

Hintergrundkonzentration für Bioaerosole

Schriftenreihe, Heft 4/2016



Ermittlung der Hintergrundkonzentration
für Bioaerosole
an vier sächsischen Standorten

Inhalt

1	Einleitung	7
2	Konzept	8
2.1	Messstrategie/Messplan	8
2.2	Messorte	9
2.2.1	Messort Belmsdorf	11
2.2.2	Messort Brockau	13
2.2.3	Messort Melpitz	14
2.2.4	Messort Radebeul-Wahnsdorf	16
2.3	Probenahme und Nachweis	18
2.3.1	Messaufbau/Probenahme zur Bestimmung von Bakterien	18
2.3.2	Messaufbau/Probenahme zur Bestimmung von Pilzen	18
3	Auswertung	19
3.1	Meteorologische Situation während der Messungen	19
3.1.1	Messort Belmsdorf	20
3.1.2	Messort Brockau	22
3.1.3	Messort Melpitz	24
3.1.4	Messort Radebeul-Wahnsdorf	26
3.2	Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der Verfahren	27
3.3	Qualitätssicherung	29
3.3.1	Doppelbestimmungen/Berechnung der Standardabweichung	29
3.3.2	Feldblindwerte für die Bestimmung von Endotoxinen	30
3.3.3	Feldblindwerte für die Bestimmung der Gesamtbakterienzahl	30
3.4	Zusammenfassung Messergebnisse	30
3.4.1	Messort Belmsdorf	31
3.4.2	Messort Brockau	31
3.4.3	Messort Melpitz	31
3.4.4	Messort Radebeul-Wahnsdorf	32
3.4.5	Zusammenfassung zu einem Hintergrundwert	32
4	Zusammenfassung	33
	Anhang 1: Überblick/Messplan	35
	Anhang 2: Messwerte	37
	Anhang 3: Ergebnisse	61
	Literaturverzeichnis	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage der Messstellen in Sachsen – Überblick (Quelle: Geobasisdaten GeoSN)	10
Abbildung 2:	Schematisches Beispiel für die Anforderung an den Ort der Hintergrundmessung (Quelle: VDI 4251 Blatt 2)	11
Abbildung 3:	Messpunkt Belmsdorf; Topographische Karte (TK100) Maßstab 1 : 27.000 (Quelle: Geobasisdaten GeoSN)	11
Abbildung 4:	Messpunkt Belmsdorf; Digitales Orthophoto (DOP) Maßstab 1 : 3.000 (Quelle: Geobasisdaten GeoSN)	12
Abbildung 5:	Messpunkt Belmsdorf; Foto (Quelle: BfUL)	12
Abbildung 6:	Messpunkt Brockau; Topographische Karte (TK100) Maßstab 1 : 27.000 (Quelle: Geobasisdaten GeoSN)	13
Abbildung 7:	Messpunkt Brockau; Digitales Orthophoto (DOP) Maßstab 1 : 3.000 (Quelle: Geobasisdaten GeoSN)	13
Abbildung 8:	Messpunkt Brockau; Foto (Quelle: BfUL)	14
Abbildung 9:	Messpunkt Melpitz; Topographische Karte (TK100) Maßstab 1 : 27.000	14
Abbildung 10:	Messpunkt Melpitz; Digitales Orthophoto (DOP) Maßstab 1 : 3.000 (Quelle: Geobasisdaten GeoSN)	15
Abbildung 11:	Messpunkt Melpitz; Foto (Quelle: BfUL)	15
Abbildung 12:	Messpunkt Radebeul-Wahnsdorf; Topographische Karte (TK100) Maßstab 1 : 27.000 (Quelle: Geobasisdaten GeoSN)	16
Abbildung 13:	Messpunkt Radebeul-Wahnsdorf; Digitales Orthophoto (DOP) Maßstab 1 : 3.000 (Quelle: Geobasisdaten GeoSN)	17
Abbildung 14:	Messpunkt Radebeul-Wahnsdorf; Foto (Quelle: BfUL)	17
Abbildung 15:	Messpunkt Belmsdorf; Topografische Karte mit Windrose	20
Abbildung 16:	Messpunkt Brockau; Topografische Karte mit Windrose	22
Abbildung 17:	Messpunkt Melpitz; Topografische Karte mit Windrose	24
Abbildung 18:	Messpunkt Radebeul-Wahnsdorf; Topografische Karte mit Windrose	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Windrichtungen Belmsdorf	20
Tabelle 2:	Jahreszeitliche Verteilung der Messungen am Messort Belmsdorf	21
Tabelle 3:	Temperaturkorridore am Messort Belmsdorf.....	21
Tabelle 4:	Meteorologie Vergleichsmessstelle Bautzen, langjähriges Mittel	21
Tabelle 5:	Meteorologie Probenahmezeiträume Belmsdorf	21
Tabelle 6:	Windrichtungen Brockau	22
Tabelle 7:	Jahreszeitliche Verteilung der Messungen am Messort Brockau	22
Tabelle 8:	Temperaturkorridore am Messort Brockau.....	23
Tabelle 9:	Meteorologie Vergleichsmessstelle Brockau, langjähriges Mittel	23
Tabelle 10:	Meteorologie Probenahmezeiträume Brockau	23
Tabelle 11:	Windrichtungen Melpitz.....	24
Tabelle 12:	Jahreszeitliche Verteilung der Messungen am Messort Melpitz.....	24
Tabelle 13:	Temperaturkorridore am Messort Melpitz	25
Tabelle 14:	Meteorologie Vergleichsmessstelle Schkeuditz, langjähriges Mittel	25
Tabelle 15:	Meteorologie Probenahmezeiträume Melpitz.....	25
Tabelle 16:	Windrichtungen Radebeul-Wahnsdorf	26
Tabelle 17:	Jahreszeitliche Verteilung der Messungen am Messort Radebeul-Wahnsdorf	26
Tabelle 18:	Temperaturkorridore am Messort Radebeul-Wahnsdorf.....	27
Tabelle 19:	Meteorologie Vergleichsmessstelle Radebeul-Wahnsdorf, langjähriges Mittel	27
Tabelle 20:	Meteorologie Probenahmezeiträume Radebeul-Wahnsdorf	27
Tabelle 21:	Parameter zur Ermittlung von Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der Verfahren	28
Tabelle 22:	Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der eingesetzten Verfahren.....	28
Tabelle 23:	Standardabweichung der Doppelbestimmungen getrennt nach Parametern	30
Tabelle 24:	Messergebnisse Belmsdorf (Median und Perzentile).....	31
Tabelle 25:	Messergebnisse Brockau (Median und Perzentile).....	31
Tabelle 26:	Messergebnisse Melpitz (Median und Perzentile).....	31
Tabelle 27:	Messergebnisse Radebeul-Wahnsdorf (Median und Perzentile)	32
Tabelle 28:	Messergebnisse Hintergrundwert Bioaerosole Sachsen (Median und Perzentile).....	32
Tabelle 29:	Messwerte Belmsdorf.....	37
Tabelle 30:	Messwerte Brockau	43
Tabelle 31:	Messwerte Melpitz	49
Tabelle 32:	Messwerte Radebeul-Wahnsdorf.....	55
Tabelle 33:	Zusammengefasste Messergebnisse, unterteilt nach Messorten	61
Tabelle 34:	Messergebnisse Hintergrundmessung Sachsen	62
Tabelle 35:	Verfahrenskennwerte Hintergrundmessung Sachsen	62

Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AGI-30	All-Glass-Impinger
AN	Auftragnehmer
BG	Bestimmungsgrenze
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BfUL	Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
CASO	Casein-Soja-Pepton-Agar (engl. TSA)
DOP	D igitales O rtho P hoto
EU	Endotoxin Unit
FB	Fachbereich (Organisationsstruktur)
GB	Geschäftsbereich (Organisationsstruktur)
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LAL-Test	L imulus- A möbocyten- L ysat-Test
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
MRSA	multiresistente Staphylococcus aureus
NWG	Nachweisgrenze
Ref.	Referat (Organisationsstruktur)
SMUL	Sächsisches Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft
spp.	s pecies p luralis, (in der Biologie für mehrere, nicht im Einzelnen zu nennende Arten, als Zusatz hinter deren wissenschaftlichem Namen)
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TK100	Topografische Karte (Vorlagemaßstab der topografischen Überzeichnungen 1 : 100.000)
TROPOS	Leibniz-Institut für Troposphärenforschung
TSA	Trypton-Soja-Agar
ü. NN	über Normal Null (Höhenangabe)
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

1 Einleitung

Das vorliegende Projekt soll eine Aussage zur Hintergrundkonzentration von Bioaerosolen ermöglichen. Die Ergebnisse sollen Literaturwerte und Messungen in anderen Regionen vergleichbar machen und zur Abschätzung der Hintergrundbelastung in konkreten Genehmigungsverfahren an anderen Standorten Sachsens heranziehbar sein. Die Erfahrungen sind in die zeitgleich erfolgte Erarbeitung der VDI 4251 Blatt 2 „Erfassung luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Ermittlung gebietstypischer Hintergrundkonzentrationen“ eingeflossen.

Die Ermittlung und Bewertung der Emissionen und Immissionen von Partikeln und Schadstoffen regelt das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), seine Verordnungen und die Technische Anleitung Luft (TA Luft). Bei Bioaerosolen – luftgetragenen Partikeln biologischer Herkunft – handelt es sich um Luftverunreinigungen im Sinne von § 3 Abs. 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG).

Die TA Luft enthält bezüglich Bioaerosolen weder Emissions- noch Immissionswerte. Insofern ist hier auf die Nummer 4.8 TA Luft abzustellen, wonach für luftverunreinigende Stoffe, für die Immissionswerte in den Nummern 4.2 bis 4.5 nicht festgelegt sind, "... eine Prüfung erforderlich ist, ob schädliche Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden können, wenn hierfür Anhaltspunkte vorliegen.“ Für Tierhaltungsanlagen ist in Nummer 5.4.7.1 ferner, im Rahmen der Vorsorge, festgelegt: „Die Möglichkeiten, die Emissionen an Keimen und Endotoxinen durch dem Stand der Technik entsprechende Maßnahmen zu vermindern, sind zu prüfen“.

Erste Anlehnungen und Orientierungen zur Thematik der Bioaerosole im Genehmigungsverfahren von Tierhaltungsanlagen wurden mit Erscheinen der Entwurfsversion der VDI-Richtlinie 4250 Blatt 1 E „Bioaerosole und biologische Agenzien – Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen – Wirkung mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen“ geliefert, die zwischenzeitlich als Weißdruck erschienen ist.

Den Genehmigungsbehörden wurde vor diesem Hintergrund empfohlen, in bestimmten Fällen von Vorhabensträgern ein Gutachten zur möglichen Bioaerosolbelastung zu fordern.

Hierzu hatte das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) eine Handlungsempfehlung „Hinweise für die Beauftragung von Gutachten zur Ermittlung der Bioaerosol-Belastung in der Nachbarschaft zu Anlagen“ mit Datum vom 16. August 2012 erarbeitet. Demnach ist nach Nummer 4.8 TA Luft bei luftverunreinigenden Stoffen, für die Immissionswerte in den Nummern 4.2 bis 4.5 nicht festgelegt sind, eine Prüfung, ob schädliche Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden können, erforderlich, wenn hierfür hinreichende Anhaltspunkte bestehen. Die VDI 4250 Blatt 1 gibt hierzu Hinweise (u. a. Anlage, Lage, Umfeld).

Per 30.05.2014 ist den zuständigen Genehmigungsbehörden durch das Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) der LAI-Bioaerosol-Leitfaden in einer sächsischen Fassung zur Anwendung empfohlen worden. Hier wird in einem Ausschlussverfahren geprüft, ob auf eine Sonderfallprüfung verzichtet werden kann.

Bioaerosole können insbesondere aus Anlagen der Abfallwirtschaft, der Tierhaltung sowie der Nahrungs- und Genussmittelindustrie in relevantem Umfang freigesetzt werden. Weil nach wie vor und auf absehbare Zeit keine Expositions-Wirkungs-Beziehungen bzw. Wirkschwellen und damit auch keine Immissions- oder Zielwerte für die Bewertung von Bioaerosolbelastungen vorliegen werden, ist eine Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen im Sinne der Vorsorge lediglich in einem relativen Vergleich der anla-

genbedingten (Zusatz)-Belastung zu der natürlichen großräumigen Hintergrundbelastung möglich. Jede über die Hintergrundbelastung bzw. den sogenannten „Aufmerksamkeitswert“ hinausgehende anlagenbedingte Zusatzbelastung wird als „hygienisch unerwünscht“ eingestuft mit der Folge, dass der Einsatz geeigneter emissionsmindernder Maßnahmen zu prüfen und gegebenenfalls einzufordern ist. Für eine derartige Bewertung sind Kenntnisse der Hintergrundbelastung erforderlich, die zwar durchaus in großer Zahl aus wissenschaftlichen Untersuchungen sowie aus dem Bereich des Arbeitsschutzes vorliegen, die aber unter unterschiedlichsten Bedingungen und mit Blick auf die jeweiligen Fragestellungen unterschiedlich erhoben wurden.

Messverfahren, Emissionsminderungsverfahren und Ausbreitungsmodellierung von Bioaerosolen wurden oder werden aktuell in den Richtlinienreihen VDI 4251 bis 4258 standardisiert.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Diskussion in den Arbeitsgruppen des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) und des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) wird sich die Beurteilung der Bioaerosolbelastung künftig auf bestimmte anlagenspezifische Leitparameter wie z. B. Staphylokokken (als Gattung) bei Tierhaltungsanlagen oder Aspergillus spp. bei Abfallbehandlungsanlagen stützen. Zur Festlegung dieser Leitparameter für verschiedene Anlagentypen ist eine spezielle VDI-Richtlinie 4250 Blatt 3 erschienen.

Der Vorteil der Leitparameter gegenüber den Summenparametern liegt darin, dass vermutet werden kann, dass diese im unbelasteten Hintergrund nicht vorkommen. Damit würde sich ein Anlageneinfluss deutlich besser abbilden lassen. Die Summenparameter sollten demnach künftig nur noch ergänzend zur Plausibilitätskontrolle herangezogen werden.

2 Konzept

2.1 Messstrategie/Messplan

An vier speziell ausgewählten Standorten in Sachsen wurden Immissionskonzentrationen für Bioaerosole bestimmt. Zum Zeitpunkt der Auftragsvergabe lagen für die Durchführung von Probenahme und Analytik standardisierte Verfahren im Rahmen von VDI-Richtlinien vor. Diese Richtlinien wurden zunächst als Basis herangezogen:

- VDI 4250 Blatt 1: Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen – Wirkung mikrobieller Luftverunreinigungen durch den Menschen
- VDI 4251 Blatt 1: Planung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen – Fahnenmessung
- VDI 4252 Blatt 2: Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern
- VDI 4252 Blatt 3: Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Bakterien mit Impingern nach dem Prinzip der kritischen Düse
- VDI 4253 Blatt 2: Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilz-Konzentration in der Luft – Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern
- VDI 4253 Blatt 3: Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis der Bakterienkonzentration in der Luft – Verfahren nach Abscheidung in Flüssigkeiten

Im Zeitraum des Projektes wurden weitere VDI-Richtlinien, die sich mit dem Messgegenstand befassen, erarbeitet bzw. sind zurzeit in den jeweiligen Fachgremien in der Diskussion. Die Erkenntnisse flossen kontinuierlich in das Projekt ein:

- VDI 4250 Blatt 3: Anlagenbezogene und schutzgutbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter
- VDI 4251 Blatt 2: Ermittlung gebietstypischer Hintergrundkonzentrationen
- VDI 4251 Blatt 3: Erfassung luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Anlagenbezogene Ausbreitungsmodellierung von Bioaerosolen

Ebenso fand der im Rahmen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) erarbeitete Bioaerosolleitfaden Berücksichtigung. Die zu messenden Parameter wurden wie folgt festgelegt:

- **Summenparameter:**
 - Gesamtbakterienzahl
 - Gesamtpilzzahl
 - Endotoxine
- **Leitparameter:**
 - Staphylokokken
 - Staphylococcus aureus
 - Multiresistente Staphylococcus aureus (MRSA)
 - Enterokokken

An den vier Standorten wurden an jeweils 12 Messtagen im Zeitraum zwischen März 2013 und Oktober 2014 Proben genommen und analysiert. Begleitend erfolgte eine Erfassung der Meteorologie. Infolge der Fortschreibung der Regelwerke, speziell der VDI 4251 Blatt 2: Ermittlung gebietstypischer Hintergrundkonzentrationen, wurde die Messstrategie entsprechend angepasst. Ein detaillierter Überblick ist dem Messplan (Anhang 1) zu entnehmen.

2.2 Messorte

Die Auswahlkriterien geeigneter Messorte beinhalten eine Beurteilung der regionalen Beeinflussung der Immission durch landwirtschaftliche und industrielle Prozesse, die mit der Emission von Bioaerosolen einhergehen, ebenso wie Fragen der Repräsentativität und Übertragbarkeit auf andere Gebiete ähnlicher Nutzungscharakteristik. Nicht zuletzt musste die Durchführung der konkreten Messungen realisierbar sein. Ziel war die VDI-konforme Erfassung einer gebietstypischen Hintergrundbelastung in Sachsen. Hierzu wurde der räumlichen Strukturierung Sachsens Rechnung getragen. Unter Zugrundelegung von Erfahrungswerten aus dem Landwirtschaftsbereich des LfULG und auf Grundlage von Vor-Ort-Begehungen wurden folgende vier Messorte ausgewählt:

- Belmsdorf: 14°12'27" (östliche Länge); 50°36'31" (nördliche Breite), 320 m ü. NN
- Brockau: 12°12'43" (östliche Länge); 50°36'31" (nördliche Breite), 434 m ü. NN
- Melpitz: 12°55'35" (östliche Länge); 51°31'31" (nördliche Breite), 86 m ü. NN
- Radebeul-Wahnsdorf: 13°40'29" (östliche Länge); 51°07'09" (nördliche Breite), 246 m ü. NN

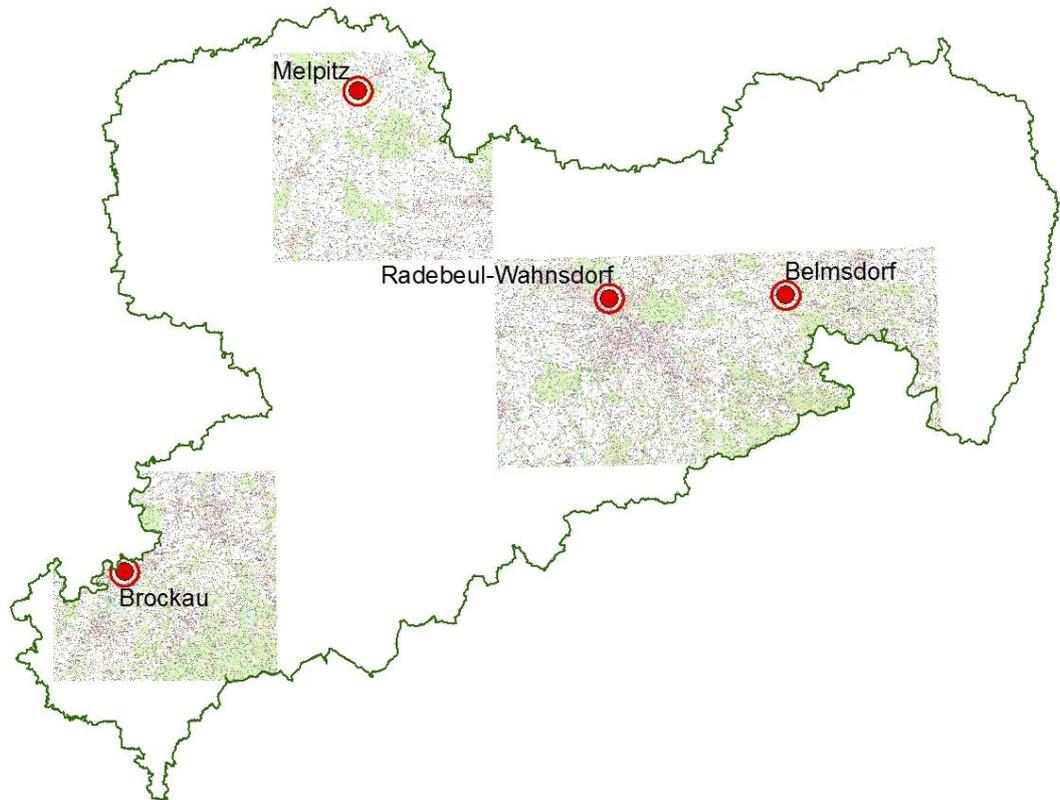


Abbildung 1: Lage der Messstellen in Sachsen – Überblick
(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)

Während der Laufzeit des Projektes wurden die Anforderungen an einen Hintergrundmessort mit Erscheinen des Gründruckes der VDI 4251 Blatt 2 E im Juli 2014 konkretisiert und Anhaltspunkte zur Auswahl eines geeigneten Hintergrundmesspunktes gegeben. Als zu beachtende Faktoren werden genannt:

- Topografie
- Nutzungsform
- Naturraum
- meteorologische Bedingungen

Die Messorte sollen sich zudem kleinräumig nicht an oder in einem Wald befinden, die freie Anströmbarkeit soll gegeben sein. Hierzu sollen sich in einem Bereich im Umkreis von drei Kilometern um einen geeigneten Messort keine

- relevanten anthropogenen Bioaerosolquellen (insbesondere Anlagen) sowie
- singuläre, nicht repräsentative natürliche Bioaerosolquellen

befinden.

Sollte dies nicht sicherzustellen sein, wird ein geringerer Radius des Betrachtungsraumes von 1,5 Kilometern zugelassen, unter der Prämisse, dass ein Windrichtungssektor (+/- 30°) von der Probenahme ausgeschlossen wird.

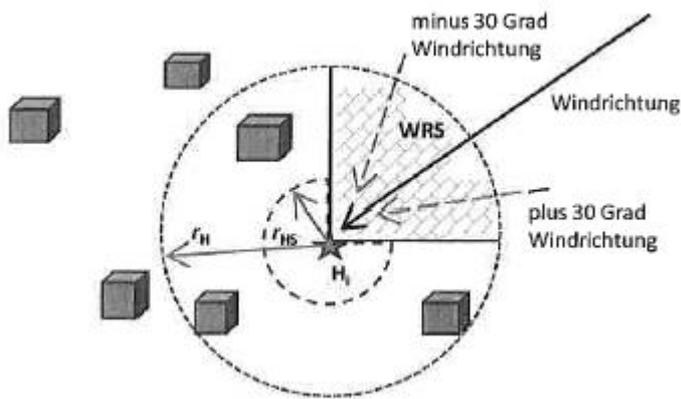


Abbildung 2: Schematisches Beispiel für die Anforderung an den Ort der Hintergrundmessung
(Quelle: VDI 4251 Blatt 2)

In den folgenden Darstellungen ist zur Veranschaulichung der Betrachtungsraum von drei Kilometern Radius um die jeweiligen Messorte in der topografischen Karte mit dargestellt.

2.2.1 Messort Belmsdorf

Der Messort Belmsdorf liegt südöstlich der Stadt Bischofswerda im Landkreis Bautzen.

Die Umgebung des Messpunktes ist leicht wellig und durch Ackerbau geprägt. Die Messstelle liegt etwa 300 Meter südöstlich vom Ortsrand Belmsdorf entfernt, an einem mittels Tannen umfriedeten Gelände. Der Messpunkt wurde repräsentativ für die Strukturen in Ostsachsen ausgewählt.

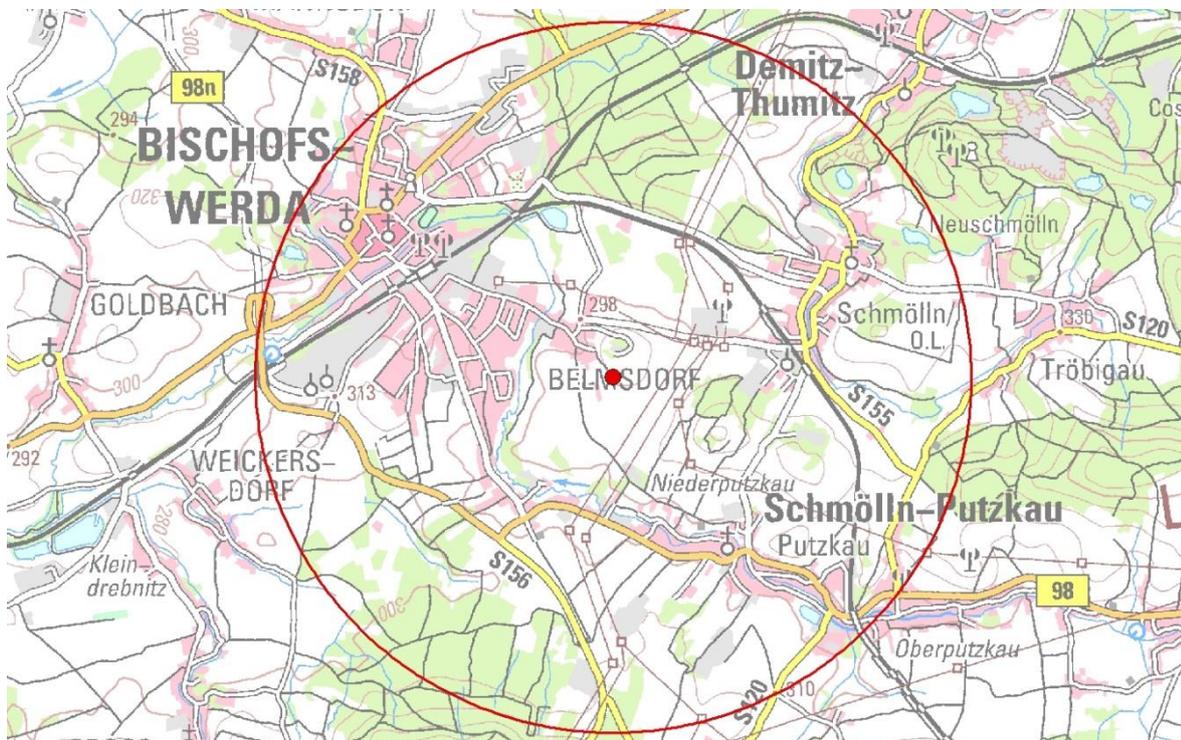


Abbildung 3: Messpunkt Belmsdorf; Topographische Karte (TK100) Maßstab 1 : 27.000
(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)

Der Messort wurde trotz der durch die unmittelbar angrenzende Baumreihe eingeschränkte freie Anströmbarkeit ausgewählt, weil die untere Immissionsschutzbehörde des Landkreises zu der Zeit mit Genehmigungsanträgen für Geflügelhaltungsanlagen in der dortigen Feldlage befasst war und die Projektergebnisse evtl. im Rahmen dieser Genehmigungsverfahren herangezogen werden sollten.



**Abbildung 4: Messpunkt Belmsdorf; Digitales Orthophoto (DOP) Maßstab 1 : 3.000
(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)**

Abbildung 5 wurde mit Blickrichtung Ost aufgenommen. Es zeigt die eingesetzte Probenahmetechnik im leicht welligen Gelände. Unmittelbar im Hintergrund des Fotografen befindet sich in zwei bis drei Metern Entfernung (siehe Orthophoto) eine angrenzende Baumreihe.



Abbildung 5: Messpunkt Belmsdorf; Foto (Quelle: BfUL)

2.2.2 Messort Brockau

Der Messort Brockau liegt etwa auf halber Strecke zwischen Zwickau und Plauen im Vogtlandkreis.

Die Umgebung ist leicht wellig und durch Ackerbau geprägt. Die Messstelle liegt unmittelbar am Ortsrand von Brockau an der Elsterberger Straße in Richtung Coschütz. Der Messpunkt wurde repräsentativ für die Strukturen in Westsachsen ausgewählt.

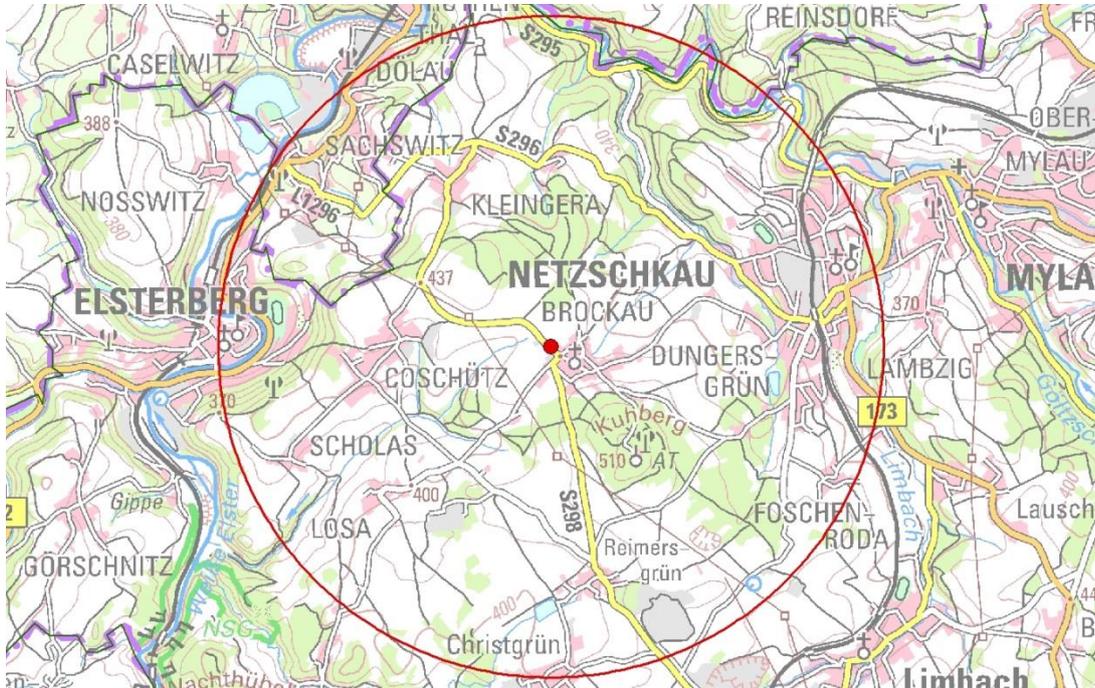


Abbildung 6: Messpunkt Brockau; Topographische Karte (TK100) Maßstab 1 : 27.000
(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)



Abbildung 7: Messpunkt Brockau; Digitales Orthophoto (DOP) Maßstab 1 : 3.000
(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)

Der Messort befindet sich unmittelbar angrenzend an das Gelände des Dorfhauses. Am Standort befindet sich eine Station des Luftmessnetzes Sachsen. Das Foto wurde mit Blickrichtung Nord aufgenommen. Es zeigt die eingesetzte Probenahmetechnik und die meteorologische Messung im leicht welligen Gelände.



Abbildung 8: Messpunkt Brockau; Foto (Quelle: BfUL)

2.2.3 Messort Melpitz

Der Messort Melpitz liegt östlich von Leipzig im Landkreis Nordsachsen.

Die Umgebung ist flach und durch Ackerbau geprägt. Die Messstelle liegt westlich der Gemeinde Melpitz. Die nächste Wohnbebauung ist etwa 350 Meter vom Ortsrand Melpitz entfernt. Der Messpunkt wurde repräsentativ für die Strukturen in Nordsachsen ausgewählt.

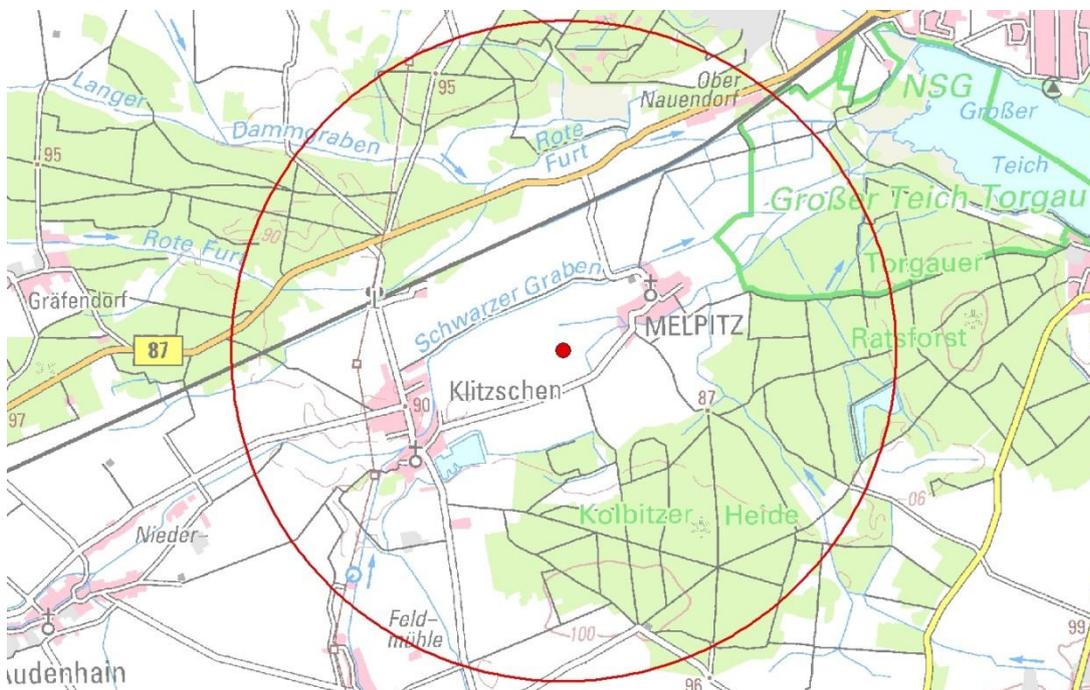


Abbildung 9: Messpunkt Melpitz; Topographische Karte (TK100) Maßstab 1 : 27.000
(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)

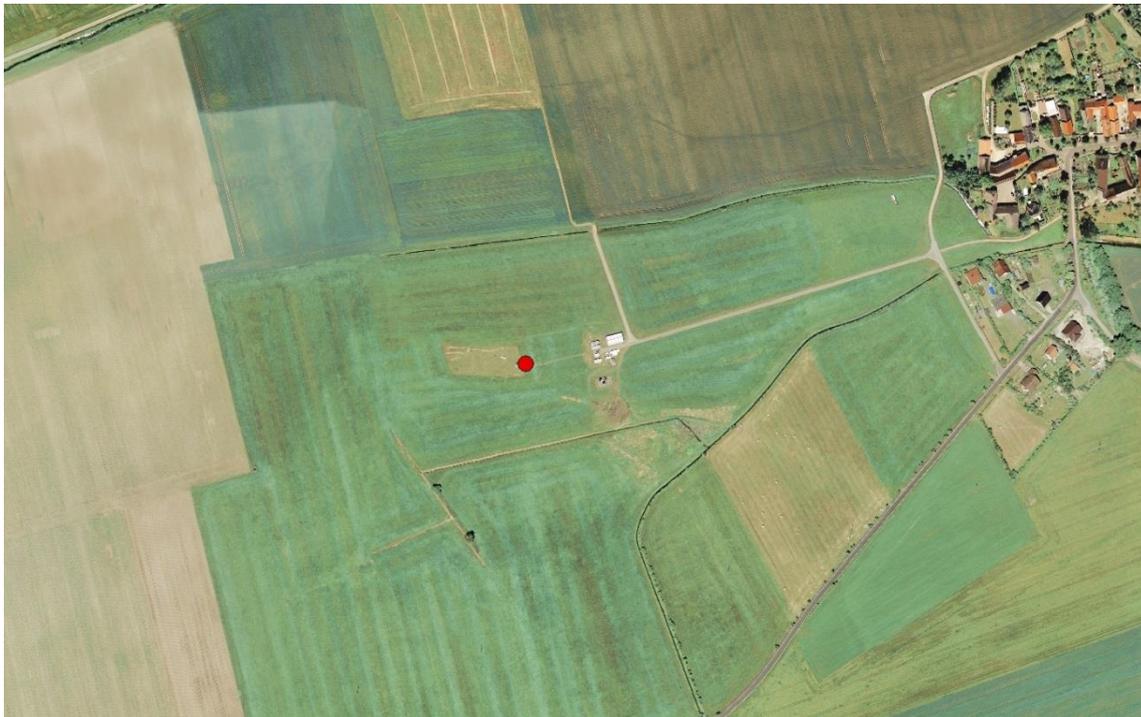


Abbildung 10: Messpunkt Melpitz; Digitales Orthophoto (DOP) Maßstab 1 : 3.000

(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)

Die Messstelle liegt auf dem Gelände des Leibniz-Instituts für Troposphärenforschung (TROPOS), auf dem das Institut u. a. eine Messstelle für Immissionsmessungen betreibt. Das Foto zeigt die eingesetzte Probenahmetechnik und die meteorologische Messung im flachen Gelände.

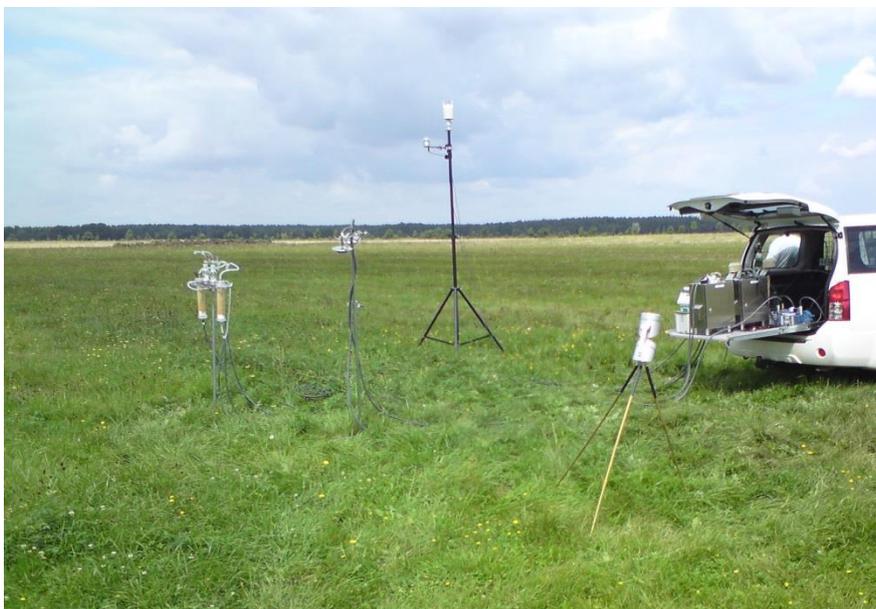


Abbildung 11: Messpunkt Melpitz; Foto (Quelle: BfUL)

2.2.4 Messort Radebeul-Wahnsdorf

Der Messort Radebeul-Wahnsdorf liegt ca. fünf Kilometer nordwestlich der Stadt Dresden beziehungsweise nördlich der Stadt Radebeul im Landkreis Meißen.

Die Messstelle liegt unmittelbar auf dem Elbhang und ist gegenüber dem Niveau der Städte Radebeul und Dresden deutlich erhöht. Das Gelände ist in Richtung Süden durch die vorstädtischen Strukturen geprägt und geht in nördlicher Richtung in eine land- und forstwirtschaftlich geprägte Struktur über. Im Norden liegen zudem diverse Teiche (Dippelsdorfer Teich, Johann-Georgen-Teich, Fischerteich, Steingrundteich, Jäger-teich, Großteich, Schlossteich etc.). Der Messpunkt wurde repräsentativ für die Strukturen in Mittelsachsen ausgewählt.

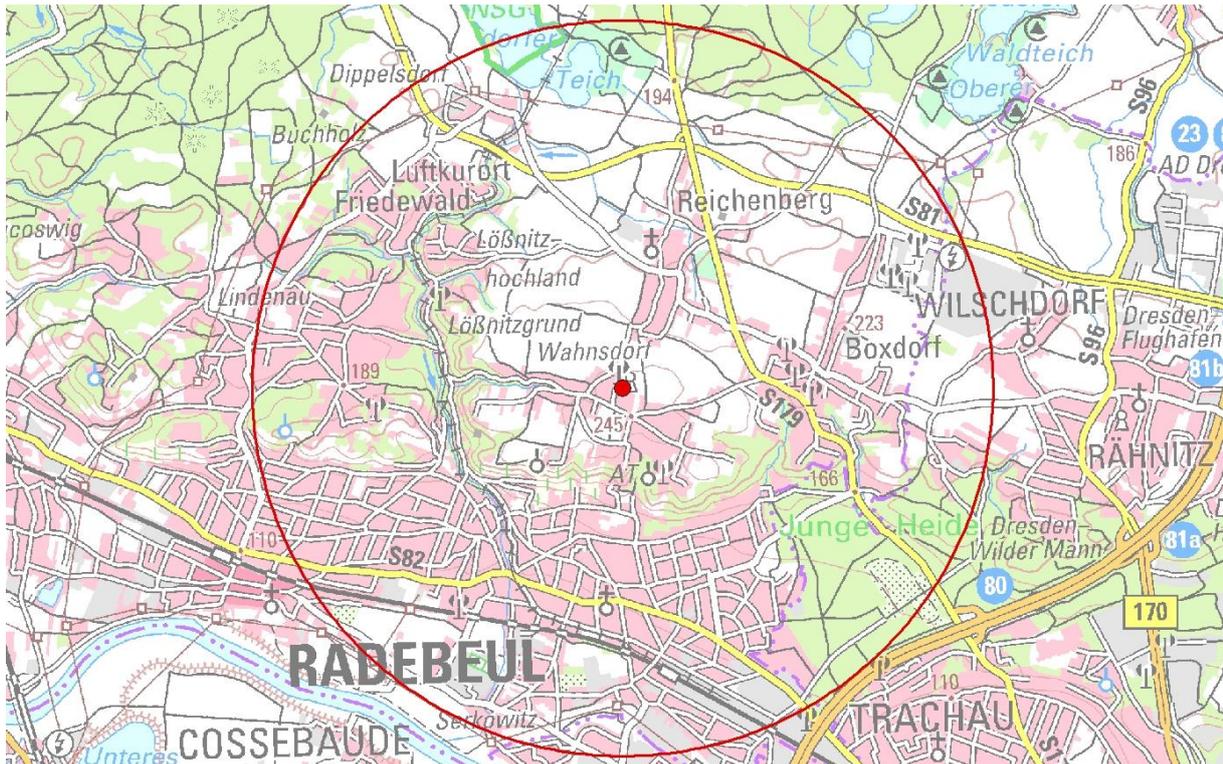


Abbildung 12: Messpunkt Radebeul-Wahnsdorf; Topographische Karte (TK100) Maßstab 1 : 27.000
(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)

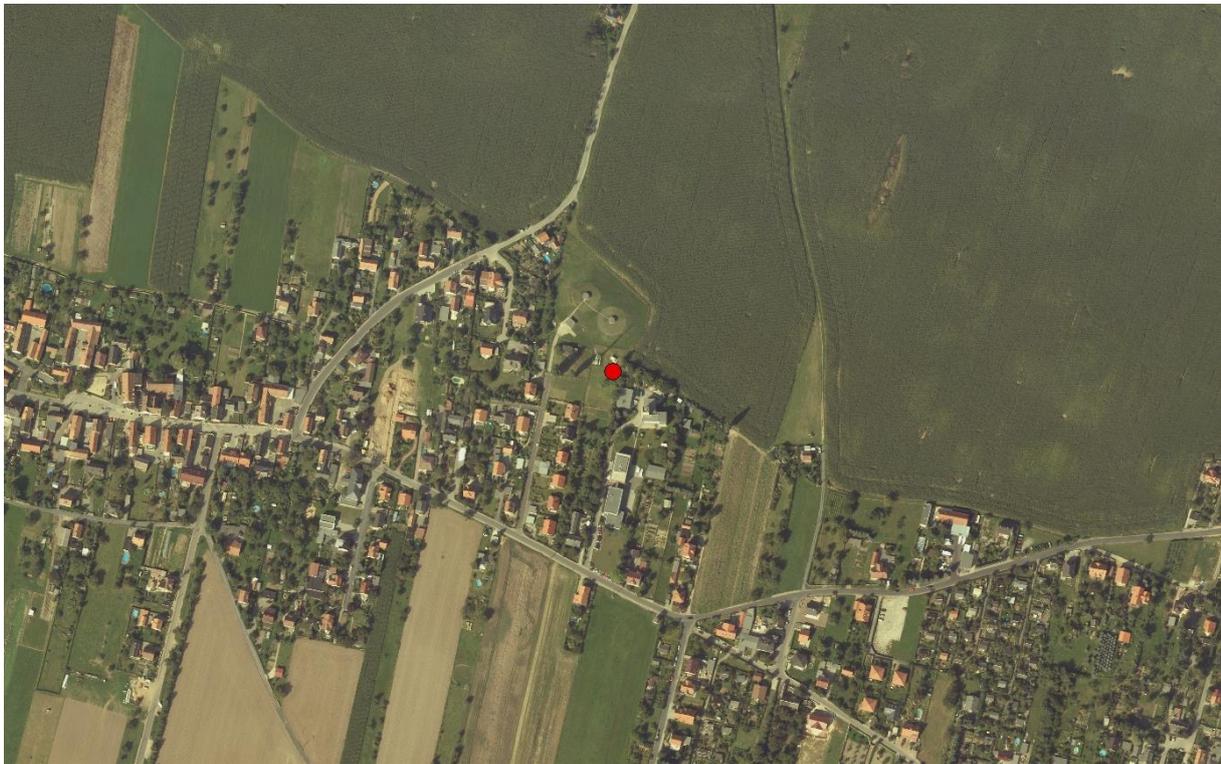


Abbildung 13: Messpunkt Radebeul-Wahnsdorf; Digitales Orthophoto (DOP) Maßstab 1 : 3.000
(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)

Die Messstelle liegt unmittelbar an bzw. noch in der Ortslage Altwahnsdorf. Am Standort befindet sich eine Station des Luftmessnetzes Sachsen. Das Foto wurde mit Blickrichtung West aufgenommen. Es zeigt die eingesetzte Probenahmetechnik und die meteorologische Messung vor einem Trinkwasserspeicher sowie einen Mobilfunkmast. Richtung Osten befindet sich ein stationärer Messcontainer, im Süden und im Westen ist das Messareal durch eine Baumreihe und das Betriebsgelände der BfUL umschlossen.



Abbildung 14: Messpunkt Radebeul-Wahnsdorf; Foto (Quelle: BfUL)

2.3 Probenahme und Nachweis

Die Messwerte waren entsprechend der einschlägigen und unter Berücksichtigung der in Be- bzw. Überarbeitung befindlichen VDI-Richtlinien zu erheben. Zum einen auf Grund der Entwicklungen im Regelungsbereich der Bioaerosole, zum anderen wegen des erheblichen gerätetechnischen Aufwandes waren auch noch während des Projektes Modifikationen erforderlich.

Die Messungen erfolgten im Wesentlichen durch Einrichtungen des Freistaats Sachsen, lediglich für spezielle Analysen wurde ein Fremdlabor eingebunden.

- Projektleitung: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Referat 52 – Anlagenbezogener Immissionsschutz
- Probenahme und mikrobiologische Analytik: Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft; Probenahme durch den Geschäftsbereich 4 – Messnetzbetrieb Luft sowie Analytik durch den Fachbereich 63 – Landwirtschaftliche Erzeugnisse, Veredlungsprodukte
- Unterauftragnehmer für die Analytik der Endotoxinen: Labor CUP Dr. Freitag GmbH, Radeberg
- Zusätzlich eingebundene Referate: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Referat 51 – Klima, Luftqualität sowie Referat 74 – Tierzucht, Tierhygiene

2.3.1 Messaufbau/Probenahme zur Bestimmung von Bakterien

Die Probenahme für Bakterien erfolgte gemäß VDI 4252 Blatt 3 mittels AGI-30 Impinger, der kulturelle Nachweis entsprechend VDI 4253 Blatt 3.

Jeder Messtag wurde durch drei aufeinanderfolgende Probenahmen abgebildet. Die Probenahme erfolgte durch Einsatz von zwei Impingern parallel in Doppelbestimmung. Gegenüber den in VDI 4251 Blatt 2 geforderten fünf Einzelmessungen kommt es hierdurch zu einer Differenz bezüglich der Anzahl von Proben, welche durch die mit den Doppelbestimmungen gegebene zusätzliche Absicherung der Einzelwerte vertretbar erschien. Die Probenahmezeit betrug 30 Minuten bei einer Durchflussrate von ca. 17 l/min, sodass jeweils ca. 0,5 m³ Luft beprobt wurden.

2.3.2 Messaufbau/Probenahme zur Bestimmung von Pilzen

Die Probenahme für Pilze erfolgte gemäß VDI 4252 Blatt 2 mittels filtrierender Probenahme, der kulturelle Nachweis entsprechend VDI 4253 Blatt 2.

Jeder Messtag wurde durch eine Probenahme abgebildet. Bei der Probenahme wurden zwei Kleinfiltergeräte parallel in Doppelbestimmung eingesetzt. Gegenüber den in VDI 4251 Blatt 2 geforderten Probenahmezeiten von sechs Stunden je Messtag für Messungen von Schimmelpilzen kommt es mit einer Probenahmezeit von zwei Stunden zu einer Differenz, welche durch die mit den Doppelbestimmungen gegebene zusätzliche Absicherung der Einzelwerte vertretbar erschien.

Es wurden Luftvolumina zwischen 1,5 und 3 m³ auf Gelatinemembranfilter beprobt.

3 Auswertung

3.1 Meteorologische Situation während der Messungen

Zur Dokumentation der meteorologischen Bedingungen während der Messungen wurde an allen vier Messorten eine Meteorologiestation mitgeführt. Diese wurde mittels eines drei Meter hohen Mastes mit Stativ unmittelbar im Bereich der Probenahmetechnik aufgestellt. Die Messung erfolgte unter Zugrundelegung der Qualitätsstandards, die auch für das stationäre Luftmessnetz des Freistaates Sachsen zur Anwendung gebracht werden. Die Messung des Luftdrucks erfolgte als Absolutdruck ohne die Verrechnung eines Höhenbezuges, diese erfolgte im Nachgang.

Für die Betrachtung eines repräsentativen Jahres am jeweiligen Messort wurden Messwerte für die meteorologischen Parameter des stationären Luftmessnetzes des Freistaates Sachsen herangezogen. Für die Messstelle Melpitz wurden hierzu Messdaten der Station Schkeuditz, für die Station Belmsdorf Messdaten der Station Bautzen zum Vergleich herangezogen. An den Stationen Brockau und Radebeul-Wahnsdorf befindet sich die Messstation des stationären Luftmessnetzes Sachsen unmittelbar am Messort. Zugrunde gelegt wurde der zurückliegende Fünfjahreszeitraum 2010–2014 (Ausnahme: Brockau 2011–2014).

Folgende Prüfungen sind für die vier Messstandorte erfolgt:

Windrichtungsverteilung

Zum Zeitpunkt der Standortfestlegungen waren die konkreten Anforderungen der VDI 4251 Blatt 2 noch nicht bekannt. Im Umkehrschluss soll daher anhand der meteorologischen Parameter geprüft werden, ob evtl. anthropogene Beeinflussungen durch das urbane Umfeld zu beanstanden sind und ob die gewählten Standorte den Anforderungen aus der Richtlinie genügen. Im ungünstigsten Fall könnten offensichtlich beeinflusste Messwerte eines Windrichtungssektors nachträglich verworfen werden.

Zur Beurteilung, ob die im Drei-Kilometer-Radius umliegenden urbanen Strukturen evtl. zu einer direkten anthropogenen Beeinflussung der Hintergrundmessung geführt haben können, wurde in der Topografischen Karte des Messortes die dortige Windrichtungsverteilung eingebracht und den Hauptwindrichtungen an den Messtagen gegenübergestellt (siehe Abbildung 15 und Tabelle 1). Es werden die an den einzelnen Messtagen vorherrschenden Windverhältnisse mit den langjährigen Windrichtungsverteilungen am Messort und der Topografie betrachtet. So sollen Messungen nur durchgeführt werden, wenn geringe Schwankungen der mittleren Windrichtung, der mittleren Windgeschwindigkeit und der Austauschbedingungen im Tagesverlauf zu erwarten sind. Während der Probenahmedauer sind möglichst konstante atmosphärische Ausbreitungsbedingungen vorauszusetzen. Die Probenahme soll zum Ausschluss von Aufwirbelungseffekten bei Windgeschwindigkeiten unter 5 m/s durchgeführt werden.

Jahreszeitliche Verteilung der Messtage

Es wird die Verteilung der Messtage über den in der VDI 4251 Blatt 2 formulierten Zeitraum für die Probenahmen von Mai bis Oktober dargestellt. Dieser zeitliche Bereich wird in der VDI vorgegeben mit dem Hinweis, dass speziell in diesem Zeitraum mit den höchsten natürlichen Konzentrationen für den Parameter Gesamtpilzzahl zu rechnen ist, wohingegen für Bakterien ein jahreszeitlicher Einfluss von untergeordneter Bedeutung ist.

Verteilung der Messtage in Bezug auf Temperaturkorridore

Im Messplan wurden Temperaturkorridore festgeschrieben, die unabhängig von einer jahreszeitlichen Verteilung der erfolgten Messungen eine außertemperaturbezogene Repräsentativität der Messungen absichern soll. Die Verteilung der Messtage über die Temperaturkorridore < 8 °C, 8 bis 18 °C und > 18 °C wird im Folgenden dargestellt und bewertet.

Vergleich zu den meteorologischen Bedingungen im langjährigen Mittel

Die meteorologischen Bedingungen zum Zeitpunkt der Probenahmen sollen den langjährigen Mittelwerten gegenübergestellt werden.

3.1.1 Messort Belmsdorf

Windrichtungsverteilung

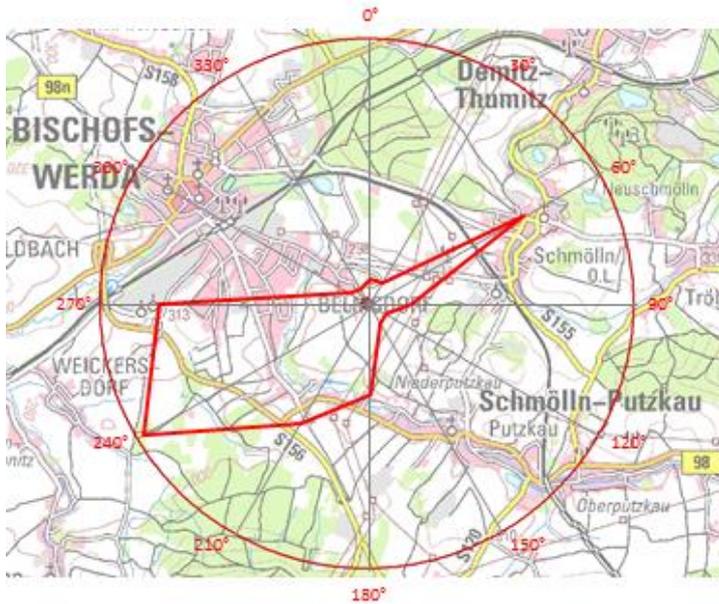


Abbildung 15: Messpunkt Belmsdorf; Topografische Karte mit Windrose

(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)

Tabelle 1: Windrichtungen Belmsdorf

Windrichtung [°]	Windgeschwindigkeit [m/s]
15	8,2
20	2,4
60	4,9
105	2,9
140	4,9
210	1,9
210	1,7
210	0,5
225	1,1
225	3,9
240	2,1
270	0,8

Der Messort Belmsdorf ist bezüglich der Hauptwindrichtungen wenig von den umgebenden Siedlungsstrukturen beeinflusst. Die Messtage spiegeln die Windrichtungshäufigkeitsverteilung wider, zu beachten ist allerdings die eingeschränkte freie Anströmbarkeit durch eine Baumreihe in Richtung Nordwest, die sich bezüglich einer Beeinflussung durch die Stadt Bischofswerda aber eher günstig auswirkt.

Jahreszeitliche Verteilung der Messtage

Tabelle 2 zeigt die Anzahl der an der Messstelle realisierten Messtage je Monat. Der Zeitraum ist im Wesentlichen gleichmäßig repräsentiert, lediglich eine Probenahme erfolgte außerhalb des vorgegebenen Zeitraumes im November bei gemäßigten Temperaturen im Bereich von 9 °C.

Tabelle 2: Jahreszeitliche Verteilung der Messungen am Messort Belmsdorf

Monat	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
Anzahl		2	1	1	3	2	2	1

Verteilung der Messtage in Bezug auf Temperaturkorridore

Ursprünglich sollten Temperaturkorridore, wie in Tabelle 3 dargestellt, repräsentativ abgebildet werden, doch mit Einführung des in der VDI 4251 Bl. 2 vorgesehenen Messzeitraums von Mai bis Oktober hat sich diese Fragestellung deutlich verändert.

Tabelle 3: Temperaturkorridore am Messort Belmsdorf

	< 8 °C	8 °C bis 18 °C	> 18 °C
Anzahl Messungen	1	8	3

Vergleich zu den meteorologischen Bedingungen im langjährigen Mittel

Die Gegenüberstellung legt nahe, dass ein breites Spektrum an für den Messort typischen meteorologischen Bedingungen durch die Messtage abgebildet wird. Gleichwohl kommen die Beschränkungen der Messbedingungen deutlich zum Ausdruck. Die Messungen trotz hoher Windgeschwindigkeiten am 04.11.2013 sind bezüglich der ermittelten Messwerte für die Bioaerosole nicht auffällig.

Tabelle 4: Meteorologie Vergleichsmessstelle Bautzen, langjähriges Mittel

Bautzen	Windrichtung [°]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Außentemp. [°C]	Luftdruck (N.N.) [mbar]	Luftfeuchte [%rF]	Globalstrahlung [W/m²]
Min.	0	0,0	-20,1	971	21	0
Mittel		2,0	9,6	1015	74	
Median		1,7	9,0	1015	77	
Max.	360	9,1	37,3	1039	100	1002

Tabelle 5: Meteorologie Probenahmezeiträume Belmsdorf

Belmsdorf	Windrichtung [°]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Außentemp. [°C]	Luftdruck (N.N.) [mbar]	Luftfeuchte [%rF]	Globalstrahlung [W/m²]
Min.	15	0,5	8,4	997	50	67
Mittel		2,9	14,7	1014	68	416
Median		2,3	14,4	1016	69	446
Max.	270	8,2	25,3	1021	85	890

3.1.2 Messort Brockau

Windrichtungsverteilung

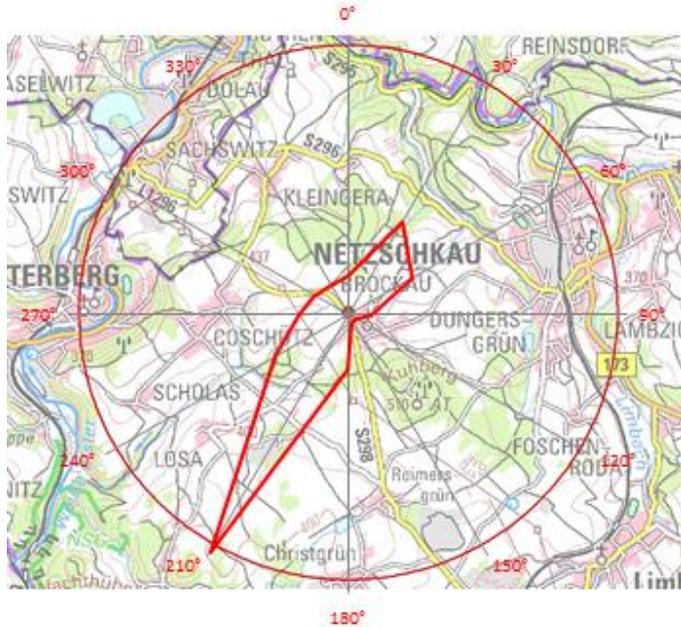


Tabelle 6: Windrichtungen Brockau

Windrichtung [°]	Windgeschwindigkeit [m/s]
40	2,9
60	1,6
80	1,6
230	2,3
240	1,9
250	1,6
270	1,7
270	1,2
310	3,4
320	2,1
340	1,8
350	2,1

Abbildung 16: Messpunkt Brockau; Topografische Karte mit Windrose

(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)

Der Messort Brockau ist bezüglich der Hauptwindrichtungen wenig von den umgebenden Siedlungsstrukturen beeinflusst. Die Messtage spiegeln allerdings die Windrichtungshäufigkeitsverteilung nur sehr eingeschränkt wider. Speziell die Windrichtungen aus 270° bis 340° sind für den Standort eher untypisch, stellen aber etwa die Hälfte der Messungen dar. Die sich unmittelbar anschließende Ortslage von Brockau liegt im Osten.

Jahreszeitliche Verteilung der Messtage

Tabelle 7 zeigt die Anzahl der an der Messstelle realisierten Messtage je Monat. Der Zeitraum ist im Wesentlichen gleichmäßig repräsentiert, lediglich eine Probenahme erfolgte außerhalb des vorgegebenen Zeitraumes im November bei gemäßigten Temperaturen im Bereich um 5 °C.

Tabelle 7: Jahreszeitliche Verteilung der Messungen am Messort Brockau

Monat	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
Anzahl		2	1	4	2	2	1	1

Verteilung der Messtage in Bezug auf Temperaturkorridore

Ursprünglich sollten Temperaturkorridore, wie in Tabelle 8 dargestellt, repräsentativ abgebildet werden, doch mit Einführung des in der VDI 4251 Bl. 2 vorgesehenen Messzeitraums von Mai bis Oktober hat sich diese Fragestellung deutlich verändert.

Tabelle 8: Temperaturkorridore am Messort Brockau

	< 8 °C	8 °C bis 18 °C	> 18 °C
Anzahl Messungen	2	7	4

Vergleich zu den meteorologischen Bedingungen im langjährigen Mittel

Die Gegenüberstellung legt nahe, dass ein breites Spektrum an für den Messort typischen meteorologischen Bedingungen durch die Messtage abgebildet wird. Gleichwohl kommen die Beschränkungen der Messbedingungen deutlich zum Ausdruck.

Tabelle 9: Meteorologie Vergleichsmessstelle Brockau, langjähriges Mittel

Brockau	Windrichtung [°]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Außentemp. [°C]	Luftdruck (N.N.) [mbar]	Luftfeuchte [%rF]	Globalstrahlung [W/m ²]
Min.	0	0,0	-20,9	973	21	0
Mittel		3,1	9,1	1015	78	
Median		2,7	8,7	1015	83	
Max.	360	14,6	35,5	1038	100	992

Tabelle 10: Meteorologie Probenahmezeiträume Brockau

Brockau	Windrichtung [°]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Außentemp. [°C]	Luftdruck (N.N.) [mbar]	Luftfeuchte [%rF]	Globalstrahlung [W/m ²]
Min.	40	1,2	5,1	1006	41	120
Mittel		2,0	16,4	1017	60	559
Median		1,8	16,5	1017	59	400
Max.	350	3,4	26,0	1028	81	960

Tabelle 13: Temperaturkorridore am Messort Melpitz

	< 8 °C	8 °C bis 18 °C	> 18 °C
Anzahl Messungen	1	5	6

Vergleich zu den meteorologischen Bedingungen im langjährigen Mittel

Die Gegenüberstellung legt nahe, dass ein breites Spektrum an für den Messort typischen meteorologischen Bedingungen durch die Messtage abgebildet wird. Gleichwohl kommen die Beschränkungen der Messbedingungen deutlich zum Ausdruck. Die Messungen sind trotz hoher Windgeschwindigkeiten am 12.05.2014 bezüglich der ermittelten Messwerte für die Bioaerosole nicht auffällig.

Tabelle 14: Meteorologie Vergleichsmessstelle Schkeuditz, langjähriges Mittel

Schkeuditz	Windrichtung [°]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Außentemp. [°C]	Luftdruck (N.N.) [mbar]	Luftfeuchte [%rF]	Globalstrahlung [W/m ²]
Min.	0	0,0	-19,6	970	20	0
Mittel		2,5	9,1	1015	72	
Median		2,2	9,0	1016	75	
Max.	360	11,3	36,6	1040	100	975

Tabelle 15: Meteorologie Probenahmezeiträume Melpitz

Melpitz	Windrichtung [°]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Außentemp. [°C]	Luftdruck (N.N.) [mbar]	Luftfeuchte [%rF]	Globalstrahlung [W/m ²]
Min.	10	1,2	8,0	998	45	320
Mittel		3,0	17,9	1008	59	566
Median		2,6	19,3	1009	58	590
Max.	300	5,5	23,6	1020	80	760

3.1.4 Messort Radebeul-Wahnsdorf

Windrichtungsverteilung

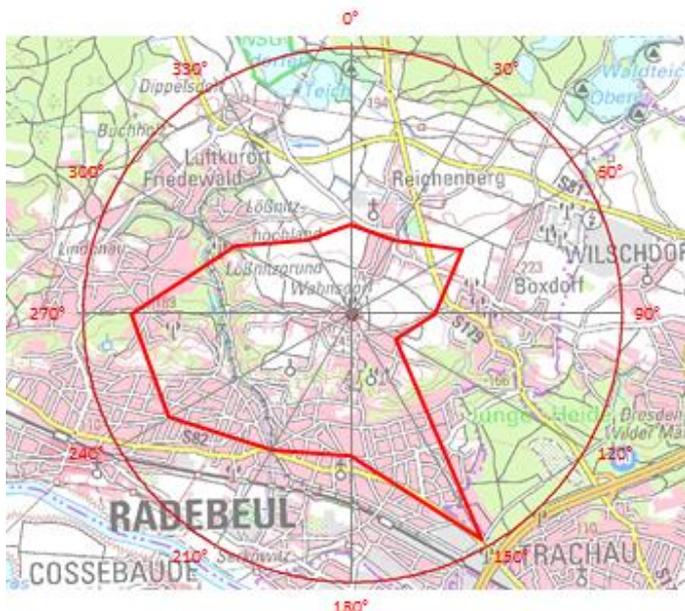


Abbildung 18: Messpunkt Radebeul-Wahnsdorf; Topografische Karte mit Windrose
(Quelle: Geobasisdaten GeoSN)

Tabelle 16: Windrichtungen Radebeul-Wahnsdorf

Windrichtung [°]	Windgeschwindigkeit [m/s]
15	2,9
20	1,0
55	2,0
65	1,8
100	1,2
200	1,7
205	0,9
210	3,5
210	1,4
220	2,0
235	2,9
275	1,7

Am Standort Radebeul-Wahnsdorf ist bezüglich der Hauptwindrichtungen eine Beeinflussung der Messungen durch die umgebenden Siedlungsstrukturen nicht auszuschließen. Zu beachten ist die Beeinträchtigung der freien Anströmbarkeit aus Richtung Südost durch die lokale Vegetation. Die Messstage spiegeln die Windrichtungshäufigkeitsverteilung wider. Die Messwerte an der Station sind gegenüber den anderen Messstellen erhöht, sodass ein genereller anthropogener Einfluss vermutet werden muss. Der Ausschluss einzelner Messwerte ist nicht möglich.

Jahreszeitliche Verteilung der Messtage

Tabelle 17 zeigt die Anzahl der an der Messstelle realisierten Messtage je Monat. Der Zeitraum ist mit Ausnahme des Monats Juni gleichmäßig repräsentiert, zudem erfolgten eine der Probenahmen im April und zwei im November außerhalb des vorgegebenen Zeitraumes; die Abweichung wird als unbedeutend eingeschätzt.

Tabelle 17: Jahreszeitliche Verteilung der Messungen am Messort Radebeul-Wahnsdorf

Monat	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
Anzahl	1	2	0	3	2	1	1	2

Verteilung der Messtage in Bezug auf Temperaturkorridore

Ursprünglich sollten Temperaturkorridore, wie in Tabelle 18 dargestellt, repräsentativ abgebildet werden. Mit Einführung des in der VDI 4251 Bl. 2 vorgesehenen Messzeitraums von Mai bis Oktober hat sich diese Fragestellung deutlich verändert.

Tabelle 18: Temperaturkorridore am Messort Radebeul-Wahnsdorf

	< 8 °C	8 °C bis 18 °C	> 18 °C
Anzahl Messungen	2	7	3

Vergleich zu den meteorologischen Bedingungen im langjährigen Mittel

Die Gegenüberstellung legt nahe, dass ein breites Spektrum an für den Messort typischen meteorologischen Bedingungen durch die Messtage abgebildet wird. Gleichwohl kommen die Beschränkungen der Messbedingungen deutlich zum Ausdruck.

Tabelle 19: Meteorologie Vergleichsmessstelle Radebeul-Wahnsdorf, langjähriges Mittel

Radebeul-Wahnsdorf	Windrichtung [°]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Außentemperatur [°C]	Luftdruck (N.N.) [mbar]	Luftfeuchte [%rF]	Globalstrahlung [W/m ²]
Min.	0	0,1	-19,1	967	21	0
Mittel		2,5	10,7	1015	76	
Median		2,2	10,4	1015	80	
Max.	360	12,2	38,0	1041	100	994

Tabelle 20: Meteorologie Probenahmezeiträume Radebeul-Wahnsdorf

Radebeul-Wahnsdorf	Windrichtung [°]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Außentemperatur [°C]	Luftdruck (N.N.) [mbar]	Luftfeuchte [%rF]	Globalstrahlung [W/m ²]
Min.	15	0,9	6,0	997	52	50
Mittel		1,9	15,5	1015	67	409
Median		1,8	17,8	1018	65	420
Max.	275	3,5	21,0	1030	87	770

3.2 Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der Verfahren

Im Labor erfolgte der mikrobiologische Nachweis entsprechend VDI 4253 Blatt 2 (Pilze) bzw. Blatt 3 (Bakterien).

Es handelt sich um kulturbasierte Verfahren mittels Selektivnährböden bei einer Bebrütungstemperatur von 25 °C für mesophile Schimmelpilze und Hefen bzw. 36 °C für Bakterien. Die auf den Nährbodenplatten wachsenden **Kolonien Bildenden Einheiten** (KBE) werden gezählt und können nach bestimmten Gattungen differenziert werden.

Der Auswertebereich der Nährbodenplatten wird in den einschlägigen VDI-Richtlinien beschrieben; es werden überschlägige Bestimmungsgrenzen benannt. Keine Aussagen erfolgen zu Nachweisgrenzen. Als Auswertebereich wird die Anzahl koloniebildender Einheiten pro Platte im Bereich von 10 bis maximal 200 betrachtet. Die Nachweisgrenze kann als kleinstes mögliches Zählresultat mit einer koloniebildenden Einheit pro Platte

angenommen werden. Dabei sind die Grenzen in KBE/m³ abhängig von der zur Kultivierung verwendeten Teilmenge der Sammellösung.

Üblicherweise werden 0,1 ml der Sammellösung untersucht, in den VDI-Richtlinien zur mikrobiellen Analytik wird zur Reduzierung der Bestimmungsgrenzen eine Filtration von 10 ml der Sammellösung vorgesehen. Im Rahmen der vorliegenden Messungen wurde, um noch niedrigere Konzentrationen nachweisen zu können, die Filtration nahezu der gesamten Sammellösung vorgenommen.

Die speziellen Betriebsparameter der eingesetzten Verfahren lassen sich wie folgt darstellen:

Tabelle 21: Parameter zur Ermittlung von Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der Verfahren

	Probenahmedauer [min]	Probenahmevermögen [m ³]	Menge Filtrat [ml]
Bakterien	ca. 30	ca. 0,5	20 (ca. 67 %)
Min./Max.	---	0,4-0,8	
Pilze	ca. 240	ca. 10	25 (ca. 85 %)
Min./Max.	---	5,5-13,8	
Feldblindwert	ca. 120	ca. 1,5	25 (ca. 85 %)
Min./Max.	---	1,4-2,8	

Demnach ergaben sich unter Zugrundelegung der konkreten Betriebsparameter (Durchfluss, Probenahmezeit) und einer Annahme von einer minimalen Kolonieanzahl von einer KBE/Platte (Nachweisgrenze) sowie zehn KBE/Platte (Bestimmungsgrenze) in direkter Übereinstimmung mit der Vorgehensweise nach VDI folgende, auf dem mikrobiologischen Nachweis basierende Grenzen der Verfahren:

Tabelle 22: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der eingesetzten Verfahren

	Nachweisgrenze (Verfahrensparameter)	Bestimmungsgrenze (Verfahrensparameter)	Bestimmungsgrenze (Bezugsparameter VDI: 10 ml, 0,35 m ³)
Bezogen auf ... [KBE/Platte]	1	10	10
Bakterien [KBE/m ³]	3	30	80
Min./Max.	2 bis 4	18 bis 37	
Pilze [KBE/m ³]	0,1	1	50
Min./Max.	0,1 bis 0,2	1 bis 2	
Blindwert Bakterien [KBE/m ³]	0,8	8	---
Min./Max.	0,4 bis 0,8	4 bis 8	---

3.3 Qualitätssicherung

3.3.1 Doppelbestimmungen/Berechnung der Standardabweichung

Die gesamte Messkampagne wurde so ausgelegt, dass zum einen die Anzahl der Probenahmen auf ein Minimum unter die in den einschlägigen VDI-Richtlinien geforderten Probezahlen reduziert wurden, alle Messungen aber zum anderen zusätzlich mit der Durchführung von Doppelbestimmungen abgesichert wurden.

Je Messtag und Messstelle liegt für alle mikrobiologischen Parameter immer jeweils ein Wertepaar für den gleichen Probenahmezeitraum (Doppelbestimmung) wie folgt vor:

- Für die Parameter Gesamtbakterienzahl und Staphylokokken erfolgten drei Probenahmen über einen Zeitraum von 30 Minuten, die ihrerseits jeweils als Doppelbestimmung ausgeführt wurden, womit sechs Einzelmesswerte zur Verfügung stehen.
- Für den Parameter Gesamtpilzzahl erfolgte eine Probenahme über einen Zeitraum von vier Stunden, die ihrerseits als Doppelbestimmung ausgeführt wurde, womit zwei Einzelmesswerte zur Verfügung stehen.
- Für den Parameter Endotoxine erfolgte eine Probenahme über einen Zeitraum von zwei Stunden, die ihrerseits als Doppelbestimmung ausgeführt wurde, womit zwei Einzelmesswerte zur Verfügung stehen.

Die Standardabweichung lässt sich damit aus der Serie von Doppelbestimmungen an verschiedenen Proben für die mikrobiologischen Parameter wie folgt berechnen:

$$s = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

s = einfache Standardabweichung

d = Differenzen der Doppelbestimmungen

n = Anzahl Doppelbestimmungen

Für die Parameter Gesamtpilzzahl, Gesamtbakterienzahl, Endotoxine und Staphilokokken spp. können Standardabweichungen entsprechend berechnet werden. Eine Berechnung für die Komponenten *Staphylococcus aureus* und Enterokokken wurde nicht durchgeführt, weil hier keine bzw. nur vereinzelte Messergebnisse oberhalb der Nachweisgrenze lagen.

Auf Grund der Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die Standardabweichung beim Verfahren zur Bestimmung der Gesamtbakterienzahl und der Bestimmung für Staphilokokken spp. sowie in Verbindung mit dem Umstand, dass sich die Verfahren zur Bestimmung von Bakterien im Wesentlichen nur durch die mikrobielle Kultivierung unterscheiden, kann davon ausgegangen werden, dass die bestimmte Standardabweichung auf das Verfahren zur Bestimmung von Enterokokken übertragbar wäre. Weitere Einflussfaktoren, wie evtl. veränderte Tenazitäten, blieben dabei unberücksichtigt.

Tabelle 23: Standardabweichung der Doppelbestimmungen getrennt nach Parametern

	Gesamtpilzzahl (25 °C)	Gesamtbakterienzahl (36 °C)	Staphylokokken spp.	Endotoxine
$\sum d^2$	144197512	255437	90517	17,2
n	49	145	76	48
Standardabweichung (s)	1200 KBE/m ³	30 KBE/m ³	24 KBE/m ³	0,4 EU/m ³

3.3.2 Feldblindwerte für die Bestimmung von Endotoxinen

Die Bestimmung der Endotoxinkonzentration in unbelasteter Luft ist sehr sensibel, weil die zu erwartenden Konzentrationen äußerst gering sind. Ein wesentlicher Einfluss auf die Qualitätssicherung der Analysenergebnisse ist die Pyrogenfreiheit des Impingers und der physiologischen Kochsalzlösung. Zur Sicherstellung wurde an jedem Probenahmetag ein Impinger mit pyrogenfreier, physiologischer Kochsalzlösung zur Bestimmung eines Feldblindwertes zum Probenahmeort mitgeführt. Im Labor wurde ein Aliquot von 5 ml entnommen und analog zu den Proben mittels LAL-Test untersucht.

Die Nachweisgrenze der angegebenen Endotoxinbestimmung in einer physiologischen Kochsalzlösung beträgt gemäß den Angaben des Labors 0,01 EU/ml. In keiner der untersuchten Proben für Feldblindwerte wurde dieser Wert überschritten. Dies bestätigt, dass das Labor in der Lage ist, die verwendeten Glasgeräte hinreichend pyrogenfrei zu behandeln, endotoxinfrei zu arbeiten und dass die kommerziell erhältliche Kochsalzlösung den Anforderungen entspricht.

3.3.3 Feldblindwerte für die Bestimmung der Gesamtbakterienzahl

Als Feldblindwert in Bezug auf die Sterilität wurde an jedem Probenahmetag ein Impinger mit pyrogenfreier, physiologischer Kochsalzlösung (siehe auch Feldblindwert Endotoxine) zum Probenahmeort mitgeführt. Im Labor wurde ein Aliquot von 25 ml entnommen, analog zu den Proben zur Gesamtbakterienzahlbestimmung filtriert und auf TSA mit Natamycin über 48 h bei 36 °C inkubiert.

Ein Koloniewachstum konnte in keiner Probe nachgewiesen werden. Somit konnte eine Kontamination durch Probentransport und im Rahmen der Analytik ausgeschlossen werden.

3.4 Zusammenfassung Messergebnisse

Mikrobiologische Parameter bzw. Daten entsprechen nicht den Erfordernissen einer Normalverteilung, sondern sind am besten durch eine Poissonverteilung zu beschreiben. Für die Auswertung der Daten wird die in der VDI 4251 Blatt 2: Ermittlung gebietstypischer Hintergrundkonzentrationen beschriebene Verfahrensweise zugrunde gelegt. Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) wurden mittels Ersatzwert (1/2 BG) ersetzt, Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze (NWG) wurden nicht durch einen Ersatzwert ersetzt. Es erfolgt eine zusammenfassende Darstellung der Messungen in Form des Medianwertes. Zudem werden je nach Komponente als Beurteilungswert in Anlehnung an VDI 4250 Blatt 1 die 90- (für Summenparameter) bzw. 95-Perzentilwerte (für Leitparameter) dargestellt.

3.4.1 Messort Belmsdorf

Tabelle 24: Messergebnisse Belmsdorf (Median und Perzentile)

	Endotoxine [EU/m ³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m ³]	Gesamtpilz- zahl (25 °) [KBE/m ³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m ³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m ³]	MRSA [KBE/m ³]	Enterococcus spp. [KBE/m ³]
n	24	71	24	71	71	71	24
Median	0,1	<BG	1800	<NWG	<NWG	---	<NWG
90-Perzentil	1,6	67	36000	---	---	---	---
95-Perzentil	---	---	---	<BG	<NWG	---	<NWG

3.4.2 Messort Brockau

Tabelle 25: Messergebnisse Brockau (Median und Perzentile)

	Endotoxine [EU/m ³]	Gesamt- Bakterienzahl (36 °) [KBE/m ³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m ³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m ³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m ³]	MRSA [KBE/m ³]	Enterococcus spp. [KBE/m ³]
n	25	78	26	78	78	78	25
Median	0,1	<BG	680	<NWG	<NWG	---	<NWG
90-Perzentil	1,0	41	13000	---	---	---	---
95-Perzentil	---	---	---	<BG	<NWG	---	<NWG

3.4.3 Messort Melpitz

Tabelle 26: Messergebnisse Melpitz (Median und Perzentile)

	Endotoxine [EU/m ³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m ³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m ³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m ³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m ³]	MRSA [KBE/m ³]	Enterococcus spp. [KBE/m ³]
n	23	72	24	72	72	72	24
Median	0,2	<BG	2000	<NWG	<NWG	---	<NWG
90-Perzentil	1,4	64	5600	---	---	---	---
95-Perzentil	---	---	---	<BG	<NWG	---	<NWG

3.4.4 Messort Radebeul-Wahnsdorf

Tabelle 27: Messergebnisse Radebeul-Wahnsdorf (Median und Perzentile)

	Endotoxine [EU/m ³]	Gesamt- Bakterienzahl (36 °) [KBE/m ³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m ³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m ³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m ³]	MRSA [KBE/m ³]	Enterococcus spp. [KBE/m ³]
n	24	71	24	70	71		24
Median	0,3	<BG	3600	<BG	<NWG	---	<NWG
90-Perzentil	1,9	110	9800	---	---	---	---
95-Perzentil	---	---	---	56	<NWG	---	<NWG

3.4.5 Zusammenfassung zu einem Hintergrundwert

Angesichts des Sachverhaltes, dass sich die Messwerte durchgängig im Bereich der Standardabweichungen der Doppelbestimmungen und im Bereich der Bestimmungsgrenzen bewegen, erscheint es sinnvoll, die Messungen aller Standorte zu einem gemeinsamen Hintergrundmesswert, analog der Methodik für den Einzelstandort, zusammenzufassen. Von einem Ausschluss des Messortes Radebeul-Wahnsdorf wurde, trotz der dortigen anthropogenen Anteile, angesichts des dennoch sehr geringen Niveaus abgesehen.

Tabelle 28: Messergebnisse Hintergrundwert Bioaerosole Sachsen (Median und Perzentile)

	Endotoxine [EU/m ³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m ³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m ³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m ³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m ³]	MRSA [KBE/m ³]	Enterococcus spp. [KBE/m ³]
n	96	292	98	291	292	292	97
Median	0,2	<BG	1800	<NWG	<NWG	---	<NWG
90-Perzentil	1,6	73	10000	---	---	---	---
95-Perzentil	---	---	---	<BG	<NWG	---	<NWG

4 Zusammenfassung

Über einen Zeitraum von zwei Jahren wurden vier sächsische Standorte beprobt und auf Bioaerosole analysiert. An jedem Standort wurden mindestens 12 Messtage im Zeitraum Mai bis Oktober realisiert.

Untersucht wurden die Summenparameter Gesamtbakterienzahl, Gesamtpilzzahl und Endotoxine sowie die für Tierhaltungsanlagen festgelegten Leitparameter Staphylokokken spp., Enterokokken spp. und Staphylococcus aureus. Die Analyse von multiresistenten Keimen (MRSA) war geplant, wurde aber wegen der nicht vorhandenen Staphylococcus aureus nicht realisiert.

In Anlehnung an die VDI Richtlinien 4253 Blatt 2 und 3 wurden die Nachweisgrenzen sowie die Bestimmungsgrenzen der angewendeten Verfahren abgeschätzt.

Eine Beschreibung der Gesamtpilzzahl, der Gesamtbakterienzahl und des Leitparameters Staphylokokken erfolgte nicht anhand von arithmetischen Mittelwerten, weil die zugehörigen Verteilungen asymmetrisch und nicht normalverteilt sind. Der Mittelwert der Stichprobe wird stattdessen durch Angabe des Medians beschrieben. In Anlehnung an die VDI 4250 Blatt 1 und 4251 Blatt 2 wurden der Median und 90-Perzentil- bzw. 95-Perzentil-Werte für die einzelnen Parameter ausgewiesen.

Im Projekt wurde besonderen Wert auf die Durchführung von Doppelbestimmungen gelegt. Für die angewendeten Verfahren wurden die Ergebnisse der Doppelbestimmungen zur Berechnung von Standardabweichungen herangezogen. Diese wurden für die Gesamtpilzzahl zu 1.200 KBE/m³, für die Gesamtbakterienzahl zu 30 KBE/m³, für Staphylokokken zu 24 KBE/m³ und für Endotoxine zu 0,4 EU/m³ berechnet.

Gesamtpilzzahl: Das Bioaerosol wird im ländlichen Hintergrund von Pilzen und Hefen dominiert. Die einfache Standardabweichung der Doppelbestimmungen lag bei 1.200 KBE/m³. Der Median der Gesamtpilzzahl liegt im ländlichen Hintergrund bei 1.800 KBE/m³.

Gesamtbakterienzahl: Für die Gesamtbakterienzahl wurde eine Bestimmungsgrenze des Verfahrens mit 30 KBE/m³ ermittelt. Die einfache Standardabweichung der Doppelbestimmungen lag ebenso bei 30 KBE/m³. Der Median der Gesamtbakterienzahl liegt im ländlichen Hintergrund unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Staphylokokken spp.: Staphylokokken können im ländlichen Hintergrund nachgewiesen werden. Für das Verfahren zur Bestimmung von Bakterien wurde eine Nachweisgrenze von 3 KBE/m³ und eine Bestimmungsgrenze von 30 KBE/m³ ermittelt. Die einfache Standardabweichung der Doppelbestimmungen lag bei 24 KBE/m³. Insgesamt liegt der Median für die Konzentration an Staphylokokken im ländlichen Hintergrund unterhalb der Nachweisgrenze. Der 95-Perzentilwert liegt im Bereich der Bestimmungsgrenze.

Enterokokken spp.: Enterokokken sind im ländlichen Hintergrund maximal in Spuren vorhanden. Für das Verfahren zur Bestimmung von Bakterien wurde eine Nachweisgrenze von 3 KBE/m³ ermittelt. Zu einem Nachweis müssten Verfahren Anwendung finden, bei denen ein größeres Luftvolumen zellschonend gewonnen werden kann, um die verfahrensbedingten Nachweisgrenzen für Bakterien weiter abzusenken. Der 95-Perzentilwert für die Konzentration von Enterokokken liegt im ländlichen Hintergrund unterhalb der Nachweisgrenze.

Staphylococcus aureus: Bei keiner Probe konnte Staphylococcus aureus isoliert bzw. nachgewiesen werden.

MRSA: Die Analyse von MRSA wurde nicht erforderlich, weil kein Staphylococcus aureus nachgewiesen werden konnte.

Endotoxine: Es besteht bis heute kein standardisiertes Immissionsmessverfahren, daher wurde ein Hausverfahren als Kombination einer Probenahmeverfahren für Endotoxine in der Emission und der Anwendung des LAL-Tests entwickelt, das die Bestimmung von Endotoxinen in Immissionskonzentrationen zulässt. Die einfache Standardabweichung der Doppelbestimmungen lag bei 0,4 EU/m³. Die Bestimmungsgrenze des Verfahrens wird vom Labor mit 0,1 EU/m³ angegeben. Für die Konzentration von Endotoxinen im ländlichen Hintergrund wurde der Median zu 0,2 EU/m³ ermittelt.

Mit den nun vorliegenden Hintergrundmesswerten kann die Verfahrensweise im LAI-Bioaerosol-Leitfaden bezüglich der Einführung von Leitparametern bestätigt werden. Die Genehmigungsbehörden sind in die Lage versetzt, im Rahmen von Genehmigungsverfahren die Hintergrundbelastung zu benennen bzw. bezüglich der Leitparameter auszuschließen.

Aus den im Bericht dargelegten Fehlerbetrachtungen könnte sich weiterer Regelungsbedarf ergeben, insbesondere bezüglich den Festlegungen zu Bestimmungsgrenzen in den einschlägigen VDI-Richtlinien und zu den wiederum daraus abgeleiteten Orientierungswerten im LAI-Bioaerosol-Leitfaden.

Anhang 1: Überblick/Messplan

Projekt:	Erfassung Bioaerosol-Hintergrundbelastung	
Auftraggeber (AG):	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Ref. 52/51/74	
Auftragnehmer (AN):	Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft GB 4/FB 63	
Messaufgabe:	Ermittlung der Hintergrundkonzentration für Bioaerosole	
Beschreibung:	Der Einfluss von Emittenten und mutmaßlichen Emissionsquellen soll im Rahmen der Standortauswahl weitestgehend ausgeschlossen werden.	
Messobjekte:	Meteorologie	Temperatur Luftdruck Feuchte Windrichtung Windgeschwindigkeit Globalstrahlung
	Bakterien	Gesamtbakterienzahl (36 °C) Staphylococcus spp. Staphylococcus aureus Enterococcus spp. Enterococcus faecalis qualitativer Nachweis von methicillinresistenten Staphylococcus aureus (MRSA)/Antibiogramm
	Toxine	Endotoxine (LAL-Test)
	Schimmelpilze	Gesamtpilzzahl (25 °C)
Messstrategie:	Entnahme von Bioaerosolproben in außertemperatur- und jahreszeitbezogenen Zeitfenstern für die Temperaturkorridore < 8 °C, 8 bis 18 °C und > 18 °C Tagesmitteltemperatur. Ausgewählte Standorte mit minimaler Belastung durch Bioaerosole infolge industrieller, landwirtschaftlicher oder natürlicher Emissionsquellen.	
Messpunkte:	MP 1	Belmsdorf
	MP 2	Radebeul-Wahnsdorf, Messstation stationäres Luftmessnetz Sachsen
	MP 3	Brockau, Messstation stationäres Luftmessnetz Sachsen
	MP 4	Melpitz, Messfeld TROPOS
Messzeitraum:	Mai 2013 bis Oktober 2014	
Messhäufigkeit:	12 Messtage je Messpunkt	
Messverfahren:	Probenahme und Analyse siehe dort. Die Ausführung erfolgt gem. VDI bzw. gleichwertig. Die Probenahme erfolgt als sequentielle Bestimmung für Bakterien anhand von drei hintereinander entnommenen Proben mit einer Probenahmezeit von 30 Minuten in der Tageszeit zwischen 09:00 und 15:00 Uhr. Die Probenahme für Schimmelpilze und Hefen wird über 5 Stunden durchgeführt. Die Probenahmezeit für Endotoxine beträgt 2 Stunden. Es erfolgen Doppelbestimmungen. Eine Plausibilisierung zur Qualitätssicherung erfolgt mittels MAS100. Windrichtungskorridore sollen so genutzt werden, dass sie den Haupt-	

windungsrichtungen entsprechen. Extremwetterlagen, Niederschlag und weitere, ähnlich auf die Repräsentativität wirkende Erscheinungen sind Indikatoren, die Messung nicht durchzuführen und auf einen besser geeigneten Zeitpunkt zu verschieben.

Messungen sollen nicht bei Frost durchgeführt werden. Es liegen mindestens 8 Tage zwischen den einzelnen Messtagen eines Messortes.

Probenahme:	Bakterien	Impingmentverfahren nach VDI 4252 Blatt 3
	Schimmelpilze	Filterverfahren nach VDI 4252 Blatt 2
	Endotoxine	VDI 4252 Blatt 3 (Impingmentverfahren)
Messgeräte:	Impinger	VDI 4252 Blatt 3 (physiologische Kochsalzlösung)
	Filter	VDI 4252 Blatt 2 (Gelatinemembranfilter)
	Vakuumpumpe	ölfreie Pumpe mit einem Enddruck von 50 mbar
	Probenahmegerät	KleinfILTERGERÄT Leckel
	Volumenmesseinheit	kalibrierte Messgasuhr
	Messgastemperatur	messtechnisch rückgeführtes Thermometer
	Messgasdruck	Barometer
	Messgasnachbereitung	Kieselgelrockner
	Meteorologie: Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchte, Windrichtung/-geschwindigkeit, Globalstrahlung	Meteo-Multigeber FMA510 (Vaisala) Strahlungssensor FLA 613 GS
Transport:		PKW mit Kühlbox bei 5 bis 8 °C direkt in das bearbeitende Labor
Lagerung:		maximal 12 Stunden nach Probenanlieferung in Kühlzelle bei 5 °C
Analyse:	Summenparameter	Gesamtbakterienzahl, VDI 4253 Blatt 3, TSA mit Inhibitor Natamycin Gesamtpilzzahl, VDI 4253 Blatt 2, DG18 Agar Endotoxine, pyrogenfreie physiologische NaCl-Sammellösung, DIN EN 14031, LAL-Test
	Leitparameter	Staphylokokken, VDI 4253 Blatt 3, Mannit-Kochsalz-Agar Enterokokken, VDI 4253 Blatt 3, Slanez-Bartley-Agar Staphylococcus aureus, VDI 4253 Blatt 3, Selektivnährboden, Koagulationstest kulturmorphologisch typischer Kolonien Multiresistente Staphylococcus aureus (MRSA), VDI 4253 Blatt 3, Überführung auf Brillance MRSA2 Agar, Antibioqramm
Messbericht		Zwischenergebnisse sind AG umgehend zur Einsicht und Abstimmung vorzulegen Nach Abschluss der Messungen ist ein zusammenfassender Messbericht unter Berücksichtigung der VDI 4251 Blatt1 (Kap. 9.3 und Kap. 11) bzw. VDI 4251 Blatt 2 E zu erarbeiten.

Anhang 2: Messwerte

Tabelle 29: Messwerte Belmsdorf

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luftfeuchte [%rF]	Windrichtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
12.08.13	18,3	1015	56	210	1,9	226	4,4	5	6690	0	0		0
							4,3	78	6951	0	0		0
								54		0	0		
								23		0	0		
								357		0	0		
								168		0	0		
14.08.13	14,6	1021	68	240	2,1	236	0,1	5	39982	0	0		0
							0,1	11	33223	0	0		0
								2		0	0		
								17		4	0		
								66		0	0		
								20		4	0		

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
19.08.13	18,9	1015	72	210	1,7	67	1,4	33	1445	0	0		0
							1,2	43	2125	0	0		0
								14		5	0		
								9		0	0		
								52		10	0		
								28		4	0		
14.10.13	10,8	1019	70	140	4,9	392	0,1	1	126	0	0		0
							0,1	20	226	18	0		0
								1		0	0		
								1		0	0		
								10		0	0		
								1		0	0		

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
16.10.13	8,6	1011	85	210	0,5	90	0,2	21	570	0	0		0
							0,1	7	574	0	0		0
								16		10	0		
								3		0	0		
								7		10	0		
								1		0	0		
04.11.13	9,4	997	61	15	8,2	150	1,2	7	361	0	0		0
							0,1	89	478	20	0		0
								35		4	0		
								6		0	0		
								88		23	0		
								23		27	0		

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
05.05.14	8,4	1017	75	225	1,1	520	0,1	36	1681	8	0		0
							0,8		1477				0
								12		0	0		
								6		0	0		
								72		16	0		
								68		16	0		
19.05.14	14,2	1010	74	225	3,9	735	0,1	4	4109	0	0		0
							0,1	2	4583	0	0		0
								4		0	0		
								53		8	0		
								12		0	0		
								4		0	0		

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
10.06.14	25,3	1018	60	105	2,9	890	0,1	11	1068	8	0		0
							0,1	314	1971	253	0		0
								20		0	0		
								22		7	0		
								4		0	0		
								7		0	0		
02.07.14	18,8	1018	50	270	0,8	660	1,7	27	55453	8	0		0
							0,6	40	58340	23	0		0
								23		0	0		
								22		0	0		
								55		0	0		
								43		0	0		

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
15.09.14	17,8	1017	85	20	2,4	500	0,1	8	4347	0	0		0
							0,1	11	4820	0	0		0
								11		0	0		
								4		0	0		
								4		0	0		
								24		16	0		
24.09.14	11,1	1013	65		4,9	530	0,1	8	411	0	0		0
							0,2	59	327	0	0		0
								23		0	0		
								34		0	0		
								38		15	0		
								19		0	0		

Tabelle 30: Messwerte Brockau

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
15.07.13	16,5	1021	60	250	1,6	780	0,1	5	468	0	0		0
							0,1	2	282	0	0		0
								5		0	0		
								14		0	0		
								48		5	0		
								11		0	0		
17.07.13	21,8	1022	57	40	2,9	840	1,3	11	552	0	0		0
							0,6	25	656	0	0		0
								14		0	0		
								14		4	0		
								11		0	0		
								17		0	0		

Datum	Außen- temp. [°C]	Luft- druck [mbar] (N.N.)	Luft- feuchte [%rF]	Wind- richtung [°]	Wind- geschw. [m/s]	Global- str. [W/m²]	Endo- toxine [EU/m³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero- coccus spp. [KBE/m³]
23.07.13	26,0	1014	48	60	1,6	308	1,8	39	4474	0	0		0
							0,2	17	3693	0	0		0
								3		0	0		
								8		0	0		
								3		0	0		
								2		0	0		
11.11.13	5,1	1028	78	320	2,1	120	0,1	19	151	0	0		0
							0,1	7	152	0	0		0
								14		0	0		
								28		0	0		
								29		5	0		
								4		0	0		

Datum	Außen- temp. [°C]	Luft- druck [mbar] (N.N.)	Luft- feuchte [%rF]	Wind- richtung [°]	Wind- geschw. [m/s]	Global- str. [W/m²]	Endo- toxine [EU/m³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero- coccus spp. [KBE/m³]
14.05.14	8,3	1022	59	310	3,4	390	0,1	2	602	0	0		0
							0,1	8	532	8	0		
								4		0	0		
								2		0	0		
								4		0	0		
								8		8	0		
21.05.14	23,5	1015	43	240	1,9	910	0,4	16	523	0	0		0
							0,4	34	662	0	0		0
								28		16	0		
								11		0	0		
								2		0	0		
								7		0	0		

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
04.06.14	20,0	1009	41		1,5	960	0,1	12	594	0	0		0
							0,1	27	568	0	0		0
								2		0	0		
								7		0	0		
								7		0	0		
								15		0	0		
01.07.14	16,0	1017	53	270	1,7	800	0,1	40	15741	0	0		0
							0,1	8	13603	0	0		0
								8		0	0		
								2		0	0		
								11		8	0		
								4		9	0		

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
06.08.14	19,2	1017	61	80	1,6	890		4	11826	0	0		0
							1,0	4	20217	0	0		0
								1		0	0		
								1		0	0		
								1		0	0		
								15		0	0		
13.08.14	18,0	1006	56	270	1,2	340	0,4	57	905	8	0		0
							0,6	49	793	23	0		0
								44		16	0		
								31		8	0		
								41		0	0		
								26		23	0		

Datum	Außen- temp. [°C]	Luft- druck [mbar] (N.N.)	Luft- feuchte [%rF]	Wind- richtung [°]	Wind- geschw. [m/s]	Global- str. [W/m²]	Endo- toxine [EU/m³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero- coccus spp. [KBE/m³]
01.09.14	12,9	1017	81	340	1,8	240	0,1	29	1868	7	0		0
							0,1	22	1605	7	0		0
								4		7	0		
								4		0	0		
								11		7	0		
								15		0	0		
10.09.14	13,5	1016	76	350	2,1	290	0,1	33	1230	0	0		0
							0,1	19	1149	0	0		0
								2		0	0		
								8		0	0		
								11		0	0		
								19		0	0		
06.10.14	12,9	1013	69	230	2,3	400	0,1	25	699	7	0		0
							1,0	81	602	8	0		0
								43		36	0		
								12		0	0		
								350		29	0		
								188		23	0		

Tabelle 31: Messwerte Melpitz

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
21.08.13	18,5	1015	55	75	1,2	550	0,1	23	1824	0	0		0
							0,1	25	3198	8	0		0
								15		0	0		
								47		13	0		
								2		0	0		
								11		0	0		
26.08.13	19,0	1007	50	60	5,0	610	0,2	25	2771	10	0		0
							0,2	35	2570	13	0		0
								96		24	0		
								45		0	0		
								22		5	0		
								33		0	0		

Datum	Außen- temp. [°C]	Luft- druck [mbar] (N.N.)	Luft- feuchte [%rF]	Wind- richtung [°]	Wind- geschw. [m/s]	Global- str. [W/m²]	Endo- toxine [EU/m³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero- coccus spp. [KBE/m³]
28.08.13	21,0	1005	45	70	1,6	600	1,6	1	2078	0	0		0
							0,4	56	1662	0	0		0
								37		5	0		
								34		0	0		
								138		0	0		
								136		0	0		
13.11.13	8,0	1020	80	260	3,5		0,1	123	214	0	0		0
							0,1	66	265	0	0		0
								86		0	0		
								115		0	0		
								29		5	0		
								73		4	0		

Datum	Außen- temp. [°C]	Luft- druck [mbar] (N.N.)	Luft- feuchte [%rF]	Wind- richtung [°]	Wind- geschw. [m/s]	Global- str. [W/m²]	Endo- toxine [EU/m³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero- coccus spp. [KBE/m³]
12.05.14	12,5	1000	60	265	5,5	530	0,2	8	750	8	0		0
							0,1	19	418	8	0		0
								27		8	0		
								25		6	0		
								4		0	0		
								24		8	0		
02.06.14	17,0	1010	50	10	3,0	740	0,1	16	2478	0	0		0
							0,6	19	3184	0	0		0
								2		0	0		
								12		0	0		
								2		0	0		
								4		0	0		

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
16.06.14	19,5	1010	45	300	2,5	590	0,1	16	3365	0	0		0
							0,1	2	2373	0	0		0
								8		0	0		
								4		0	0		
								2		0	0		
								4		0	0		
16.07.14	23,6	1012	56	280	1,8	760	1,1	49	5128	0	0		0
							1,0	43	5957	8	0		0
								38		0	0		
								19		0	0		
								8		0	0		
								11		0	0		

Datum	Außen- temp. [°C]	Luft- druck [mbar] (N.N.)	Luft- feuchte [%rF]	Wind- richtung [°]	Wind- geschw. [m/s]	Global- str. [W/m²]	Endo- toxine [EU/m³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero- coccus spp. [KBE/m³]
16.09.14	22,0	1008	66	90	2,4	590	0,1	7	5908	0	0		0
							0,1	16	7064	0	0		0
								11		0	0		
								2		0	0		
								15		7	0		
								12		0	0		
29.09.14	20,7	1014	64	230	2,6	540	2,5	38	1120	0	0		0
							1,0	35	843	0	0		0
								15		7	0		
								12		0	0		
								35		0	0		
								30		7	0		

Datum	Außen- temp. [°C]	Luft- druck [mbar] (N.N.)	Luft- feuchte [%rF]	Wind- richtung [°]	Wind- geschw. [m/s]	Global- str. [W/m²]	Endo- toxine [EU/m³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero- coccus spp. [KBE/m³]
16.10.14	19,8	998	68	220	2,6	400	0,4	29	1908	0	0		0
								28	1770	0	0		0
								4		0	0		
								4		0	0		
								53		6	0		
								37		7	0		
21.10.14	13,5	998	72	210	4	320	1,0	45	520	0	0		0
							3,2	24	629	7	0		0
								15		8	0		
								19		0	0		
								15		0	0		
								56		0	0		

Tabelle 32: Messwerte Radebeul-Wahnsdorf

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
03.07.13	19,3	1013	65	205	0,9	620	0,2	33	3398	6	0		0
							0,1	14	4696	14	0		1
								11		11	0		
								19		34	0		
								40		11	0		
								14		5	0		
08.07.13	19,5	1030	65	100	1,2	550	0,2	60	4283	58	0		0
							0,3	17	4107	13	0		0
								10		5	0		
								11			0		
								85		4	0		

Datum	Außen- temp. [°C]	Luft- druck [mbar] (N.N.)	Luft- feuchte [%rF]	Wind- richtung [°]	Wind- geschw. [m/s]	Global- str. [W/m²]	Endo- toxine [EU/m³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero- coccus spp. [KBE/m³]
10.07.13	18,5	1018	60	275	1,7	710	2,1	64	4090	19	0		0
							2,0	169	3881	127	0		0
								5		0	0		
								23		0	0		
								11		0	0		
								30		0	0		
21.10.13	15,5	1018	70	220	2,0	150	0,3	124	3402	25	0		0
							0,4	35	4309	19	0		0
								113		69	0		
								61		10	0		
								32		33	0		
								41		37	0		

Datum	Außen- temp. [°C]	Luft- druck [mbar] (N.N.)	Luft- feuchte [%rF]	Wind- richtung [°]	Wind- geschw. [m/s]	Global- str. [W/m²]	Endo- toxine [EU/m³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero- coccus spp. [KBE/m³]
06.11.13	8,5	997	65	235	2,9	250	0,2	101	253	54	0		0
							0,4	86	328	26	0		1
								43		10	0		
								48		13	0		
								12		10	0		
								13		4	0		
18.11.13	6,0	1001	80	200	1,7	50	0,1	19	471	0	0		0
							0,2	110	522	29	0		0
								10		5	0		
								15		0	0		
								29		0	0		
								11		0	0		

Datum	Außen- temp. [°C]	Luft- druck [mbar] (N.N.)	Luft- feuchte [%rF]	Wind- richtung [°]	Wind- geschw. [m/s]	Global- str. [W/m²]	Endo- toxine [EU/m³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero- coccus spp. [KBE/m³]
28.04.14	13,5	1010	86	55	2,0	210	0,1	28	1013	0	0		0
							0,1	28	1519	0	0		0
								19		8	0		
								8		8	0		
								35		0	0		
								4		0	0		
16.05.14	10,5	1029	57	15	2,9	460	0,2	84	10822	0	0		0
							0,6	129	10117	0	0		0
								82		0	0		
								94		0	0		
								58		0	0		
								74		23	0		

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
26.05.14	21,0	1019	56	65	1,8	770	0,4	12	9967	8	0		0
							0,8	23	7800	0	0		0
								49		8	0		
								8		0	0		
								4		0	0		
								8		7	0		
18.08.14	17,9	1009	55	210	3,5	380	1,2	60	2585	16	0		0
							0,8	134	2103	76	0		0
								16		8	0		
								45		8	0		
								54		8	0		
								47		8	0		

Datum	Außen-temp. [°C]	Luft-druck [mbar] (N.N.)	Luft-feuchte [%rF]	Wind-richtung [°]	Wind-geschw. [m/s]	Global-str. [W/m²]	Endo-toxine [EU/m³]	Gesamt-bakterienzahl (36 °) [KBE/m³]	Gesamt-pilzzahl (25 °) [KBE/m³]	Staphylo-coccus spp. [KBE/m³]	Staphylo-coccus aureus [KBE/m³]	MRSA [KBE/m³]	Entero-coccus spp. [KBE/m³]
28.08.14	17,6	1020	52	210	1,4	560	0,2	22	621	0	0		0
							0,4	4	524	0	0		0
								14		7	0		
								19		0	0		
								21		0	0		
								4		8	0		
08.09.14	18,0	1019	87	20	1,0	200	2,3	194	9055	41	0		0
							1,8	128	9722	22	0		0
								12		0	0		
								14		14	0		
								4		0	0		
								11		7	0		

Anhang 3: Ergebnisse

Tabelle 33: Zusammengefasste Messergebnisse, unterteilt nach Messorten

	Endo- toxine [EU/m ³]	Gesamt- bakterienzahl (36 °) [KBE/m ³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m ³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m ³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m ³]	MRSA [KBE/m ³]	Entero- coccus spp. [KBE/m ³]
Belmsdorf							
n	24	71	24	71	71	71	24
Median	0,1	<BG	1800	0	0	---	0
90-Perzentil	1,6	67	36000	---	---	---	---
95-Perzentil	---	---	---	<BG	0	---	0
Brockau							
n	25	78	26	78	78	78	25
Median	0,1	<BG	680	0	0	---	0
90-Perzentil	1,0	41	13000	---	---	---	---
95-Perzentil	---	---	---	<BG	0	---	0
Melpitz							
n	23	72	24	72	72	72	24
Median	0,2	<BG	2000	0	0	---	0
90-Perzentil	1,4	64	5600	---	---	---	---
95-Perzentil	---	---	---	1/2 BG	0	---	0
Radebeul- Wahnsdorf							
n	24	71	24	70	71	71	24
Median	0,3	<BG	3600	1/2 BG	0	---	0
90-Perzentil	1,9	110	9800	---	---	---	---
95-Perzentil	---	---	---	56	0	---	1

Tabelle 34: Messergebnisse Hintergrundmessung Sachsen

	Endo- toxine [EU/m ³]	Gesamt- bakterien-zahl (36 °) [KBE/m ³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m ³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m ³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m ³]	MRSA [KBE/m ³]	Entero- coccus spp. [KBE/m ³]
Hintergrund Sachsen							
n	96	292	98	291	292	292	97
Median	0,2	<BG	1800	0	0	---	0
90-Perzentil	1,6	73	10000	---	---	---	---
95-Perzentil	---	---	---	<BG	0	---	0

Tabelle 35: Verfahrenskennwerte Hintergrundmessung Sachsen

	Endo- toxine [EU/m ³]	Gesamt- bakterien- zahl (36 °) [KBE/m ³]	Gesamt- pilzzahl (25 °) [KBE/m ³]	Staphylo- coccus spp. [KBE/m ³]	Staphylo- coccus aureus [KBE/m ³]	MRSA [KBE/m ³]	Entero- coccus spp. [KBE/m ³]
Hintergrund Sachsen							
Nachweisgrenze (NWG)	0,0	3	0	3	3	---	3
Bestimmungsgrenze (BG)	0,1	30	1	30	30	---	30
Standardabw. aus Doppelbestimmung	0,4	30	1200	24	---	---	---

Literaturverzeichnis

- GÄRTNER, A.; GESSNER, A.; RABE, R. & MERING, M. (2005): Entwicklung und Erprobung eines Impinger-Messverfahrens zur Emissionsmessung von Mikroorganismen, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL – KRdL-Expertenforum Mikrobielle Luftverunreinigungen, Schriftenreihe Band 35 (2005), S. 101-115
- KOLK, A.; VAN GELDER, R.; SCHNEIDER, G. & GABRIEL, S. (2009): Mikrobiologische Hintergrundwerte in der Außenluft – Auswertung der BGIA-Expositionsdatenbank MEGA, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 69 (2009) Nr. 4, S. 130-136
- SPRINGORUM, A. C.; CLAUß, M. & HARTUNG, J. (2011): A Temperature-Controlled AGI-30 Impinger for Sampling of Bioaerosols, Aerosol Science and Technologie 45 (2011), S. 1231-1239
- TESSERAUX, I. & LUNG, T. (2013): Hintergrundkonzentration von Schimmelpilzen – Kenngrößen für Jahresmittel und Variation, Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 18 (2013) Nr. 2, S. 64-69
- TESSERAUX, I. & LUNG, T. (2014): Hintergrundkonzentration von Gesamtbakterien und weiteren Bioaerosolparametern in Stadtgebieten, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 74 (2014) Nr. 4, S. 368-375
- VDI 4250 Blatt 1: Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen - Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH
- VDI 4251 Blatt 2: Erfassung luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Ermittlung gebiets-typischer Hintergrundkonzentrationen, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH
- VDI 4250 Blatt 3: Anlagenbezogene und schutzgutbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH
- VDI 4251 Blatt 1: Planung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen - Fahnenmessung, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH
- VDI 4252 Blatt 2: Aktive Probenahme von Bioaerosolen - Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat- Filtern, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH
- VDI 4253 Blatt 2: Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft - Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH
- VDI 4252 Blatt 3: Abscheidung von luftgetragenen Bakterien mit Impingern nach dem Prinzip der kritischen Düse, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH
- VDI 4253 Blatt 3: Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis der Bakterienkonzentration in der Luft - Verfahren nach Abscheidung in Flüssigkeiten, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH
- LAI-Bioaerosolleitfaden: Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Bioaerosol-Immissionen der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, 1/2014

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autor:

Michael Lohberger
Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen
Referat Anlagenbezogener Immissionsschutz, Lärm
Söbrigener Straße 3a, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-5216
Telefax: +49 351 2612-5099
E-Mail: michael.lohberger@smul.sachsen.de

Redaktion:

siehe Autor

Foto Titel:

BfUL

Redaktionsschluss:

31.07.2015

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.