

BIOZÖNOTISCHE STRUKTURVER- ÄNDERUNGEN IN IMMISSIONSBEEIN- FLUSSTEN KIEFERN- FORSTEN DER DÜBENER HEIDE

Uwe Amarell, Stefan Klotz und Sabine Neumann

Die Auswirkungen von Immissionen auf die komplexe Struktur von Lebensgemeinschaften (Biozönosen: Phyto- und Zoozönosen) sind bislang nur ungenügend untersucht worden. Der Schwerpunkt lag meist auf der Untersuchung der Reaktion von biochemisch-physiologischen Parametern oder von Einzelorganismen auf Immissionen. Das war und ist der Hauptgegenstand klassischer Bioindikations- und -monitoringuntersuchungen. Auch in der Waldschadensforschung sind bislang Fragen der Ökosystemstruktur und der

komplexen biozönotischen Veränderungen kaum berücksichtigt worden. Der Hauptgrund lag sicherlich in den erheblichen Problemen bei der Erfassung und vor allem Bewertung biozönotischer Strukturen und Prozesse. Einfache Kausalketten von den Immissionen zu den Reaktionen des Systems bestehen nur selten.

Welche Auswirkungen Depositionen des Bitterfelder Industriegebietes auf das Zusammenspiel innerhalb der Tier- und Pflanzengemeinschaften der Dübener Heide haben, zeigen Untersuchungen der Bodenvegetation und ausgewählter Tiergruppen verschiedener trophischer Ebenen (Positionen in der Nahrungskette). Im Gebiet der Dübener Heide existiert eine ausgesprochene West-Ost-Differenzierung der Immissionen. Sie nehmen von Westen (Bitterfeld-Wolfener-Raum) nach Osten deutlich ab. Dadurch konnte ein klarer Immissionsgradient modellhaft untersucht werden.

Reaktion der Vegetation (Phytozönosen) auf Immissionen

Die Vegetation der Kiefernforste der Dübener Heide wird vor allem durch vier Größen beeinflusst:

- die Deposition von basischen Flugaschen,
- die Immission von Schwefeldioxid,
- die Immission von Stickstoffverbindungen (Landwirtschaft, Verkehr) und
- die früher mit der Absicht der Forststabilisierung durchgeführte Harnstoffdüngung.

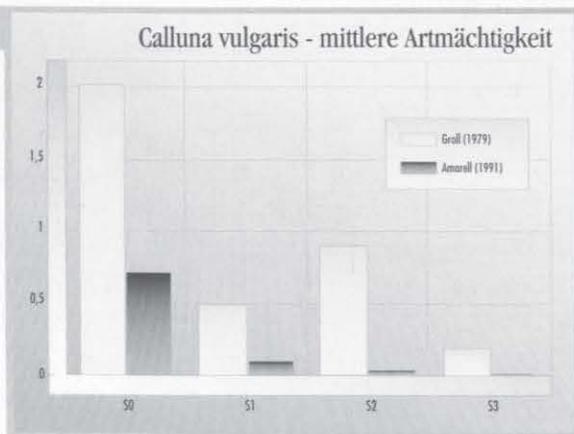


Bild 1 Artmächtigkeit des Heidekrautes (*Calluna vulgaris*) im Immissionsgradienten
S0 - geringe Immissionen (Schadzone 0)
S3 - starke Immissionen (Schadzone 3)

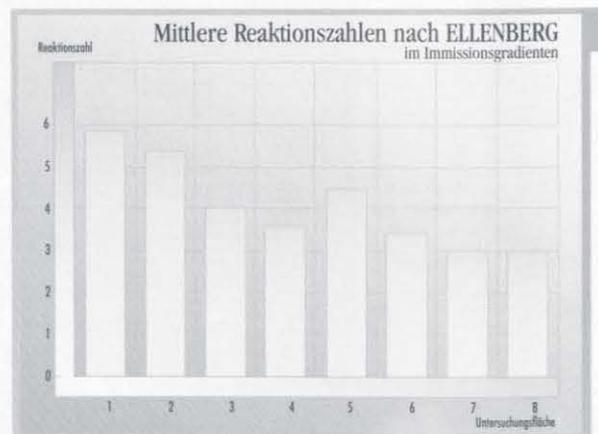


Bild 2 Mittlere Reaktionszahlen nach ELLENBERG im Immissionsgradienten (nach Amarell)
Untersuchungsfläche 1: am stärksten immissionsbeeinflusst
Untersuchungsfläche 2: am schwächsten immissionsbeeinflusst

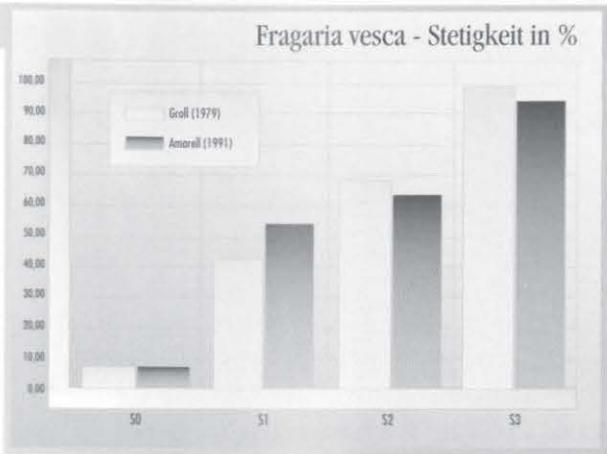


Bild 3 Stetigkeit der Walderdbeere (*Fragaria vesca*) im Immissionsgradienten S0 - geringe Immission (Schadzone 0)

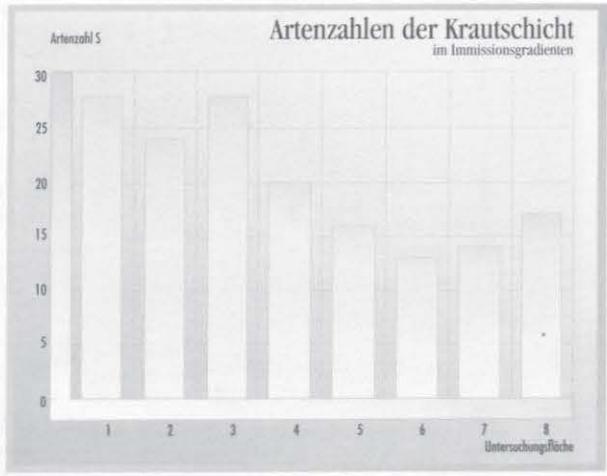


Bild 4 Artenzahlen der Krautschicht im Immissionsgradienten (nach Amarell)
 Untersuchungsfläche 1: am stärksten immissionsbeeinflusst
 Untersuchungsfläche 8: am schwächsten immissionsbeeinflusst

Die Deposition basischer Flugaschen veränderte den Säurezustand im Oberboden des emittentennahen Gebietes von pH-Wert 3-4 (sauer) auf pH-Wert 6-7 (nahezu neutral). Die Folgen sind ein Rückgang der ehemals für die Kiefernforste bezeichnenden Säurezeiger wie Heidekraut (*Calluna vulgaris*; vgl. Bild 1), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Schlängel-Schmiele (*Avenella flexuosa*) und des Kleinen Sauerampfers (*Rumex acetosella*) sowie das Eindringen von Arten, die schwach saure bis basische Bodenreaktion bevorzugen.

Die Vegetationsaufnahmen des getesteten Transektes weisen gut abgestufte ökologische Zeigerwerte auf. Das heißt, mit wachsender Entfernung vom Emittenten verringert sich der Einfluß der Flugasche und die Bodenbedingungen werden saurer (vgl. Bild 2).

Durch die veränderten Bodenverhältnisse werden Laubgehölze und auch anspruchsvollere Laubwaldarten, wie die Waldzwenke (*Brachypodium sylvaticum*), die Walderdbeere (*Fragaria vesca*; Bild 3) und das Hain-Veilchen (*Viola riviniana*) gefördert, so daß die aufgechalkten Kiefernforste in ihrer Bodenflora eher Laubwaldcharakter annehmen. Daneben treten ehemals typische Arten der Kiefernforste nur noch in den weniger belasteten Gebieten auf.

Auffällig ist auch das zunehmende spontane Einwandern neophytischer (fremdländischer) Gehölze, wie der Mahonie (*Mabonia aquifolium*), der Schneebeere (*Symphoricarpos albus*) und der Tataren-Heckenkirsche (*Lonicera tatarica*) in die stark immissionsbelasteten Bestände. Das belegt deutlich deren strukturelle Instabilität und hohe zönotische Dynamik.

Die Immissionen von Schwefeldioxid veränderten über die direkte Schädigung der Kiefern (Nekrosen an den Nadeln, vorzeitiger Abwurf der Kurztriebe) das Lichtklima der Forste entscheidend. Die Nadeln erreichen meist nur noch ein Alter von 1-2 Jahren, unter normalen Bedingungen können sie 3-4 Jahre alt werden. Eine Folge dieser Auflichtung ist das gehäufte Auftreten anspruchsvoller lichtliebenderer Saum- und Wiesenarten, wie der Kleine Odermennig (*Agri-monia eupatoria*) und die Zypressenwolfsmilch (*Euphorbia cyparissias*). Die basischen Flugstäube haben die Versauerung des Bodens durch das Schwefeldioxid mehr als kompensiert.

Die großflächige Düngung seit Ende der 60er Jahre, zur Stabilisierung der Kiefernbestände gedacht, und die heutigen Immissionen von Stickstoffverbindungen aus dem wachsenden Verkehr und der Landwirtschaft förderten stickstoffliebende Arten wie den Stinkenden Storchschnabel (*Geranium robertianum*) und die Echte Nelkenwurz (*Geum urbanum*), aber auch Kahlschlagarten wie das Landreitgras (*Calamagrostis epigejos*) und die Brombeeren (*Rubus plicatus* agg.). Sie breiten sich durch ihre hohe Konkurrenzkraft sehr stark aus und dominieren heute die Bestände. Auch das Auftreten von einigen nährstoff- und feuchteliebenden Arten wie Hopfen (*Humulus lupulus*) und Waldrebe (*Clematis vitalba*) ist wahrscheinlich überwiegend auf die Eutrophierung zurückzuführen.

Die sich gegenseitig überlagernden Veränderungen in den Kiefernforsten haben insgesamt zu einer deutlichen Zu-



Bild 5 Schwach immissionsbelasteter Kiefernforst mit typischer Krautschicht

nahme der Artenzahlen geführt (vgl. Bild 4), ein Resultat, welches gut mit anderen Untersuchungen übereinstimmt. Anthropogene Störungen können nicht nur zum Artenrückgang, sondern auch zu einer Artenzunahme führen. Das ist ganz stark von der Art und Intensität der anthropogenen Störung abhängig.

Flächen, die stärker durch Immissionen beeinflusst und aufgekalkt wurden, lassen sich einem Waldzwenken-Brombeer-Typ des Kiefernforstes zuordnen. Dieser ist durch anspruchsvollere Laubwald- und Wiesenpflanzen sowie durch nährstoffliebende Arten bei gleichzeitigem Zurücktreten der säureliebenden Nadelwaldarten gekennzeichnet. Er weist einen für Kiefernforste ungewöhnlichen Artenreichtum auf. Besonders stark immissionsbelastete Flächen besitzen eine ausgeprägte Strauchschicht, meist mit einem hohen Neophytenanteil (Bild 5). Die weniger geschädigten Forste zeigen weitgehend das Bild des ehemals für die Dübener Heide typischen Blaubeer-Kiefernforstes. Charakteristisch ist der höhere Anteil der Säurezeiger und Nadelwaldarten bei gleichzeitigem Zurücktreten der Arten, die den Waldzwenken-Kiefernforst kennzeichnen (Bild 6). Eine Übersicht über Hauptprozesse der Veränderungen von Kiefernforsten zeigt Bild 7.

Reaktionen der Tiergemeinschaften (Zoozönosen) auf die Immissionen

Die zoologischen Untersuchungen wurden an Arthropodengemeinschaften (Gliederfüßer) bei besonderer Berücksichtigung der Auchenorrhyncha (Zikaden) und der Carabiden (Laufkäfer) vorgenommen. Zikaden sind als Pflanzensauger Konsumenten erster Ordnung und stehen somit



Bild 6 Stark immissionsbelasteter, eutrophierter und aufgelichteter Kiefernforst mit gut entwickelter Strauchschicht

am Anfang einer Nahrungskette. Damit ist zu erwarten, daß Veränderungen in den Phytozönosen (Pflanzengemeinschaften) relativ schnell Einfluß auf die Zikaden haben.

Die Carabiden hingegen zeigen oft eine enge Habitatbindung, d.h. eine Bindung an spezifische räumliche Strukturen und weniger an die Präsenz und Dominanz von einzelnen Pflanzenarten. Sie kennzeichnen neben spezifischen Strukturparametern häufig bestimmte mikroklimatische Verhältnisse. Als räuberisch lebende Tiere sind sie erst relativ spät in die Nahrungskette eingebunden.

Zikaden (Auchenorrhyncha)

Im Vergleich aller Testflächen ist mit zunehmender Nähe zum Emittenten eine höhere Artendichte an Zikaden zu verzeichnen. Dies ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die ebenfalls höhere Artendichte an Pflanzen zurückzuführen. Hier dürfte eine eindeutige Kausalkette bestehen. Über zusätzlich eingewanderte Pflanzenarten können weitere Zikaden, die mit diesen assoziiert sind, ausreichende Lebensbedingungen finden (vgl. Bild 8).

Ebenfalls aufschlußreich war der Vergleich ökologischer Daten der Zikadenarten von verschiedenen belasteten Flächen:

In stark immissionsbelasteten Gebieten existieren vorwiegend polyphage (auf verschiedenen Pflanzenarten saugende) bzw. eurytope (in verschiedenen Lebensräumen vorkommende) Arten, die also kaum eine enge Wirtspflanzenbindung zeigen. Aufgrund der durch Aufkalkung neu geschaffenen Bedingungen siedeln sich offenbar vorerst Arten mit einer breiten Toleranzspanne an. In den stark geschädigten Flächen fehlen »Spezialisten« der klassischen sau-

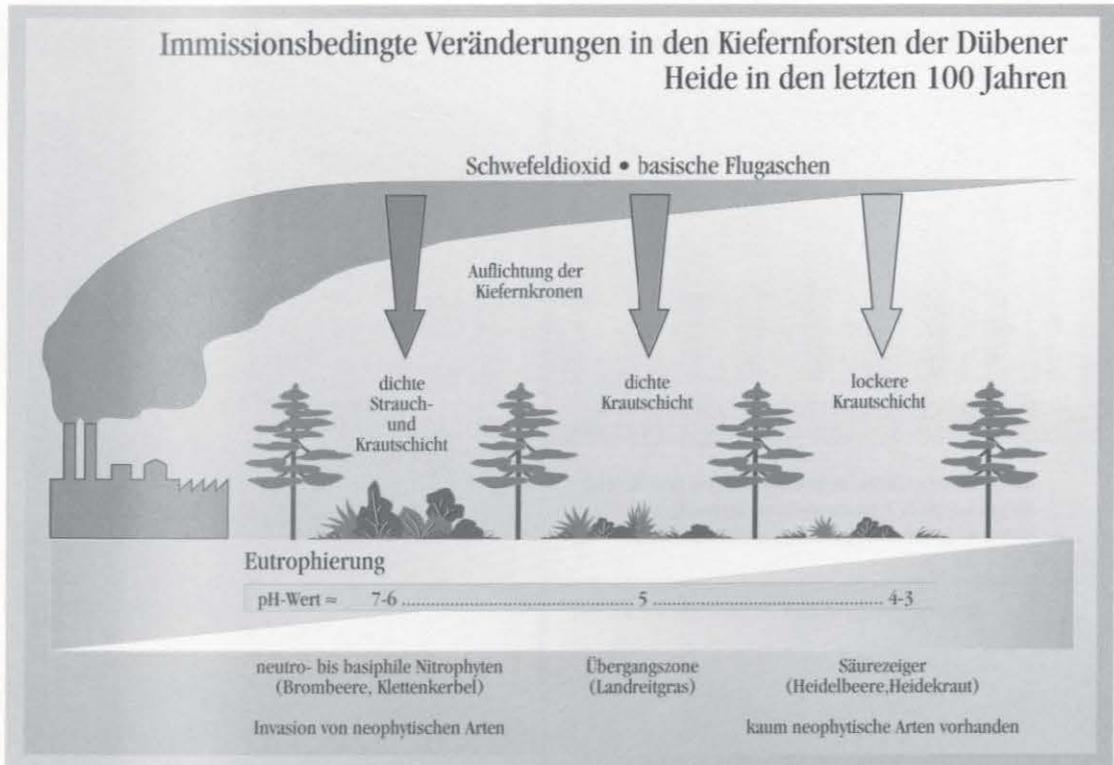


Bild 7 Hauptprozesse der Veränderungen von Kiefernforsten

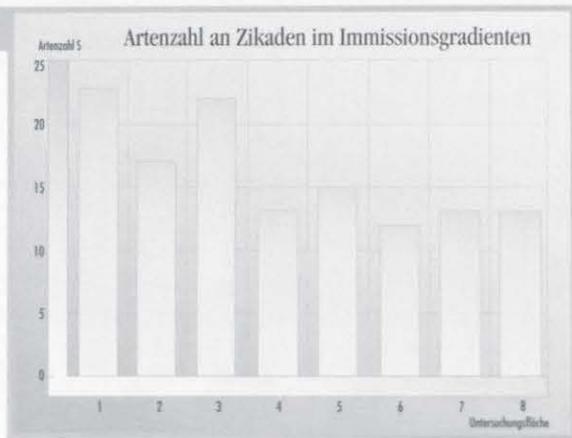
ren Kiefernforste. Diese Ergebnisse zeigen, daß die Betrachtung von Artenzahlen allein nur bedingt über die ökologischen Verhältnisse in den Zönosen Auskunft gibt.

Laufkäfer (Carabiden)

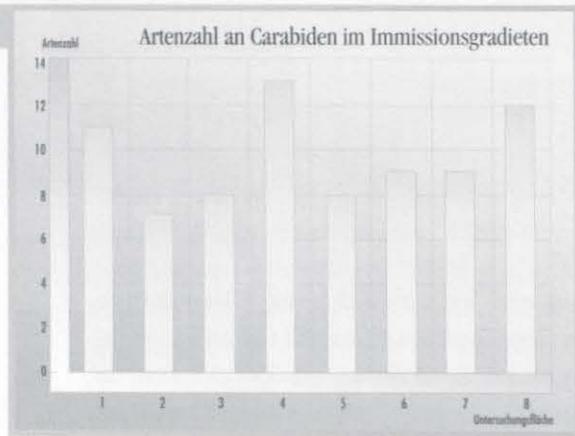
Im Gegensatz zu den Zikaden ergibt sich aus den Artenzahlen der Carabiden auf den einzelnen Testflächen im Gradient keine eindeutige Tendenz (vgl. Bild 9). Ungestörte, saure Kiefernforste bieten offenbar relativ vielen Carabidenarten Lebensmöglichkeiten. Die Aktivitätsdichten sind in sehr stark und sehr gering belasteten Flächen niedriger als in mäßig beeinflussten Gebieten. Dies könnte mit dem Düngungseffekt durch die eingetragenen Luftpartikel (Flugaschen) begründet werden: Auf den emittentennahen Standorten nimmt die Eutrophierung so zu, daß sich eine reichhaltige Strauch- und Feldschicht herausbildet. Damit ist ein sehr hoher Raumwiderstand gegeben, der auf die Carabiden als Störgröße wirkt. Auf den gering belasteten Flächen ist natürlicherweise eine hohe Artenzahl, jedoch eine geringe Aktivitätsdichte gegeben. Ein anderer Aspekt ist die durch Immission verursachte Aufflichtung der Kiefernbestände. Da Waldcarabiden eine enge Bindung an Dunkelheit und höhere Luftfeuchte haben, ist ein Abwandern aus den immissionsbedingt aufgelichteten und damit helleren Standorten denkbar. Die Waldarten haben den-

noch in den Testflächen nach wie vor die höchsten Dominanzwerte. Somit wird sichtbar, daß trotz des Immissionsinflusses und einer deutlich veränderten Vegetation die Waldarten unter den Carabiden den Hauptteil ausmachen. Mit der Entwicklung der Strauchschicht konnte sich offenbar das von Waldcarabiden bevorzugte Mikroklima entwickeln.

Aus den Analysen der einzelnen Taxozönosen wurde deutlich, daß die verschiedenen Gruppen von Tier- und Pflanzenarten gleichsinnig, aber auch völlig unterschiedlich auf Immissionen reagieren können. Dabei sind in den seltensten Fällen direkte Wirkungen der Immissionen auf die Arten und Zönosen nachweisbar. Viele Veränderungen vollziehen sich über die mannigfaltigen innerzönотischen Wechselbeziehungen. Die Veränderungen in der Zusammensetzung der Zoozönosen werden entweder durch Veränderungen in der Artenzusammensetzung der Phytozönosen oder nur über die räumliche Struktur erklärbar. Deshalb können aus Reaktionen einzelner Arten bzw. Artengruppen kaum verlässliche Schlüsse auf die Prozesse in den Biozönosen insgesamt abgeleitet werden.



*Bild 8 Artenzahl an Zikaden im Immissionsgradienten (nach Wiegand)
 Untersuchungsfläche 1: am stärksten immissionsbeeinflusst
 Untersuchungsfläche 8: am schwächsten immissionsbeeinflusst*



*Bild 9 Artenzahl an Carabiden im Immissionsgradienten (nach Wiegand)
 Untersuchungsfläche 1: am stärksten immissionsbeeinflusst
 Untersuchungsfläche 8: am schwächsten immissionsbeeinflusst*

Zusammenfassung

Die über Jahrzehnte andauernden Immissionen haben nachhaltig und z.T. irreversibel die Kiefernforste verändert. Die Kalk- und Nährstoffeinträge fördern ganz erheblich die Entwicklung von Laubgehölzen. Das ist ein wichtiger Hinweis für Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen. Ein Umbau der Kiefernforste in Laubwälder entspricht den aktuellen ökologischen Bedingungen.

Die beschriebenen Untersuchungen erlauben vorsichtige Prognosen über die weitere Ökosystementwicklung und sind entscheidende Grundlage für ein umfassendes Ökosystemmanagement in der Dübener Heide. Darüber hinaus kommt ihnen Modellcharakter für anthropogen gestörte Kiefernforste zu.

JAHRESBERICHT / ANNUAL REPORT

1992-95 – Vier Jahre UFZ

Gewässerforschung Magdeburg
RS

Helmholtz-Zentrum für
Umweltforschung GmbH - UFZ
Zentralbibliothek
Permoserstraße 15
D - 04318 Leipzig

12-496 MA

Jahresbericht 1992-1995

Herausgeber:

UFZ-Umweltforschungszentrum
Leipzig-Halle GmbH
Mitglied der Arbeitsgemeinschaft
der Großforschungseinrichtungen (AGF),
ab November 1995
Hermann von Helmholtz – Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren (HGF)
Permoserstraße 15
04318 Leipzig
Telefon 0341/235-0

Redaktion:

Dipl.-Chem. Doris Böhme
Dipl.-Agr.-Päd. Susanne Hufe
Telefon 0341/235-2278

Translation:

Dipl.-Päd. Rita Gelke

Fotos:

Norma Neuheiser u.a.

Gesamtgestaltung und Herstellungsleitung:

Peter Barczewski
Hendrik Schubert

Druck und Verarbeitung:

Messedruck Leipzig

© Januar 1996

Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige
Verwendung nur nach vorheriger Absprache
mit dem UFZ gestattet.

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei
gebleichtem Papier

ISSN 0948-6925