

DIN EN 16789

Diese Norm ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 1A.
ICS 13.020.40; 13.040.20

Einsprüche bis 2014-12-31

Entwurf

**Außenluft –
Biomonitoring mit Höheren Pflanzen –
Verfahren der standardisierten Tabak-Exposition;
Deutsche Fassung prEN 16789:2014**

Ambient air –
Biomonitoring with Higher Plants –
Method of the standardised tobacco exposure;
German version prEN 16789:2014

Air ambient –
Biosurveillance à l'aide de Plantes Majeures –
Méthode de l'exposition de tabac standardisée;
Version allemande prEN 16789:2014

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-10-31 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an krdl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, 40002 Düsseldorf, Postfach 10 11 39 (Hausanschrift: VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 38 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16789:2014) wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe WG 30 „Biomonitoring-Verfahren mit Blütenpflanzen“ (Sekretariat und Obmannschaft: Deutschland) des Technischen Komitees CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) unter Mitwirkung deutscher Experten, die von der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL benannt worden sind, erarbeitet.

Nationale technische Regelsetzung zum Biomonitoring mit Pflanzen

Die Richtlinienreihe VDI 3957 beschreibt standardisierte biologische Messverfahren. Mit diesen Verfahren und aus den daraus resultierenden Beurteilungswerten können zeitliche und räumliche Verteilungen der Wirkungen von Luftverunreinigungen ermittelt und bewertet werden.

Die Richtlinienreihe VDI 3957 besteht aus folgenden Blättern:

- VDI 3957 Blatt 1, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring) – Grundlagen und Zielsetzung
- VDI 3957 Blatt 2 (E), Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Verfahren der standardisierten Graskultur
- VDI 3957 Blatt 3, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl
- VDI 3957 Blatt 5, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Das Fichten-Expositionsverfahren
- VDI 3957 Blatt 6, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Ermittlung und Beurteilung der phytotoxischen Wirkung von Ozon und anderen Photooxidantien – Verfahren der standardisierten Tabak-Exposition
- VDI 3957 Blatt 8 (E), Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen (Biomonitoring); Flächenbestimmung epiphytischer Flechten und Moose zum Nachweis von Umweltveränderungen
- VDI 3957 Blatt 10, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Emittentenbezogener Einsatz pflanzlicher Bioindikatoren
- VDI 3957 Blatt 11, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Probenahme von Blättern und Nadeln zum Biomonitoring von immissionsbedingten Stoffanreicherungen (passives Biomonitoring)
- VDI 3957 Blatt 12, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen (Bioindikation) – Kartierung der Diversität epiphytischer Moose als Indikatoren für Luftqualität
- VDI 3957 Blatt 13, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen mit Flechten (Bioindikation) – Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator für Luftgüte

- VDI 3957 Blatt 14, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Phytotoxische Wirkungen von Immissionen anorganischer Fluorverbindungen – Verfahren der Standardisierten Gladiolen-Exposition
- VDI 3957 Blatt 15, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigung auf Pflanzen (Biomonitoring) – Untersuchungsstrategie nach Schadensereignissen (passives Biomonitoring)
- VDI 3957 Blatt 16, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Nachweis genotoxischer Verbindungen mit dem Tradescantia-Kleinkern-Test
- VDI 3957 Blatt 17, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen (Bioindikation) – Aktives Monitoring der Schwermetallbelastung mit Torfmoosen (Sphagnum-bag-technique)
- VDI 3957 Blatt 18 (E), Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen (Biomonitoring) – Erfassen von Stickstoffanreicherungen in der Blatflechte *Parmelia sulcata* zum Nachweis von Immissionswirkungen
- VDI 3957 Blatt 19, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen (Bioindikation) – Nachweis von regionalen Stickstoffdepositionen mit den Laubmoosen *Scleropodium purum* und *Pleurozium schreberi*

— Leerseite —

Außenluft — Biomonitoring mit Höheren Pflanzen — Verfahren der standardisierten Tabak-Exposition

Air ambient — Biosurveillance à l'aide de Plantes Majeures — Méthode de l'exposition de tabac standardisée

Ambient air — Biomonitoring with Higher Plants — Method of the standardised tobacco exposure

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	7
2 Begriffe	7
3 Kurzbeschreibung des Verfahrens	8
4 Prüfverfahren	8
5 Bonitur	14
6 Datenverarbeitung und Berichterstattung über Daten	16
7 Leistungskenngrößen	21
8 Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle	21
Anhang A (informativ) Bezugstabellen und -photographien zur Beurteilung des prozentualen Anteils von Nekrosen auf Blattoberflächen	22
Anhang B (informativ) Bezugsquellen.....	26
Anhang C (informativ) Dokumentation.....	27
Literaturhinweise	30

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16789:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Air quality“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Die Auswirkungen von Luftverunreinigungen gewinnen weltweit an Bedeutung. Lokale und regionale Beurteilungen sind als ein erster Schritt erforderlich, um grundlegende Informationen zu sammeln, die zur Vermeidung, Verhütung und Verringerung schädlicher Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt verwendet werden können. Zu diesem Zweck kann das Biomonitoring eingesetzt werden. Da die Auswirkungen auf Indikatororganismen ein zeitintegriertes Ergebnis komplexer Einflüsse sind, die sowohl die Luftqualität als auch lokale klimatische Bedingungen kombinieren, wird dieser ganzheitliche biologische Ansatz als besonders nah an den menschlichen und umweltbezogenen Gesundheitsendpunkten und demzufolge als für das Luftqualitätsmanagement relevant angesehen.

Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass sich Biomonitoring-Daten grundsätzlich von jenen Daten unterscheiden, die durch physikalisch-chemische Messungen (Konzentrationen in der Außenluft und Deposition) und rechnergestützte Modellierung (Emissionsdaten) gewonnen wurden. Mithilfe des Biomonitorings werden die Auswirkungen von Luftschadstoffen auf Organismen nachgewiesen. Es liefert also biologisch relevante, feldbasierte, zeit- und raumintegrierte Anhaltspunkte für die Umwelthygiene als Ganzes. Die Gesetzgebung gibt vor, dass durch Luftverunreinigungen keine schädlichen Umweltauswirkungen entstehen sollten. Die Einhaltung dieser Anforderung kann nur durch die Untersuchung der Auswirkungen auf der biologischen Ebene überprüft werden. Die Anwendung des Biomonitorings auf den Gebieten der Luftqualität und des Umweltmanagements erfordert strenge Normen und ein anerkanntes Regelwerk, so dass es in der gleichen Weise evaluiert werden kann wie physikalisch-chemische Messungen und Modellierungen beim Management der Luftverschmutzung.

Biomonitoring ist die traditionelle Weise, mit der historisch Umweltveränderungen ermittelt werden. Zahlreiche Standardwerke zum Biomonitoring geben einen Überblick über den damaligen Stand der Wissenschaft, z. B. [1], [2], [3]. Erste Anwendungen des passiven Biomonitorings sind für die Mitte des 19. Jahrhunderts dokumentiert: durch das Monitoring der Entwicklung von epiphytischen Flechten wurde entdeckt, dass die Flechten während der Luftverschmutzungsperiode im Winter geschädigt wurden, während sie sich im Sommer erholten und ein starkes Wachstum zeigten [4]. Durch diese Beobachtungen wurden Flechten als wichtige Bioindikatoren erkannt. Spätere Untersuchungen beschäftigten sich auch mit Akkumulationsindikatoren. Ein aktives Biomonitoring-Verfahren mit Buschbohnen wurde erstmals 1899 angewendet [5].

Biomonitoring und EU-Gesetzgebung

Biomonitoring-Verfahren in der terrestrischen Umwelt gehen auf eine Vielzahl von Anforderungen und Ziele der EU-Umweltpolitik ein, vor allem auf den Gebieten der Luftqualität (Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa [6]), der integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (Richtlinie 2008/1/EG [7] und Richtlinie 2010/75/EU [8]) und des Naturschutzes (Habitat-Richtlinie). Die Themen Nahrungskette ([9]) und Futtermittel ([10], [11], [12]) werden ebenfalls berührt.

Bezüglich der Luftqualität in Europa fordert der Gesetzgeber eine adäquate Überwachung, einschließlich der Deposition von Luftschadstoffen sowie die Vermeidung, Verhütung und Verminderung schädlicher Auswirkungen. Biomonitoring-Verfahren gehören in den Anwendungsbereich der kurz- und langfristigen Beurteilung der Luftqualität.

In Richtlinie 2004/107/EG vom 15. Dezember 2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft ist erwähnt, dass „die Verwendung von Bioindikatoren erwogen werden kann, wo regionale Muster der Auswirkungen auf Ökosysteme beurteilt werden sollen“ [13].

In Bezug auf die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung durch Industrieanlagen („IVU-Richtlinie“) schließt das Genehmigungsverfahren zwei bestimmte Umweltbedingungen für die Festlegung von Emissionsgrenzwerten ein. Die Konzepte „Auswirkungen“ und „Empfindlichkeit der örtlichen Umgebung“ eröffnen ein weites Feld für Biomonitoring-Verfahren in Bezug auf den generellen Einfluss auf die

Luftqualität und die Deposition anlagenspezifischer Schadstoffe. Die grundlegenden Eigenschaften von Biomonitoring-Verfahren können vorteilhaft für zahlreiche Fragestellungen angewendet werden, wie Referenz-Bestandsaufnahmen vor der Inbetriebnahme einer neuen Anlage, Kartierung der potenziell durch die Luftverschmutzung betroffenen Gebiete und (langfristige) Überwachung der Auswirkungen industrieller Tätigkeit. Die Umweltinspektion von Anlagen erfordert die Untersuchung des gesamten Spektrums von Umweltauswirkungen. Für die zuständige Behörde leisten die Daten aus dem Biomonitoring einen Beitrag zum Entscheidungsprozess, z. B. hinsichtlich der Frage der Verträglichkeit der Wirkungen auf lokaler Ebene.

Die Habitat-Richtlinie (92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen [14]) fordert von den zuständigen Behörden, die Genehmigung von Plänen und anderen Maßnahmen zu prüfen bzw. zu überarbeiten, die ein ausgewiesenes Gebiet in Europa betreffen, wenn das Gebiet als solches beeinträchtigt werden könnte. Die Richtlinie sieht außerdem die Kontrolle potenziell schädigender Tätigkeiten vor, wobei eine Genehmigung nur dann erteilt werden kann, wenn durch eine geeignete Beurteilung festgestellt wurde, dass die vorgesehene Maßnahme das Gebiet als solches nicht beeinträchtigt. Der Antragsteller trägt die Verantwortung dafür nachzuweisen, dass keine Beeinträchtigung eines solchen Schutzgebiets vorliegt. Hierfür ist das Biomonitoring als eine nicht eingreifende Form der Umweltverträglichkeitsprüfung gut geeignet.

Die Europäische Kommission hat 2003 als wichtiges Element ihrer integrierten Umweltpolitik eine Europäische Umwelt- und Gesundheitsstrategie [15] mit dem generellen Ziel einer Verringerung der durch Umweltfaktoren verursachten Erkrankungen in Europa verabschiedet. In Kapitel 5 dieser Europäischen Strategie ist festgelegt, dass „ein solches gemeinschaftsweites Konzept die Erfassung und Verknüpfung von Daten über Schadstoffe in allen bestehenden Umweltmedien (einschließlich des Schadstoffkreislaufs) und im gesamten Ökosystem (Bioindikatoren) sowie von Gesundheitsdaten (epidemiologische und toxikologische Daten, Morbidität)“ erfordert. Der auf die Verabschiedung dieser Strategie folgende Europäische Umwelt- und Gesundheits-Aktionsplan 2004–2010 [16] ist auf das humane Biomonitoring ausgerichtet, betont aber die Notwendigkeit der „Entwicklung einer integrierten Überwachung der Umwelt einschließlich der Lebensmittel zur Feststellung der einschlägigen Exposition des Menschen“.

Entwicklung der standardisierten Tabak-Exposition

Ozon ist ein phytotoxisches Gas, ein in der Atmosphäre sekundär gebildeter Schadstoff. Es kann zu Wachstumseinbußen bei Pflanzen und damit zu landwirtschaftlichen Mindererträgen führen [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]. Bodennahes Ozon ist auch an der Entwicklung des Waldsterbens beteiligt [25, 26, 27, 28]. Wirkungen von Ozon auf Wildpflanzen sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen [z. B. 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37].

Ozon reichert sich in Pflanzenorganen nicht an, sondern kann sichtbare Schädigungen am Blatt (Nekrosen) hervorrufen. Aus diesem Grund können Blattschädigungen empfindlich reagierender Pflanzen bei der Beurteilung der Wirkung von Ozon genutzt werden [38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45].

Die Herkunft der Tabaksorten für das Biomonitoring ist ausführlich in [46] beschrieben. Sie entstanden als Ergebnis einer 1957 initiierten Forschung zur Ermittlung der Ursache von „Wetterflecken“ in den USA — einer mysteriösen Krankheit, die nach Zeiträumen mit heißem, sonnigem Wetter auftraten und aufgrund des Auftretens von großflächigen Blattläsionen zur Vernichtung von Tabakernten führten. Später wurde herausgefunden, dass bodennahes Ozon die Ursache war. Im Rahmen eines Programms zur Resistenzzüchtung mit Tabak wurde ein überempfindlicher Einzelorganismus identifiziert, aus dem die als Reaktionsindikator verwendete Sorte Bel-W3 entwickelt wurde. Auf dieselbe Weise wurden die weniger empfindliche Sorte Bel-C und die tolerante Sorte Bel-B entwickelt. In Europa wurden im Vereinigten Königreich, in der Bundesrepublik Deutschland, in Belgien und den Niederlanden den späten 60er bis frühen 70er Jahren Studien mit Bel-W3 begonnen [47, 48, 49, 50, 51].

Das Ausmaß der ozonbedingten Schädigung der Reaktionsindikatorpflanzen hängt von der aufgenommenen Ozondosis ab. Diese steht teilweise im Zusammenhang mit der in der Umgebungsluft gemessenen Ozonkonzentration. Hohe Ozonkonzentrationen sind meist mit hohen Temperaturen und geringer relativer Luftfeuchte verbunden, was das Schließen der Spaltöffnungen bedingen und somit zur Abnahme der aufgenommenen Ozondosis führen kann. Außerdem führt auch eine hohe Windgeschwindigkeit zur Abnahme des Konzentrationsgefälles zwischen der Umgebungsluft und der Blattoberfläche, wodurch sich die Ozon-

aufnahme erhöht. Von daher stellt die Tabak-Exposition ein direktes Maß für die Auswirkung des Ozons auf Pflanzen dar.

Bei einigen Arten (z. B. Wildtomatenarten und Kulturtomatensorten) wurde von [52] und [53] ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Reaktion des Bioindikators und der ozoninduzierten Blattschädigung berichtet. Die ozoninduzierte Schädigung an der überempfindlichen Tabaksorte Bel-W3 kann jedoch nicht direkt in eine Auswirkung auf die natürliche Vegetation oder Kulturpflanzen umgewandelt werden. Die Blattschädigung bei Tabak Bel-W3 kann jedoch als Indikator für die mögliche Schädigung der Vegetation, d. h. der maximalen unter den gegebenen schadstoffbezogenen und klimatischen Bedingungen zu erwartenden Schädigung der Vegetation, verwendet werden [54].

Seit 2000 wurde in vielen Untersuchungen ein umfassendes Biomonitoring mit Bel-W3 durchgeführt [55, 56, 57, 58, 59, 60, 61]. Die größte internationale Erhebung in Europa wurde im Rahmen des EuroBionet-Programms unter Teilnahme von zwölf Städten in acht Ländern durchgeführt [62].

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für die Bestimmung der Auswirkung von bodennahem Ozon auf eine als Bioindikator verwendete Pflanzenart (Sorten Bel-W3, Bel-B und Bel-C von Tabak *Nicotiana tabacum*) in einer bestimmten Umgebung.

Das vorliegende Dokument legt das Verfahren für das Einrichten und Anwenden eines Systems fest, das für die Exposition dieser Pflanzen gegenüber Außenluft vorgesehen ist. Es beschreibt außerdem das Verfahren der Beurteilung der Blattschädigung.

Eine durch Ozon hervorgerufene Blattschädigung tritt in Form von Nekrosen oder einer beschleunigten Blattalterung (Seneszenz) an den Blättern des Bioindikators auf. Die makroskopisch erkennbare Blattschädigung wird als Wirkungsmessgröße verwendet (siehe Bilder in Anhang A). Das Maß ist der prozentuale Anteil abgestorbener Blattfläche an der gesamten Blatt(ober)fläche.

Die Ergebnisse der standardisierten Tabak-Exposition zeigen ozonbedingte Schädigungen der exponierten Bioindikatoren an und ermöglichen somit eine Bestimmung der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Auswirkung von Ozon auf Pflanzen.

Die Norm gilt für die Außenatmosphäre in allen Umgebungen, jedoch nicht für die Beurteilung der Luftqualität innerhalb von Gebäuden.

Das in der vorliegenden Europäischen Norm beschriebene Verfahren ersetzt nicht die Modellierung oder physikalisch-chemische Verfahren der direkten Messung von Luftschadstoffen, sondern ergänzt sie durch das Aufzeigen der biologischen Wirkung.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.1

Biomonitoring

Einsatz biologischer Systeme (Organismen und Organismengemeinschaften) zur räumlichen und/oder zeitlichen Überwachung von Umweltveränderungen [DIN EN 16413]

ANMERKUNG 1 Biologische Systeme können im Weiteren als Bioindikatoren angesehen werden. [DIN EN 16413]

ANMERKUNG 2 Aktives Biomonitoring ist die geplante Feldexposition unter genormten Bedingungen, passives Biomonitoring bezieht sich auf die Probenahme vor Ort und/oder die Beobachtung ausgewählter biologischer Systeme, die bereits in der Umwelt vorhanden sind. [DIN EN 16413]

2.2

Bioindikator

Organismus oder ein Teil davon oder eine Organismengemeinschaft (Biozönose), der/die Umweltauswirkungen dokumentiert [DIN EN 16413]

ANMERKUNG Es werden Akkumulationsindikatoren und Reaktionsindikatoren unterschieden. [DIN EN 16413]

2.3

Akkumulationsindikator

Organismus, der Umweltbedingungen und ihre Veränderungen anzeigen kann, indem er in der Umwelt (Luft, Wasser oder Boden) vorhandene Stoffe an der Oberfläche und/oder im Inneren anreichert [DIN EN 16413]

2.4

Reaktionsindikatoren

Wirkungsindikator

Organismus, der Umweltbedingungen und deren Veränderungen anzeigen kann, entweder durch spezifische (molekulare, biochemische, zelluläre, physiologische, anatomische oder morphologische) Symptome oder durch sein Vorhandensein bzw. seine Abwesenheit im Ökosystem [DIN EN 16413]

- 2.5**
bodennahes Ozon
in der terrestrischen Biosphäre vorkommendes Ozon
- 2.6**
Blattnekrose
Absterben von Zellen oder Gewebe durch Schädigung oder Krankheit, insbesondere in einem örtlich begrenzten Bereich des Blattes
- 2.7**
Untersuchungsgebiet
geographisches Gebiet, indem die Untersuchung durchgeführt wird

ANMERKUNG Es sollte hinsichtlich Größe, Flächennutzungsklasse und Höhe ausführlich beschrieben sein.

3 Kurzbeschreibung des Verfahrens

Das Verfahren umfasst die Exposition von Tabakpflanzen (Sorten Bel-W3 oder Bel-C und Bel-B) gegenüber Außenluft und die quantitative Bestimmung der durch bodennahes Ozon an den Blättern hervorgerufenen Schädigung.

Die Sorte Bel-B ist toleranter gegenüber einer Ozonbelastung als Bel-W3 und Bel-C. Sie wird als Kontrolle verwendet, um ein Verwechseln der durch Ozon bedingten Symptome, die im Wesentlichen an Bel-W3 und Bel-C beobachtet werden, mit Symptomen aufgrund anderer Umweltbelastungen (insbesondere Krankheiten) zu vermeiden, die an allen drei Sorten beobachtet werden.

In Gebieten, in denen erwartet wird, dass die Ozonbelastung besonders stark ist, ist die Sorte Bel-W3 möglicherweise zu empfindlich und weist eine vollständige Blattschädigung auf. In diesem Fall ist es besser, die Sorte Bel-C zu verwenden, die weniger empfindlich gegenüber Ozon ist.

Die wiederholte Exposition von Tabak an verschiedenen Standorten ermöglicht die Bestimmung der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Auswirkungen von Ozon.

4 Prüfverfahren

4.1 Material

4.1.1 Pflanzen

Es wird Saatgut von Tabak (*Nicotiana tabacum* L.) der Sorten Bel-W3, Bel-C und Bel-B eingesetzt. Bezugsquellen sind in Anhang B aufgeführt. Jede Studie sollte mit Saatgut aus derselben Charge durchgeführt werden, da diese Sorten einen bestimmten Grad an Variabilität hinsichtlich ihrer Reaktion auf Ozon innerhalb der Sorten aufweisen können. Tabaksamen können ihre Variabilität über einen Zeitraum von einigen Jahren verlieren.

4.1.2 Substrat

Für die Anzucht und Exposition wird eine leichte Topferde verwendet. Es ist wichtig, den Nährstoffgehalt des Bodens genau anzugeben, da dieser (insbesondere Stickstoff) die Reaktion der Pflanzen auf Ozon verändern kann. Deshalb muss das Substrat einen Grundgehalt an Stickstoff, Phosphor und Kalium aufweisen. Der Bereich der Nährstoffe ist wie folgt: N 200 mg/l bis 300 mg/l, P₂O₅ 250 mg/l bis 350 mg/l, K₂O 300 mg/l bis 600 mg/l.

ANMERKUNG Der Gehalt an N, P, K in handelsüblichen Topferden ist häufig als Masse je Liter des Produkts angegeben.