

DER INDIKATORWERT VON BIOINDIKATORENPFLANZEN IN ABHÄNGIGKEIT VON ÖKOLOGISCHEN KEIMUNGSBEDINGUNGEN

Von

BARNER J.

Forschungsstelle für Experimentelle Landschaftsökologie der
Universität Freiburg i. Br.

STEUBING und KUNZE (1973) wiesen in ihrem Beitrag über den Immissionskataster darauf hin, daß zur Erkennung von Immissionsschäden folgende Arten von Untersuchungsmöglichkeiten an Pflanzen bestünden: Änderungen am Habitus, Luftbilddaufnahmen mittels Falschfarbenfilmen, symptomatische Feststellungen, chemische Pflanzenanalysen und physiologische Untersuchungen mit vielfacher Anwendung biochemischer Methoden.

Die zu analysierenden Pflanzenproben stammen häufig von Gehölzen und Kräutern, die bereits im Immittentenbereich vorhanden sind. Die beiden Autoren heben jedoch hervor, daß für eine kritische Bewertung der Immissionsgefährdung eines bestimmten Gebietes man besser das Fangpflanzenverfahren mit pflanzlichen Bioindikatoren anwenden sollte. Bei diesem werden die analysierenden Pflanzen in Gefäßen aufgezogen, die mit Substraten bekannter physikalisch-chemischer Zusammensetzung und definierter Wasserversorgung beschickt sind. Haben die Testpflanzen ein bestimmtes Entwicklungsstadium erreicht, so werden sie an die zu überprüfenden Standorte verbracht, wo sie für einen mehrwöchigen Zeitraum verbleiben. Damit ist eine bessere Vergleichbarkeit von Proben gewährleistet als bei Pflanzen, die zwar gleichermaßen unter Immissionseinfluß stehen, jedoch unterschiedlichen Bodenbedingungen ausgesetzt sind.

In ihrer Veröffentlichung über pflanzenökologische Experimente zur Umweltverschmutzung empfahl STEUBING (1972) als geeignete Bioindikatorart die Gartenkresse *Lepidium sativum*.

BECKER (1974) nahm die Anregungen von STEUBING und KUNZE (1972 und 1973) auf und stellte eine gegen eine Schadstoffquelle gerichtete Meßkette von *Lepidium sativum*-Kulturen auf und fand, daß die gebildete Biomasse mit zunehmender Schadstoffquellennähe abnahm. Die ausgewerteten Gradienten ließen jedoch dann keinen kontinuierlichen abnehmenden Verlauf der Biomassenbildung erkennen, wenn nur eine einzige Kultur der Meßkette vorhanden war, die abweichend von allen anderen unter abweichenden ökologischen Keimungsbedingungen aufgezogen wor-

den war.

Eine solche mögliche Versuchsstörung veranlaßte später im Jahre 1980 AL-TAYYAR, der Frage des Indikatorwertes in Abhängigkeit von verschiedenen ökologischen Keimungsbedingungen in Klimakammern nachzugehen: Er zog *Lepidium sativum*-Kulturen auf unterschiedlich feuchtem Substrat von 60 und 90 Bodenfeuchtigkeitsgewichtsprozenten auf, außerdem in einem hellen und dunklen Lichtmilieu bei Einwirkung von 10 000 und 5 000 Luxeinheiten. Auch die Keimungstemperatur wurde mit den Stufen von 5, 10 und 15° C variiert. Zuletzt wurde auch ein unterschiedliches Substrat verwendet in Form der Anlage von Humus-, Sand- und Lehmkulturen.

Nach Beendigung der Keimung in der Klimakammer wurden die Kulturen auf 3 Pilotstandorten exponiert: auf das Gelände einer Reinluftstation, eines Wohngebietes und eines stark frequentierten Verkehrsgebietes. Außerdem wurden Kulturen in Kammern der Begasungsanlage der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen in Birmensdorf bei Zürich verbracht und zwar in eine Kontrollkammer ohne stoffliche Luftbelastung und in Kammern mit steigender stofflicher Luftbelastung von 0,05 bis 0,2 ppm SO₂.

Jede Kultur enthielt 200 Pflanzen, von denen das Gesamtgewicht, das oberirdische Sproßgewicht, das Wurzelgewicht, die Gesamtlänge, die Sproßlänge, die Wurzellänge, die Samen-zahl und das Samengewicht der Pflanzen und deren Mittelwerte bestimmt worden sind.

Nächst dem repräsentativsten Gesamtgewicht ist das oberirdische Sproßgewicht, das leicht zu berechnen und zu beern-ten ist, repräsentativ, da der korrelative Zusammenhang zwischen Gesamtgewicht und oberirdischem Sproßgewicht $r = 0,97$ beträgt. Der korrelative Zusammenhang zwischen Gesamtgewicht und allen anderen gemessenen Organen ist bedeutend geringer. Er liegt bei $r = 0,5$, wobei dieser Wert bei einzelnen Organen entweder ein wenig über- oder unterschritten wird.

Bei Gegenüberstellung der Kulturserien mit den beiden unterschiedlichen Feuchtigkeitsgraden während der Keimung ergab sich am Ende der Exposition beim mittleren Gesamtgewicht ein Verhältnis von 1 : 0,87.

Bei Gegenüberstellung der Kulturserien mit den unterschiedlichen Lichteinwirkungen während der Keimung ergab sich am Ende der Exposition beim mittleren Gesamtgewicht ein Verhältnis von 1 : 0,85.

Bei Gegenüberstellung der Kulturen mit unterschiedlicher Keimungstemperatur von 15, 10 und 5° C ergab sich am Ende der Exposition beim mittleren Gesamtgewicht ein Verhältnis von 1 : 0,88 : 0,77.

Bei Gegenüberstellung der Kulturen mit unterschiedlichem Bodensubstrat von Humus, Sand und Lehm ergab sich am Ende der

Exposition beim mittleren Gesamtgewicht ein Verhältnis von
1 : 0,50 0,40.

Wenn bei einer Kultur unter mehreren ökologischen Keimungsfaktoren nur ein einziger Faktor eine Änderung erfährt, so kommt dies deutlich im Indikatorwert zum Ausdruck: Auf den 3 Pilotstandorten (Freiland, Wohn- und Verkehrsgebiet) exponierten wir 2 Kulturserien, die unter der Einwirkung völlig gleicher ökologischer Faktoren gekeimt hatten: gleiches Substrat (Humus), gleiche Bodenfeuchtigkeit (60% Bodenfeuchtigkeit), gleiche Keimungstemperatur (15° C). Die beiden Kulturserien keimten lediglich bei unterschiedlichem Lichtmilieu. So entstanden Hellkulturen unter Licht- einwirkung von 10 000 Luxeinheiten und Dunkelkulturen unter Einwirkung von 5 000 Luxeinheiten.

Die Verhältniszahlen nach Exposition auf den 3 Pilotstandorten betrugen beim Gesamtgewicht der Hellkulturpflanzen 1 : 0,71 : 0,52 und bei dem der Dunkelkulturpflanzen 1 : 0,77 : 0,54. Man sieht aus dem Vergleich, daß das Indikatorgefälle bei den Hellkulturpflanzen steiler ausgefallen ist als bei den Dunkelkulturpflanzen.

Jede Bioindikatorart weist ein grundverschiedenes biologisches Verhalten und entsprechende Keimungs- und Wachstumsbedingungen auf. Im Gegensatz zur Kressepflanze LEPIDIUM SATIVUM, bei der Humus das günstigste Wachstumssubstrat ist, ist bei dem Lebermoos MARCHANTA POLYMORPHA der Lehm das günstigste Wachstumssubstrat, das für die Kresse LEPIDIUM SATIVUM das schlechteste Substrat darstellt. Je günstiger nun ein solches Substrat ausgestaltet ist, desto genauer fallen die Indikatorwerte bei unterschiedlicher stofflicher Luftbelastung aus.

Dieser Frage ging BARNER (1979) nach, indem er Lehmkulturen in Kammern der Züricher Begasungsanlage einbrachte und auf die Lehmoberfläche runde 1 cm² große exstirpierte Thallus- explantate auflegte. In den einzelnen Kammern vollzogen sich nun deutlich zu unterscheidende Regenerationsvorgänge bei den einzelnen Explantaten: In der Kammer mit 0,2 ppm SO₂ starben nahezu alle Explantate ab und hinterließen ein unverändert rundes Gewebe, so wie es zu Versuchsanfang in die Kammer eingebracht worden ist. Es war vollkommen abgestorben und schwarz verfärbt. Nur ein einziges Explantat bildete nur andeutungsweise ein winziges, kaum sichtbares Regenerationsgewebe.

In der Begasungskammer mit 0,1 ppm SO₂ wurde schon eine größere Regenerationsleistung erreicht: Die Explantate zeigten nicht mehr die eindeutig runden Formen, die sie noch zu Versuchsanfang hatten.

In der Begasungskammer von 0,05 ppm SO₂ bildeten sich aus den exstirpierten Explantaten schon fast wieder vollkommen ausgebildete Moosthalli, deren Gewebe wegen der immer noch vorhandenen, wenn auch geringen Luftverunreinigung nekrotisch dunkelgrün verfärbt war.

In der Kontrollkammer ohne jegliche stoffliche Luftbe-

lastung bildeten sich aus den exstirpierten Explantaten wieder vollkommen ausgewachsene Lebermoospflanzen mit ihren typisch gabelförmig verzweigten Thalli in hellgrüner Farbe aus, so wie dies eben nur in einer vollkommen reinen Luftatmosphäre zustandekommen kann.

Aus den durchgeführten Versuchen geht hervor, daß bei Einrichtung eines Immissionsschutzkatasters eine Standardisierung der Versuchsbedingungen beim Einsatz der Bioindikatorpflanzen vonnöten ist, wobei bei der Standardisierung der Vergleichbarkeit der ökologischen Keimungs- und Aufzuchtbedingungen eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist.

ZUSAMMENFASSUNG

Vor der Exposition im Immittenttenfeld wurden die Kulturen der Bioindikatorpflanzen *Lepidium sativum* und *Marchantia polymorpha* bei unterschiedlichen Helligkeitsgraden, Bodenfeuchtigkeiten, sowie bei unterschiedlichen Keimungstemperaturen und verschiedenen Bodensubstraten in Klimakammern zum Keimen gebracht. Je nach Einstellung der ökologischen Keimungsfaktoren in der Klimakammer, fielen nach Beendigung der Exposition im Immittenttenfeld die Indikatorwerte verschieden aus, die an Hand der Gesamtgewichte, der oberirdischen Sproßgewichte, der Wurzelgewichte, der Gesamtlängen, der Sproßlängen, der Wurzellängen, der Samenzahlen und Samengewichte der Pflanzen bestimmt worden sind. Aus den Versuchsergebnissen ergab sich, daß bei Einrichtung eines Immissionskatasters mit Bioindikatorpflanzen eine Standardisierung der Versuchsbedingungen notwendig ist. Bei ihr ist insbesondere auf die Vergleichbarkeit der ökologischen Keimungs- und Aufzuchtbedingungen der Bioindikatorpflanzen zu achten, um später nach Beendigung der Exposition auch vergleichbare Indikatorwerte zu erhalten.

SUMMARY

The bioindicator plants *Lepidium sativum* and *Marchantia polymorpha* were first kept in test chambers at different light exposures, soil moisture and substratum, as well as at different germination temperatures. In the following, these cultures have been set out at sites with different immissions.

Depending on the extent of the ecological factors in the test chamber, the indicator values, determined on the basis of the total weight, the weight of the aboveground organs as well as the weight of the roots, the total length, the length of the stem and roots as well as the number and weight of seeds, proved to be different.

As shown by the results of the experiments, the set up of

immission charts requires a standardization of the experimental conditions. In this respect, attention is especially to be drawn on the comparability of the germination and cultivation conditions of the indicator plants, thus enabling the gathering of comparative indicator values after their exposure.

LITERATUR

- Al-Tayyar, J.A., 1980: Die unter Einwirkung von Immissionen gebildeten Organe von *Lepidium sativum* als Bioindikatorpflanzen unter besonderer Berücksichtigung ihrer ökologischen Keimungsbedingungen vor der Exposition. (eine in Vorbereitung der Freiburger Forstwissenschaftlichen Fakultät befindliche Dissertation)
- Barner, J., 1979: Bioindikatorenforschung im Dienste des Umweltschutzes. Internationales Symposium zum Schutze der natürlichen Umwelt, Gossensass (Südtirol).
- Barner, J., 1979: Ökologische Grundlagen des pflanzlichen Bioindikatorentestes zur Bestimmung der Luftreinheit und ihres Erholungswertes. Allgemeine Forstzeitschrift, Heft 47.
- Becker, I., 1974: Organmessungen an immissionsbelasteten Kressepflanzen. (Zulassungsarbeit der Pädagogischen Hochschule Freiburg i.Br.)
- Steubing, L., Kunze, Ch., 1972: Pflanzenökologische Experimente zur Umweltverschmutzung. Quelle und Meyer, Heidelberg.
- Steubing, L., 1972: Immissionskataster als Bestandteil des Landschaftskatasters. Natur und Landschaft, Heft 48.