethylenbeutel verpackt und bei – 27 °C für einige Tage bis zur Weiterverarbeitung dunkel gelagert. Im Labor wurden anhaftende Schmutzpartikel entfernt und Abschnitte der äußeren 5 mm der Lager bzw. Lagerlappen (Wachstumszone) vereinigt und nach 48 Stunden Trocknung bei 70 °C in einer Kugelmühle zerkleinert. Die Bestimmung der Gesamtstickstoffkonzentration erfolgte massenspektrometrisch (Europa Scientific, Typ 20-20, Crewe/UK). Etwa 5 bis 5,5 mg des getrockneten und pulverisierten Flechtenmaterials wurden in Zinnkapseln in das Gerätesystem eingebracht. Die Reproduzierbarkeit der Analysen betrug ± 1,5 %.

Die Flechte *Parmelia sulcata* ist als Akkumulationsindikator geeignet.

4. Ergebnisse

Das Artenspektrum epiphytischer Flechten und Moose im Untersuchungsgebiet muss angesichts von 52 Flechten- und 19 Moosarten mit teils üppigen Vorkommen an 43 untersuchten Trägerbäumen als sehr reichhaltig bezeichnet werden (Artenliste siehe Tabelle 1).

Der Diversitätswert LDVN als Maß für die Häufigkeit eutrophierungstoleranter oder durch „Luftdüngung“ geförderter Flechten („Eutrophierungszeiger“) entspricht mit 24 (*minimal 4 bis maximal 32*) in etwa den vier Jahre zuvor ermittelten Werten für Düsseldorf (22; 6 bis 43; [10; 11; 13]). Die Häufigkeit der gegenüber Nährstoffeinträgen weniger toleranten Referenzarten (LDVRef) ist im Untersuchungsgebiet mit 27 (*16 bis 36*) jedoch deutlich höher als in der Großstadt Düsseldorf (Mittelwert 13; 0 bis 32) und weist auf eine geringere Belastung hin, sowohl allgemeiner Art als auch mit Blick