

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3715 51 307 0
UBA-FB-00 [trägt die UBA-Bibliothek ein]

Emissions- und Immissionsmessungen von Gerüchen in einer Anlage der Holzwerkstoff- industrie - Abschlussbericht -

von

Dipl.-Geol. Boris Zimmermann
Müller-BBM GmbH, Gelsenkirchen

Dipl.-Ing. (FH) Frank Stöcklein
Müller-BBM GmbH, Nürnberg

M.Sc. Katharina Braunmiller
Müller-BBM GmbH, Karlsruhe

Müller-BBM GmbH – Niederlassung Gelsenkirchen
Am Bugapark 1, DE-45899 Gelsenkirchen,

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Oktober 2017

Kurzbeschreibung

Im Rahmen des Ressortforschungsplan-Vorhabens FKZ 3715 51 307 0 sollen die Geruchsemissionen und -immissionen eines Holzwerkstoffwerks mit Spanplattenanlage im Aufsichtsbezirk der Bezirksregierung Detmold gemessen, verglichen und auf Plausibilität geprüft werden. Hierfür sind folgende Aufgaben zu bearbeiten:

- ▶ Messung der Geruchsimmissionen im Rahmen einer Rasterbegehung gemäß Geruchsimmissionsrichtlinie (GIRL) in Verbindung mit VDI 3940 Blatt 1.
- ▶ Messung der Geruchsemissionen gemäß DIN EN 13725:2003 in Verbindung mit VDI 3880 und VDI 3884 Blatt 1.
- ▶ Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft Anhang 3 mit den gemessenen Geruchsemissionswerten unter Verwendung von AUSTAL2000.
- ▶ Vergleich der gemessenen Geruchsimmissionswerte mit der Geruchsimmissionsprognose (Ausbreitungsrechnung); Prüfung der Plausibilität.

Im Falle von Abweichungen zwischen gemessenen und theoretischen (berechneten) Immissionen sollen mögliche, insbesondere messtechnische Ursachen diskutiert und dargestellt werden.

Die zu erbringende Leistung gliedert sich in folgende vier Arbeitspakete (AP):

1. Messung und Dokumentation von Geruchsemissionen, Geruchsimmissionsprognose durch Ausbreitungsrechnung
2. Messung, Dokumentation und Auswertung von Geruchsimmissionen
3. Vergleichende Auswertung der Geruchsemissions- und Geruchsimmissionsmessungen
4. Projektbezogene Veranstaltungen und weitere Dokumentationspflichten

Abstract

Within the context of the project FKZ 3715 51 307 0, the odour emissions and odour in ambient air of a wood-processing plant with a chipboard system should be measured, compared and checked for plausibility in the supervisory district of the district government Detmold. The following tasks must be carried out:

- ▶ Measurement of odour in ambient air during the course of a grid inspection according to the German Odour Directive (GIRL), in connection with VDI 3940 Part 1
- ▶ Measurement of the odour emissions according to DIN EN 13725:2003 in connection with VDI 3880 and VDI 3884 Part 1
- ▶ Dispersion calculation according to TA Luft, Annex 3 with the measured odour emission values using AUSTAL2000
- ▶ Comparison of the measured values of the odour in ambient air with the odour impact prediction (dispersion calculation); check of plausibility

In the case of deviations between measured and theoretical (calculated) odour in ambient air, possible in particular metrological causes are to be discussed and presented.

The service to be performed comprises the following four work packages (AP):

1. Measurement and documentation of odour emissions, odour impact prediction by dispersion calculation
2. Measurement, documentation, and evaluation of odour in ambient air
3. Comparative evaluation of odour emission measurements and those of odour in ambient air
4. Project-related events and other documentation requirements

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	10
Zusammenfassung	11
Summary	16
1 Einleitung.....	21
1.1 Ausgangssituation.....	21
1.2 Inhalt und Ziel des Vorhabens	21
1.3 Untersuchungsumfang.....	21
1.4 Zusammenarbeit	21
2 Technologie der Holzwerkstoffherstellung und Beschreibung der untersuchten Anlage zur Herstellung von Holzwerkstoffen	22
2.1 Technologie der Holzwerkstoffherstellung.....	22
2.1.1 Vollholz- und Furnierwerkstoffe	22
2.1.2 Holzspanwerkstoffe	22
2.1.3 Holzfaserwerkstoffe.....	22
2.1.4 Verbundwerkstoffe	23
2.2 Untersuchttes Holzwerkstoffwerk mit Spanplattenanlage	23
2.2.1 Anlagenbeschreibung	23
2.2.2 Emissionswerte gemäß aktuellem Genehmigungsbescheid	26
2.2.3 Betriebsbedingungen während der Untersuchungen	27
3 Planung und Durchführung der Untersuchungen	28
3.1 Geruchsimmissionsmessungen	28
3.1.1 Messkonzept.....	28
3.1.2 Abweichungen vom Messkonzept	32
3.2 Geruchsemissionsmessungen	34
3.2.1 Messkonzept.....	34
3.2.2 Abweichungen vom Messkonzept	35
3.3 Geruchsausbreitungsrechnungen	36
4 Auswertung und Zusammenstellung der Ergebnisse	38
4.1 Geruchsimmissionsmessungen	38
4.2 Geruchsemissionsmessungen	45
4.3 Geruchsausbreitungsrechnungen	58

4.4	Auswertung und Vergleich der berechneten und gemessenen Geruchsimmissionen	65
4.4.1	Ausbreitungsrechnungen für drei Emissionsszenarien mit verschiedenen Qualitätsstufen auf Grundlage des Ausbreitungsmodells Austal2000	65
4.4.2	Einfluss der gewählten Qualitätsstufe auf das Ergebnis der Ausbreitungsrechnungen.....	69
4.4.3	Ausbreitungsrechnungen auf Grundlage verschiedener Grenzschichtmodelle.....	76
4.4.4	Ausbreitungsrechnungen mit und ohne Lagerflächen im Außenbereich	77
5	Fazit.....	79
6	Quellenverzeichnis.....	81

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Rasterflächen und theoretische Messpunkte	30
Abbildung 2:	Beurteilungsflächen und tatsächliche Messpunkte	31
Abbildung 3:	Beurteilungsflächen und tatsächliche Messpunkte nach Verlegung des Messpunktes 26.....	33
Abbildung 4:	Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten je 10°-Sektoren der anlagennahen DWD- Station für das Jahr 2016.	37
Abbildung 5:	Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an den Quellen Q2070 (17.03., 15.06. und 25.08.2016) und Q2050 (27.10.2016)	48
Abbildung 6:	Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q3011.....	49
Abbildung 7:	Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q5010.....	50
Abbildung 8:	Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q5040.....	51
Abbildung 9:	Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q6010.....	52
Abbildung 10:	Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q8010.....	53
Abbildung 11:	Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q8040.....	54
Abbildung 12:	Lage der Beurteilungsflächen (rot), des Anlagengeländes (orange umrandet) und der berücksichtigten Gebäudestruktur (grau).....	64
Abbildung 13:	Schematische 3D-Ansicht der berücksichtigten Gebäudestruktur (grau) und Emissionsquellen (rot).....	64
Abbildung 14:	Immissions-Zusatzbelastungen auf der Rasterfläche IX (Nahbereich) der Ausbreitungsrechnungen in Abhängigkeit von der Emissionsrate (GE/Teilchen) und Abgleich mit den Ergebnis der Rasterbegehung	70
Abbildung 15:	Immissions-Zusatzbelastungen auf der Rasterfläche XVII (Fernbereich) der Ausbreitungsrechnungen in Abhängigkeit von der Emissionsrate (GE/Teilchen) und Abgleich mit dem Ergebnis der Rasterbegehung	71

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Emissionswerte gemäß Genehmigungsbescheid hinsichtlich Geruchsstoffkonzentrationen.....	27
Tabelle 2:	Messtechnisch zu betrachtende Quellen und Übertragbarkeit der Messergebnisse.....	34
Tabelle 3:	Zusätzlich messtechnisch untersuchte Quellen	36
Tabelle 4:	Anteilige Immissions-Zusatzbelastung für die Geruchsqualität 1 (Holzwerkstoffwerk – Frisches Holz) (I_{Z1}) einschließlich oberer und unterer Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches sowie durchschnittliche Intensität und Hedonik auf den Beurteilungsflächen	40
Tabelle 5:	Anteilige Immissions-Zusatzbelastung für die Geruchsqualität 2 (Holzwerkstoffwerk – Thermisch beaufschlagtes Holz) (I_{Z2}) einschließlich oberer und unterer Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches sowie durchschnittliche Intensität und Hedonik auf den Beurteilungsflächen	40
Tabelle 6:	Anteilige Immissions-Zusatzbelastung für die Geruchsqualität 3 (Holzwerkstoffwerk – Spezifischer Geruch der Bichsel-Anlage) (I_{Z3}) einschließlich oberer und unterer Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches sowie durchschnittliche Intensität und Hedonik auf den Beurteilungsflächen	41
Tabelle 7:	Immissions-Zusatzbelastung des Holzwerkstoffwerks (I_Z) (Geruchsqualitäten 1 bis 3) einschließlich oberer und unterer Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches sowie durchschnittliche Intensität auf den Beurteilungsflächen	43
Tabelle 8:	Immissions-Gesamtbelastung (I_G) einschließlich oberer und unterer Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches auf den Beurteilungsflächen	43
Tabelle 9:	Ergebnisse der Volumenstrommessungen an geführten Quellen.....	45
Tabelle 10:	Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an geführten Quellen	46
Tabelle 11:	Geruchsstoffkonzentrationen bei verschiedenen Lagerdauern.....	55
Tabelle 12:	Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an diffusen Quellen	56
Tabelle 13:	Ergebnisse der ergänzenden Volumenstrommessungen an den weiteren emissionsrelevanten geführten Geruchsquellen	58
Tabelle 14:	Geführte Emissionsquellen – Emissionsparameter für die Ausbreitungsrechnung	59
Tabelle 15:	Diffuse Emissionsquellen – Emissionsparameter für die Ausbreitungsrechnung	61
Tabelle 16:	Emissionsquellen – Geruchsstoffemissionen für die Ausbreitungsrechnung	61

Tabelle 17:	Varianten (Rechenläufe) der durchgeführten Ausbreitungsrechnungen.....	63
Tabelle 18:	Berechnete Immissions-Zusatzbelastung (<i>I_Z</i>) des Holzwerkstoffwerks auf den Beurteilungsflächen sowie gemessene Immissions-Zusatzbelastung (<i>I_Z</i>).	66
Tabelle 19:	Berechnete und gemessene durchschnittliche Intensität der Immissions-Zusatzbelastung <i>I_Z</i> durch das Holzwerkstoffwerk auf den Beurteilungsflächen.....	69
Tabelle 20:	Anforderungen an die Qualitätsstufe gemäß Anhang G der Programmbeschreibung AUSTAL2000 (Version 2.6) zur Ermittlung der Immissions-Zusatzbelastung <i>I_Z</i> durch das Holzwerkstoffwerk auf den Beurteilungsflächen	74
Tabelle 21:	Anforderungen an die Qualitätsstufe gemäß Anhang G der Programmbeschreibung AUSTAL2000 (Version 2.6) zur Ermittlung der Immissions-Zusatzbelastung <i>I_Z</i> durch das Holzwerkstoffwerk auf den Beurteilungsflächen in Abhängigkeit des jeweiligen Rechengitters	75
Tabelle 22:	Berechnete Immissions-Zusatzbelastung (<i>I_Z</i>) des Holzwerkstoffwerks auf den Beurteilungsflächen mit verschiedenen Grenzschichtmodellen sowie gemessene Immissions-Zusatzbelastung (<i>I_Z</i>).....	76
Tabelle 23:	Berechnete Immissions-Zusatzbelastung (<i>I_Z</i>) des Holzwerkstoffwerks auf den Beurteilungsflächen mit (Rechenlauf-ID B-1-4) und ohne Berücksichtigung der Lagerflächen im Außenbereich (Rechenlauf-ID D-1-4) sowie gemessene Immissions-Zusatzbelastung (<i>I_Z</i>).....	78

Abkürzungsverzeichnis

DIN	Deutsches Institut für Normung
FE-Metalle	Eisenmetalle
GE _E	Europäische Geruchseinheiten (gemäß DIN EN 13725)
GIRL	Geruchsimmissions-Richtlinie
IG	Immissions-Gesamtbelastung
IZ	Immissions-Zusatzbelastung
KWK-Anlage	Energieerzeugungsanlage mit Kraft-Wärme-Kopplung
NE-Metalle	Nichteisenmetall
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

Zusammenfassung

In den 90er Jahren wurden aufgrund der allgemeinen Anforderung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) des Jahres 1986 sowie der ersten Fassung der Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) bei einigen Spänetrocknungsanlagen und Spanplattenpressen der Holzwerkstoffindustrie im Genehmigungsbescheid Emissionswerte für Gerüche im Abgas festgesetzt. Die in den Genehmigungsbescheiden festgelegten Geruchsemissionswerte wurden in den 90er Jahren und auch Anfang der 00er Jahre überwiegend eingehalten. Inzwischen werden jedoch deutlich höhere Geruchsemissionen gemessen als zur Zeit der Festlegung der Geruchsemissionswerte und das, obwohl sich die Anlagentechnik zur Geruchsminderung in diesen Anlagen seit dieser Zeit verbessert hat. Auf der Immissionsseite zeigte sich dieses Problem, z. B. in Form von einer höheren Zahl von Beschwerden über Geruchsbelästigungen, allerdings nicht.

Das Forschungsvorhaben „Emissions- und Immissionsmessungen von Gerüchen in einer Anlage der Holzwerkstoffindustrie“, welches im Rahmen des Ressortforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit durch das Umweltbundesamt (FKZ 3715 51 307 0) vergeben wurde, soll dazu beitragen, die Zusammenhänge zwischen erhöhten Emissionskonzentrationen bei gleichzeitig verminderter Beschwerdesituation zu erklären und damit zu einer Konkretisierung einer Regelung für Geruchsemissionen bei Anlagen der Holzwerkstoffindustrie beitragen. Ziel des Vorhabens ist es daher, ausgehend von den Geruchsemissionen einer Anlage zur Herstellung von Holzwerkstoffen, die Immissionssituation mittels Ausbreitungsrechnung zu prognostizieren und diese Prognose anhand einer Rasterbegehung zur Ermittlung der anlagenspezifischen Geruchsimmissionen zu überprüfen. Die Ergebnisse werden anschließend einander gegenübergestellt, Abweichungen diskutiert und geprüft, ob die Randbedingungen einen Abgleich von Prognose und Begehung zulassen.

Zu diesem Zweck wurde der Untersuchungsumfang des Forschungsvorhabens in folgende Punkte gegliedert:

1. Messung und Dokumentation von Geruchsemissionen
2. Geruchsimmissionsprognose durch Ausbreitungsrechnung
3. Messung, Dokumentation und Auswertung von Geruchsimmissionen
4. Vergleichende Auswertung der berechneten und gemessenen Geruchsimmissionen

Die Messungen der Geruchsemissionen und -immissionen wurden an einem Holzwerkstoffwerk mit Spanplattenanlage durchgeführt.

Im Rahmen der Emissionsermittlung wurden an sieben geführten repräsentativen Emissionsquellen einer Anlage Geruchsemissionsmessungen durchgeführt. Um den Jahresgang abzubilden und potenzielle Schwankungen der Emissionen zu erfassen, wurden die Geruchsstoffkonzentrationen innerhalb des Vorhabens viermal, repräsentativ über ein Jahr verteilt, an den festgelegten Emissionsquellen gemessen. Es ergaben sich vier Emissionsmesskampagnen, welche zeitlich innerhalb der Kalenderwochen 11, 24, 34 und 43 des Jahres 2016 erfolgten, wobei die Messungen an allen sieben Emissionsquellen jeweils an einem Messtag erfolgten. Aufgrund hoher Feuchtegehalte im Abgas wurde im Rahmen der Messungen am Zentralkamin eine dynamische Vorverdünnung des Abgases während der Probenahme erforderlich, um eine Kondensation innerhalb der Probenahmebeutel zu unterbinden. An der betreffenden Emissionsquelle wurden parallel zudem Proben mit statischer Vorverdünnung entnommen, um mögliche Auswirkungen der Art der Vorverdünnung auf die Messergebnisse verifizieren zu können. In Summe ergaben sich hieraus je Emissionsmesskampagne 24 und im gesamten Vorhaben 96 olfaktometrisch zu analysierende Geruchsproben. Die olfaktometrische Auswertung der Proben erfolgte mit je zwei Prüferkollektiven an den einzelnen Messtagen, wobei von einem Prüferkollektiv pro Messtag nicht mehr als 15 bis 16 Geruchsproben olfaktometrisch untersucht

wurden. Die olfaktometrische Auswertung der Proben erfolgte innerhalb von sechs Stunden nach der Probenahme in einem geruchsneutralen Raum in der vom Produktionsbetrieb örtlich getrennten Verwaltung des Anlagenbetreibers. Zusätzlich wurden an einem Messtag die Geruchsemissionen von zwei diffusen Flächenquellen (Langholzlager und Recyclingholzlager) gemessen, um auch für diese Quellen belastbare Emissionsfaktoren für die Ausbreitungsrechnung zu ermitteln. Die Messungen erfolgten unter Verwendung belüfteter Probenahmehauben gemäß VDI-Richtlinie 3880. Die Geruchsstoffkonzentrationen weiterer geführter Emissionsquellen der Anlage wurden auf Grundlage der durchgeführten Emissionsmessungen abgeschätzt.

Die Durchführung der Probenahmen sowie die olfaktometrische Auswertung der Proben erfolgte nach den Vorgaben der DIN EN 13725 in Verbindung mit der VDI-Richtlinie 3884 Blatt 1 sowie der VDI-Richtlinie 3880.

Anhand der olfaktorisch bestimmten Geruchsemissionen erfolgten Ausbreitungsrechnungen mittels des Lagrange'schen Partikelmodells AUSTAL2000 unter Berücksichtigung räumlich repräsentativer meteorologischer Daten des Jahres 2016. Mit Ausnahme des Zentralkamins wurden hierbei die geometrischen Mittelwerte über alle Einzelmessungen herangezogen. Für den Zentralkamin wurden alternativ die drei Emissionsansätze („geom. Mittel“, „best case“, „worst case“) untersucht.

Die Ableitbedingungen der Emissionsquellen des Holzwerkstoffwerks reichen von bodennahen diffusen Emissionsquellen mit Ableithöhen h_q von 0 m über Geländeoberkante (GOK), über geführte Emissionsquellen mit h_q zwischen 6 und 34 m ü. GOK bis hin zum Zentralkamin mit $h_q = 76,9$ m ü. GOK. Die Ausbreitungsrechnungen erfolgten daher unter Berücksichtigung der quellenahen Gebäudestrukturen.

Bei der Festlegung der Lage des Auswerterasters und der Teilflächen wurde in diesem Zuge auf eine möglichst hohe Vergleichbarkeit mit den Beurteilungsflächen der Rasterbegehung geachtet.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes erfolgten sowohl Ausbreitungsrechnungen mit unterschiedlichen Qualitätsstufen als auch mit unterschiedlichen Grenzschnittmodellen.

Neben der Berechnung der Geruchsstundenhäufigkeiten gemäß Nr. 3 der GIRL erfolgte zudem auch die Bestimmung der Intensität der Geruchseinwirkungen gemäß Nr. 5 GIRL. Die Intensitätsbestimmung wurde dabei unter Berücksichtigung der Richtlinien VDI 3940 Blatt 3 und Blatt 5 in Verbindung mit den ergänzenden Ausführungen zur flächenhaften Intensitätsbewertung durchgeführt.

Zur Messung der Geruchsimmissionen wurde eine Rasterbegehung nach den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3940 Blatt 1 in der Zeit von Januar bis Dezember 2016 im Umfeld der Anlage an 34 Messpunkten und daraus resultierenden 17 Rasterflächen mit einer Flächengröße von 250 m × 250 m durchgeführt. Die Messpunkte wurden im Messzeitraum 26-mal durch Prüferinnen und Prüfer begangen. Diese Begehungen wurden gleichmäßig über alle Tages- und Nachtzeiten sowie über alle Wochentage im Messzeitraum verteilt. Des Weiteren wurde darauf geachtet, dass der Begehungsumfang annähernd gleichmäßig auf die 12 eingesetzten Prüferinnen und Prüfer verteilt wurde. Kein Prüfer nahm mehr als 20 % der in Summe 104 Begehungstermine wahr.

Die Ergebnisse der durchgeführten Geruchsemissionsmessungen bestätigen die bestehenden Erfahrungen aus vergangenen Messungen an Anlagen der Holzwerkstoffindustrie¹.

An Emissionsquellen ohne thermische Einwirkung auf die Holzspäne (z. B. Mühlen, Siebe, Sichter, Streumaschinen etc.) ist eine gute Reproduzierbarkeit der Messergebnisse gegeben. Die ermittelten Geruchsstoffkonzentrationen dieser Emissionsquellen zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen den einzelnen Messterminen. Sie liegen zudem im Erwartungsbereich des Projektbegleitkreises. Die

¹ Erfahrungen der Mitglieder des Projektbegleitkreises

Abweichungen zwischen der Geruchsstoffkonzentration der Einzelmessungen und dem geometrischen Mittel aller Einzelmessungen an einer Emissionsquelle liegt in über 80 Prozent der Fälle bei kleiner 3 dB_{od}. Unter Beachtung möglicher Schwankungen der Geruchsemissionen aufgrund der Variationsbreite des natürlichen Rohstoffes Holz liegen die Messergebnisse damit innerhalb der üblichen Schwankungsbreite olfaktometrischer Messungen.

Im Abgas der Emissionsquellen mit thermischer Einwirkung auf die Holzspäne (gemeinsam über den Zentralkamin abgeleitete Abgase der Spänetrocknung und der Heißpresse) ergibt sich eine geringe Reproduzierbarkeit der Messergebnisse, bei im Wesentlichen vergleichbaren Betriebsbedingungen. Auch dies entspricht den Erfahrungen des Projektbegleitkreises, da in der Vergangenheit an vergleichbaren Anlagen der Holzwerkstoffindustrie ähnliche Ergebnisse für diese Betriebselemente ermittelt wurden. Die Abweichungen zwischen der Geruchsstoffkonzentration der Einzelmessungen und dem geometrischen Mittel aller Einzelmessungen liegt hier in nur knapp 70 Prozent der Fälle bei kleiner 3 dB_{od}.

Offensichtlich ist, dass bei den Messungen mit dynamischer Vorverdünnung deutlich größere Schwankungsbreiten auftreten als bei den Messungen mit statischer Vorverdünnung.

Die Geruchsstoffkonzentrationen der Einzelmessungen mit statischer Vorverdünnung liegen weitestgehend innerhalb einer Spannbreite von 2.000 GE_E/m³ bis 10.000 GE_E/m³. Diese Spannbreite wird auch in der VDI-Richtlinie 3462 Blatt 2 für Geruchsemissionen aus der indirekten Holzspänetrocknung bei Spanplattenanlagen angegeben. Die Abweichungen zwischen den Werten der Einzelmessungen und dem geometrischen Mittel aller Einzelmessungen an der betreffenden Emissionsquelle liegen in über 85 Prozent der Fälle kleiner 3 dB_{od}.

Bei dynamischer Vorverdünnung liegen die Geruchsstoffkonzentrationen der Einzelmessungen innerhalb einer Spanne von 480 GE_E/m³ bis 30.000 GE_E/m³. Die Abweichungen zwischen der Geruchsstoffkonzentration der Einzelmessungen und dem geometrischen Mittel aller Einzelmessungen an der betreffenden Emissionsquelle liegt hier in nur in ca. 50 Prozent der Fälle bei Werten kleiner 3 dB_{od}.

Die Umstellung des Probenahmeverfahrens von statischer auf dynamische Vorverdünnung mit Einführung der DIN EN 13725 könnte somit einer der Gründe dafür sein, dass an Spänetrocknungsanlagen und Spanplattenpressen der Holzwerkstoffindustrie inzwischen zeitweise deutlich höhere Geruchsemissionen gemessen werden als bei der Festlegung der Geruchsemissionswerte in den Genehmigungsbescheiden in den 90er Jahren und Anfang der 00er Jahre.

Die Ursachen für die hohe Schwankungsbreite der Geruchsstoffkonzentration im Abgas des Zentralkamins (Abgas der Spänetrockner und der Heißpresse) konnten im Rahmen dieses Forschungsvorhabens jedoch nicht spezifiziert werden. Aus den vorliegenden Daten zu den Betriebsbedingungen, den Abgasrandbedingungen, den meteorologischen Bedingungen sowie den eingesetzten Prüfern lassen sich keine systematischen Zusammenhänge erkennen. Zur weiteren Ursachenanalyse müssten detaillierte Analysen zur Abgaszusammensetzung der betreffenden Betriebselemente und deren Schwankungsbreite bei prinzipiell konstanten Betriebsbedingungen vorliegen. Ebenso können im Abgas enthaltene Aerosole relevanten Einfluss auf die Messergebnisse haben. Insofern wären bei entsprechend komplexen, feuchten (ggf. übersättigten) Abgasströmen mit hohen Temperaturen und enthaltenen Aerosolen und Partikeln ggf. auch die Anforderungen an die Probenahmeeinrichtung zu überprüfen.

Die auf den Emissionsmessungen basierende Ausbreitungsrechnung zeigt eine gute, wenn auch nicht hundertprozentige Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Rasterbegehung.

Die Ergebnisse machen deutlich, dass sich vor allem dann gute Übereinstimmungen sowohl für den Nahbereich als auch für den Fernbereich erzielen lassen, wenn ausreichend hohe Freisetzungsraten (Qualitätsstufen) bei der Geruchsausbreitungsrechnung gewählt werden. In der untersuchten Fallkonstellation ist die Qualität der Ausbreitungsrechnungen für die Berechnung von Geruchsstunden-

häufigkeiten dabei über die Vorgabe einer einzuhaltenden Emissionsrate (von mind. ≤ 5.000 GE/Teilchen (besser ≤ 2.500 GE/Teilchen)) sichergestellt. Alternativ kann die Ermittlung der geeigneten Qualitätsstufe über die Gleichung aus Anhang G der Programmbeschreibung zu AUSTAL2000 angewandt werden, sofern die einzugebenden Parameter konservativ definiert werden.

Hinsichtlich der Geruchsintensitäten kann in der untersuchten Fallkonstellation hingegen keine Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten mittleren Intensitäten erkannt werden. Ursachen für die in Teilen signifikanten Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Intensitäten konnten im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht ermittelt werden.

Die große Schwankungsbreite der ermittelten Geruchsstoffströme des Zentralkamins spiegelt sich bei der im Rahmen des Forschungsvorhabens untersuchten Fallkonstellation nur in deutlich gedämpftem Ausmaß in der berechneten Geruchsstundenhäufigkeit im Anlagenumfeld wieder. Dies ist insbesondere dadurch begründet, dass für die einzelnen Stunden des Jahres nur beurteilt wird, ob die Geruchsstoffkonzentration an den Immissionsorten bzw. innerhalb der Beurteilungsflächen das Geruchsstundenkriterium überschreitet. Wird das Geruchsstundenkriterium innerhalb einer Stunde bereits bei niedrigen Geruchsstoffemissionen überschritten, führt eine erhöhte Geruchsstoffemission zu keiner Veränderung der Geruchsstundenhäufigkeit.

Die Immissionswirksamkeit der diffusen Emissionsquellen (Langholz- und Recyclingholzlager) wurde anhand der messtechnisch ermittelten flächenspezifischen Emissionsfaktoren im Ausbreitungsmodell sachgerecht abgebildet. Für die Beurteilungsflächen im Nahbereich konnten bezüglich der untersuchten Anlage keine Überschätzungen der Geruchsstundenhäufigkeiten der Anlage festgestellt werden, wie dies aus Untersuchungen an anderen Anlagen bekannt ist (siehe zum Beispiel (Grotz et. al. 2015; Hartman et. al. 2015; Schreiber et. al. 2015)). Vielmehr konnte in der hier untersuchten Anlage unter Einbeziehung der diffusen Emissionsquellen eine gute Übereinstimmung zwischen den berechneten und den gemessenen Geruchsstundenhäufigkeiten im Nahbereich erzielt werden.

Da in der untersuchten Fallkonstellation immissionsseitig keine Beschwerdesituation im Hinblick auf Geruchsbelästigungen vorliegt, lassen die Ergebnisse der Rasterbegehung außerdem vermuten, dass natürliche Geruchsqualitäten (wie z. B. frisches Holz) ggf. eine andere Belästigungswirkung aufweisen könnten als Geruchsqualitäten, die erst in Verbindung mit speziellen Produktionsprozessen einhergehen und damit deutlicher als anlagenspezifisch einzuordnen sind.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die prognostizierten Geruchsimmissionen der Ausbreitungsrechnung mit den real gemessenen Geruchsimmissionen gut übereinstimmen.

Bei der untersuchten Anlage konnten trotz der Schwankungen der Geruchsemissionen nachvollziehbare und plausible Aussagen über die tatsächliche anlagenbezogene Geruchsbelastung im Untersuchungsgebiet anhand von Geruchsimmissionsprognosen gemacht werden. Es wurde jedoch auch festgestellt, dass bei der vorliegenden Anlagenkonstellation mit einem Zentralkamin als Hauptemissionsquelle (je nach Emissionsansatz zwischen 42 und 91 % des Gesamt-Geruchsstoffstroms der Anlage) insbesondere die im Rahmen der Ausbreitungsrechnungen gewählte Qualitätsstufe (Freisetzungsrate in GE/Teilchen) einen maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis besitzt.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Höhe der gemessenen Geruchsemissionen nicht zwingend direkt proportional in der Höhe der Geruchsimmissionshäufigkeiten im Anlagenumfeld widerspiegelt. Somit ist einerseits nicht sichergestellt, dass die Festlegung von vorsorgenden Geruchsemissionswerten an den Einzelquellen der Anlage den Schutz vor immissionsseitigen Geruchsbelästigungen in allen Fällen bewirkt. Andererseits kann eine Überschreitung der Geruchsemissionswerte an einzelnen Quellen nicht zwangsläufig mit einer immissionsseitigen Belästigung gleichgesetzt werden. Vielmehr kann eine Überschreitung solcher Geruchsemissionswerte Anlass für eine Überprüfung der Immissionsituation sein. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass eine immissionsseitige Überprüfung, insbesondere im Beschwerdefall, eine geeignetere Lösung zur Abbildung der tatsächlichen Geruchs-

situation darstellt als die Einhaltung von Geruchsemissionswerten an Einzelquellen. Die erforderliche Bestimmung der Geruchsstundenhäufigkeiten kann, auf Basis der Erfahrungen der untersuchten Anlage für den Anlagentyp der Holzwerkstoffwerke, sachgerecht sowohl rechnerisch (Emissionsmessungen in Verbindung mit Ausbreitungsrechnungen) als auch messtechnisch (Rasterbegehungen) ermittelt werden.

Die im vorliegenden Projekt gewonnenen Erkenntnisse über die Beziehungen und Zusammenhänge zwischen der Emissions- und Immissionssituation gelten zunächst grundsätzlich für die untersuchte Anlage. Eine Übertragung der Erkenntnisse auf andere Betriebe der Holzwerkstoffindustrie dürfte jedoch gerechtfertigt sein, wenn dabei insbesondere folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- ▶ Standort der Anlage (z. B. Industriestandort ist unmittelbar angrenzend an ein Wohngebiet bzw. eher mittelbar angrenzend; vgl. hier Gebietsausweisungen nach Baurecht)
- ▶ Beschaffenheit bzw. Höhe der Emissionsquellen (bodennah, nicht bodennah, Kaminhöhe)
- ▶ Beschaffenheit der Umgebung, in der die Emissionen als Immissionen ankommen (Berg-Tal, hügelig, flach etc.)

Weiterhin lassen sich die Erkenntnisse über das Emissionsverhalten der untersuchten Anlage auf andere Anlagen der Holzwerkstoffindustrie übertragen, wenn vergleichbare Roh- und Hilfsstoffe sowie verfahrenstechnologische Be- und Verarbeitungsschritte eingesetzt werden. Dies beinhaltet auch die Problematik bezüglich der geringen Reproduzierbarkeit der Messergebnisse an Emissionsquellen mit thermischer Einwirkung auf die Holzspäne (Spänetrocknung und Heißpresse)².

Abschließend ergaben sich im Rahmen der Forschungsarbeiten auch Problemstellungen, die innerhalb des Projektes nicht geklärt werden konnten, z. B. die Geruchsprobenahme in komplexen, feuchten (ggf. übersättigten) Abgasströmen mit hohen Temperaturen und enthaltenen Aerosolen und Partikeln, die Bewertung der Belästigungsrelevanz von natürlichen Geruchsqualitäten (z. B. frisches Holz) sowie die Ermittlung von Geruchsintensitäten mittels Ausbreitungsrechnungen. Diese Aspekte könnten der Gegenstand zukünftiger Forschungsprojekte sein.

² Erfahrungen der Mitglieder des Projektbegleitkreises

Summary

In the 1990s, emission values for odours in the exhaust gas were defined in the letter of permits for certain chip dryers and particle board presses of the wood-based panels industry. This was done due to the general requirements of the Technical Instructions on Air Quality Control (TA Luft) of 1986 as well as the first version of the German Guideline for Odour Concentrations (GIRL). In the 1990s and early 2000s, the measured odour emissions mainly complied with the threshold values set by the authorities. In the meantime, however, significantly higher odour emissions are measured, and this, although the systems technology for the odour reduction in these plants has improved since then. However, this problem has not occurred on the odour immissions side, e.g. in the form of a higher number of complaints about offensive odours.

The research project "Emission and immission measurements of odours in a plant of the wood-based panels industry", which was awarded by the German Environment Agency (FKZ 3715 51 307 0) within the departmental research agenda of the Federal Ministry for Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, is intended to explain the correlation between increased emission concentrations with simultaneously reduced emergence of complaints, and thereby contributes to specify regulations for odour emissions from facilities of the wood-based panels industry. Based on odour emissions of a wood-processing plant, the object of this project is to predict the odour impact in ambient air by means of dispersion calculations, and to check this prediction by means of a grid inspection to determine the plant-specific odour exposure. Subsequently, the results are compared, deviations are discussed and reviewed whether both methods lead to the same result depending on the boundary conditions.

For this purpose, the scope of investigations of the research project was structured as follows:

1. Measurement and documentation of odour emissions
2. Odour impact prediction by dispersion calculation
3. Measurement, documentation and evaluation of odour in ambient air
4. Comparative evaluation of the calculated and measured odour impact in ambient air

The measurements of the odour emissions and odour in ambient air were carried out at a wood-processing plant with a particleboard production line.

Within the emission determination, emission measurements were carried out at seven stationary representative emission sources of a plant. In order to survey the annual development and potential fluctuations, the odour concentration was measured four times within the project, representatively distributed over the year, at the selected emission sources. The four measurement campaigns were carried out in weeks 11, 24, 34 and 43 of 2016. In each case the measurements at all seven emission sources were carried out on the same day. In the course of the measurements on the central stack, due to high moisture contents in the exhaust gas a dynamic predilution of the exhaust gas was required during the sampling in order to avoid condensation in the sampling bag. In order to verify possible effects on the measurement results depending on the type of predilution, samples with static predilution were taken simultaneously on the central stack. In total, 24 odour samples per emission campaign and 96 odour samples throughout the project were taken to be olfactometrically analysed. The samples were olfactometrically evaluated by two panels each on the same measurement day, whereby not more than 15 to 16 odour samples were olfactometrically evaluated by one panel per measurement day. The olfactometric evaluations of the samples were carried out within six hours after sampling in an odourless room situated in the administration building of the plant operator, locally separated from the production plant. In addition, on one measurement day the odour emissions of two fugitive area sources (log yard and recycling wood yard) were measured in order to determine reliable emission factors for the dispersion calculation. The measurements were carried out

using ventilated sampling hoods according to the guideline VDI 3880. The odour concentration of further stationary emission sources of the plant was estimated on the basis of the performed measurements.

The sampling as well as the olfactometric evaluation of the samples were carried out according to the requirements of DIN EN 13725 in connection with the guidelines VDI 3884 Part 1 as well as VDI 3880.

Based on the olfactorily determined odour emissions, dispersion calculations were carried out by means of the Lagrangian particle model AUSTAL2000 considering spatially representative meteorological data of the year 2016. Except for the central stack, the geometric means of all individual measurements were taken into account. In deviation to this three emission approaches (“geometric mean”, “best case”, “worst case”) were examined for the central stack.

The discharge conditions of the emission sources of the wood-processing plant vary from fugitive sources with discharge heights h_q of 0 m above ground level (GOK) to stationary emission sources with h_q between 6 and 34 m above ground level up to the central stack with $h_q = 76.9$ m above ground level. Therefore, the dispersion calculations were carried out in consideration of the building structures near to the sources.

The position of the evaluation grid and the partial areas were chosen with a high comparability with the assessment squares in mind.

In the course of this research project, dispersion calculations with different quality levels as well as boundary layer models were carried out.

In addition to the calculation of the odour hour frequencies according to No. 3 of the German Guideline for Odour Concentrations GIRL, the intensity of the odour impacts according to No. 5 GIRL was also determined. The intensity determination was carried out by taking into account guideline VDI 3940, Parts 3 and 5 in conjunction with additional explanations for a two-dimensional intensity assessment.

A grid inspection was carried out in order to measure the odour in ambient air according to the specifications of guideline VDI 3940 Part 1 in the period from January to December 2016. In the vicinity of the plant at 34 measuring points were defined, resulting in 17 grid areas with a surface size of 250 m × 250 m each. During the measurement period, the measuring points were inspected 26 times by panel members. These inspections were distributed evenly over day and night period as well as weekdays throughout the measurement. In addition, attention was paid to distribute the inspection extent almost equally among the 12 panel members. None of the examiners kept more than 20 % of the in total 104 inspection dates.

The results of the performed odour emission measurements confirm the existing experiences from former measurements at plants of the wood-based panels industry³.

Reproducibility of the measurement results is high for emission sources without thermal influence on the wood chips (e.g. mills, screens, classifier, mat former, etc.). The determined odour concentrations of these emission sources show a good correlation between the individual measurement dates. They lie also within the expectancy range of the advisory committee. In more than 80 percent of the cases, the deviations between the odour concentration of the individual measurements and the geometric mean of all individual measurements at one emission source is less than 3 dB_{od}. Taking into account possible fluctuations in the odour emissions due to variations of the natural raw material i.e. wood,

³ Experiences of the members of the advisory committee

the measurement results are thus within the usual fluctuation margin of olfactometric measurements.

Despite substantially comparable operating conditions there is a low reproducibility of the measurement results in the exhaust gas of the emission sources with thermal influence on the wood chips (exhaust gases of chip drying process and press, which are jointly discharged through the central stack). This is also in line with the experiences of the advisory committee, as comparable results for these operating elements were determined in the past at similar plants of the wood-based panels industry. A deviation less than 3 dB_{od} between the odour concentration of the individual measurements and the geometric mean of all individual measurements is only true for less than 70 percent of the cases.

Obviously, significantly greater fluctuations occur when measured with dynamic predilution than with static predilution.

The odour concentrations of the individual measurements with static predilution are largely within a range of 2,000 ouE/m³ to 10,000 ouE/m³. This range is also specified in guideline VDI 3462 Part 2 for odour emissions from the indirect drying of wood chips in chipboard plants. In more than 85 percent of the cases deviations between the values of the individual measurements and the geometric mean of all individual measurements at the relevant emission source are lower than 3 dB_{od}.

The odour concentrations of the individual measurements with dynamic predilution are within a range of 480 ouE/m³ to 30,000 ouE/m³. Only in approx. 50 percent of the cases, the deviations between the odour concentration of the individual measurements and the geometric mean of all the individual measurements at the relevant emission source are lower than 3 dB_{od}.

The conversion of the sampling method from static to dynamic predilution with the introduction of DIN EN 13725 could thus be one of the reasons that meanwhile significantly higher values of odour emissions in the chip dryers and presses of the wood-based panels industry are measured than when defining the odour emission values in the letter of permits in the 1990s and early 2000s.

However, the reasons for the high fluctuation range of the odour concentration in the exhaust gas of the central stack (exhaust gas from chip dryers and press) could not be specified in this research project. No systematic correlations can be derived from the available data regarding the operating conditions, the exhaust gas boundary conditions, the meteorological conditions as well as the panel members. For further examination, detailed analyses of the exhaust gas composition of the operating elements and their variability under basically constant operating conditions would be required. Aerosols contained in the exhaust gas can also have a significant influence on the measurement results. In this respect, the requirements for the sampling device should also be checked in case of complex, humid (possibly saturated) exhaust gas streams with high temperatures and aerosols and particles.

The dispersion calculation based on the emission measurements shows a good, however not a complete, accordance with the results of the field inspection with grid method.

The results show that good matches can be achieved for close as well as far range especially if sufficiently high release rates (quality levels) are selected for the odour dispersion calculation. In the examined case constellation, the quality of the dispersion calculations for the calculation of odour hour frequencies is ensured due to the requirement of a given emission rate (at least $\leq 5,000$ ou/particle (preferably $\leq 2,500$ ou/particle)). Alternatively, the appropriate quality level can be determined using the equation in Appendix G of the program description for AUSTAL2000, provided the parameters to be entered are defined conservatively.

However, regarding the odour intensities of the examined case constellation, no accordance between measured and calculated average intensities can be recognized. Causes for the partially significant

deviations between measured and calculated intensities could not be determined within the framework of this research project.

At the example of the research project, the large fluctuation range of odour flow rates determined at the central stack is reflected in a significantly lower extent in the calculated odour hour frequencies in the vicinity of the plant. This is in particular due to the fact that for each hour it is just determined whether the concentration of the odour impact at the assessment points or within the assessment areas exceeds the odour hour criterion. If for low odour emissions this criterion is exceeded, increased odour emissions do not lead to any change in the odour hour frequency.

With respect to the measured values, the influence on pollution of the diffuse emission sources (log yard and recycling wood yard) was properly reproduced in the dispersion model. In contrast to studies on other plants, no overestimations of the odour hour frequencies have been identified in the vicinity (see, for example, Grotz et. al. 2015; Hartman et. al. 2015; Schreiber et. al. 2015). Taking into account the diffuse emission sources, in the immediate vicinity a good correlation between the calculated and the measured odour hour frequencies has been established.

Since, in this case, there are no complaints with regard to odour nuisance, the results of the grid inspection also suggest that natural odour qualities (such as fresh wood) may have a different level of disturbance than odour qualities, that occur only in combination with specific production processes and can thus be determined more clearly as plant-specific.

In summary, it can be said that the predicted odour impact in ambient air according to the dispersion calculation are in good correlation with the actually measured one.

Despite the fluctuations of the odour emissions, it was possible to make comprehensible and plausible statements about the actual plant-related odour pollution in the assessment area by means of dispersion calculation. However, it has also been found that in the case of the present plant constellation with a central stack as main emission source (depending on the emission approach between 42 % and 91 % of the total odour flow rate of the plant), the quality level (release rate in ou/particle) selected within the framework of the dispersion calculations has a decisive influence on the result.

The results show that the level of the measured odour emissions is not necessarily directly proportional to the level of the odour impact frequencies in the environment of the plant. Thus, on the one hand, the establishment of precautionary odour emission values at the individual sources of the plant does not guarantee the protection against odour nuisance in all cases. On the other hand, an exceedance of the odour emission values at individual sources is not inevitable equated with odour nuisance. On the contrary, an exceedance of odour emission values is rather the reason to check the odour impact. The results lead to the conclusion that a verification of odour in ambient air, in particular in the case of complaint, is a more appropriate solution to describe the actual odour situation than the compliance with odour emission values at individual sources. Based on the experiences with the examined wood-processing plant, the determination needed of odour hour frequencies can be appropriately implemented calculatively (emission measurements and dispersion calculations) as well as metrologically (grid method).

In principle, the experiences from this project regarding relations and correlations between emission and immission situation are valid for the examined plant. However, transferring the findings to other plants of the wood-based panels industry might be justified if the following criteria are taken into account:

- ▶ Location of the plant (e.g. industrial location is directly adjacent to a residential area or rather indirectly adjoining; see here area designation according to building law)
- ▶ Type and height of the emission sources (ground level, not ground level, stack height)

- Structure of surroundings at the place of odour impacts caused by emissions (mountain-valley, hilly, flat, etc.)

Furthermore, the knowledge about the emission behavior of the investigated plant can be transferred to other plants in the wood-based panels industry when raw and auxiliary materials as well as technological processing and production steps are comparable. This also includes the difficulty regarding the low reproducibility of the measurement results at emission sources with thermal effects on wood chips (chip dryer and press)⁴.

Finally, the research work also revealed problems which could not be clarified within the project, e.g. regarding the odour sampling in complex, humid (possibly supersaturated) exhaust gas streams with high temperatures and included aerosols and particles, the evaluation of the nuisance relevance of natural odour qualities (e.g. fresh wood) as well as the determination of odour intensities by dispersion calculations. These aspects could be the subject of future research projects.

⁴ Experiences of the members of the advisory committee

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

In den 90er Jahren wurden aufgrund der allgemeinen Anforderung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) des Jahres 1986 sowie der ersten Fassung der Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) (LAI 1994) bei einigen Spänetrocknungsanlagen und Spanplattenpressen der Holzwerkstoffindustrie im Genehmigungsbescheid Emissionswerte für Gerüche im Abgas festgesetzt. Die in den Genehmigungsbescheiden festgelegten Geruchsemissionswerte wurde in den 90er Jahren und auch Anfang der 00er Jahre überwiegend eingehalten. Inzwischen werden jedoch deutlich höhere Geruchsemissionen gemessen als zur Zeit der Grenzwertfestlegung und das, obwohl sich die Anlagentechnik zur Geruchsminderung in diesen Anlagen seit dieser Zeit verbessert hat. Auf der Immissionsseite zeigte sich dieses Problem, z. B. in Form von einer höheren Zahl von Beschwerden über Geruchsbelästigungen allerdings nicht.

Dies bedeutet bei den betroffenen Anlagen in der Konsequenz häufig, dass bestehende Emissionswerte nicht mehr eingehalten werden können. Gleichzeitig ist jedoch zu beobachten, dass sich die Beschwerdesituation im Umfeld solcher Anlagen eher entspannt hat.

1.2 Inhalt und Ziel des Vorhabens

Das Vorhaben soll dazu beitragen, die Zusammenhänge zwischen erhöhten Emissionskonzentrationen bei gleichzeitig verminderter Beschwerdesituation zu erklären und damit zu einer Konkretisierung einer Regelung für Geruchsemissionen bei Anlagen der Holzwerkstoffindustrie beitragen.

Ziel des Vorhabens ist es daher, ausgehend von den Geruchsemissionen einer Anlage zur Herstellung von Holzwerkstoffen, die Immissionssituation mittels Ausbreitungsrechnung zu prognostizieren und diese Prognose anhand einer Rasterbegehung zur Ermittlung der anlagenspezifischen Geruchsimmissionen zu überprüfen. Die Ergebnisse werden einander gegenübergestellt, Abweichungen diskutiert und geprüft, ob die Randbedingungen einen Abgleich von Prognose und Begehung zulassen.

1.3 Untersuchungsumfang

Der Untersuchungsumfang ist in folgende Punkte gegliedert:

1. Messung und Dokumentation von Geruchsemissionen
2. Geruchsimmissionsprognose durch Ausbreitungsrechnung
3. Messung, Dokumentation und Auswertung von Geruchsimmissionen
4. Vergleichende Auswertung der berechneten und gemessenen Geruchsimmissionen
5. Projektbezogene Veranstaltungen und weitere Dokumentationspflichten

Die Messungen der Geruchsemissionen und -immissionen werden an einem Holzwerkstoffwerk mit Spanplattenanlage im Aufsichtsbezirk der Bezirksregierung Detmold (NRW) durchgeführt.

1.4 Zusammenarbeit

Das Vorhaben wird durch einen Begleitkreis fachlich unterstützt.

Die Zusammenarbeit erfolgte darüber hinaus mit dem Betreiber der Anlage zur Herstellung von Holzwerkstoffen, die für die Durchführung der Emissionsuntersuchungen ihre Anlage zur Verfügung gestellt haben.

2 Technologie der Holzwerkstoffherstellung und Beschreibung der untersuchten Anlage zur Herstellung von Holzwerkstoffen

2.1 Technologie der Holzwerkstoffherstellung

Holzwerkstoffe sind Werkstoffe, die durch das Verleimen von Vollholzelementen, Furnier oder zerkleinertem Holz hergestellt werden.

Als Ausgangsstoffe kommen Furniere, Holzstäbe oder -bretter, Holzspäne, Holzhackschnitzel, Holzfasern oder gerichtete lange Holzspäne (sogenannte oriented strands) zum Einsatz.

Im überwiegenden Maße werden Holzwerkstoffplatten gefertigt. Durch den Einsatz unterschiedlicher Ausgangsstoffe werden Werkstoffeigenschaften für unterschiedliche Anwendungsbereiche erzielt.

2.1.1 Vollholz- und Furnierwerkstoffe

Zu den Vollholz- und Furnierwerkstoffen zählen alle Werkstoffe, die aus Massivholzelementen (z. B. Bretter, Stäbchen) bzw. Furnieren (dünne gesägte oder geschälte Holzblätter) hergestellt werden. Die verschiedenen Schichten werden entweder „gesperrt“ (um 90° verdreht) oder in gleicher Faserausrichtung „geschichtet“ verleimt. Je nach Ausgangsstoffen werden Brettschichtholz-, Brettsperrholz-, Stabsperrholz-, Furnierschichtholz-, Furniersperrholz- oder andere Vollholz- und Furnierholzplatten gefertigt.

Da die Trocknung und der Pressvorgang bei deutlich niedrigeren Temperaturen erfolgen (< 100 °C bis 150 °C) als bei den nachfolgend beschriebenen Werkstoffen, sind auch die Geruchsemissionen an solchen Anlagen in der Regel nicht zu überwachen.

2.1.2 Holzspanwerkstoffe

Die Holzspanplatten werden durch Verpressen vorbeleimter Späne meist in Durchlaufpressen gefertigt. Dabei werden die Späne unterschiedlicher Größe in drei bis fünf Schichten auf das Pressenband aufgebracht. Die Außenlagen werden meist aus den feineren Spänen gefertigt, um die Weiterverarbeitung bzw. die Veredelung durch Beschichtungen zu verbessern. Neben den Durchlaufpressen kommen – jedoch deutlich seltener – auch Etagenpressen (diskontinuierliche Fertigung) und Kalandrpressen zum Einsatz.

Als geruchsintensive Fertigungsschritte sind das Trocknen der Späne in Trommeltrocknern (Trocknereintrittstemperatur 150 °C bis über 300 °C je nach Bauart) sowie das Pressen der Platten (Presstemperaturen zwischen 160 °C und 250 °C) zu nennen.

Hier können im Grundsatz auch die Grobspanplatten bzw. OSB-Platten (oriented strandboards) eingeordnet werden.

2.1.3 Holzfaserwerkstoffe

Die Holzfaserplatten werden durch Verpressen vorbeleimter Fasern meist in Durchlaufpressen gefertigt. Die Fasern werden durch thermomechanische Zerfaserung von Holzhackschnitzeln unter Druck erzeugt. Die Beleimung erfolgt entweder im nachgeschalteten Trockner (Blow-Line-Beleimung), durch feines „Verdüsen“ des Leims auf die getrockneten Fasern (Trockenbeleimung) oder durch Vermengen der getrockneten Fasern mit der Leimflotte in einem Mischer (Mischerbeleimung). Die Platten werden je nach den erforderlichen Materialeigenschaften als Ein- oder Mehrschichtplatten gefertigt.

Als geruchsintensive Fertigungsschritte sind auch bei den Holzfaserplatten der Trocknungs- und der Pressvorgang anzusehen.

2.1.4 Verbundwerkstoffe

Als Verbundwerkstoffe sind Holzwerkstoffe zu nennen, die neben Holz auch Bestandteile wie Kunststoffe, Beton oder Papier enthalten. Beispiele sind furnierte Hartfaserplatten mit Polystyrolkern, zementgebundene Spanplatten oder Platten und Formteile aus thermoplastisch verarbeiteten Verbundwerkstoffen (Holz-Polymer-Werkstoffe bzw. Wood Plastic Composites).

2.2 Untersuchtes Holzwerkstoffwerk mit Spanplattenanlage

2.2.1 Anlagenbeschreibung

Das untersuchte Holzwerkstoffwerk mit Spanplattenanlage ist in acht Betriebseinheiten unterteilt, die nachfolgend beschrieben werden.

Betriebseinheit 10 – Rohstofflager

Recyclinganlage (Q1010)

In der Recyclinganlage werden stofflich einsetzbare Gebrauchthölzer und Holzwerkstoffe aus der eigenen Produktion oder aus aktuell produziertem angelieferten Material zu Stückgut zerkleinert und in die Großraumsilos gefördert.

Holzschnitzelannahme (Q1020)

Das hackschnitzelförmige Schüttgut wird mit Lkw in Containern oder in Sonderfahrzeugen angeliefert und nach Reinigung und weiterer Zerkleinerung als Basisrohstoff in der Spanplattenherstellung eingesetzt.

Sägespananlage (Q1050)

Sägespäne und Reststoffe der Sägeindustrie werden in geschlossenen Lkw-Containern oder in Sonderfahrzeugen angeliefert.

Betriebseinheit 20 – Zerspanung I Spanaufbereitung

Langholzerspaner 1 & 2 (Q2010, Q2020)

In zwei Langholzerspanern werden Holzstämme mit einer Länge von 1 – 12 Metern zu Mittelschicht-Spänen geschnitten.

Holzschnitzelvorreinigung (Q2030, Q2060)

Die Holzschnitzel werden über eine zentrische Austrageanlage aus den Vorratssilos in die mechanischen Fördereinrichtungen dosiert und zur Vorreinigung transportiert.

Die Reinigung besteht im Wesentlichen aus einem starken Überbandmagneten, der das Holz von FE-Metallen und Holzteilen mit Eiseneinlagerungen reinigt.

Anschließend werden auf einer Sieb- oder Walzensiebzanlage verschiedene Größen klassifiziert und teilweise von NE-Teilen gereinigt. Das anfallende Feingut wird zur thermischen Verwertung in die KWK-Anlage mechanisch transportiert. Der wahlweise pneumatische Abtransport (Q2060) ist zurzeit stillgelegt und wird nicht betrieben.

Holzschnitzelaufbereitung Linie 1,2,3 (Q2040, Q2050, Q2070)

Aus zwei Bunkieranlagen werden die gereinigten Holzschnitzel auf drei Aufbereitungslinien verteilt. Vor jeder Mühle ist ein Schwergutabscheider montiert, der auf die Korngröße der Holzschnitzel eingestellt wird und Fremdkörper ausschleust. In Hammermühlen mit unterschiedlichen Siebeinlagen werden die gebrauchsfertigen Späne hergestellt. Jede Mühle ist mit einer Absaugung ausgerüstet.

Betriebseinheit 30 – Span Trocknung und Sichtung

Trockner

Im Trockner 1 (Q3010) werden im Wesentlichen die Mittelschicht-Mühlenspäne (BE20) sowie die Sägespäne (BE10) und Schneidspäne der Langholzspaner (BE20) getrocknet.

Im Trockner 2 (Q3020) werden in der aktuellen Fahrweise die gleichen Spansortimente wie im Trockner 1 eingesetzt. Die Fahrweise und Belastung beider Trockner ist nahezu identisch.

Beide Trockner werden als Indirekt-Trockner betrieben.

Siebanlage (Q3011)

Die Siebe werden in eine horizontale Kreisbewegung versetzt. Da der Siebkasten mit den darin befindlichen Siebgeweben leicht geneigt ist, wird das aufgegebene Spanmaterial je nach eingesetztem Siebgewebe fraktioniert und in den vorgesehenen Transportgassen je Fraktion zum Auslaufkasten des Siebes transportiert.

Schwebesichter (Q3011)

In den Schwebesichtern wird die aufgegebene Spanfraktion pneumatisch durch Schweb- und Wirbelprozesse separiert. Ziel ist es, die Späne mithilfe ihrer Dichte von Mineralien und Fremdkörpern zu reinigen.

Deckschichtmühlen (Q3030 & Q3031)

Aus dem Grobgutsilo wird die gewünschte Spanmenge zu den Deckschichtmühlen transportiert. Durch die Ventilatorwirkung des Vielfächerschlagrades wird das Material in den Mahlraum gesaugt. Aufgrund der Fliehkräfte legt sich das Spanmaterial an die Schlagleisten des Schlägerades an und wird an den Mahlbahnen entlang geführt. Diese Mühlenanlage wird zurzeit nicht betrieben. Alternativ steht eine Hammermühle zur Nachzerkleinerung zur Verfügung. Vor den Zerkleinerungsmühlen sind Grobgutabscheider montiert, um Schwerteile auszusondern und die Mühlenanlagen zu schützen.

Bichsel-Anlage (Q3040)

Anlage zur Aufbereitung eines alternativen nachwachsenden Rohstoffes als Substitut für Holz.

Betriebseinheit 40 – Trockenspan silo, Leimlager und Beleimung

Die Trockenspan silos werden als Puffer zwischen der Spänetrocknung (BE30) und dem Formstrang (BE50) benötigt. Die Silos dienen als Dosier- und Mischeinrichtung, um die verschiedenen Produktionsvarianten herzustellen. Die Lagerung der Produktionschemikalien und die Verarbeitung geschehen in geschlossenen Behältern und Anlagen ohne Abluft.

Betriebseinheit 50 – Formstrang

Die beleimten Deckschicht- und Mittelschichtspäne aus der BE 40 gelangen über separate mechanische Förderer zu Scheibensortierern, die die nachfolgenden Anlagenteile vor „Leimkrusten“, „Leim-Spanklumpen“ und Anlagerungen aus den Förderern schützen. Über eine geregelte Verteilung werden die beleimten Späne in vier Streumaschinen gefördert, die in Produktionsrichtung als Deck-

schicht-, zwei Mittelschicht- und eine Deckschicht-Streueinheit oberhalb des Formstranges aufgebaut sind.

Die Deckschicht-Streumaschinen (Q5010) bestehen aus einem Bandbunker, der als kleine Pufferstation dient und das Spanmaterial je nach Produktionsvorgabe zur Streueinrichtung dosiert.

Die Deckschicht-Streueinrichtung besteht aus rotierenden Stachelwalzen und einer luftunterstützten Separation in einer geschlossenen Windstreukammer mit einstellbarer Luftströmung.

Die Funktion der Mittelschicht-Streumaschinen (Q5020) entspricht baulich im Wesentlichen dem der Deckschicht-Streumaschinen; jedoch erfolgt die Spanaustragung ohne Luftströmung.

In Produktionsrichtung durchläuft die endlos gestreute Spanmatte dann eine hydraulische Vorpresse (Kaltbereich), die die Spanmatte fixiert und zur Vorverdichtung dient. Zur Vermeidung von Staubemissionen am Formstrang und der Beleimung wird an verschiedenen Stellen Unterdruck angelegt, der in die zentrale Formstrangabsaugung (Q5020) mündet.

Die Conti-Roll-Pressen (Q5050) sind eine kontinuierlich arbeitende Heißpresse, die zur Herstellung von Spanplatten im Durchlaufverfahren dient. Die vorverdichtete endlose Spanplatte wird auf der Unterseite auf ein umlaufendes Stahlband übergeben; von oben wird ein weiteres Stahlband an die Spanmatte herangeführt. Die Spanmatte wird durch einen hydraulisch einstellbaren Pressspalt transportiert. Unter Temperatur- und Druckeinwirkung findet die Verklebung der einzelnen Späne zur Holzspanplatte statt.

Die endlose Spanplatte durchläuft dann die Besumungsstation (Q5040) und wird im Durchlauf beidseitig formatiert und abgelängt.

Betriebseinheit 60 – Schleifen (Q6010 & Q6020)

In der Schleifmaschine 1 sind vier Schleifaggregate in einem Maschinenständer aufgebaut. Die Ober- und Unterseite der Spanplatte wird mit größeren Breitbandschleifbndern durch je zwei Kalibrierkpfe transportiert, die die Oberflächen egalisieren. Der Schleifstaub wird abgesaugt und durch die Filteranlage Q6010 abgeschieden.

In der Schleifmaschine 2 sind auch vier Schleifaggregate in einem Maschinenständer zusammengefasst. Hier wird mit feinen Schleifbndern und durch eine spezielle Bandführung in zwei Schleifstufen eine glatte Oberfläche an der Spanplattenober- und Unterseite erzeugt. Gleichzeitig wird die Platte mit einer kombinierten Blas-/Saugdse beidseitig von Schleifstaub gereinigt (Q6020).

Betriebseinheit 70 – Zuschnitt

An der Nut- und Feder-Anlage (Q7010) werden Platten verschiedener Formate mit Nut und Feder für die fugenlose Verlegung hergestellt. Die Anlage ist zurzeit außer Betrieb.

An der Vielblattsge (Q7020) werden Spanplatten auf die vom Kunden gewünschten Fixmae zugeschnitten.

Betriebseinheit 80 – Brennstofflager für Energieerzeugung

Es werden in der Regel stckige Brennstoffe und blasfhiges Brennmaterial in getrennten Entladeeinrichtungen angenommen, gelagert und zur Feuerungsanlage transportiert.

Das stckige Brennmaterial wird z. B. als Schüttgut mit Lkw in Containern angeliefert und in der Abladestation für stckiges Brennmaterial (Q8010) entladen. Die Lkw fahren rückwärts in eine Abkipphalle, die am hinteren Ende mit einem Entladerichter ausgerüstet ist.

Die Abladestation (Q8020) für blasfähiges Brennmaterial ist baulich ähnlich ausgeführt.

Über den Zentralkamin (Q8040) erfolgt die Ableitung der beiden Spänetrockner (Q3010 und Q3020), der Bichsel-Anlage (Q3040) und der Conti-Roll-Presse (Q5050) sowie der Abgase der KWK-Anlage.

2.2.2 Emissionswerte gemäß aktuellem Genehmigungsbescheid

Für die untersuchte Anlage sind im Rahmen der aktuell gültigen immissionsschutzrechtlichen Genehmigung für eine Vielzahl der in Kapitel 2.2 aufgeführten Emissionsquellen Emissionswerte hinsichtlich Geruchsstoffkonzentration festgelegt. Die entsprechenden Emissionwerte können der nachfolgenden Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Emissionswerte gemäß Genehmigungsbescheid hinsichtlich Geruchsstoffkonzentrationen

Quelle	Bezeichnung	Emissionswert [GE/m³]
Q1010	Recyclinganlage Hilfsabsaugung	500
Q1020	Abkipphalle Holzschnitzel	100
Q1050	HD Sägespantransport zum Dosiersilo	750
Q2010	LH1 Langholzerspaner Hilfsabsaugung	100
Q2020	LH2 Langholzerspaner Hilfsabsaugung	100
Q2030	Hilfsabsaugung der Hackschnitzelvorreinigung	500
Q2040	HKS Mühlenabsaugung Linie 1	500
Q2050	HKS Mühlenabsaugung Linie 2	500
Q2070	Absaugung Mühle und Nachreinigung HKS Linie 3	500
Q3010/Q3020	Brüdenentstaubung Trockner 1/Trockner 2 + Mittenabsaugung	2.000
Q3011	Absaugung Siebe und Siebter Trockner 1	500
Q3021	Absaugung Siebe und Siebter Trockner 2	500
Q3030/Q3031	Absaugung DS-Mühle	100
Q3040	Bichsel-Anlage	80.000
Q5010	Absaugung DS-Streumaschinen	100
Q5020	Absaugung Formstrang Vorpresse	100
Q5030	Absaugung Fehlschüttung	100
Q5040	Filter DD-Säge Besäumung	500
Q5050	Pressenabsaugung	3.500
Q6010	Filter Schleifaggregat 1	75
Q6020	Filter Schleifaggregat 2	75
Q7010	Nut & Feder-Anlage	500
Q7020	Filter Säge	100
Q8010	Abkipphalle Brennstoff stückig	100
Q8011	Siebertstaub Brennstaub	100
Q8020	Späneannahme Absaugung	100
Q8040	Ableitung der Abgas der Quellen Q3010, Q3020, Q3040, Q5050 sowie der Feuerungsanlage	

Quelle: Müller-BBM GmbH

2.2.3 Betriebsbedingungen während der Untersuchungen

Bei der Messplanung wurden die Termine gleichmäßig über das Jahr verteilt, um jahreszeitliche Effekte zu berücksichtigen. Dabei wurden Messtermin-Abstände von ca. zehn Wochen gewählt. Der Messabstand in den Wintermonaten wurden etwas länger gewählt, da bei Temperaturen $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ eine Emissionsmessung nicht möglich ist (zwölf Wochen). Alle sieben Emissionsmessstellen wurden an einem Tag beprobt, um auch hier möglichst einen engen vergleichbaren Messzeitraum für die Gesamt-Anlage zu erhalten.

Bei der Messplanung wurden die Anlagenparameter im Bereich der genehmigten Leistungsdaten mit berücksichtigt. Um die Bewertung der Geruchsmessung am Ende so weit wie möglich Produktionszustand-unabhängig zu machen, wurde festgelegt, einen möglichst konstanten Betriebszustand einzustellen. Die Anlage wurde so weit wie möglich bei konstanten Betriebsbedingungen und hoher Auslastung gefahren. Dabei wurden z. B. Produkttyp, Leimtypen, Holzsortiment-Mix, Produktionsgeschwindigkeit, Abluftvolumenströme, Trocknungstemperaturen, Nass-Spanmenge, Abluftmengen, Massenströme etc. konstant gehalten.

Informationen zum Betriebszustand der Anlage über das Jahr, wie z.B. Anlagenstillstände, Voll- und Halblastbetrieb, wurden dem Messinstitut zur Verfügung gestellt. Diese wurden im Rahmen der Plausibilitätsprüfung der Messergebnisse der Geruchs-Rastermessung sowie bei der Ableitung der Emissionszeiten für die Ausbreitungsrechnungen herangezogen.

3 Planung und Durchführung der Untersuchungen

3.1 Geruchsimmissionsmessungen

3.1.1 Messkonzept

Die Geruchsimmissionen wurden durch Prüferbegehungen nach VDI-Richtlinie 3940 Blatt 1 (VDI 2006) sowie der GIRL (LAI 2008) ermittelt. Der zum Zeitpunkt der Messplanung vorliegende Entwurf der DIN EN 16841-1 (DIN 2015) wurde im Hinblick auf die Bestimmung von Messunsicherheiten ergänzend herangezogen.

Innerhalb eines Beurteilungsgebietes mit einem Radius von 2.700 m um das Holzwerkstoffwerk wurden auf Basis der Erkenntnisse von Geruchsimmissionsmessungen im Umfeld des Anlagenstandortes aus dem Jahre 2003 sowie orientierender Ausbreitungsrechnungen zur Ermittlung der Immissionsmaxima 17 Beurteilungsflächen mit einer Flächengröße von $250\text{ m} \times 250\text{ m}$ festgelegt. Die gewählten Beurteilungsflächen lagen innerhalb dieses Beurteilungsgebietes und umfassten im Nah- und Fernbereich der Anlage die Flächen mit den höchsten erwarteten Immissionshäufigkeiten. Die grundlegende Festlegung zur Lage der Beurteilungsflächen erfolgte im Rahmen des Auftaktgespräches am 22.10.2015 mit dem Begleitkreis und die Detailabstimmung im Nachgang mit dem Anlagenbetreiber und der zuständigen Genehmigungsbehörde der untersuchten Anlage.

Die Begehungen erfolgten in der Zeit von Januar 2016 bis Dezember 2016. Die Erhebungen wurden von einem Prüferkollektiv aus zwölf Prüferinnen und Prüfern durchgeführt, deren Einsatz möglichst gleichmäßig auf die einzelnen Begehungstage erfolgte. Es kamen nur nach DIN EN 13725 (DIN 2003) und GIRL (LAI 2008) geeignete Prüferinnen und Prüfer zum Einsatz, die über den Zweck der Untersuchung, den Verhaltenskodex, das Messverfahren und die Bedeutung der Ergebnisse aufgeklärt wurden.

Die 34 Eckpunkte der Beurteilungsflächen bilden die theoretischen Messpunkte der Begehung (s. Abbildung 1). Bei der Festlegung der tatsächlichen Messpunkte wurde darauf geachtet, dass die Prüferinnen und Prüfer möglichst frei stehen können, sich nicht in unmittelbarer Nähe von Häusern,

hohen Mauern, Bewuchs usw. befinden (seitlicher Mindestabstand ca. 1,5 m) und eine sachgerechte und gefahrlose Begehung der Messpunkte möglich war. Auch stark befahrene Straßen sind als Messstandort ungünstig (Lärm, Verkehrsgerüche). Örtlich begrenzte Geruchsquellen wie z. B. Abluftschächte, Kanaldeckel oder Komposthaufen wurden bei der Festlegung der Messpunkte ebenfalls nach Möglichkeit vermieden. Es ergaben sich daraus leichte Verschiebungen gegenüber den theoretischen Messpunkten (s. Abbildung 2).

Die Messpunkte wurden im Messzeitraum 26-mal durch Prüferinnen und Prüfer begangen. Diese Begehungen wurden gleichmäßig über alle Tages- und Nachtzeiten sowie über alle Wochentage im Messzeitraum verteilt. Des Weiteren wurde darauf geachtet, dass der Begehungsumfang annähernd gleichmäßig auf die Prüferinnen und Prüfer verteilt wurden. Kein Prüfer nahm mehr als 20 % der in Summe 104 Begehungstermine wahr. Im Zuge der Messdurchführung kam es (z. B. krankheitsbedingt) zu Ausfallterminen. Für diese Ausfalltermine wurden Nachholtermine angesetzt. Die Auswahl von Nachholterminen erfolgte unter dem Gesichtspunkt, die Veränderungen bzgl. der statistischen Verteilung der Messtermine gegenüber dem ursprünglichen Begehungsplan möglichst gering zu halten.

Die Begehung der Messpunkte wurde in ihrer Reihenfolge so festgelegt, dass benachbarte Messpunkte einer Beurteilungsfläche an unterschiedlichen Tagen begangen werden. Dies stellt sicher, dass bei der räumlich gleitenden Auswertung für jede Beurteilungsfläche vier unterschiedliche Messtage in die Kenngrößenermittlung eingehen.

Es ergaben sich daraus folgende Messtouren in angegebener Begehungsreihenfolge:

Messpunkte Tour A:	31, 22, 20, 29, 16, 14, 8, 3, 1
Messpunkte Tour B:	30, 23, 21, 28, 15, 9, 7, 2
Messpunkte Tour C:	33, 27, 25, 19, 17, 13, 11, 4, 6
Messpunkte Tour D:	34, 26, 24, 32, 18, 12, 10, 5

Innerhalb des Vorhabens ist nur der Anteil an Geruchsimmissionen zu betrachten, der auf den Betrieb des Holzwerkstoffwerks zurückzuführen ist. Es waren hierbei folgende Geruchsqualitäten zu unterscheiden:

1. Frisches Holz
2. Thermisch beaufschlagtes Holz (insbesondere Gerüche aus den Späne-Trocknern und der Heißpresse)
3. Spezifischer Geruch der Bichsel-Anlage

Die vorhandene Geruchsimmission wurde durch eine Aufenthaltszeit von zehn Minuten an jedem Messpunkt (Messzeitintervall) unter Beachtung der oben beschriebenen Vorgaben erfasst. Wurden während des Messzeitintervalls in mindestens 10 % der Zeit (Geruchszeitanteil) Geruchsimmissionen der vorbezeichneten Art erkannt, wurde dieses Messzeitintervall als „Geruchsstunde“ gezählt. Die Geruchswahrnehmungen wurden in einem Datenaufnahmebogen dokumentiert. Die Erhebungen wurden zudem anhand von lokal erhobenen Winddaten einer Plausibilitäts- und Repräsentativitätsprüfung unterzogen.

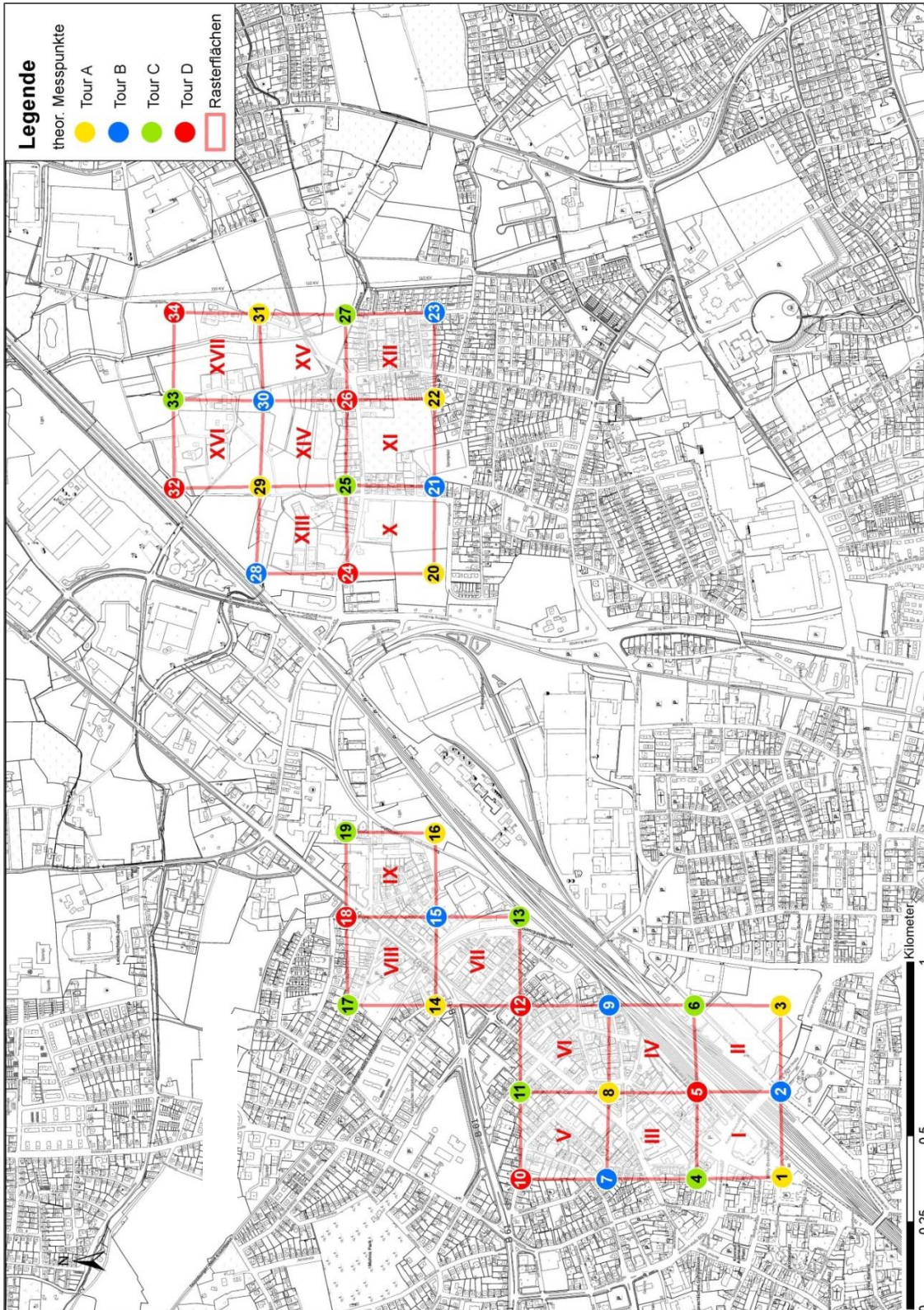
Ergänzend erfolgte im Rahmen der Messungen an jedem Messpunkt im Anschluss an die Ermittlung der Geruchszeitanteile eine Bewertung festgestellter Geruchszeitanteile im Hinblick auf Geruchsinintensitt und hedonischer Geruchswirkung im Feld entsprechend VDI 3940 Blatt 3 (VDI 2010a). Es wurden nur Takte bewertet, welche eindeutig einer auf den Betrieb des Holzwerkstoffwerks zurückzuführen Geruchsqualität zugeordnet werden konnten.

Die Kategorisierung zur Angabe der Geruchsinintensitten erfolgte anhand einer Ordinalskala, deren Klassen in einer definierten Reihenfolge angeordnet sind:

sehr schwach (1) < schwach (2) < deutlich (3) < stark (4) < sehr stark (5) < extrem stark (6)

Die Kategorisierung zur Angabe der Geruchshedonik erfolgte anhand einer neunstufigen Skalierung von „äußerst unangenehm“ (- 4) über „neutral“ (0) bis „äußerst angenehm“ (4).

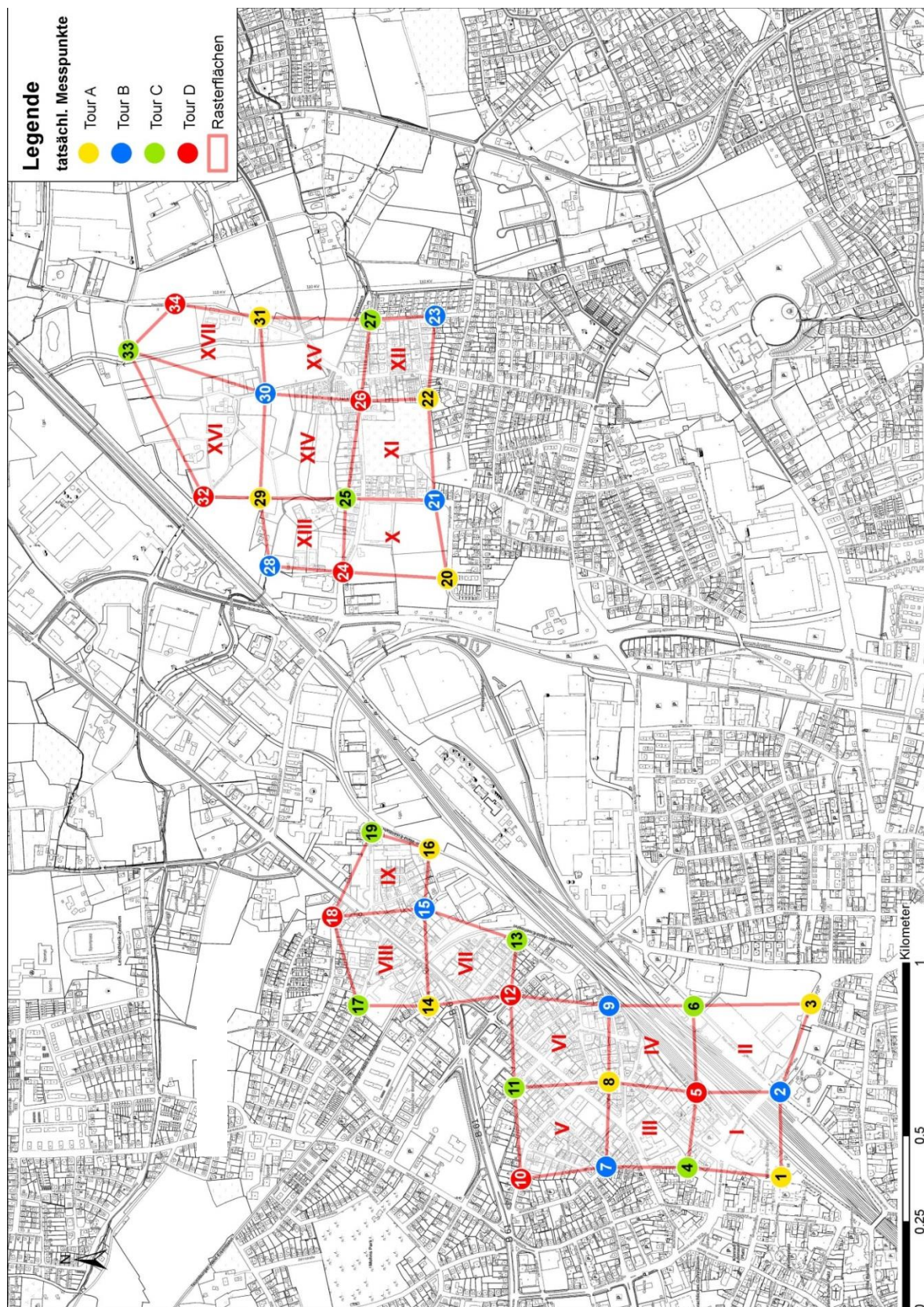
Abbildung 1: Rasterflächen und theoretische Messpunkte



Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

Hintergrundgrafik: Geobasisdaten der Kommunen des Landes NRW © Geobasis NRW, 2016)

Abbildung 2: Beurteilungsflächen und tatsächliche Messpunkte



Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

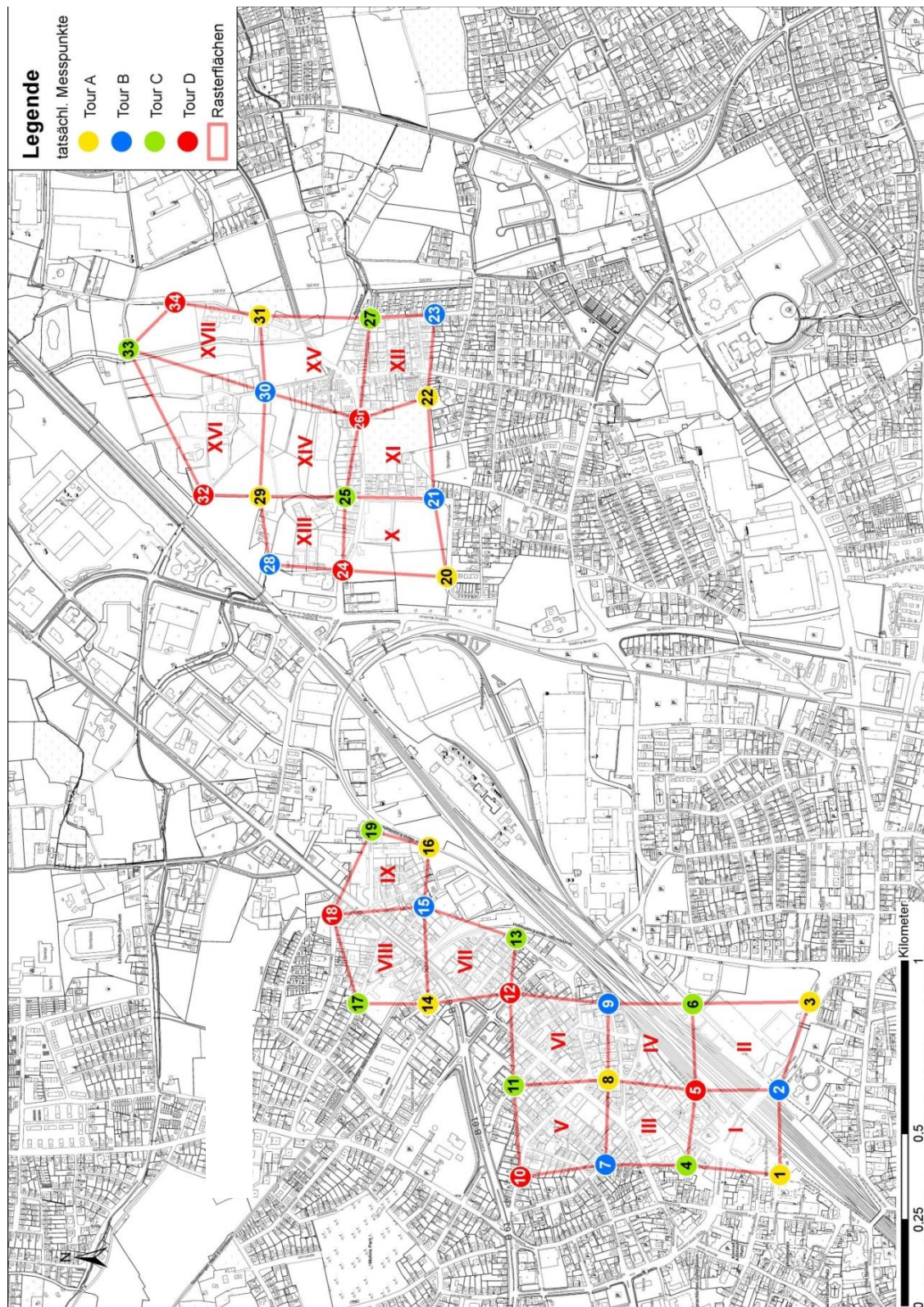
Hintergrundgrafik: Geobasisdaten der Kommunen des Landes NRW © Geobasis NRW, 2016)

3.1.2 Abweichungen vom Messkonzept

Der Messpunkt 26 wurde im Rahmen der Rasterbegehung verlegt. Die neue Lage des Messpunktes wurde im Folgenden mit Messpunkt 26 neu bzw. 26n bezeichnet (s. Abbildung 3). Ursache für die Verlegung war ein verbaler und körperlicher Angriff auf einen Prüfer durch einen Anwohner am Messpunkt 26 während der Begehung am 28.01.2016. Die Begehungen der Messtour D bis einschließlich der Begehung am 28.01.2016 wurden als Nachholtermine unter Berücksichtigung des MP 26n erneut durchgeführt.

Drei Begehungen mussten krankheitsbedingt an Nachholterminen durchgeführt werden.

Abbildung 3: Beurteilungsflächen und tatsächliche Messpunkte nach Verlegung des Messpunktes 26



Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

Hintergrundgrafik: Geobasisdaten der Kommunen des Landes NRW © Geobasis NRW, 2016)

3.2 Geruchsemissionsmessungen

3.2.1 Messkonzept

Im Rahmen der Geruchsemissionsmessungen wurden an sieben geführten repräsentativen Emissionsquellen (Quellen Nr. Q2070, Q3011, Q5010, Q5040, Q6010, Q8010 und Q8040) Geruchsemissionsmessungen durchgeführt. Um den Jahresgang abzubilden, wurden die Geruchsstoffkonzentrationen innerhalb des Vorhabens viermal, repräsentativ über ein Jahr verteilt, an den festgelegten Emissionsquellen gemessen. Es ergaben sich vier Emissionsmesskampagnen, welche zeitlich innerhalb der Kalenderwochen 12, 24, 34 und 43 des Jahres 2016 geplant waren.

Die Ergebnisse der messtechnisch zu betrachtenden Emissionsquellen sind entsprechend der Auflistung in der Tabelle 2 auf vergleichbare Emissionsquellen übertragbar.

Auf Basis der durchgeführten Emissionsmessungen konnten somit für alle vorliegenden geführten Geruchsemissionsquellen fundierte Eingangsdaten für die an die Emissionsmessungen anschließenden Ausbreitungsrechnungen herangezogen werden. Die Übertragbarkeit der Messergebnisse von gemessenen auf nicht gemessene Emissionsquellen wurde mit dem Anlagenbetreiber und der zuständigen Genehmigungsbehörde abgestimmt.

Die abschließende Festlegung der zu messenden Emissionsquellen wurde im Rahmen eines Ortstermins am 01.03.2016 vorgenommen.

Tabelle 2: Messtechnisch zu betrachtende Quellen und Übertragbarkeit der Messergebnisse

Quell-Nr.	Quell-Bezeichnung	Nr. der Quellen, auf die die Messergebnisse übertragbar sind
Q2070	Absaugung Mühle und Nachreinigung HKS Linie 3	Q1010; Q1020; Q1050; Q2010; Q2020; Q2030; Q2040; Q2050
Q3011	Absaugung Siebe und Sichter Trockner 1	Q3031
Q5010	Absaugung DS-Streumaschinen	Q5020; Q5030
Q5040	Filter DD-Säge Besäumung	
Q6010	Filter Schleifmaschine 1	Q6020; Q7020
Q8010	Abkipphalle Brennstoff stückig	Q8020
Q8040	Zentralkamin	beinhaltet die Abgasströme der Quellen Q3010, Q3020, Q3040 und Q5050

Quelle: Müller-BBM GmbH

An jeder der sieben Emissionsquellen wurden je Emissionsmesskampagne drei Geruchsproben über in der Regel 30 Minuten entnommen. Die Messungen an allen sieben Emissionsquellen erfolgten jeweils an einem Messtag.

Aufgrund hoher Feuchtegehalte im Abgas wurde im Rahmen der Messungen am Zentralkamin (Q8040) eine dynamische Vorverdünnung des Abgases während der Probenahme erforderlich, um eine Kondensation innerhalb der Probenahmebeutel zu unterbinden. An der betreffenden Emissionsquelle wurden parallel zudem Proben mit statischer Vorverdünnung entnommen, um mögliche Auswirkungen der Art der Vorverdünnung auf die Messergebnisse verifizieren zu können. Als Vorverdünnungsgas wurde jeweils Stickstoff eingesetzt. Die Ermittlung der Vorverdünnungsfaktoren erfolg-

te über die Messung der Sauerstoffkonzentration (dynamische Vorverdünnung) bzw. über das Probenahmevolumen (statische Vorverdünnung).

In Summe ergaben sich hieraus je Emissionsmesskampagne 24 und im gesamten Vorhaben 96 olfaktometrisch zu analysierende Geruchsproben. Die olfaktometrische Auswertung der Proben erfolgte mit je zwei Prüferkollektiven an den einzelnen Messtagen, wobei von einem Prüferkollektiv pro Messstag nicht mehr als 15 bis 16 Geruchsproben olfaktometrisch untersucht wurden.

Die olfaktometrische Auswertung der Proben erfolgte innerhalb von sechs Stunden nach der Probenahme in einem geruchsneutralen Raum in der vom Produktionsbetrieb örtlich getrennten Verwaltung des Anlagenbetreibers.

Die Durchführung der Probenahmen sowie die olfaktometrische Auswertung der Proben erfolgte nach den Vorgaben der DIN EN 13725 (DIN 2003) in Verbindung mit der VDI-Richtlinie 3884 Blatt 1 (VDI 2015) sowie der VDI-Richtlinie 3880 (VDI 2011).

Zur Bestimmung des Geruchsstoffstroms wurden zusätzlich folgende Kenngrößen des Abgases ermittelt:

- ▶ Temperatur und Feuchte im Kanal an der Messstelle
- ▶ Statischer Druck
- ▶ Strömungsgeschwindigkeit

Ergänzend wurde an allen weiteren geführten Geruchsemissionsquellen, die sich zum Messzeitpunkt in Betrieb befanden, der Abluftvolumenstrom einmalig ermittelt. Die Ermittlung der Volumenströme war während der zweiten oder dritten Emissionsmesskampagne geplant.

Keine Betrachtung im Hinblick auf Geruchsemissionen und Geruchseinwirkungen erfolgte für die Quellen:

- ▶ Q1030, Q1040, Q5060, Q6030, Q6040 und Q6060 (HD Transport Holz/Holzstaub) sowie Q8012, Q8014, Q8015, Q8016, Q8022 und Q8024 (Atmung Silo Filter) aufgrund der erfahrungsgemäß sehr geringen Betriebszeiten und Abluftvolumenströme
- ▶ Q8030 (Kessel Thermoöl) sowie Q8031 (Redundanzkessel) aufgrund der erfahrungsgemäß sehr geringen Betriebszeiten

An diesen Emissionsquellen erfolgten daher keine Messungen.

Die Festlegung der Emissionsparameter für die diffusen Emissionsquellen (flächenbezogenen Emissionsfaktoren für Lagerflächen im Außenbereich) sollte zunächst über eine qualifizierte und nachvollziehbare Abschätzung anhand von Literaturdaten und von eigenen Messerfahrungen (ggf. unter Einbeziehung vorliegender Erkenntnisse des Anlagenbetreibers, des Begleitkreises und der Genehmigungsbehörde) erfolgen. Eine messtechnische Ermittlung war im Rahmen des Vorhabens war nicht vorgesehen.

3.2.2 Abweichungen vom Messkonzept

Die Messungen der ersten Emissionsmesskampagne erfolgten nicht innerhalb der Kalenderwoche 12 sondern innerhalb der 11. Kalenderwoche (am 17.03.2016).

Am Messtermin der vierten Messkampagnen war die Emissionsquelle Q2070 (HKS Mühlenabsaugung Linie 1) nicht in Betrieb. Ersatzweise wurden die Messungen an diesem Messtag an der bzgl. des Emissionsverhaltens vergleichbaren Emissionsquelle Q2050 (HKS Mühlenabsaugung Linie 2) durchgeführt.

Auf Basis der Ergebnisse des Zwischengespräches am 14.09.2016 zum Forschungsprojekt wurde beschlossen, die Emissionsparameter für die Lagerflächen im Außenbereich mittels einmaliger Emissionsmessungen zu ermitteln. Dabei wurden Emissionsfaktoren für das Langholzlager (Langholz sowie Rinden- und Holzreste) und für das Recyclingholzlager bestimmt (s. Tabelle 3). Die Messungen erfolgen am 21.06.2017 unter Verwendung belüfteter Probenahmehauben gemäß VDI-Richtlinie 3880. An den Emissionsquellen des Langholzlagers (Langholz sowie Rinden- und Holzreste) wurden je drei Geruchsproben über 30 Minuten als Mischproben über drei Messpunkte entnommen. An der Emissionsquelle des Recyclingholzlagers werden drei Geruchsproben über 30 Minuten als Mischproben über zwei Messpunkte entnommen. Die reduzierte Anzahl der Messpunkte resultiert maßgeblich aus Gründen des Arbeitsschutzes sowie einer Vermeidung von Bereichen innerhalb der Außenlager, in denen zur Aufrechterhaltung der Produktionsabläufe Transport- und Umschlagvorgänge erfolgen.

Tabelle 3: Zusätzlich messtechnisch untersuchte Quellen

Quell-Nr.	Quell-Bezeichnung
RC	Recyclingholzlager
LH	Langholzlager

Quelle: Müller-BBM GmbH

3.3 Geruchsausbreitungsrechnungen

Die im Rahmen dieses Forschungsprojektes durchzuführenden Ausbreitungsrechnungen erfolgten mittels des Lagrange'schen Partikelmodells AUSTAL2000 (Version 2.6.11) (Janicke und Janicke 2003, 2004a). Das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 stellt die beispielhafte Umsetzung im Hinblick auf die Anforderungen des Anhangs 3 der TA Luft (2002) dar und beruht auf dem Modell der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 (VDI 2000).

AUSTAL2000 wurde zudem für Fragen der Geruchsausbreitung angepasst, um entsprechend dem deutschen Bewertungssystem der GIRL Geruchsimmissionen in Form von Geruchsstundenhäufigkeiten berechnen zu können (Janicke und Janicke 2004b). Bei der Festlegung der Lage des Auswerterasters und der Teilflächen wurde in diesem Zuge auf eine möglichst hohe Vergleichbarkeit mit den Beurteilungsflächen der Rasterbegehung (Kapitel 3.1) geachtet.

Das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 umfasst ein Grenzsichtmodell nach Richtlinie VDI 3783 Blatt 8 in der Fassung von 2002 (VDI 2002). Das Grenzsichtmodell kann in bestimmten Situationen zu unrealistisch schmalen Abgasfahnen führen, was insbesondere bei der Bestimmung von Geruchsstundenhäufigkeiten in größerer Quellentfernung zu einer systematischen Überschätzung führen kann (Janicke und Janicke 2014).

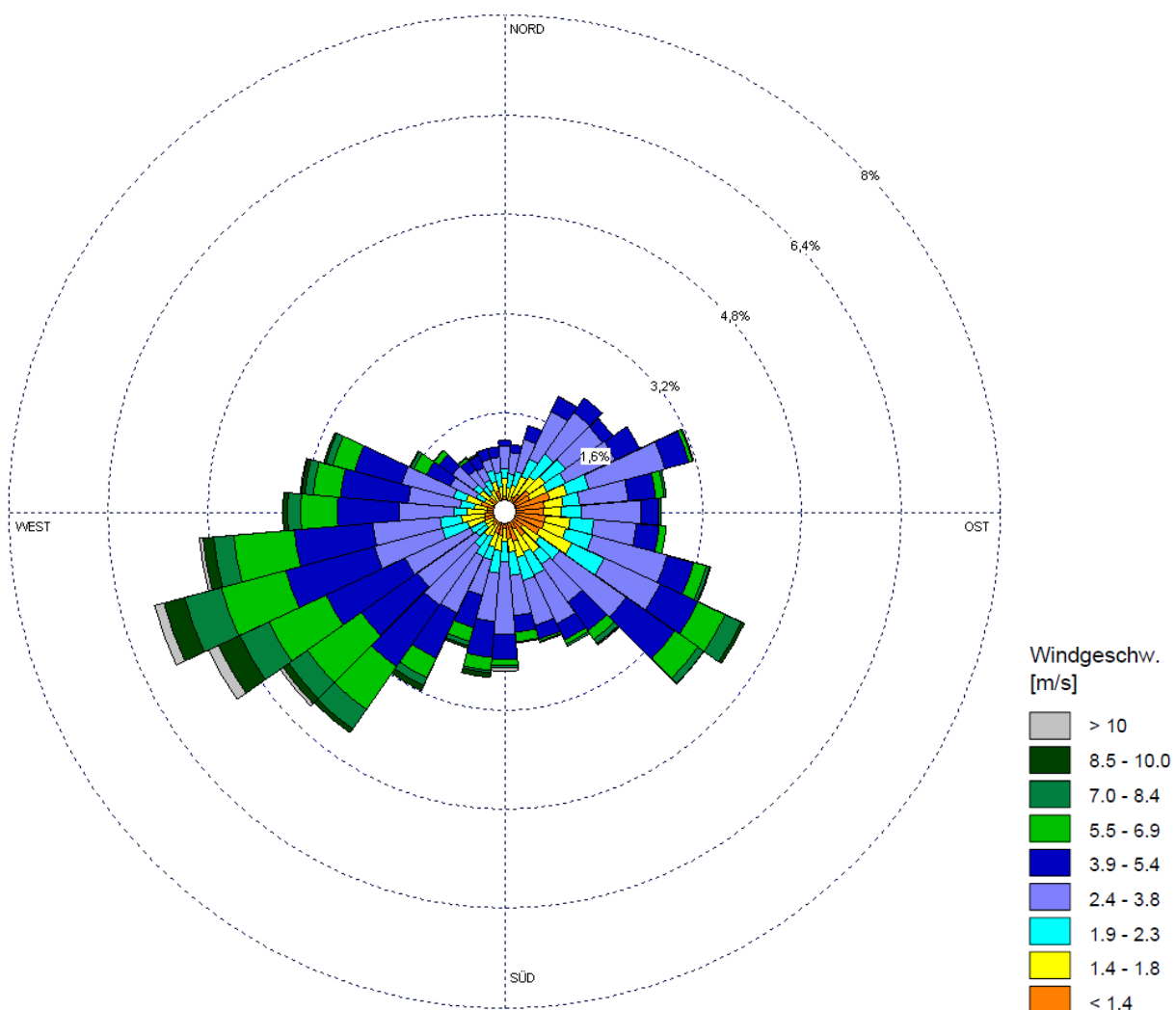
Im Rahmen dieses Forschungsprojektes erfolgen daher ergänzend auch Ausbreitungsrechnungen mit anderen Grenzsichtmodellen. Insbesondere wird das modifizierte Grenzsichtmodell, das im Anhang der „Berichte zur Umweltphysik Nummer 7“ (Janicke und Janicke 2011) beschrieben wurde, berücksichtigt. Die Modifizierung des Grenzsichtmodells wird im Modell AUSTAL2000 über die NOSTANDARD-Option PRFMOD aktiviert.

Die Ausbreitungsrechnungen erfolgten unter Zugrundelegung der meteorologischen Ausbreitungs-klassenzeitreihe (AKTerm) einer 6,9 km westlich des Anlagenstandortes gelegenen meteorologischen Messstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) des Jahres 2016, also des Jahres, in dem auch die Rasterbegehung erfolgte (s. Abbildung 4). Die räumliche Repräsentativität der Messdaten dieser Messstation für den Anlagenstandort kann aufgrund erst weniger vorliegender Jahreszeitreihen zurzeit noch nicht abschließend bestimmt werden. Auf Basis der räumlichen Nähe und vergleichbaren

topographischen Ausprägungen am Anlagenstandort und dem Standort der Messstation ist diese als räumlich repräsentativ für den Anlagenstandort bzw. das Beurteilungsgebiet anzusehen.

Es liegt eine Windrichtungsverteilung mit einem Maximum aus westlichen bis südwestlichen Windrichtungen sowie einem Sekundärmaximum aus südöstlichen Windrichtungen vor. Windschwache Lagen mit Windgeschwindigkeiten $< 1,4$ m/s kommen in etwa 14 % der Jahresstunden vor. Mit etwa 57 % Anteil an der Häufigkeit aller Ausbreitungsklassen sind die indifferenten Ausbreitungssituationen der Klassen III/1 und III/2 am häufigsten. Stabile Ausbreitungssituationen der Klassen I und II, zu denen unter anderem auch die Inversionswetterlagen zu rechnen sind, treten an etwa 35 % der Jahresstunden auf sowie die labilen Klassen IV und V an etwa 8 % der Jahresstunden. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 3,4 m/s.

Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten je 10°-Sektoren der anlagennahen DWD-Station für das Jahr 2016.



Quelle: Eigene Darstellung

Das Beurteilungsgebiet besitzt einen Radius von 2.700 m um das Holzwerkstoffwerk. Es ist orografisch als eben bis sehr leicht gegliedert zu beschreiben, so dass alle Modellrechnungen für ebenes Gelände durchgeführt wurden.

Die Ableitbedingungen der Emissionsquellen des Holzwerkstoffwerks reichen von bodennahen diffusen Emissionsquellen mit Ableithöhen h_q von 0 m über Geländeoberkante (GOK), über geführte Emissionsquellen mit h_q zwischen 6 und 34 m ü. GOK bis hin zum Zentralkamin mit $h_q = 76,9$ m ü. GOK.

Die Ausbreitung der Emissionen des Holzwerkstoffwerks ist somit durch die Gebäudestrukturen des Holzwerkstoffwerks selbst sowie durch angrenzende Gebäude beeinflusst. Zur Berücksichtigung dieser Einflüsse wurden die maßgeblichen Gebäude des Holzwerkstoffwerks sowie der angrenzenden Bebauungsstrukturen im Nahbereich der Anlage explizit im Rahmen der Ausbreitungsrechnungen berücksichtigt.

Diffuse Emissionsquellen (Lagerbereiche) wurden als Volumenquellen modelliert. Emissionsquellen für die aufgrund der Ableithöhen und der Ableitbedingungen in Verbindung mit den visuellen Beobachtungen während der Emissionsmessungen ein Abtransport mit der freien Luftströmung nicht gegeben war, wurden als Punktquellen ohne Abluffahnenüberhöhung modelliert.

Neben der Berechnung der Geruchsstundenhäufigkeiten gemäß Nr. 3 der GIRL erfolgt zudem auch die Bestimmung der Intensität der Geruchseinwirkungen gemäß Nr. 5 GIRL. Die Intensitätsbestimmung wird dabei unter Berücksichtigung der Richtlinien VDI 3940 Blatt 3 (VDI 2010a) und Blatt 5 (VDI 2013b) in Verbindung mit den ergänzenden Ausführungen zur flächenhaften Intensitätsbewertung (Kortner et al. 2015) durchgeführt.

4 Auswertung und Zusammenstellung der Ergebnisse

4.1 Geruchsimmissionsmessungen

Die Kenngröße der flächenbezogenen Belastung wurden aus der Anzahl der Geruchsstunden je Beurteilungsfläche und dem Erhebungsumfang der Begehung berechnet. Die Auswertung erfolgte nur für die Geruchsqualitäten, die im Zusammenhang mit der zu untersuchenden Anlage stehen. Hierbei wurde eine Auswertung für die einzelnen Geruchsqualitäten sowie für die Summe der Geruchsqualitäten des Holzwerkstoffwerks vorgenommen. Letzteres ist mit der Immissions-Zusatzbelastung *IZ* des Holzwerkstoffwerks gleichzusetzen.

Ergänzend wurde zudem auch eine Auswertung für die Summe aller Geruchsstunden vorgenommen, die einen eindeutigen Anlagenbezug haben. Hierin sind neben den dem Holzwerkstoffwerk zuordnenden Geruchsstunden auch allen anderen ermittelten Geruchsstunden enthalten, welche eindeutig geruchsemittierenden Anlagen im Beurteilungsgebiet zuordnen sind. Die resultierenden relativen Geruchsstundenhäufigkeiten sind mit der Immissions-Gesamtbelastung *IG* gleichzusetzen.

Die Auswertung erfolgte gemäß der in Nr. 4.4.1 der GIRL beschriebenen Systematik. Ein Korrekturfaktor *k* zur Berücksichtigung der Aussagesicherheit der Ergebnisse wurde im vorliegenden Fall nicht berücksichtigt, da die Ergebnisse der Rasterbegehung dazu dienen, die prognostizierten Geruchsimmissionen einer Ausbreitungsrechnung mit den real gemessenen Geruchsimmissionen zu vergleichen und auf ihre Plausibilität zu überprüfen.

Neben der Ermittlung der relativen Geruchsstundenhäufigkeiten erfolgte für die einzelnen Auswertungen jeweils auch die Ermittlung der oberen und unteren Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches entsprechend der in Ziffer 9.2 der DIN EN 16841-1 (DIN 2017) beschriebenen Berechnungsmethode. Die dort beschriebene Berechnung eines (Un-)Sicherheitsbereiches berücksichtigt dabei im Wesentlichen die prüferbedingte Messunsicherheit. Die verfahrensbedingte Messunsicherheit kann hierbei nicht ermittelt werden. Die messtechnische Bestimmung der Gesamt-Messunsicherheit (prüfer- und verfahrensbedingte Messunsicherheit) wäre mit einem erheblichen finanziellen und zeitlichen Aufwand verbunden. Entsprechende Untersuchungen waren nicht Gegenstand des vorliegenden Forschungsvorhabens.

Ergänzend zur Auswertung der relativen Geruchsstundenhäufigkeiten einschließlich des (Un-)Sicherheits-bereiches erfolgte auch eine Auswertung bzgl. der von den Prüfern im Nachgang zu den Einzelmessungen dokumentierten Angaben zur Intensität und Hedonik der Geruchsqualitäten 1 bis 3 nach der in der Richtlinie VDI 3940 Blatt 3 (VDI 2010a) beschriebenen Systematik.

Die auf den Betrieb des Holzwerkstoffwerks zurückzuführenden Geruchsstundenhäufigkeiten sowie die mittlere Intensität und mittlere Hedonik in den Rasterflächen sind für die Geruchsqualitäten 1 (Frisches Holz), 2 (Thermisch beaufschlagtes Holz) und 3 (Spezifischer Geruch der Bichsel-Anlage), die Immissions-Zusatzbelastung des Holzwerkstoffwerks (Geruchsqualitäten 1 bis 3) und die Immissions-Gesamtbelastung in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst. Zudem ist den Tabellen eine Aussage über die mögliche Messunsicherheit der festgestellten Immissionskenngrößen anhand der Abschätzung der oberen und unteren Grenze eines (Un-)Sicherheitsbereiches nach der DIN EN 16841-1 (DIN 2017) zu entnehmen.

Tabelle 4: Anteilige Immissions-Zusatzbelastung für die Geruchsqualität 1 (Holzwerkstoffwerk – Frisches Holz) (I_{Z1}) einschließlich oberer und unterer Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches sowie durchschnittliche Intensität und Hedonik auf den Beurteilungsflächen

Beurteilungsfläche	I_{Z1} [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]	Unsicherheitsbereich [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]		Intensität	Hedonik
		Untere Grenze	Obere Grenze		
I	0,00	0,00	0,00	-	-
II	0,02	0,02	0,02	2,0	0,0
III	0,01	0,00	0,01	2,0	0,0
IV	0,05	0,03	0,05	2,8	0,0
V	0,03	0,02	0,03	2,4	-0,3
VI	0,06	0,04	0,06	2,9	0,1
VII	0,13	0,13	0,13	3,0	0,6
VIII	0,09	0,08	0,09	3,1	0,4
IX	0,14	0,14	0,14	3,1	0,6
X	0,05	0,05	0,05	2,7	1,0
XI	0,07	0,07	0,07	2,6	0,8
XII	0,05	0,05	0,05	3,1	1,0
XIII	0,02	0,02	0,03	2,0	0,5
XIV	0,05	0,04	0,06	2,2	0,6
XV	0,07	0,06	0,07	2,9	1,0
XVI	0,04	0,03	0,05	1,6	0,0
XVII	0,05	0,04	0,06	2,4	0,8

Quelle: Müller-BBM GmbH

Tabelle 5: Anteilige Immissions-Zusatzbelastung für die Geruchsqualität 2 (Holzwerkstoffwerk – Thermisch beaufschlagtes Holz) (I_{Z2}) einschließlich oberer und unterer Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches sowie durchschnittliche Intensität und Hedonik auf den Beurteilungsflächen

Beurteilungsfläche	I_{Z2} [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]	Unsicherheitsbereich [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]		Intensität	Hedonik
		Untere Grenze	Obere Grenze		
I	0,02	0,02	0,02	1,6	-2,0
II	0,01	0,01	0,01	3,0	-1,0
III	0,02	0,02	0,02	1,6	-2,0
IV	0,04	0,04	0,04	3,1	-1,2
V	0,02	0,01	0,02	3,0	-1,0

Beurteilungs- fläche	I_{Z_2} [rel. Geruchs- stundenhäufigkeit]	Unsicherheitsbereich [rel. Geruchsstundenhäufig- keit]		Intensität	Hedonik
		Untere Grenze	Obere Grenze		
VI	0,05	0,04	0,05	3,0	-1,2
VII	0,04	0,03	0,06	4,1	-1,2
VIII	0,06	0,06	0,08	2,3	-0,8
IX	0,07	0,07	0,07	3,5	-0,4
X	0,03	0,03	0,03	2,3	-0,3
XI	0,03	0,03	0,05	2,3	-0,6
XII	0,06	0,05	0,08	2,9	-1,3
XIII	0,02	0,02	0,02	1,6	-0,5
XIV	0,04	0,04	0,04	2,2	-0,5
XV	0,07	0,06	0,08	2,5	-0,7
XVI	0,01	0,01	0,01	2,0	0,0
XVII	0,03	0,03	0,04	2,7	0,8

Quelle: Müller-BBM GmbH

Tabelle 6: Anteilige Immissions-Zusatzbelastung für die Geruchsqualität 3 (Holzwerkstoffwerk – Spezifischer Geruch der Bichsel-Anlage) (I_{Z_3}) einschließlich oberer und unterer Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches sowie durchschnittliche Intensität und Hedonik auf den Beurteilungsflächen

Beurteilungs- fläche	I_{Z_3} [rel. Geruchs- stundenhäufigkeit]	Unsicherheitsbereich [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]		Intensität	Hedonik
		Untere Grenze	Obere Grenze		
I	0,00	0,00	0,00	-	-
II	0,00	0,00	0,00	-	-
III	0,00	0,00	0,00	-	-
IV	0,00	0,00	0,00	-	-
V	0,00	0,00	0,00	-	-
VI	0,00	0,00	0,00	-	-
VII	0,00	0,00	0,00	-	-
VIII	0,00	0,00	0,00	-	-
IX	0,00	0,00	0,00	-	-
X	0,00	0,00	0,01	-	-
XI	0,00	0,00	0,01	-	-
XII	0,00	0,00	0,00	-	-
XIII	0,00	0,00	0,01	-	-
XIV	0,00	0,00	0,01	-	-

Beurteilungs- fläche	I_{Z_3} [rel. Geruchs- stundenhäufigkeit]	Unsicherheitsbereich [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]		Intensität	Hedonik
		Untere Grenze	Obere Grenze		
XV	0,00	0,00	0,01	-	-
XVI	0,00	0,00	0,01	-	-
XVII	0,00	0,00	0,01	-	-

Quelle: Müller-BBM GmbH

Tabelle 7: Immissions-Zusatzbelastung des Holzwerkstoffwerks (*I_Z*) (Geruchsqualitäten 1 bis 3) einschließlich oberer und unterer Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches sowie durchschnittliche Intensität auf den Beurteilungsflächen

Beurteilungs- fläche	<i>I_Z</i> [rel. Geruchs- stundenhäufigkeit]	Unsicherheitsbereich [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]		Intensität
		Untere Grenze	Obere Grenze	
I	0,02	0,02	0,02	1,6
II	0,02	0,02	0,02	2,5
III	0,03	0,02	0,03	1,8
IV	0,07	0,05	0,07	3,0
V	0,04	0,02	0,04	2,7
VI	0,09	0,06	0,09	3,0
VII	0,15	0,14	0,17	3,4
VIII	0,13	0,12	0,14	2,9
IX	0,18	0,18	0,18	3,3
X	0,07	0,07	0,07	2,6
XI	0,10	0,10	0,11	2,6
XII	0,11	0,10	0,12	3,1
XIII	0,05	0,04	0,05	1,8
XIV	0,10	0,08	0,10	2,2
XV	0,13	0,11	0,13	2,8
XVI	0,06	0,04	0,06	1,7
XVII	0,07	0,06	0,07	2,6

Quelle: Müller-BBM GmbH

Tabelle 8: Immissions-Gesamtbelastung (*I_G*) einschließlich oberer und unterer Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches auf den Beurteilungsflächen

Beurteilungs- fläche	<i>I_Z</i> [rel. Geruchs- stundenhäufigkeit]	Unsicherheitsbereich [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]	
		Untere Grenze	Obere Grenze
I	0,11	0,09	0,13
II	0,08	0,07	0,08
III	0,05	0,04	0,07
IV	0,10	0,08	0,10
V	0,04	0,02	0,06
VI	0,09	0,06	0,09
VII	0,16	0,14	0,18
VIII	0,13	0,12	0,15

Beurteilungs- fläche	IZ [rel. Geruchs- stundenhäufigkeit]	Unsicherheitsbereich [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]	
		Untere Grenze	Obere Grenze
IX	0,19	0,19	0,19
X	0,10	0,10	0,11
XI	0,13	0,13	0,16
XII	0,13	0,12	0,14
XIII	0,10	0,09	0,10
XIV	0,15	0,13	0,18
XV	0,24	0,20	0,27
XVI	0,11	0,09	0,15
XVII	0,23	0,20	0,29

Quelle: Müller-BBM GmbH

Im unmittelbaren Nahbereich westlich der Anlage (Beurteilungsflächen VII bis IX) liegen die festgestellten relativen Geruchshäufigkeiten für die Geruchsqualitäten 1 bis 3 in einer Größenordnung von 0,13 bis 0,18 (vgl. Tabelle 7). Der wesentliche Anteil der Geruchshäufigkeiten ist durch Gerüche der Qualität 1 bedingt (vgl. Tabelle 4). Der Qualität 2 zuordenbare Geruchsstunden treten in etwa mit einer halb so hohen Häufigkeit auf (s. Tabelle 5). Geruchshäufigkeiten für die Geruchsqualität 3 konnten westlich der Anlage nicht festgestellt werden (s. Tabelle 6).

Nach Südwesten nehmen die relativen Geruchshäufigkeiten mit zunehmender Entfernung zum Anlagenstandort auf 0,02 ab (Beurteilungsflächen I und II) (vgl. Tabelle 7).

Auf den Beurteilungsflächen östlich der Anlage ist mit zunehmender Entfernung von der Anlage eine Zunahme der Immissions-Zusatzbelastung durch das Holzwerkstoffwerk festzustellen. Die relativen Geruchshäufigkeiten liegen hier zwischen 0,05 (Rasterfläche XIII) und 0,13 (Rasterfläche XV) (s. Tabelle 7). Zudem liegt die Immissions-Gesamtbelastung auf den Beurteilungsflächen XIII bis XVII deutlich oberhalb der Immissions-Belastung für die Geruchsqualitäten 1 bis 3. Dies ist insbesondere durch einen relevanten Anteil an landwirtschaftlichen Gerüchen (Tierhaltung) bedingt (s. Tabelle 8). Es ist unter diesem Gesichtspunkt nicht auszuschließen, dass auf diesen Beurteilungsflächen in Teilen Gerucheinwirkungen des zu untersuchenden Holzwerkstoffwerks (Geruchsqualitäten 1 bis 3) durch Gerucheinwirkungen anderer Geruchsqualitäten/ Emittenten überlagert wurden. Die Geruchsstundenhäufigkeiten für die Geruchsqualitäten 1 und 2 weisen in etwa gleiche Größenordnungen auf. Geruchswahrnehmungen der Qualität 3 traten nur vereinzelt auf.

Die Geruchsqualitäten 1 und 2 wurden im Hinblick auf ihre Hedonik im Mittel als neutral bewertet, wobei die Geruchsqualität 1 beim anlagenbezogenen Hedonikmaß $\bar{H}_A$ eine Tendenz zum Angenehmen ($\bar{H}_A = 0,5$) und die Geruchsqualität 2 eine Tendenz zum Unangenehmen ($\bar{H}_A = -0,9$) aufweist.

Die mittleren Geruchsintensitäten der Geruchsqualitäten 1 und 2 (anlagenbezogenes Intensitätsmaß $\bar{I}_A$) liegen im Bereich von schwach bis deutlich ($\bar{I}_A = 2,5$ bzw. $2,4$), wobei Rasterflächen mit höheren relativen Geruchshäufigkeiten in Teilen eine Tendenz zu höheren Geruchsintensitäten aufweisen als Rasterflächen mit niedrigeren Geruchshäufigkeiten (vgl. Tabelle 4 und Tabelle 5).

4.2 Geruchsemissionsmessungen

Die Ergebnisse der Volumenstrommessungen an den messtechnisch zu betrachtenden geführten Emissionsquellen sind in der Tabelle 9 zusammengefasst. Die zugehörigen Geruchsstoffkonzentrationen und Geruchsstoffströme sind in der Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 9: Ergebnisse der Volumenstrommessungen an geführten Quellen

Quelle	Datum der Messung	Luftdruck [hPa]	Abgas-temp. [°C]	Abgasvolumenstrom		
				Norm, feucht [m³/h]	Norm, trocken [m³/h]	Norm, Olfa. ¹⁾ [m³/h]
Q2070	17.03.2016	1.023	26,7	27.915	27.387	29.959
Q2070	15.06.2016	989	30,0	34.678	33.968	37.217
Q2070	25.08.2016	1.010	35,3	25.602	24.510	27.476
Q2050 ²⁾	27.10.2016	1.018	27,2	33.282	32.290	35.719
Q3011	17.03.2016	1.021	44,0	60.736	60.168	65.184
Q3011	15.06.2016	988	46,3	48.798	47.948	52.371
Q3011	25.08.2016	1.010	52,2	62.655	61.786	67.243
Q3011	27.10.2016	1.020	45,0	57.972	57.217	62.217
Q5010	17.03.2016	1.021	35,0	41.430	40.664	44.463
Q5010	15.06.2016	988	36,6	37.901	36.977	40.676
Q5010	25.08.2016	1.010	36,7	36.744	35.896	39.435
Q5010	27.10.2016	1.019	35,2	37.420	36.551	40.160
Q5040	17.03.2016	1.021	32,0	20.062	19.875	21.531
Q5040	15.06.2016	988	35,2	19.055	18.678	20.450
Q5040	25.08.2016	1.010	37,0	17.633	17.388	18.924
Q5040	27.10.2016	1.019	34,4	18.750	18.406	20.123
Q6010	17.03.2016	1.021	20,3	49.767	49.470	53.410
Q6010	15.06.2016	988	30,3	48.411	47.704	51.956
Q6010	25.08.2016	1.009	32,4	43.891	43.192	47.105
Q6010	27.10.2016	1.021	29,1	43.407	42.825	46.586
Q8010	17.03.2016	1.023	7,4	44.864	44.526	48.149
Q8010	15.06.2016	992	20,2	41.354	40.498	44.382
Q8010	25.08.2016	1.012	23,9	30.538	29.873	32.774
Q8010	27.10.2016	1.023	12,8	41.602	41.207	44.648
Q8040	17.03.2016	1.023	103,3	308.862	216.106	331.476
Q8040	15.06.2016	989	101,2	298.075	134.240	319.900
Q8040	25.08.2016	1.007	101,2	273.574	154.445	293.605
Q8040	27.10.2016	1.023	101,0	315.852	190.345	338.978

¹⁾ Volumenstrom unter Normbedingungen für Olfaktometrie: 20 °C und 101,3 kPa, feucht gemäß DIN EN 13725

²⁾ Emissionsquelle Q2070 (HKS Mühlenabsaugung Linie 1) nicht in Betrieb, ersatzweise Messungen an Q2050 (HKS Mühlenabsaugung Linie 2).

Quelle: Müller-BBM GmbH

Tabelle 10: Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an geführten Quellen

Quelle	Vorverdün- nung	Datum der Messung	Mittlere Geruchsstoff- konzentration (Geom. Mittel) [GE _E /m ³]	Mittlerer Geruchsstoff- strom [MGE _E /h]
Q2070	ohne	17.03.2016	270	8,1
Q2070	ohne	15.06.2016	430	16,0
Q2070	ohne	25.08.2016	500	13,7
Q2050 ¹⁾	ohne	27.10.2016	430	15,4
Q3011	ohne	17.03.2016	500	32,6
Q3011	ohne	15.06.2016	1.500	78,6
Q3011	ohne	25.08.2016	750	50,4
Q3011	ohne	27.10.2016	660	41,1
Q5010	ohne	17.03.2016	360	16,0
Q5010	ohne	15.06.2016	310	12,6
Q5010	ohne	25.08.2016	97	3,8
Q5010	ohne	27.10.2016	351	14,1
Q5040	ohne	17.03.2016	470	10,2
Q5040	ohne	15.06.2016	400	8,2
Q5040	ohne	25.08.2016	540	10,2
Q5040	ohne	27.10.2016	660	13,3
Q6010	ohne	17.03.2016	49	2,6
Q6010	ohne	15.06.2016	27	1,4
Q6010	ohne	25.08.2016	59	2,8
Q6010	ohne	27.10.2016	107	5,0
Q8010	ohne	17.03.2016	170	8,2
Q8010	ohne	15.06.2016	77	3,4
Q8010	ohne	25.08.2016	39	1,3
Q8010	ohne	27.10.2016	60	2,7
Q8040	dynamisch	17.03.2016	2.500	828,6
Q8040	dynamisch	15.06.2016	640	204,7
Q8040	dynamisch	25.08.2016	4.400	1.291,9
Q8040	dynamisch	27.10.2016	21.000	7.118,5
Q8040	statisch	17.03.2016	4.100	1.358,9

Quelle	Vorverdün- nung	Datum der Messung	Mittlere Geruchsstoff- konzentration (Geom. Mittel) [GE _E /m ³]	Mittlerer Geruchsstoff- strom [MGE _E /h]
Q8040	statisch	15.06.2016	2.300	735,8
Q8040	statisch	25.08.2016	2.100	616,6
Q8040	statisch	27.10.2016	6.600	2.237,3

¹⁾ Emissionsquelle Q2070 (HKS Mühlenabsaugung Linie 1) nicht in Betrieb, ersatzweise Messungen an Q2050 (HK-Mühlenabsaugung Linie 2)

Quelle: Müller-BBM GmbH

Die Lagerdauer der Proben lag am 17.03.2016 zwischen 0,8 und 4 Stunden, am 15.06.2016 zwischen 0,9 und 3,5 Stunden, am 25.08.2016 zwischen 0,75 und 5,75 Stunden sowie am 27.10.2016 zwischen 0,6 und 3 Stunden.

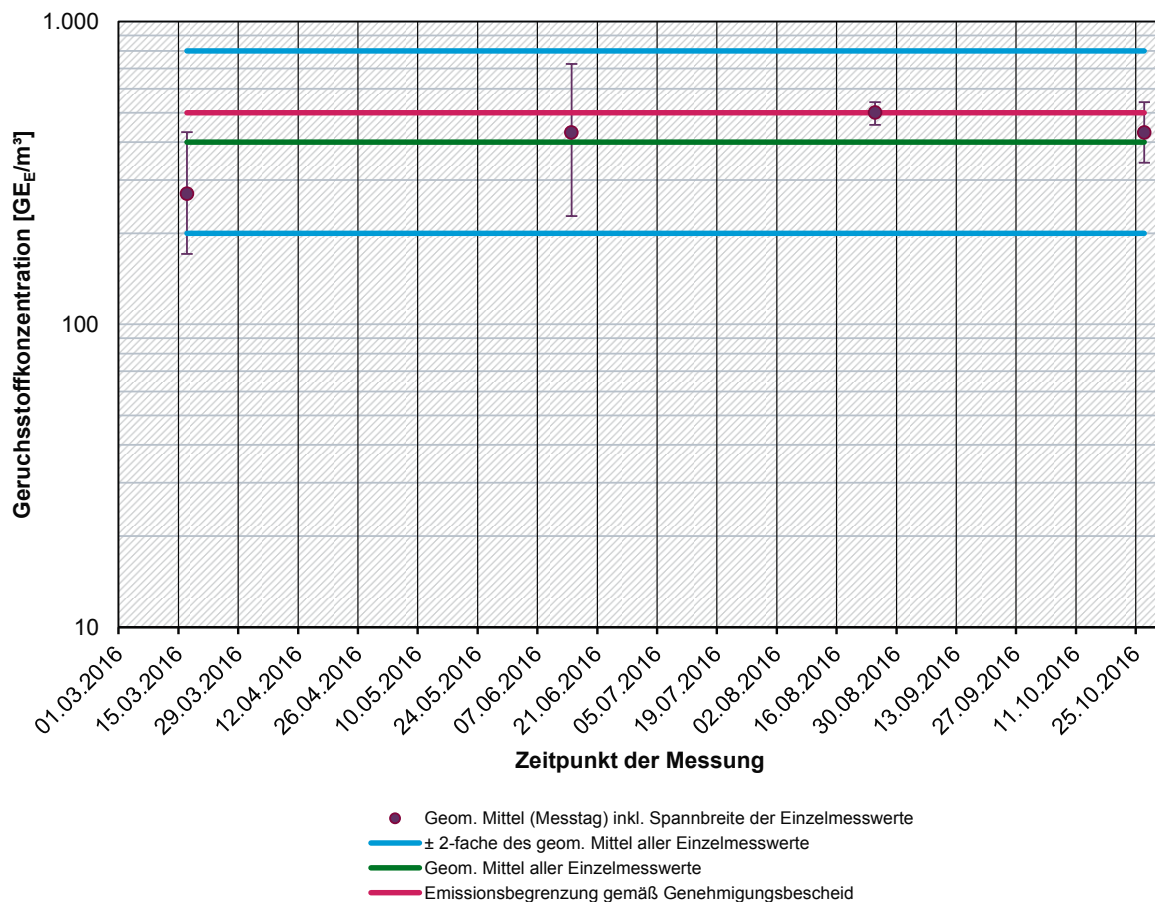
In den nachfolgenden Abbildungen sind die Ergebnisse der Emissionsmessungen an den einzelnen Emissionsquellen graphisch dargestellt. Dabei werden je Messtag der geometrische Mittelwert der Einzelmessungen und die Spannbreite der Einzelmessungen und ergänzend der geometrische Mittelwert aller durchgeführten Einzelmessungen sowie das ± 2 -fache dieses Mittelwertes aufgeführt. Ergänzend ist für die Emissionsquellen, für die ein Emissionswert im Bescheid festgelegt wurde, der jeweils geltende Emissionswert aufgeführt.

Die Ergebnisse der Messungen an den Emissionsquellen Q2070 und Q2050 (s. Abbildung 5) zeigen ein konstantes Emissionsverhalten über den gesamten Messzeitraum. Im geometrischen Mittel über alle Einzelmessungen wurde eine Konzentration von 400 GE_E/m³ ermittelt, wobei sich die Werte der Einzelmessungen innerhalb einer Spanne von 170 GE_E/m³ und 720 GE_E/m³ bewegen. Die Spannbreite der Ergebnisse der Einzelmessungen liegt mit Ausnahme eines Messwertes innerhalb des ± 2 -fachen des geometrischen Mittels über alle Einzelmessungen.

Der Emissionswert von 500 GE_E/m³ wurde durch vier der in Summe 12 Einzelmesswerte überschritten. Der geometrische Mittelwert der einzelnen Messtage lag in keinem Fall oberhalb des Emissionswertes.

Für die Ausbreitungsrechnungen wurde auf Basis der Messergebnisse für die Emissionszeiten eine konstante Emissionskonzentration von 400 GE_E/m³ berücksichtigt.

Abbildung 5: Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an den Quellen Q2070 und Q2050*



* Emissionsquelle Q2070 (HKS Mühlenabsaugung Linie 1) war am 27.10.2016 nicht in Betrieb. Ersatzweise wurden die Messungen an diesem Tag an der Emissionsquelle Q2050 (HKS Mühlenabsaugung Linie 2) durchgeführt.

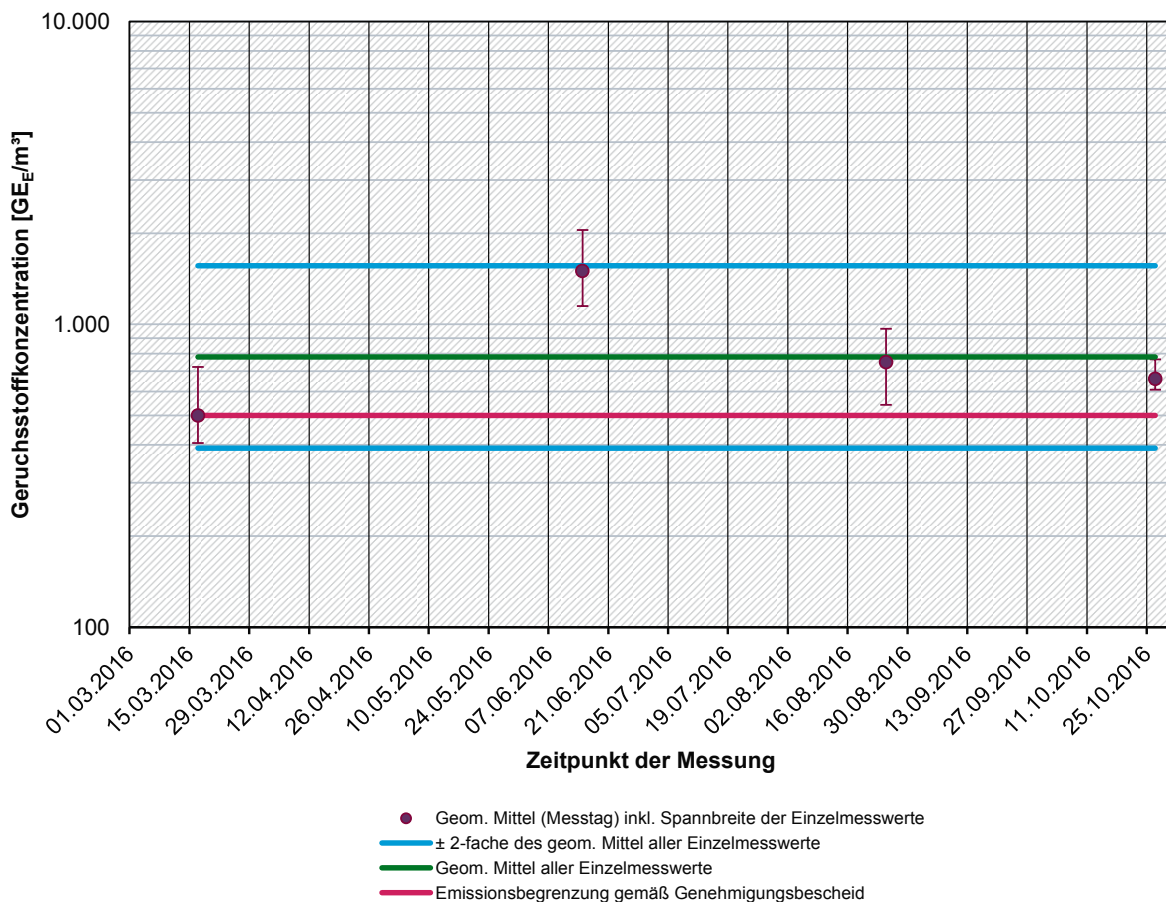
Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

Die Ergebnisse der Messungen an der Emissionsquelle Q3011 (s. Abbildung 6) zeigen ebenfalls ein weitestgehend konstantes Emissionsverhalten über den gesamten Messzeitraum, mit einem leicht erhöhten Konzentrationsniveau während der Messung am 15.06.2016. Im geometrischen Mittel über alle Einzelmessungen wurde eine Geruchsstoffkonzentration von $780 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ ermittelt, wobei sich die Werte der Einzelmessungen innerhalb einer Spanne von $410 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ und $2.000 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ bewegen. Die Spannweite der Ergebnisse der Einzelmessungen liegt mit Ausnahme eines Messwertes innerhalb des ± 2 -fachen des geometrischen Mittels über alle Einzelmessungen.

Der Emissionswert von $500 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ wurde durch zehn der in Summe 12 Einzelmesswerte überschritten. Der geometrische Mittelwert der einzelnen Messtage lag an drei von vier Messtagen oberhalb des Emissionswertes.

Für die Ausbreitungsrechnungen wurde auf Basis der Messergebnisse für die Emissionszeiten eine konstante Emissionskonzentration von $780 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ berücksichtigt.

Abbildung 6: Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q3011



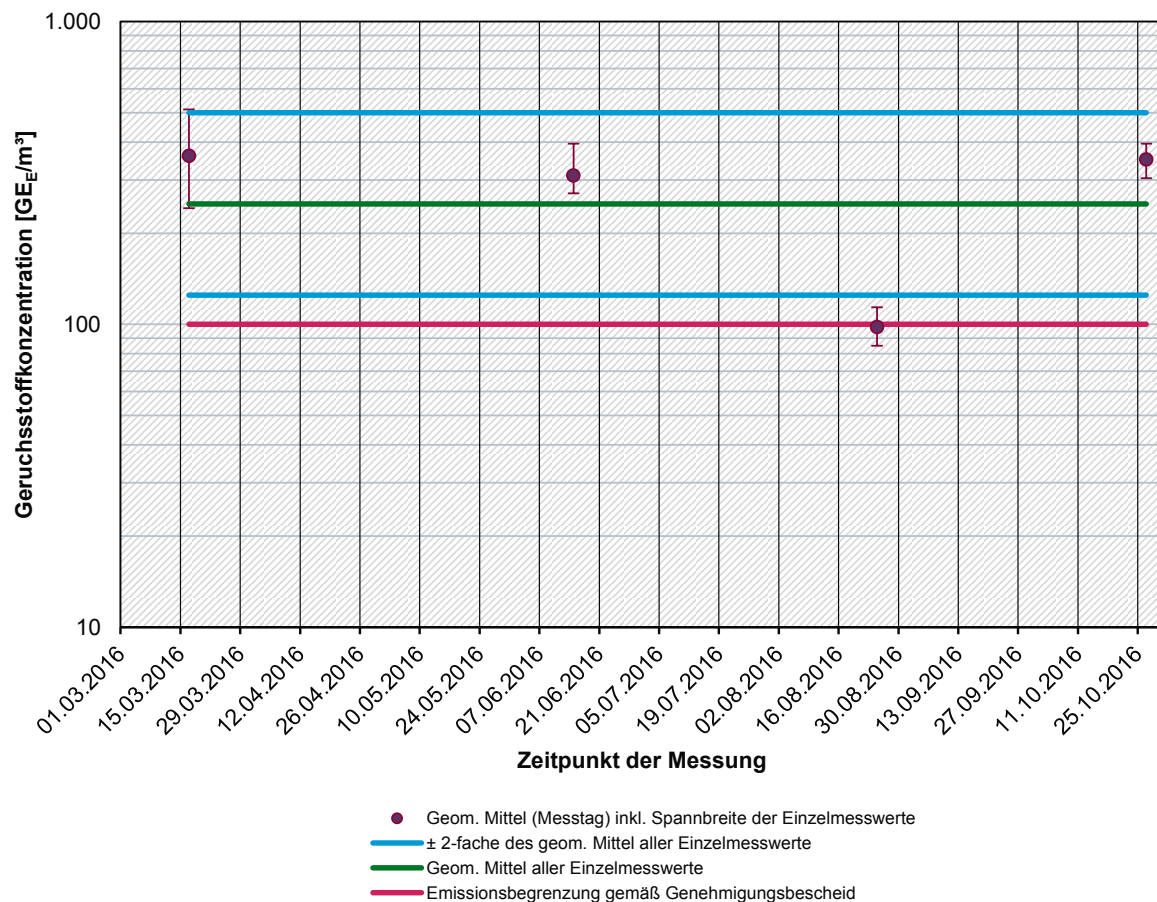
Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

Die Ergebnisse der Messungen an der Emissionsquelle Q5010 (s. Abbildung 7) zeigen ebenfalls ein weitestgehend konstantes Emissionsverhalten über den Messzeitraum, mit einem niedrigeren Konzentrationsniveau während der Messung am 25.08.2016. Im geometrischen Mittel über alle Einzelmessungen wurde eine Geruchsstoffkonzentration von $250 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ ermittelt, wobei sich die Werte der Einzelmessungen innerhalb einer Spanne von $85 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ und $510 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ bewegen. Die Spannweite der Ergebnisse der Einzelmessungen liegt mit Ausnahme von vier Messwerten innerhalb des ± 2 -fachen des geometrischen Mittels über alle Einzelmessungen.

Der Emissionswert von $100 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ wurde durch zehn der in Summe 12 Einzelmesswerte überschritten. Der geometrische Mittelwert der einzelnen Messtage lag an drei von vier Messtagen oberhalb des Emissionswertes.

Für die Ausbreitungsrechnungen wurde auf Basis der Messergebnisse für die Emissionszeiten eine konstante Emissionskonzentration von $250 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ berücksichtigt.

Abbildung 7: Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q5010



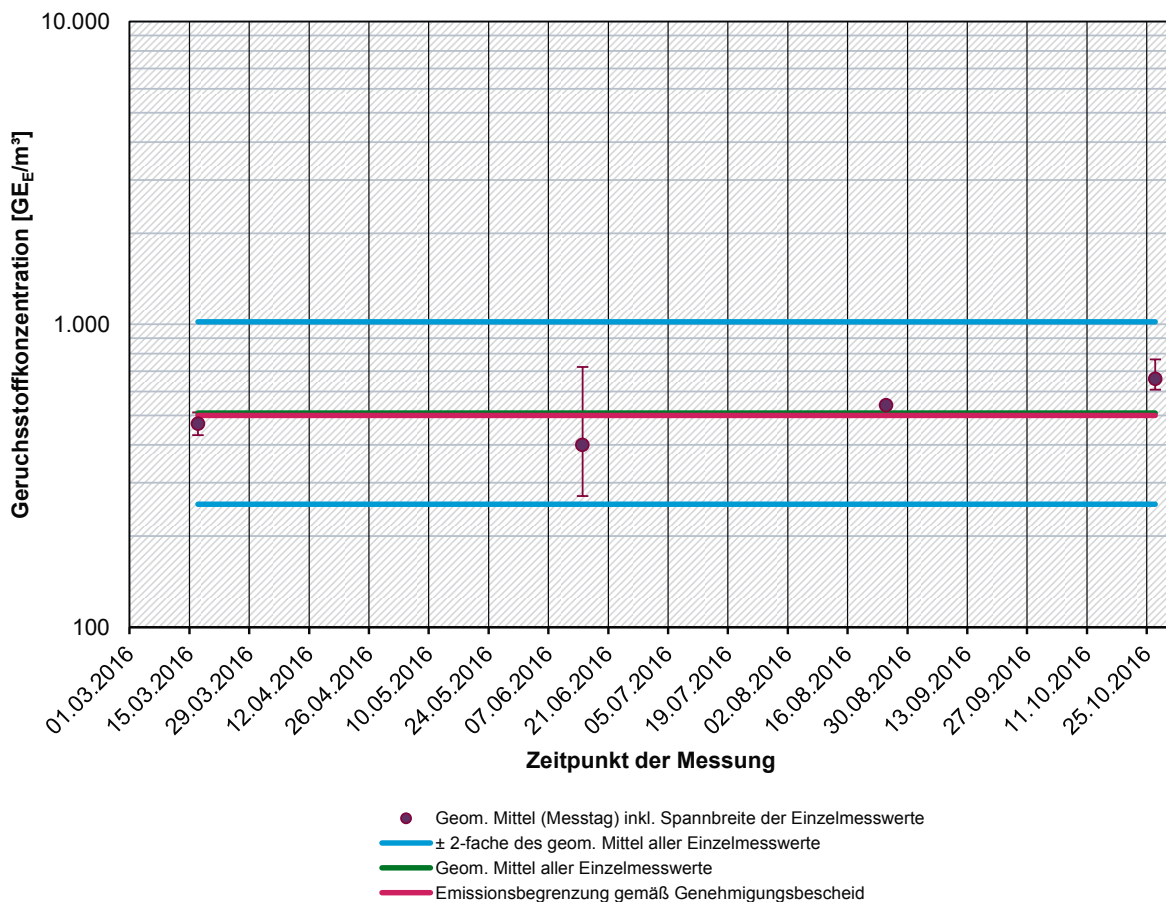
Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

Die Ergebnisse der Messungen an der Emissionsquelle Q5040 (s. Abbildung 8) zeigen ein konstantes Emissionsverhalten über den gesamten Messzeitraum. Im geometrischen Mittel über alle Einzelmessungen wurde eine Geruchsstoffkonzentration von $510 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ ermittelt, wobei sich die Werte der Einzelmessungen innerhalb einer Spanne von $270 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ und $770 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ bewegen. Die Spannweite der Ergebnisse aller Einzelmessungen liegt innerhalb des ± 2 -fachen des geometrischen Mittels über alle Einzelmessungen.

Der Emissionswert von $500 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ wurde durch acht der in Summe 12 Einzelmesswerte überschritten. Der geometrische Mittelwert der einzelnen Messtage lag an zwei von vier Messtagen oberhalb des Emissionswertes.

Für die Ausbreitungsrechnungen wurde auf Basis der Messergebnisse für die Emissionszeiten eine konstante Emissionskonzentration von $510 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ berücksichtigt.

Abbildung 8: Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q5040



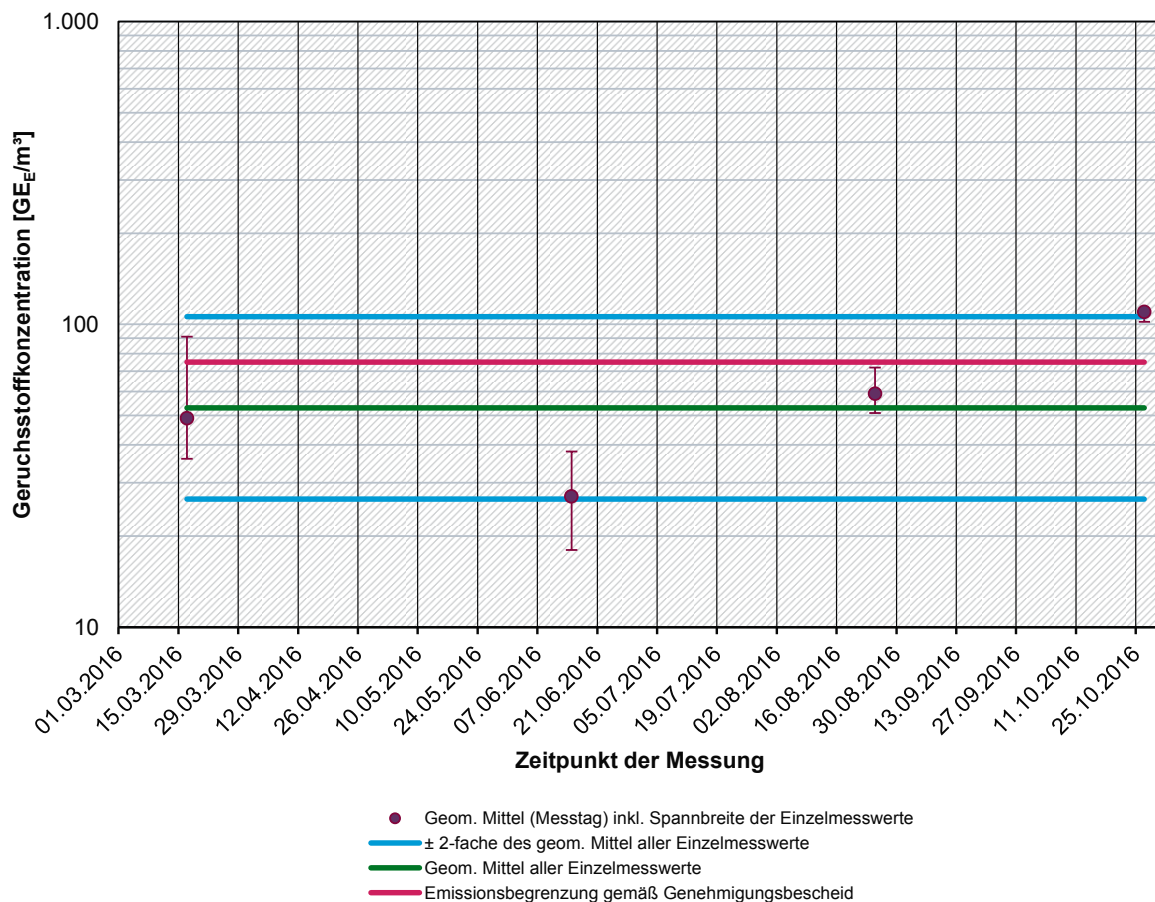
Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

Die Ergebnisse der Messungen an der Emissionsquelle Q6010 (s. Abbildung 9) zeigen ein weitestgehend konstantes Emissionsverhalten über den gesamten Messzeitraum, mit einem niedrigeren Konzentrationsniveau während der Messung am 15.06.2016 und einem erhöhten Konzentrationsniveau während der Messung am 27.10.2016. Im geometrischen Mittel über alle Einzelmessungen wurde eine Geruchsstoffkonzentration von $53 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ ermittelt, wobei sich die Werte der Einzelmessungen innerhalb einer Spanne von $18 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ und $110 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ bewegen. Die Spannweite der Ergebnisse der Einzelmessungen liegt mit Ausnahme von drei Messwerten innerhalb des ± 2 -fachen des geometrischen Mittels über alle Einzelmessungen.

Der Emissionswert von $75 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ wurde durch vier der in Summe 12 Einzelmesswerte überschritten. Der geometrische Mittelwert der einzelnen Messtage lag an einem von vier Messtagen oberhalb des Emissionswertes.

Für die Ausbreitungsrechnungen wurde auf Basis der Messergebnisse für die Emissionszeiten eine konstante Emissionskonzentration von $53 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ berücksichtigt.

Abbildung 9: Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q6010



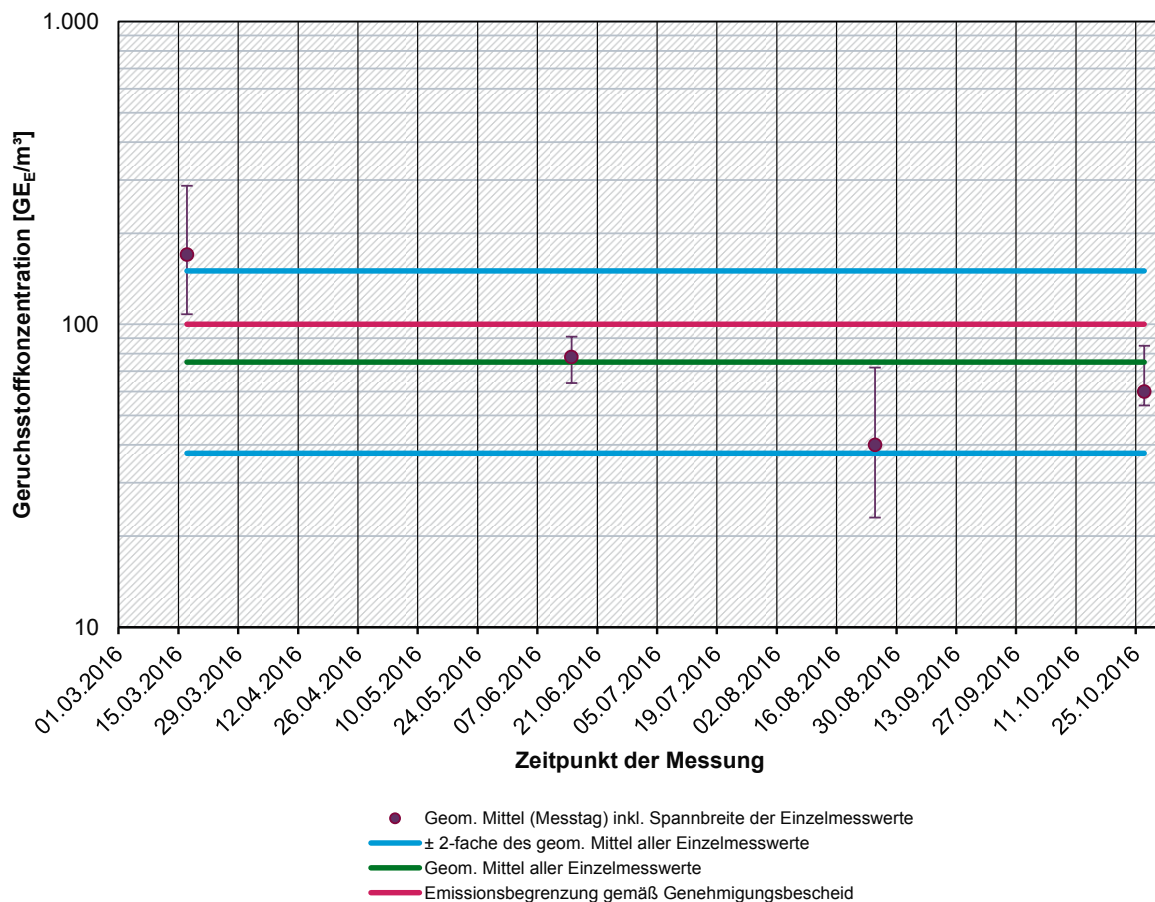
Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

Die Ergebnisse der Messungen an der Emissionsquelle Q8010 (s. Abbildung 10) zeigen, auf in Summe niedrigem Niveau, ein deutlich schwankendes Emissionsverhalten. Im geometrischen Mittel über alle Einzelmessungen wurde eine Konzentration von $75 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ ermittelt, wobei sich die Werte der Einzelmessungen innerhalb einer Spanne von $23 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ und $290 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ bewegen.

Die große Spannweite der Ergebnisse ist im Wesentlichen darin begründet, dass auch während der Durchführung der Einzelmessungen innerhalb der einzelnen Messtage verschiedene Brennstoffqualitäten angeliefert wurden. Eine konkrete Zuordnung der angelieferten Brennstoffqualitäten zu den einzelnen Geruchspuren liegt nicht vor. Auf Basis der visuellen Beobachtungen während der messtechnisch untersuchten Brennstoffanlieferungen kann jedoch davon ausgegangen werden, dass höhere Geruchsstoffkonzentrationen mit schlechteren Materialqualitäten, einer höheren Materialfeuchte sowie einem höheren Materialalter einhergehen.

Für die Ausbreitungsrechnungen wurde auf Basis der Messergebnisse für die Emissionszeiten (Zeiten mit Brennstoffanlieferung) eine konstante Emissionskonzentration von $75 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ berücksichtigt.

Abbildung 10: Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q8010



Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

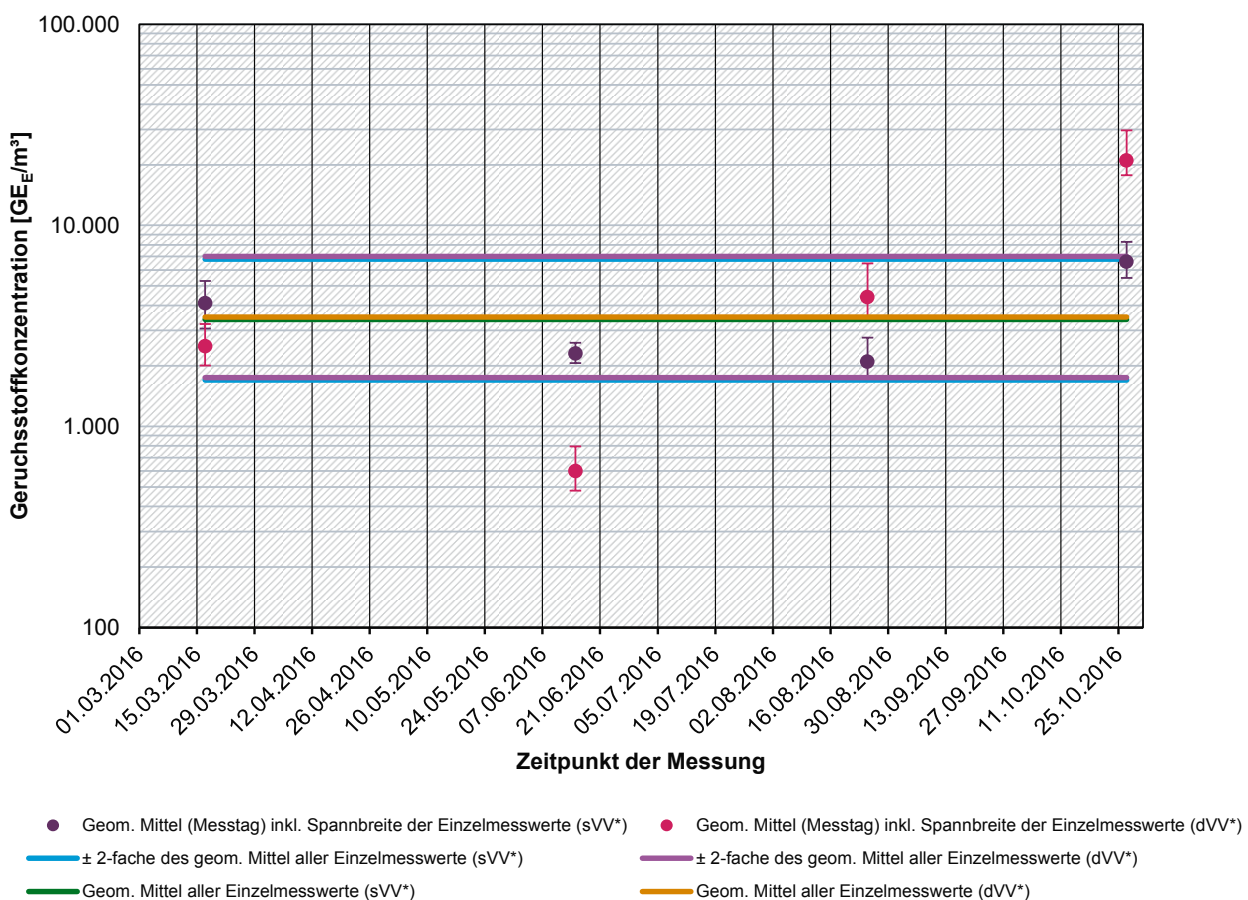
Die Ergebnisse der Messungen an der Emissionsquelle Q8040 (s. Abbildung 11) zeigen folgendes Ergebnis:

- ▶ Über alle Einzelmessungen ergibt sich mit statischer Vorverdünnung ein geom. Mittelwert von 3.400 GEE/m³ und mit dynamischer Vorverdünnung von 3.500 GEE/m³. Im Mittel über alle vier Messtermine wurden mit beiden Messverfahren hinsichtlich des Mittelwertes vergleichbare Ergebnisse erzielt.
 - ▶ Die Geruchsstoffkonzentrationen der Einzelmessungen mit statischer Vorverdünnung liegen innerhalb einer Spanne von 1.700 GEE/m³ bis 8.300 GEE/m³ und bewegen sich damit weitestgehend innerhalb der in der VDI-Richtlinie 3462 Blatt 2 (VDI 2013a) genannten Spanne von 2.000 GEE/m³ bis 10.000 GEE/m³ für Emissionen aus der indirekten Trocknung bei der Spanplattenherstellung.
 - ▶ Die Geruchsstoffkonzentrationen der Einzelmessungen mit dynamischer Vorverdünnung liegen innerhalb einer Spanne von 480 GEE/m³ bis 30.000 GEE/m³. Die Spannweite der Messergebnisse der Einzelmessungen ist somit deutlich größer als die in der VDI-Richtlinie 3462 Blatt 2 (VDI 2013a) für indirekte Trocknung bei der Spanplattenherstellung genannte (s. o.). Fünf der in Summe 12 Einzelmessungen weisen Geruchsstoffkonzentrationen auf, welche außerhalb des Bereiches von 2.000 GEE/m³ bis 10.000 GEE/m³ liegen.
 - ▶ Ein signifikanter Zusammenhang bezüglich der mittleren Geruchsstoffkonzentrationen zwischen den mit den beiden unterschiedlichen Probenahmeverfahren (statische und dynamische Vorverdünnung) gewonnenen Proben ist nicht erkennbar.
- Bei den Messungen vom 17.03. und 25.08.2016 ergaben sich mit statischer und dynamischer

Vorverdünnung weitestgehend vergleichbare Ergebnisse. Die geometrischen Mittelwerte der drei Einzelmessungen beider Probenahmen weichen um weniger als den Faktor 2 voneinander ab, die jeweils parallel beprobten Einzelmesswerte differieren maximal um einen Faktor von 2,4 voneinander.

Bei den Messungen vom 15.06. und 27.10.2016 ergaben sich mit statischer und dynamischer Vorverdünnung deutliche abweichende Geruchsstoffkonzentrationen. Die geometrischen Mittelwerte der drei Einzelmessungen beider Probenahmen weichen um mindestens den Faktor 3,2 voneinander ab, die jeweils parallel beprobten Einzelmesswerte differieren mindestens um den Faktor 2,9 und maximal um den Faktor 4,3 voneinander. Dabei wiesen am 15.06.2016 die Einzelproben mit statischer Vorverdünnung höhere und am 27.10.2016 niedrigere Geruchsstoffkonzentrationen auf als die Einzelproben mit dynamischer Vorverdünnung.

Abbildung 11: Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an der Quelle Q8040 - Messdurchführung mit statischer und dynamischer Vorverdünnung



* sVV = Probenahme mit statischer Vorverdünnung; dVV = Probenahme mit dynamischer Vorverdünnung.
Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

Im Nachgang zu den Messungen am 17.03.2016 wurden auf Wunsch des Anlagenbetreibers einzelne Proben des Zentralkamins (Q8040) nach längerer Lagerdauer nochmals olfaktometrisch ausgewertet. Auf Grundlage der Ergebnisse der vergleichenden olfaktometrischen Analysen der Proben D3 und S1 der Messung vom 17.03.2016 bei verschiedenen Lagerdauern wurden im Rahmen der Messungen von 25.08. und 27.10.2016 alle am Zentralkamin (Q8040) gewonnenen Proben neben der Olfaktometrie am Messtag selbst, einer weiteren Analyse am Folgetag unterzogen. Die Ergebnisse sind, als

geometrische Mittelwerte über alle drei Einzelproben bzw. für die Messung vom 17.03.2106 als Geruchsstoffkonzentration der Einzelproben, in der Tabelle 11 dokumentiert.

Tabelle 11: Geruchsstoffkonzentrationen bei verschiedenen Lagerdauern

Quelle	Vorverdünnung	Datum der Messung	Analyse am Messtag		Analyse am Folgetag	
			Lagerdauer [hh:mm]	Geruchsstoffkonzentration (Geom. Mittel) [GE _E /m ³]	Lagerdauer [hh:mm]	Geruchsstoffkonzentration (Geom. Mittel) [GE _E /m ³]
Q8040	dynamisch	17.03.2016	02:29	3.200 ¹⁾	26:03	7.500 ¹⁾
Q8040	dynamisch	25.08.2016	max. 01:52	5.000	mind. 27:00	2.800
Q8040	dynamisch	27.10.2016	max. 02:15	21.000	mind. 24:30	9.200
Q8040	statisch	17.03.2016	03:57	4.300 ²⁾	27:08	6.400 ²⁾
Q8040	statisch	25.08.2016	max. 00:59	2.100	mind. 26:30	2.000
Q8040	statisch	27.10.2016	max. 02:52	6.600	mind. 25:10	1.700

¹⁾ Geruchsstoffkonzentration der Einzelprobe D3

²⁾ Geruchsstoffkonzentration der Einzelprobe S1

Quelle: Müller-BBM GmbH

Auch hier zeigen sich signifikante Unterschiede insbesondere zwischen den Ergebnissen der Proben vom 17.03.2016 und den Proben vom 25.08. und 27.10.2016. Während die Einzelproben vom 17.03.2016 bei einer Lagerdauer größer 24 Stunden höhere Geruchsstoffkonzentrationen aufwiesen als bei der olfaktometrischen Analyse nach zwei bis drei Stunden nach der Probenahme, ist bei den Proben vom 25.08. und 27.10.2016 bei verlängerter Lagerdauer eine Abnahme der Geruchsstoffkonzentration zu erkennen.

Der Umstand legt die Vermutung nahe, dass bei den einzelnen Messungen ggf. unterschiedliche Einzelkomponenten oder Komponentengruppen das Geruchsverhalten der Proben bestimmen. Dies könnte auch eine Erklärung für das uneinheitliche Verhältnis der festgestellten Geruchsstoffkonzentrationen zwischen den mit dynamischer und statischer Vorverdünnung gewonnen Geruchsproben sein. So könnten z. B. hydrophile oder hydrophobe Eigenschaften einzelner geruchsintensiver Einzelkomponenten die Messergebnisse über den Feuchtegehalt der entnommenen Probe signifikant beeinflussen.

Eine Analyse der Messbedingungen, Ableitbedingungen und der meteorologischen Situation sowie der Prüferzusammensetzung während der einzelnen Messtermine lässt keine signifikanten Zusammenhänge zwischen diesen Parametern und den Messergebnissen der einzelnen Messkampagnen erkennen.

Ggf. können im Abgas enthaltene Aerosolpartikel relevanten Einfluss auf die Messergebnisse haben, da im Rahmen der Messung mit dynamischer Vorverdünnung entweder Aerosole oder geruchsbehaf-

tete Partikel vor der Sammeleinrichtung abgeschieden werden (wenn mit einem vorgeschalteten Partikelfilter gearbeitet wird), oder Aerosole oder geruchsbehaftete Partikel durch Eindringen die Funktionstüchtigkeit der Probenahmeeinrichtung beeinträchtigen können (sollte kein vorgeschalteter Partikelfilter verwendet werden). Im Rahmen der Messungen wurde die Probenahme ohne vorgeschalteten Partikelfilter durchgeführt.

Anzumerken ist in diesem Zusammenhang auch, dass die vorgefundenen Voraussetzungen an der Quelle Q8040 nur bedingt eine normkonforme Messung ermöglichen, da kein normkonformer Messplatz gemäß DIN EN 15259 (DIN 2008) an der Emissionsquelle vorhanden ist. Dies liegt auch darin begründet, dass an der entsprechenden Emissionsquelle keine Überwachungsmessungen erfolgen. Diese werden an den Zuleitungen der einzelnen dem Zentralkamin zugeführten Teilströmen durchgeführt.

Bei einem Kamindurchmesser von 3,1 m steht eine Messbühne in ca. 45 m Höhe zur Verfügung, welche lediglich ca. 120° des Kaminumfangs umfasst und eine Tiefe von ca. 0,5 m ausweist (Gesamtfläche der Messbühne ca. 1,5 m²). Eine Netzmessung über den gesamten Kamindurchmesser konnte unter Beachtung arbeitssicherheitstechnischer Aspekte unter diesen Rahmenbedingungen nur mit Einschränkungen vorgenommen werden. Die Ein- und Auslaufstrecke beträgt jeweils mehr als das Sechsfache des hydraulischen Durchmessers, so dass prinzipiell von einer laminaren Strömung am Messplatz ausgegangen werden kann.

Im Rahmen der Ausbreitungsrechnungen werden auf Basis uneinheitlicher Messergebnisse drei verschiedene Emissionsansätze berücksichtigt und deren Ergebnisse miteinander verglichen. Zum einen wird für die Emissionszeiten der Emissionsquelle Q8040 eine konstante Geruchsstoffkonzentration von 3.500 GE_E/m³ angesetzt, welche in etwa dem geometrischen Mittel beider Messverfahren und damit aller gewonnenen Einzelproben entspricht. Ergänzend wird zum anderen ein „worst-case“- (Geruchsstoffkonzentration = 21.000 GE_E/m³) und ein „best-case“-Szenario (Geruchsstoffkonzentration = 600 GE_E/m³) geprüft. Im Zuge eines Vergleichs der drei Emissionsvarianten sollte eine Sensitivitätsprüfung im Hinblick auf den Einfluss des über den Zentralkamin abgeleiteten Geruchsstoffstroms auf die Immissionssituation im Umfeld des Holzwerkstoffwerks erfolgen.

Für die Lagerflächen im Außenbereich wurden die nachfolgend aufgeführten flächenbezogenen Emissionsfaktoren ermittelt. Dabei wurden für das Langholzlager (Langholzlagerung sowie damit verbundene Rinden- und Holzreste) und für das Recyclingholzlager die in Tabelle 12 aufgeführten Emissionsfaktoren bestimmt.

Tabelle 12: Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an diffusen Quellen

Quelle	Datum der Messung	Mittlere Geruchsstoffkonzentration (Geom. Mittel) [GE _E /m ³]	Flächenbezogener Emissionsfaktor [GE _E /(m ² × s)]
Langholz	21.06.2017	16	0,14
Rinden- und Holzreste (Langholzlager)	21.06.2017	40	0,32
Recyclingholz	21.06.2017	28	0,23

Quelle: Müller-BBM GmbH

Im Bereich des Langholzlagers ist pro Quadratmeter Langholzlagerung von zusätzlichen 0,2 m² verunreinigter, aber nicht mit Langholz beaufschlagter Lagerfläche im direkten Umfeld auszugehen. Für die Ausbreitungsrechnungen wird auf dieser Basis und den vorliegenden Messergebnissen für das

Langholzlager ein mittlerer flächenbezogener Emissionsfaktor $0,20 \text{ GE}_E/(\text{m}^2 \times \text{s})$ bezogen auf die Langholzlagerfläche berücksichtigt. Für die Flächen des Recyclingholzlagers kommt der Emissionsansatz entsprechend den Messungen von $0,23 \text{ GE}_E/(\text{m}^2 \times \text{s})$ im Rahmen der Ausbreitungsrechnungen zum Ansatz.

Ergänzend wurde an allen weiteren geführten Geruchsemissionsquellen, die sich zum Messzeitpunkt in Betrieb befanden, der Abluftvolumenstrom einmalig ermittelt. Die Ermittlung der Volumenströme erfolgte in der Regel während der dritten Emissionsmesskampagne am 25.08.2017, in Ausnahmefällen in der vierten Emissionsmesskampagne am 27.10.2017.

Die Ergebnisse der Volumenstrommessungen sind in der Tabelle 13 zusammengefasst.

Tabelle 13: Ergebnisse der ergänzenden Volumenstrommessungen an den weiteren emissionsrelevanten geführten Geruchsquellen

Quelle	Datum der Messung	Luftdruck [hPa]	Abgas- temp. [°C]	Abgasvolumenstrom		
				Norm, feucht [m³/h]	Norm, trocken [m³/h]	Norm, Olfa. ¹⁾ [m³/h]
Q1010	25.08.2016	1.010	36,0	8.691	8.399	9.328
Q1020	25.08.2016	1.012	25,3	35.533	34.878	38.135
Q1050	25.08.2016	1.012	25,6	33.001	32.192	35.417
Q2010	25.08.2016	1.008	35,1	15.850	15.584	17.010
Q2020	25.08.2016	1.008	34,2	79.745	77.762	85.584
Q2030	25.08.2016	1.011	35,0	19.753	18.951	21.199
Q2040	25.08.2016	1.010	39,2	25.012	23.929	26.844
Q3031	25.08.2016	1.010	50,9	56.527	55.696	60.666
Q5020	25.08.2016	1.006	40,5	39.205	38.221	42.076
Q5030	27.10.2016	1.020	33,8	8.230	8.109	8.832
Q6020	25.08.2016	1.009	34,6	40.047	39.388	42.979
Q7020	25.08.2016	1.014	39,7	17.021	16.798	18.267
Q8020	25.08.2016	1.010	32,0	49.825	48.545	53.473

¹⁾ Volumenstrom unter Normbedingungen für Olfaktometrie: 20 °C und 101,3 kPa, feucht gemäß DIN EN 13725
Quelle: Müller-BBM GmbH

4.3 Geruchsausbreitungsrechnungen

Den Ausbreitungsrechnungen wurden, basierend auf den in Kapitel 4.2 dargelegten Ergebnissen der Emissionsmessungen und den daraus für die einzelnen Emissionsquellen abgeleiteten Emissionsansätzen, die in den nachfolgenden Tabellen zusammengefassten Emissionsparameter und Geruchsstoffemissionen als Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung zugrunde gelegt. Die Emissionsparameter wurden dabei jeweils entsprechend dem Mittel der zur Verfügung stehenden Messdaten angesetzt. Die Geruchsstoffemissionen wurden auf dieser Grundlage unter Berücksichtigung der in Kapitel 4.2 abgeleiteten Emissionskonzentrationen für die vermessenen Quellen sowie deren Übertragbarkeit auf weitere emissionsrelevante Quellen gemäß Tabelle 2 berücksichtigt. Mit Ausnahme der

Quelle Q8040 wurden hierbei die geometrischen Mittelwerte über alle Einzelmessungen herangezogen. Für die Quelle Q8040 wurden alternativ die folgenden drei Emissionsansätze untersucht:

„geom. Mittel“:	Geruchsstoffkonzentration 3.500 GE _E /m ³ Entspricht dem geometrischen Mittel beider Messverfahren und damit aller gewonnenen Einzelproben
„best case“:	Geruchsstoffkonzentration 600 GE _E /m ³
„worst case“:	Geruchsstoffkonzentration 21.000 GE _E /m ³

Die so ermittelten Geruchsstoffemissionen gelten für den Betrieb unter Vollastbedingungen. Für Zeiten mit Teillast wurden jeweils 50 % der Geruchsstoffemissionen angesetzt. Die Zeiten mit Teillast machen ca. 5 % der Gesamtbetriebszeit der Anlage aus. Während der Zeiten mit Anlagenstillständen wurden nur die Emissionen der diffusen Emissionsquellen (Lagerflächen im Außenbereich) berücksichtigt.

Die effektive Quellhöhe für die Emissionsquellen wurde gemäß VDI-Richtlinie 3782 Blatt 3 (VDI 1985) bestimmt, wobei für Emissionsquellen mit einer Ableithöhe kleiner 10 m über Grund und kleiner dem

1,2-fachen der Höhe der zugehörigen oder direkt benachbarten Gebäude gemäß VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 (VDI 2010) keine Abgasfahnenüberhöhung berücksichtigt wurde. Die vorgenommenen Ausnahmen beruhen auf den während der Emissionsmessungen gesammelten Eindrücken zum Ausbreitungsverhalten der betreffenden Emissionsquellen.

Für die diffusen Emissionsquellen (Lagerflächen im Außenbereich), welche als Volumenquellen modelliert wurden, wurden keine Abgasfahnenüberhöhungen berechnet und berücksichtigt. Die für die Ausbreitungsrechnungen berücksichtigten Emissionsrandbedingungen der geführten und diffusen Quellen sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 14: Geführte Emissionsquellen – Emissionsparameter für die Ausbreitungsrechnung

Quell-Nr.	Koordinaten ¹⁾ [m]		Ableithöhe [m]	Durchmesser [m]	Abgasgeschw. [m/s]	Wärmestrom [MW]
id	xq	yq	hq	dq	vq	qq
1010	157	115	11	Abgasfahnenüberhöhung nicht berücksichtigt		
1020	120	87	13	1,03	12,92	0,201
1050	116	91	13	1,03	12,01	0,187
2010	-88	-101	8	Abgasfahnenüberhöhung nicht berücksichtigt		
2020	-113	-115	10	1	31,7	0,723
2030	59	-30	12	Abgasfahnenüberhöhung nicht berücksichtigt		
2040	41	-35	18	1,12	8,06	0,274
2050	44	-32	18	1,12	10,42	0,252
2070	43	-25	18	1,12	9,23	0,233
3011	-2	-40	18	1,4	12,16	0,804
3031	-1	-45	18	1,4	12,1	0,875
5010	-107	-24	14	0,99	15,68	0,377
5020	-106	-54	10	Abgasfahnenüberhöhung nicht berücksichtigt		
5030	20	-52	34	0,32	31,85	0,074

Quell-Nr.	Koordinaten ¹⁾ [m]		Ableithöhe [m]	Durchmesser [m]	Abgasgeschw. [m/s]	Wärmestrom [MW]
id	xq	yq	hq	dq	vq	qq
5040	-8	10	8	Abgasfahnenüberhöhung nicht berücksichtigt		
6010	-31	-17	6	Abgasfahnenüberhöhung nicht berücksichtigt		
6020	-27	-24	6	Abgasfahnenüberhöhung nicht berücksichtigt		
7020	-33	-6	13	0,55	22,79	0,193
8010	124	82	13	1,03	13,98	0,09
8020	149	96	11	Abgasfahnenüberhöhung nicht berücksichtigt		
8040	38	4	76,9	3,1	15,12	10,395

¹⁾ Bezogen auf den Referenzpunkt

Quelle: Müller-BBM GmbH

Tabelle 15: Diffuse Emissionsquellen – Emissionsparameter für die Ausbreitungsrechnung

Quell-Nr. id	Koordinaten ¹⁾ [m]		Ableithöhe [m] hq	Quellabmessungen [m]			Drehwinkel [°C] wq
	xq	yq		x-Richtung aq	y-Richtung bq	z-Richtung cq	
RC	143	155	0	45	25	3	304
LH_1 ²⁾	-171	-111	0	55	20	3	318
LH_2	-89	-113	0	15	25	3	318
LH_3	-145	-148	0	115	15	3	208
LH_4	-387	-334	0	140	15	3	47

¹⁾ Bezogen auf den Referenzpunkt

²⁾ Das Langholzlager wurde auf Grund der räumlichen Ausdehnung in Form von vier Teilquellen berücksichtigt.

Quelle: Müller-BBM GmbH

Die für die Ausbreitungsrechnungen berücksichtigten Geruchsstoffströme, Emissionszeiten in Teillast und Vollast der geführten und diffusen Quellen sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 16: Emissionsquellen – Geruchsstoffemissionen für die Ausbreitungsrechnung

Quell-Nr. id	Geruchsstoffstrom Vollast [GE/s] odor	Emissionszeit Vollast ²⁾ [h/a]	Geruchsstoffstrom Teillast [GE/s] odor	Emissionszeit Teillast ³⁾ [h/a]
1010	1.033,3	7.752	516,7	384
1020	4.233,3	7.752	2.116,7	384
1050	3.933,3	7.752	1.966,7	384
2010	1.888,9	7.752	944,5	384
2020	9.511,1	7.752	4.755,6	384
2030	2.355,6	7.752	1.177,8	384
2040	2.977,8	7.752	1.488,9	384
2050	3.966,7	7.752	1.983,3	384
2070	3.511,1	7.752	1.755,6	384
3011	13.390,0	7.752	6.695,0	384
3031	13.151,7	7.752	6.575,8	384
5010	2.861,1	7.752	1.430,6	384
5020	2.923,6	7.752	1.461,8	384
5030	611,1	7.752	305,6	384
5040	2875,8	7.752	1.437,9	384
6010	733,2	7.752	366,6	384
6020	633,1	7.752	316,5	384
7020	269,4	7.752	134,7	384

Quell-Nr. id	Geruchsstoffstrom Volllast [GE/s] odor	Emissionszeit Volllast ²⁾ [h/a]	Geruchsstoffstrom Teillast [GE/s] odor	Emissionszeit Teillast ³⁾ [h/a]
8010	885,4	7.752	442,7	384
8020	1.114,6	7.752	557,3	384
8040 ¹⁾	„geom. Mittel“: 312.083,3 „best case“: 53.500,0 „worst case“: 1.872.500,0	7.752	„geom. Mittel“: 156.041,7 „best case“: 26.750,0 „worst case“: 936.250,0	384
RC	259	8.760	-	-
LH_1	224	8.760	-	-
LH_2	77	8.760	-	-
LH_3	352	8.760	-	-
LH_4	428	8.760	-	-

¹⁾ Für die Emissionsquelle Q8040 werden im Rahmen der Ausbreitungsrechnungen drei verschiedene Emissionsszenarien untersucht (s. auch Kapitel 4.2).

²⁾ Montag bis Sonntag; 00:00 Uhr bis 24:00 Uhr; bei geführten Quellen ausgenommen:
01. – 03.01., 15. – 19.02., 23.02., 27. – 28.03; 06. – 07.04, 10. – 18.04, 21.06., 12.07., 17. – 22.07., 18. – 31.12.2016

³⁾ 15. – 19.02., 06. – 07.04, 12.07., 18. – 22.12. und 27. – 31.12.2016 jeweils von 00:00 Uhr bis 24:00 Uhr bei geführten Quellen.

Quelle: Müller-BBM GmbH

Es wurden verschiedene Varianten von Ausbreitungsrechnungen durchgeführt, welche

- ▶ die verschiedenen Emissionsansätze bzgl. der Emissionsquelle Q8040 („geom. Mittel“, „best case“, „worst case“),
- ▶ unterschiedliche Qualitätsstufen⁵ sowie
- ▶ verschiedene Grenzsichtmodelle

berücksichtigen.

Eine Zusammenstellung der verschiedenen Varianten der Ausbreitungsmodellierung ist der nachfolgenden Tabelle 17 zu entnehmen.

⁵ Für alle drei Emissionsszenarien wurden Rechenläufe mit den Qualitätsstufen 2 und 4 sowie einer weiteren höheren Qualitätsstufe, deren Größe in Abhängigkeit vom Geruchsstoffstrom der Gesamtanlage so gewählt wurde, dass den nicht über die Emissionsquelle Q8040 (Zentralkamin) emittierten Emissionen noch eine Teilchenrate von größer 32 pro Sekunde (entspricht einer Qualitätsstufe von 4) zugeordnet wurde, durchgeführt.

Tabelle 17: Varianten (Rechenläufe) der durchgeführten Ausbreitungsrechnungen

Rechenlauf-ID	Emissionsszenario	Emissionsquellen ¹⁾	Grenzschichtmodell	Qualitätsstufe
A-1-2	„geom. Mittel“	geführte & diffuse	Version 2.6	2
A-1-4	„geom. Mittel“	geführte & diffuse	Version 2.6	4
A-1-7	„geom. Mittel“	geführte & diffuse	Version 2.6	7
B-1-2	„best case“	geführte & diffuse	Version 2.6	2
B-1-4	„best case“	geführte & diffuse	Version 2.6	4
B-1-5	„best case“	geführte & diffuse	Version 2.6	5
B-2-4	„best case“	geführte & diffuse	Version 4.6	4
B-3-4	„best case“	geführte & diffuse	Version 2.1	4
B-4-4	„best case“	geführte & diffuse	Version 5.3	4
C-1-2	„worst case“	geführte & diffuse	Version 2.6	2
C-1-4	„worst case“	geführte & diffuse	Version 2.6	4
C-1-9	„worst case“	geführte & diffuse	Version 2.6	9
D-1-4	„best case“	geführte	Version 2.6	4

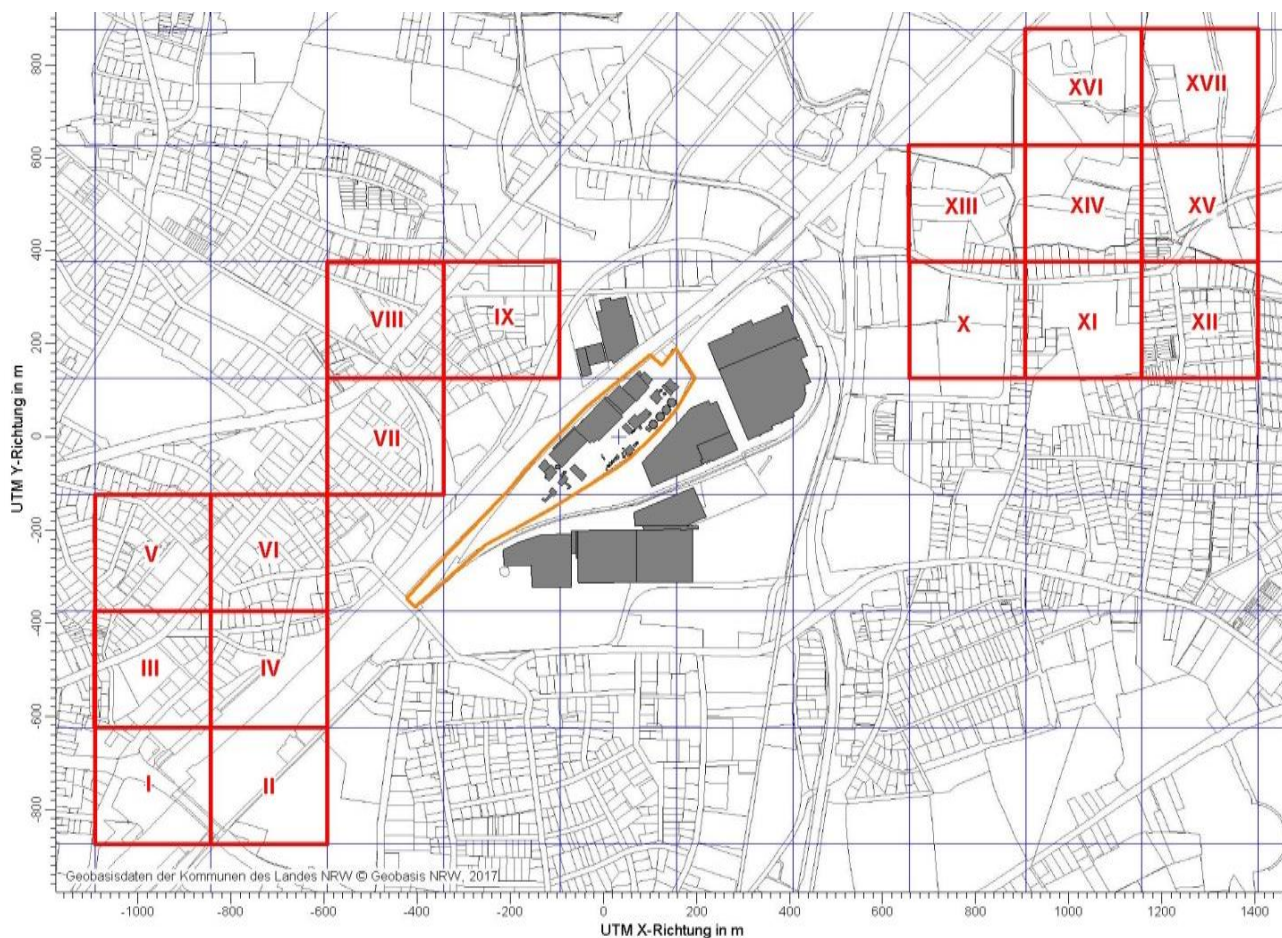
¹⁾ Geführte Quellen gemäß Tabelle 14 und diffuse Quellen gemäß Tabelle 15 modelliert

Quelle: Müller-BBM GmbH

Die im Rahmen der Ausbreitungsrechnungen verwendete Gebäudestruktur sowie die zur Auswertung der Rechenläufe berücksichtigten Beurteilungsflächen können den nachfolgenden Abbildungen entnommen werden.

Die Berechnungen erfolgten mit einem siebenfach geschachtelten Rechengitter mit Gitterweiten von 4 m bis 256 m, wobei die Auflösung der Gebäudestrukturen innerhalb des Rechengitters mit der Gitterweite von 4 m erfolgte.

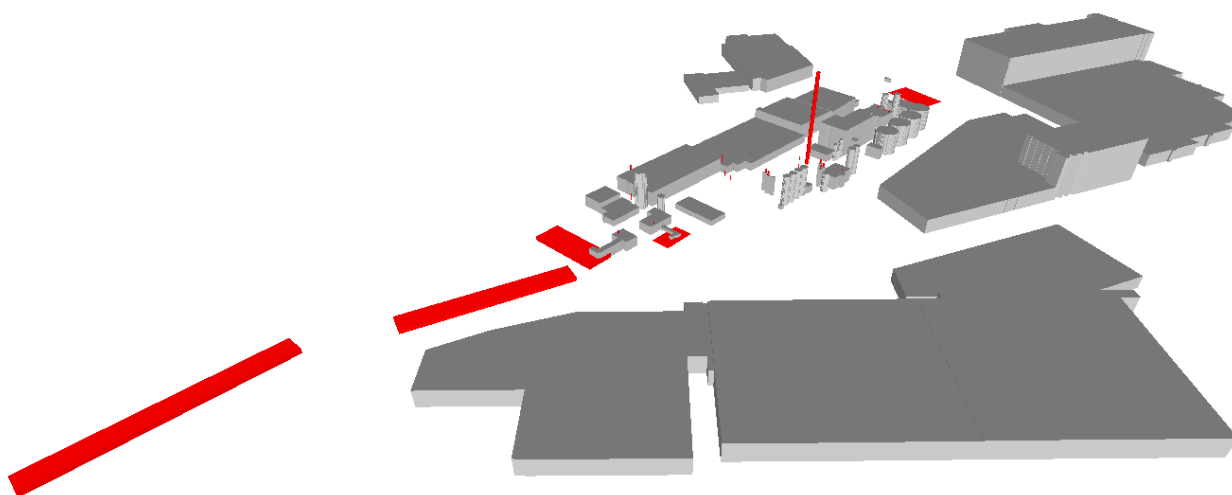
Abbildung 12: Lage der Beurteilungsflächen (rot), des Anlagengeländes (orange umrandet) und der berücksichtigten Gebäudestruktur (grau)



Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

Hintergrundgrafik: Geobasisdaten der Kommunen des Landes NRW © Geobasis NRW, 2016)

Abbildung 13: Schematische 3D-Ansicht der berücksichtigten Gebäudestruktur (grau) und Emissionsquellen (rot)



Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

4.4 Auswertung und Vergleich der berechneten und gemessenen Geruchs- immissionen

4.4.1 Ausbreitungsrechnungen für drei Emissionsszenarien mit verschiedenen Qualitäts- stufen auf Grundlage des Ausbreitungsmodells Austal2000

Im Zuge der vergleichenden Auswertung erfolgt in einem ersten Schritt ein Beurteilungsflächen-bezogener Abgleich der Ergebnisse der durchgeführten Varianten der Ausbreitungsrechnungen auf Grundlage des Ausbreitungsmodells Austal2000 in den Standardeinstellungen (insbesondere unter Verwendung des integrierten Grenzschnittmodells in der Version 2.6) mit den im Rahmen der Rasterbegehung ermittelten Immissions-Zusatzbelastungen. Die Ergebnisse der einzelnen Varianten der Ausbreitungsrechnungen sind in der nachfolgenden Tabelle 18 zusammengefasst.

Die Bewertung der Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Kombination von Emissionsmessung und Ausbreitungsrechnung auf der einen und den Ergebnissen der Rasterbegehung auf der anderen Seite erfolgt dabei nach folgenden Kriterien.

Zunächst erfolgt eine Prüfung dahingehend, ob die Ergebnisse der einzelnen Varianten der Ausbreitungsrechnungen im Bereich der Beurteilungsflächen dem Ergebnis der Rasterbegehung entsprechen, also innerhalb der oberen und unteren Grenze des ermittelten (Un-)Sicherheitsbereiches liegen. Die Berechnungsergebnisse, die diesem Kriterium entsprechen, sind in der Tabelle 18 durch Fettdruck hervorgehoben.

Da bei der Ermittlung des (Un-)Sicherheitsbereiches der Begehungsergebnisse im Wesentlichen nur die prüferbedingte Messunsicherheit berücksichtigt wird, werden zudem Berechnungsergebnisse selektiert, die nur geringfügig ($\pm 0,01$ relative Geruchsstundenhäufigkeiten) von der oberen und unteren Grenze des (Un-)Sicherheitsbereiches abweichen. Die Berechnungsergebnisse, die diesem Kriterium entsprechen, sind in der Tabelle 18 durch Fettdruck und Unterstreichung hervorgehoben.

Tabelle 18: Berechnete Immissions-Zusatzbelastung (IZ) des Holzwerkstoffwerks auf den Beurteilungsflächen sowie gemessene Immissions-Zusatzbelastung (IZ).

Beurteilungsfläche	IZ [rel. Geruchsstundenhäufigkeit] Ausbreitungsrechnung									Rasterbegehung ¹⁾
	A-1-2	A-1-4	A-1-7	B-1-2	B-1-4	B-1-5	C-1-2	C-1-4	C-1-9	
I	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	<u>0,03</u>	0,04	0,06	0,02
II	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,02	0,04	0,06	0,02
III	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,03	0,05	0,08	0,02 - 0,03
IV	0,05	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,03	0,05	<u>0,08</u>	0,05 - 0,07
V	<u>0,05</u>	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,03	0,06	0,09	0,02 - 0,04
VI	0,07	0,09	<u>0,10</u>	0,08	0,09	0,09	0,03	0,07	<u>0,10</u>	0,06 - 0,09
VII	0,10	<u>0,13</u>	0,14	<u>0,13</u>	0,14	0,14	0,05	0,09	0,15	0,14 - 0,17
VIII	0,09	0,12	0,14	0,12	0,13	0,14	0,04	0,09	0,14	0,12 - 0,14
IX	0,10	0,16	<u>0,19</u>	0,15	0,18	<u>0,19</u>	0,03	0,09	<u>0,19</u>	0,18
X	0,09	0,11	0,12	0,10	0,11	0,11	<u>0,06</u>	0,11	0,13	0,07
XI	0,08	<u>0,09</u>	<u>0,09</u>	0,08	0,08	0,08	0,07	0,10	<u>0,12</u>	0,10 - 0,11
XII	0,06	0,08	0,08	0,06	0,06	0,07	0,07	0,10	0,11	0,10 - 0,12
XIII	0,07	0,09	0,10	0,08	0,09	0,09	<u>0,06</u>	0,10	0,12	0,04 - 0,05
XIV	<u>0,07</u>	0,09	0,09	<u>0,07</u>	0,08	0,08	0,08	0,10	0,12	0,08 - 0,10
XV	0,07	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07	0,07	<u>0,10</u>	0,12	0,11 - 0,13
XVI	0,06	<u>0,07</u>	0,08	0,06	0,06	0,06	<u>0,07</u>	0,09	0,11	0,04 - 0,06
XVII	0,06	0,07	0,07	<u>0,05</u>	<u>0,05</u>	0,06	0,07	0,09	0,11	0,06 - 0,07

¹⁾ Ergebnisspannbreite wird definiert durch die obere und untere Grenze des (Un-) Sicherheitsbereiches (vgl. Tabelle 7)

Quelle: Müller-BBM GmbH

Im Ergebnis können bei allen Rechenläufen jeweils auf sechs bis acht der in Summe 17 Rasterflächen entsprechende Übereinstimmungen zwischen der gemessenen und berechneten Immission-Zusatzbelastung festgestellt werden.

Die Rechenläufe A-1-2, B-1-2, C-1-2 und C-1-4 weisen auf den Beurteilungsflächen im Nahbereich der Anlage (Beurteilungsflächen VI, VII, VIII und IX) deutliche Unterschätzungen auf, so dass für diese Rechenläufe davon ausgegangen werden kann, dass die Ergebnisse die Immissionssituation im Nahbereich unzutreffend wiedergeben. Entsprechende Rechenläufe werden in die weiteren Bewertungen der Ergebnisse der einzelnen Varianten der Ausbreitungsrechnungen jedoch weiter mit einbezogen, wenn es zu ergründen gilt, welche Modellparameter im vorliegenden Fall zu einer guten Vergleichbarkeit zwischen Immissionsberechnung und Rasterbegehung führen.

Von den verbleibenden Rechenläufen weisen die Rechenläufe B-1-4 und B-1-5 auf den Beurteilungsflächen im Fernbereich in Hauptwindrichtung (Beurteilungsflächen XII, XV und XVII) deutliche Un-

terschätzungen auf. Daher kann für diese Rechenläufe davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse die Immissionssituation nur unzureichend wiedergeben.

Die Rechenläufe A-1-4 und A-1-7 weisen auf den Beurteilungsflächen im Fernbereich in Hauptwindrichtung geringfügige Unterschätzungen, der Rechenlauf C-1-9 auf der Beurteilungsfläche XVII eine deutliche Überschätzung aus. Die Überschätzungen auf dieser Rasterfläche können dadurch bedingt sein, dass die Gerüche des Holzwerkstoffwerks bei den Messungen der Rasterbegehung durch andere Anlagengerüche (hier landwirtschaftliche Anlagen) und nicht anlagenbedingte Gerüche (Dünge-maßnahmen) überlagert wurden. Da die berechnete Immissions-Zusatzbelastung des Holzwerkstoffwerks die messtechnisch ermittelte Immissions-Gesamtbelastung von 0,23 relativen Geruchsstundenhäufigkeiten (s. Tabelle 8) nicht übersteigt, können die Überbefunde der Ausbreitungsrechnung in diesem Fall als dennoch plausibel eingestuft werden.

Auf den Beurteilungsflächen im mittleren Entfernungsbereich weisen die Rechenläufe A-1-4, A-1-7 und C-1-9 in Hauptwindrichtung in der Regel eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Rasterbegehung auf (siehe Beurteilungsflächen XI, XIII und XVI). Im Bereich der Beurteilungsflächen X und XIII überschätzen alle drei Rechenläufe die Messergebnisse der Rasterbegehung. Die berechnete Immissions-Zusatzbelastung übersteigt jedoch nicht die gemessene Immissions-Gesamtbelastung, so dass unter Berücksichtigung möglicher Überlagerungen die Ergebnisse als plausibel eingestuft werden können. Ausgenommen sind hiervon die in den Rechenläufen A-1-7 und C-1-9 berechneten Immissions-Zusatzbelastungen für die Rasterfläche X.

Im Gesamtkontext der Ergebnisse der durchgeführten Varianten der Ausbreitungsrechnungen mittels Austal2000 zeigt sich, dass die Ergebnisse der Rechenläufe A-1-4, A-1-7 und C-1-9 den gemessenen Immissions-Zusatzbelastung am nächsten kommen.

Im Nahbereich liefern hierbei die Rechenläufe A-1-7 und C-1-9 die besten Übereinstimmungen. Im Ergebnis liegen somit zwei Berechnungsvarianten vor, bei denen von einer hinreichend guten Übereinstimmung zwischen gemessener und berechneter Immissions-Zusatzbelastung ausgegangen werden kann. Es handelt sich um den Rechenlauf mit der Berücksichtigung des „geom. Mittel“-Szenarios für die Kaminemissionen unter Berücksichtigung der Qualitätsstufe 7 (Rechenlauf-ID: A-1-7) sowie den Rechenlauf mit der Berücksichtigung des „worst-case“-Szenarios für die Kaminemissionen unter Berücksichtigung der Qualitätsstufe 9 (Rechenlauf-ID: C-1-9). Im Fernbereich in Hauptwindrichtung weist der Rechenlauf C-1-9 dabei die besten Übereinstimmungen auf, überschätzt die Immissions-Zusatzbelastung im mittleren Entfernungsbereich in Hauptwindrichtung im Gegenzug aber auch auf einzelnen Beurteilungsflächen am deutlichsten. Unter diesem Gesichtspunkt kann davon ausgegangen werden, dass die Rechenläufe A-1-7 und C-1-9 den Ergebnissen der Rasterbegehung am nächsten kommen. Daraus lässt sich ableiten, dass sich die Emissionskonzentration des Zentralkamins im Jahresmittel vermutlich im Bereich der oberen Grenze der in der VDI-Richtlinie 3462 Blatt 2 (VDI 2013a) genannten Spanne von 2.000 GE_E/m³ bis 10.000 GE_E/m³ und damit zwischen den Emissions-szenarien „geom. Mittel“ und „worst-case“ bewegt hat.

Zur weiteren Verifizierung der Übereinstimmung zwischen berechneter und gemessener Immissions-Zusatzbelastung erfolgte für den Rechenlauf C-1-9 zudem eine Auswertung der sich ergebenden Geruchsintensitäten.

Die Ergebnisse dieses Geruchsintensitätsvergleichs sind in der Tabelle 19 den Ergebnissen der Rasterbegehung gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die berechneten Intensitäten tendenziell die untere Grenze der von den Prüferinnen und Prüfern dokumentierten Intensitäten abbilden. Auf den Rasterflächen I, III und XIII zeigen sich hier diesbezüglich gute Übereinstimmungen zwischen berechneter und von den Prüferinnen und Prüfern dokumentierten mittleren Intensitäten der Immissions-Zusatzbelastung durch das Holzwerkstoffwerk. Auf allen anderen Rasterflächen liegt die berechnete

mittlere Intensität der Immissions-Zusatzbelastung durch das Holzwerkstoffwerk jedoch deutlich niedriger als von den Prüferinnen und Prüfern dokumentiert.

Tabelle 19: Berechnete und gemessene durchschnittliche Intensität der Immissions-Zusatzbelastung /Z durch das Holzwerkstoffwerk auf den Beurteilungsflächen

Beurteilungs- fläche	mittlere Intensität der /Z	
	Rechenlauf C-1-9	Rasterbegehung
I	1,2	1,6
II	1,3	2,5
III	1,2	1,8
IV	1,3	3,0
V	1,2	2,7
VI	1,3	3,0
VII	1,3	3,4
VIII	1,2	2,9
IX	1,3	3,3
X	1,3	2,6
XI	1,3	2,6
XII	1,3	3,1
XIII	1,3	1,8
XIV	1,3	2,2
XV	1,3	2,8
XVI	1,3	1,7
XVII	1,4	2,6

Quelle: Müller-BBM GmbH

4.4.2 Einfluss der gewählten Qualitätsstufe auf das Ergebnis der Ausbreitungsrechnungen

Für alle drei Emissionsszenarien („geom. Mittel“ (= Rechenlauf-ID A-1-x); „best-case“ (= Rechenlauf-ID B-1-x); „worst-case“ (= Rechenlauf-ID C-1-x)) wurden Rechenläufe mit den Qualitätsstufen 2 und 4 sowie einer weiteren höheren Qualitätsstufe durchgeführt (s. Kapitel 4.3).

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Ergebnisse der Rechenläufe mit der Qualitätsstufe 2 (entspricht einer Teilchenrate von 8/s) bei der untersuchten Anlage zu einer deutlichen Unterschätzung der Immissions-Zusatzbelastung im Nahbereich (Rasterflächen VII und IX) tendieren. Dies liegt insbesondere an dem Umstand, dass das Emissionsverhalten der Anlage durch den Zentralkamin (Quelle Q8040) dominiert wird. Der über den Zentralkamin abgeleitete Geruchsstoffstrom umfasst, je nach Emissionsszenario, zwischen 42 % (Emissionsszenario „best-case“) und 96 % (Emissionsszenario „worst-case“) des Gesamt-Geruchsstoffstroms der Anlage und zeigt aufgrund der Ableithöhe von ca. 77 m erst in einem größeren Abstand zur Anlage eine immissionsseitige Wirkung. Bei einer Qualitätsstufe 2 wird nahezu die gesamte im Modell bereitstehende Teilchenrate den Emissionen des Zentralkamins zugeordnet, so dass die restlichen Emissionsquellen und insbesondere die boden- und gebäudenah emittierenden Quellen mit geringen Geruchsstoffströmen im Modell nur unterrepräsentiert oder in Teilen gar nicht berücksichtigt werden. Je größer der Anteil des über den Zentralkamin abgeleiteten Geruchsstoffstroms am Gesamt-Geruchsstoffstrom der Anlage ist, desto größer wird dieser Effekt und

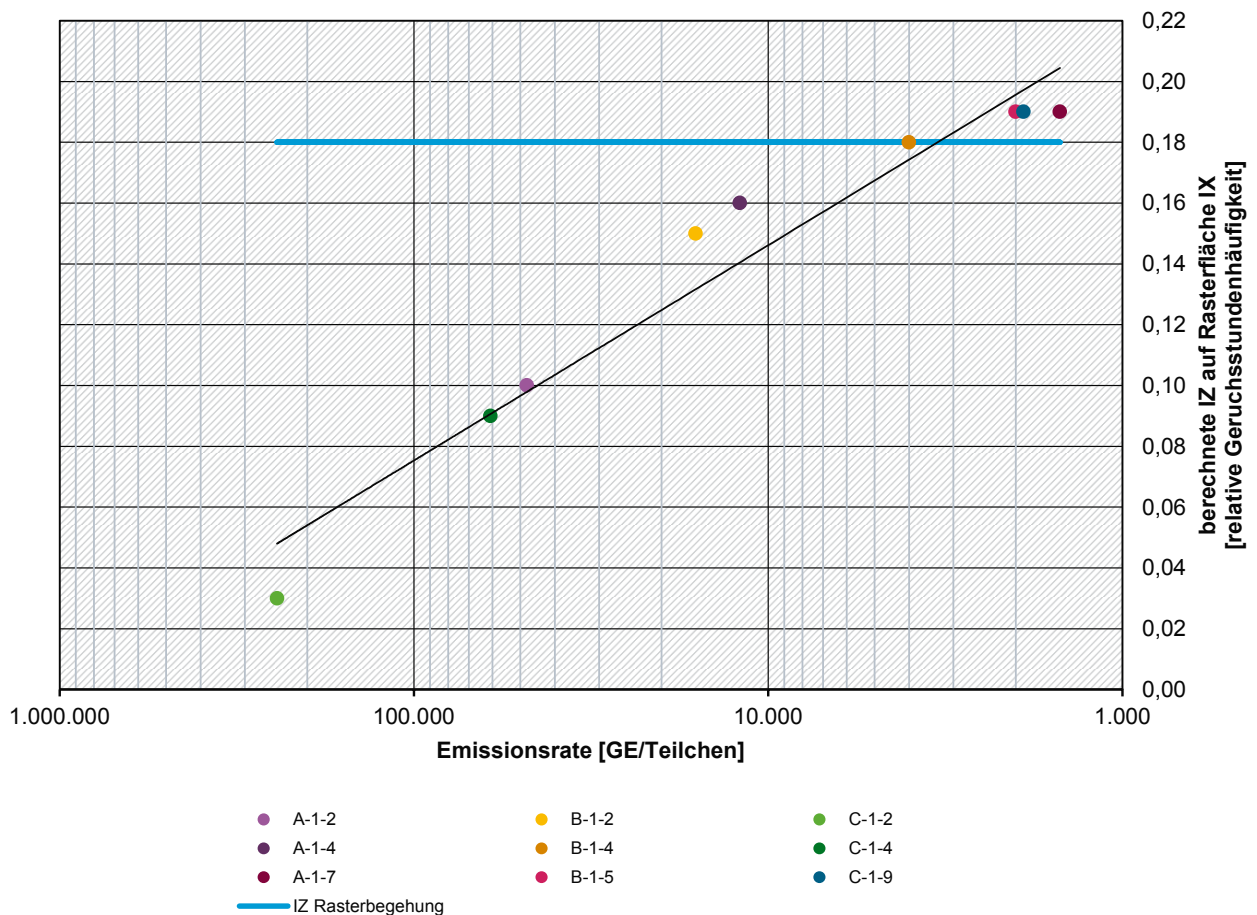
desto deutlicher werden die Unterschätzungen der Immissions-Zusatzbelastung im Nahbereich. Verdeutlicht wird dies durch den Vergleich der berechneten Immissions-Zusatzbelastung für die Emissionsszenarien „best-case“ (Rechenlauf-ID B-1-2) und „worst-case“ (Rechenlauf-ID C-1-2). Im „best-case“-Emissionsszenario ergibt sich z. B. für die Rasterfläche IX eine Immissions-Zusatzbelastung von 0,15 relativen Geruchsstundenhäufigkeiten, im „worst-case“-Emissionsszenario von 0,03 relativen Geruchsstundenhäufigkeiten.

Die für die Qualitätsstufe 2 gemachten Ausführungen können im vorliegenden Fall auch auf die Rechenläufe mit einer Qualitätsstufe 4 (entspricht einer Teilchenrate von 32/s) übertragen werden. Eine Ausnahme bildet hierbei das Emissionsszenario „best-case“. Dieses zeigt im Nahbereich bereits eine gute Übereinstimmung zwischen den berechneten und gemessenen Immissions-Zusatzbelastungen.

Die Rechenläufe mit den gewählten Qualitätsstufen größer 4 (QS 7 für das Emissionsszenario „geom. Mittel“; QS 5 für das Emissionsszenario „best-case“; QS 9 für das Emissionsszenario „worst-case“) zeigen im Nahbereich eine gute Übereinstimmung zwischen den berechneten und gemessenen Immissions-Zusatzbelastungen.

Vergleichbare Effekte wurden von Petrich (2012) auch für ein Zweiquellensystem mit einem Kamin mit einem hohem Geruchsstoffstrom und einer diffusen Emissionsquelle mit vergleichsweise niedrigem Geruchsstoffstrom beschrieben. Allerdings wurden die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen hier nur untereinander verglichen. Ein Abgleich mit einer gemessenen Immissions-Zusatzbelastung erfolgte hier nicht (s. Abbildung 14).

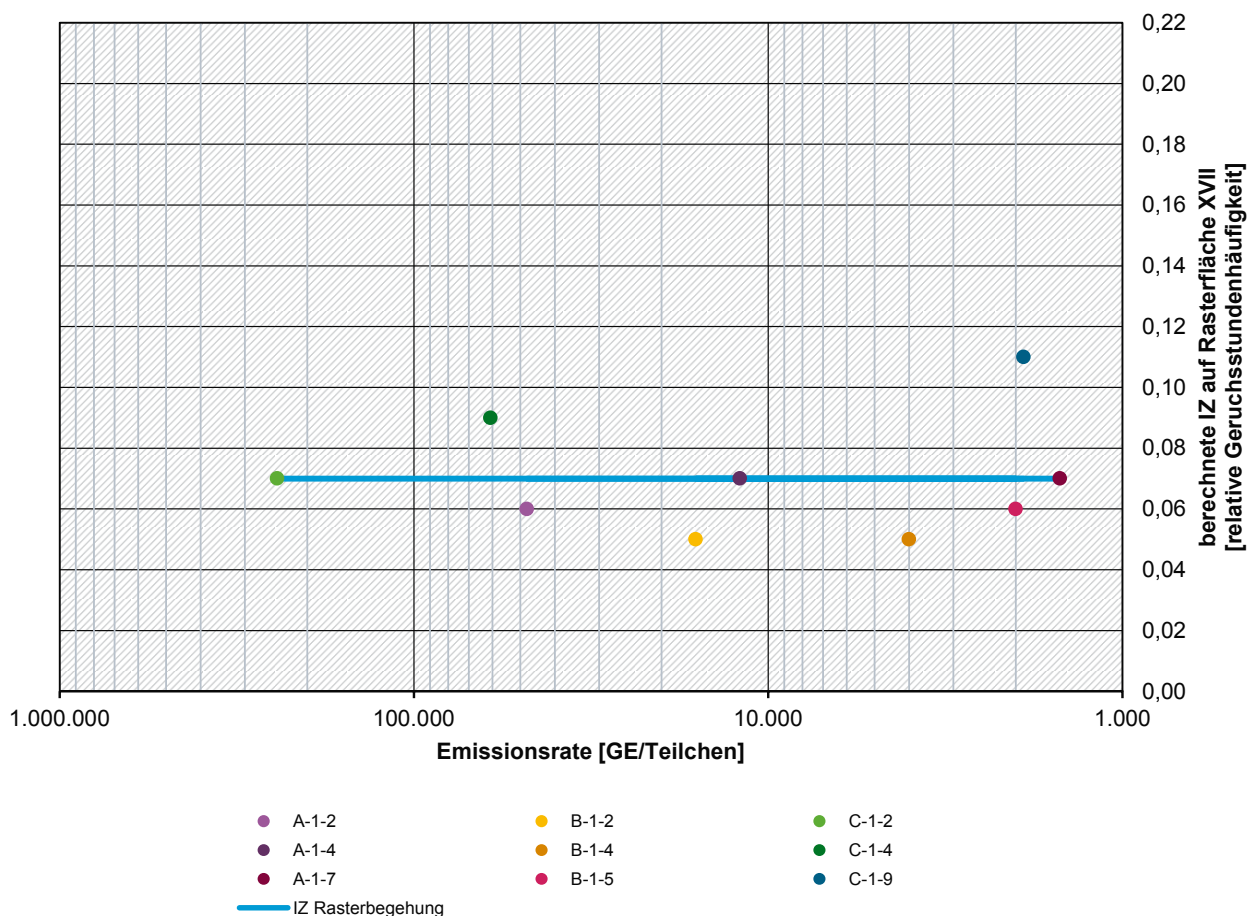
Abbildung 14: Immissions-Zusatzbelastungen auf der Rasterfläche IX (Nahbereich) der Ausbreitungsrechnungen in Abhängigkeit von der Emissionsrate (GE/Teilchen) und Abgleich mit den Ergebnis der Rasterbegehung



Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

Für den Fernbereich sind entsprechende Abhängigkeiten der berechneten Immissions-Zusatzbelastung von der gewählten Qualitätsstufe nicht in dieser Ausprägung erkennbar. Vielmehr ist hier eine Abhängigkeit von dem gewählten Emissionsszenario gegeben. Nur bei sehr hohen Emissionsraten („worst-case“-Emissionsszenario) kann eine Auswirkung der berücksichtigten Qualitätsstufe auf die Höhe der berechneten Immissions-Zusatzbelastung in relevanter Größenordnung beobachtet werden. In der Abbildung 15 ist dies exemplarisch für den Fernbereich dargestellt.

Abbildung 15: Immissions-Zusatzbelastungen auf der Rasterfläche XVII (Fernbereich) der Ausbreitungsrechnungen in Abhängigkeit von der Emissionsrate (GE/Teilchen) und Abgleich mit dem Ergebnis der Rasterbegehung



Quelle: Darstellung der Müller-BBM GmbH

Das grundsätzliche Problem zu niedriger Geruchsstundenhäufigkeiten bei Verwendung einer niedrigen Qualitätsstufe ist seit längerem bekannt. In der Auflistung der bekannten Probleme von AUSTAL2000 auf der Internetseite des Umweltbundesamtes⁶ wird hierzu ausgeführt:

„Wenn die Ausbreitungsrechnung für Geruch mit einer zu niedrigen Qualitätsstufe durchgeführt wird, also einen hohen Stichprobenfehler aufweist, berechnet das Programm systematisch zu niedrige Geruchsstundenhäufigkeiten. Dies ist nicht anhand des ausgewiesenen Stichprobenfeh-

⁶ <http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/ausbreitungsmodelle-fuer-anlagenbezogene/bekannte-behobene-probleme#textpart-2>

lers erkennbar. Der Effekt wird abgeschwächt, wenn mit geschachtelten Netzen gerechnet wird, denn durch die größere Maschenweite verringert sich die statistische Unsicherheit. Man erhält dann also in größerer Quellentfernung höhere Geruchsstundenhäufigkeiten, wenn man mit einem gröberen Netz arbeitet. Im Gegensatz zu den Verhältnissen bei Konzentrationswerten können bei der Geruchsausbreitung größere Maschenweiten auch im Nahbereich zu erhöhten Geruchsstundenhäufigkeiten führen. Dies ist ein Effekt, der mit der Definition der Geruchsstunde zusammenhängt.“

Als Zwischenlösung wird für dieses Problem folgende Vorgehensweise empfohlen:

„1. Die Qualitätsstufe sollte ausreichend hoch gewählt sein, in der Regel 1 oder höher. Im Zweifel sollte durch eine Kontrollrechnung mit erhöhter Qualitätsstufe sichergestellt werden, daß keine signifikanten Änderungen im Ergebnis auftreten.

2. Es sollte möglichst mit geschachtelten Netzen gerechnet werden. Dabei ist aber zu beachten, in welchem Entfernungsbereich die Ergebnisse für die einzelnen Netze gültig sind.

Beachten Sie auch die Hinweise im Anhang der Programmbeschreibung.“

In den weiterführenden Erläuterungen (Anhang A) der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 (VDI 2010) wird für die Berechnung von Geruchsstundenhäufigkeiten ebenfalls mindestens die Verwendung einer Qualitätsstufe 1 empfohlen. Dies kann unter dem Gesichtspunkt der vorliegenden Ergebnisse allerdings nur als Mindestanforderung für einfache Standardfälle, d. h. für Anlagen mit weitestgehend einheitlichen Ableitbedingungen und einer weitestgehend homogenen Verteilung des Gesamt-Geruchsstoffstroms auf die einzelnen Emissionsquellen, verstanden werden. Bei komplexeren Fallkonstellationen mit Ableitung von Geruchsemissionen über diffuse und hohe geführte Emissionsquellen und/oder einer inhomogenen Verteilung der Geruchsstoffströme auf die einzelnen Emissionsquellen ist ein besonderes Augenmerk auf die gewählte Qualitätsstufe zu legen. Die Durchführung von Kontrollrechnungen mit erhöhter Qualitätsstufe, wie sie als Workaround auf der Internetseite des Umweltbundesamtes zum Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 empfohlen werden, sind hier nur bedingt umsetzbar, da mit jeder Erhöhung der Qualitätsstufe um eine Stufe eine Verdoppelung der Rechenzeit einhergeht. Ein Rechenlauf mit der Qualitätsstufe 9 benötigt in der vorliegenden Modellkonfiguration (Rechenlauf-ID C-1-9) unter Anwendung der auf der Internetseite des Umweltbundesamtes bereitgestellten Variante des Programms AUSTAL2000 und aktueller Rechnertechnologie bereits mehrere Wochen. Ein Rechenlauf mit der nächst höheren Qualitätsstufe 10 würde eine weitere Verdopplung dieser Rechenzeiten bedeuten. Ursächlich für die langen Rechenzeiten ist der Umstand, dass das Programm AUSTAL2000 nur einen Rechenkern nutzen kann und damit die Leistungsfähigkeit heutiger Computer mit Multicore-CPU's nur in begrenztem Maße genutzt werden kann.

Handhabbar sind solche Ausbreitungsrechnungen daher nur noch mittels Ausbreitungsmodellen, welche Berechnungen unter Nutzung mehrerer Rechenkerne zulassen. Dies sind insbesondere das Ausbreitungsmodell LASAT sowie eine modifizierte AUSTAL2000-Programmvariante, wie sie für die betreffenden Rechenläufe auch im Rahmen dieses Projektes genutzt wurde. Aber auch unter Nutzung dieser Ausbreitungsmodelle erscheinen Kontrollrechnungen mit Qualitätsstufen in der Größenordnung von $QS = 7$ und höher nur bedingt praktikabel.

Für die durchgeführten Rechenläufe wurde auf Basis dieser Ergebnisse daher jeweils die Emissionsrate in GE/Teilchen (entspricht dem Quotienten aus Geruchsstoffstrom (GE/s) und Teilchenrate (Teilchen/s)) ermittelt und der aus dem Rechenlauf resultierenden Immissions-Zusatzbelastung gegenübergestellt. Hieraus kann abgeleitet werden, dass in der vorliegenden Fallkonstellation die Qualitätsstufe so gewählt werden sollte, dass im Gesamtsystem, bezogen auf die Stunde mit maximalen Emissionen, eine Emissionsrate von mind. ≤ 5.000 GE/Teilchen (besser ≤ 2.500 GE/Teilchen) sichergestellt ist (s. Abbildung 14).

Im Anhang G der Programmbeschreibung zu AUSTAL2000 in der Version 2.6 (Janicke und Janicke 2014) wird eine Gleichung angegeben, mit welcher die Qualitätsstufe abgeschätzt werden kann, bei der eine ausreichende Genauigkeit der Geruchsstundenbestimmung erreicht wird. Basierend auf dem Verfahren zur Geruchsstundenermittlung mit ja/nein-Entscheidung, dass ab der AUSTAL2000 Version 2.2 zum Standard gemacht wurde, wird folgende Gleichung formuliert:

$$n = \frac{c_{BS} \times r \times u \times b \times d \times t_H}{q}$$

mit folgenden Parametern:

c_{BS} : Schwellwert [GE/m³]

r : Partikelzahl [s⁻¹], mit $r = 2 \cdot 2^{QS}$ (QS: Qualitätsstufe, dimensionslos)

u : Windgeschwindigkeit [m/s]

b : Zellbreite [m]

d : Zellhöhe [m]

t_H : Mittelungszeit [s]

q : Gesamtemission [GE/s]

Der Parameter n beschreibt die Anzahl der Trajektorien, die eine Zelle durchlaufen müssen, damit eine Geruchsstunde in dieser ermittelt wird. Im Allgemeinen muss gemäß Programmbeschreibung die Anzahl n mindestens 0,5 bzw. 50 % betragen, als minimaler Sollwert wird jedoch 1 bzw. 100 % vorgegeben.

Den Ausführungen der Programmbeschreibung ist nicht eindeutig zu entnehmen, welche Angaben für die weiteren Parameter Windgeschwindigkeit u , Gitterbreite b und Gesamtemission q ausschlaggebend sind.

In dem im Anhang G der Programmbeschreibung enthaltenen Rechenbeispiel wurde die bodennahe Windgeschwindigkeit bei Schwachwind (0,7 m/s) mit 0,2 m/s abgeschätzt. Da dieses Rechenbeispiel sich auf eine Punktquelle in 10 m Höhe bezieht und in der Regel die bodennahe Schicht (0-3 m) immissionsseitig betrachtet wird, wird daraus geschlossen, dass unabhängig von der Quelhöhe die bodennahe Windgeschwindigkeit zu betrachten ist. Weiterhin stellt die Angabe von niedrigen Windgeschwindigkeiten bezüglich der Ermittlung der Anzahl n den ungünstigsten Fall dar. In der folgenden Berechnung wird daher ebenfalls eine Windgeschwindigkeit von 0,2 m/s angegeben.

In Ausbreitungsrechnungen ist es üblich, mit geschachtelten Gittern zu rechnen. In dem genannten Anhang der Programmbeschreibung wird dieses weiterhin empfohlen, um möglichst große Zellbreiten zu erreichen. In dem Rechenbeispiel wurde sich allerdings auf ein einfaches Rechengitter bezogen, so dass diesem nicht entnommen werden kann, welche Zellbreite gemäß Autor zu verwenden ist. Maßgeblich ist vermutlich die Gitterweite an den beurteilungsrelevanten Flächen. Aus der Empfehlung, mit geschachtelten Gittern zu rechnen, kann dies ebenfalls geschlossen werden. Sofern im Vorfeld nicht alle beurteilungsrelevanten Flächen feststehen oder falls potenziell nähergelegene Flächen beurteilungsrelevant werden, erscheint die Ausrichtung an diesen jedoch nur bedingt praktikabel. Um diesen Fallkonstellationen vorzubeugen, wäre es daher sinnvoll, die geringste Gitterweite einzusetzen. Die Entscheidung, Gebäudestrukturen zu berücksichtigen, die in der Regel geringe Gitterweiten erforderlich machen, hätte demnach allerdings einen Einfluss auf die erforderliche Qualitätsstufe. Da die Angabe der geringsten Zellbreite für die Ermittlung der Anzahl n den ungünstigsten Fall darstellt, wird diese in der weiteren Betrachtung herangezogen.

Sofern für die betrachteten Quellen ganzjährig durchgängige Emissionen (8.760 h/a) angegeben werden, ist die Angabe der Gesamtemission q eindeutig. Liegen jedoch ein oder mehrere Quellen vor, deren Emissionen zeitlich begrenzt sind oder in ihrer Höhe variieren, könnte diese Angabe auf die durchschnittliche Jahresstunde oder Emissionsstunde bezogen werden. Um in jeder Situation eine demgemäß ausreichend hohe Genauigkeit zu erzielen, wäre hier die maximale Emissionsstunde anzugeben.

Für die drei betrachteten Szenarien (A-1-x, B-1-x und C-1-x) ergeben sich unter Berücksichtigung dieser Annahmen sowie unter der Anforderung, dass die Anzahl n mindestens 1 bzw. 100 % betragen muss, die benötigten Qualitätsstufen 7 für A-1-x, 5 für B-1-x und 9 für C-1-x (s. Tabelle 20). Diese ermittelten Qualitätsstufen entsprechen den jeweils im Vergleich mit der Rasterbegehung empirisch als erforderlich bestimmten Qualitätsstufen (s. Kapitel 4.3). Hieraus kann geschlossen werden, dass die Angaben für Windgeschwindigkeit u und Gitterbreite b im vorliegenden Fall wie beschrieben jeweils konservativ zu wählen sind. Aufgrund des relativ geringen Unterschiedes zwischen mittleren und maximalen Emissionen kann keine eindeutige Empfehlung bezüglich der Wahl der Gesamtemission q gegeben werden. Aus allgemeinen Überlegungen heraus wird jedoch zur Angabe der maximalen Emissionsstunde geraten.

Tabelle 20: Anforderungen an die Qualitätsstufe gemäß Anhang G der Programmbeschreibung AUSTAL2000 (Version 2.6) zur Ermittlung der Immissions-Zusatzbelastung IZ durch das Holzwerkstoffwerk auf den Beurteilungsflächen

Parameter	Einheit	Rechenlauf A-1-x	Rechenlauf B-1-x	Rechenlauf C-1-x
c_{BS}	GE/m ³	0,25	0,25	0,25
u	m/s	0,2	0,2	0,2
b	m	4	4	4
d	m	3	3	3
t_H	s	3.600	3.600	3.600
q	GE/s	350.426	115.930	1.765.488
r (ermittelt für $n = 1$)	s ⁻¹	162	54	817
QS	-	7	5	9
r (ermittelt aus gewählter QS)	s ⁻¹	256	64	1.024
n (ermittelt mit gewählter QS)	1	1,58	1,19	1,25

Quelle: Müller-BBM GmbH

Auf Basis der empirischen Bestimmung der erforderlichen Qualitätsstufe wurde eine mindestens einzuhaltende Emissionsrate in GE/Teilchen vorgeschlagen. Mit Annahme des Sollwertes von 1 bzw. 100 % für den Parameter n , d. h. der Anzahl der Trajektorien, die eine Zelle durchlaufen müssen, damit eine Geruchsstunde in dieser ermittelt wird, kann diese Emissionsrate durch Umstellung der genannten Gleichung ermittelt werden:

$$\frac{q}{r} = c_{BS} \times u \times b \times d \times t_H$$

Unter gewählten konservativen Annahmen bezüglich Windgeschwindigkeit u und Gitterbreite b ergibt sich eine mindestens einzuhaltende Emissionsrate von 2.160 GE/Teilchen für die Ausbreitungsrechnungen. Diese Angabe ist konsistent mit der im vorliegenden Fall abgeleiteten Vorgabe von mind. ≤ 5.000 GE/Teilchen (besser ≤ 2.500 GE/Teilchen). Geht man davon aus, dass die Gitterbreite an der beurteilungsrelevanten Fläche maßgeblich ist, ergeben sich entsprechend höhere Emissionsraten von bis zu 34.560 GE/Teilchen an den entfernt liegenden Rasterflächen. Die Rasterflächen wurden jeweils dem kleinsten enthaltenen Gitter zugeordnet (s. Tabelle 21). Es zeigt sich hierbei, dass die Berücksichtigung der Maschenweiten von 16 m und größer den genannten Anforderungen nicht mehr entsprechen.⁷ Hieraus kann die allgemeine Empfehlung abgeleitet werden, die geringste Gitterweite für diese Bestimmung heranzuziehen.

Tabelle 21: Anforderungen an die Qualitätsstufe gemäß Anhang G der Programmbeschreibung AUSTAL2000 (Version 2.6) zur Ermittlung der Immissions-Zusatzbelastung I_Z durch das Holzwerkstoffwerk auf den Beurteilungsflächen in Abhängigkeit des jeweiligen Rechengitters

Parameter	Einheit					
c_{BS}	GE/m ³	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
u	m/s	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
b	m	4	8	16	32	64
d	m	3	3	3	3	3
t_H	s	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600
q/r	GE/Teilchen	2.160	4.320	8.640	17.280	34.560
Rasterflächen		IX	VII, VIII, X, XIII	-	II, IV, VI	I, III, V, XI, XII, XIV, XV, XVI, XVII

Quelle: Müller-BBM GmbH

Bezüglich der Empfehlungen aus dem Anhang G der Programmbeschreibung zu AUSTAL2000 (Version 2.6) wird einschränkend formuliert, dass die Einhaltung dieser Vorgaben bei Kombinationen aus niedrigen und hohen Quellen gegebenenfalls nicht ausreichend ist. Erfahrungsgemäß kann die Kombination von hohen Quellen mit hohen Emissionen in Verbindung mit bodennahen Quellen mit vergleichsweise niedrigen Emissionen zu einer Unterschätzung der Immissionen im Nahbereich führen. Im vorliegenden Fall liegt eine hohe Quelle vor, deren Emissionen deutlich höher (A-1-x, C-1-x) liegen als oder sich in der gleichen Größenordnung (B-1-x) bewegen wie die Summe der dach- oder bodennahen Quellen. Unter Berücksichtigung durchgehend konservativer Annahmen wird, obgleich signifikanter Unterschiede in Quelhöhe und Emissionsstärke, eine Anwendung dieser Gleichung als ausreichend zur Bestimmung der Qualitätsstufe angesehen.

Unter dem Vorbehalt, dass sich die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung auch in anderen Fallkonstellationen bestätigen, wäre es daher denkbar, die Qualität der Ausbreitungsrechnungen für die Berechnung von Geruchsstundenhäufigkeiten über die Vorgabe einer einzuhaltenden Emissionsrate

⁷ Bei einer Windgeschwindigkeit u von 0,2 m/s und einem Schwellwert c_{BS} von 0,25 GE/m³ wird eine Emissionsrate von 5.000 GE/Teilchen bei einer Gitterbreite von ca. 9 m und von 2.500 GE/m³ von ca. 5 m erreicht.

(von mind. ≤ 5.000 GE/Teilchen (besser ≤ 2.500 GE/Teilchen)) sicherzustellen. Sofern alternativ die Ermittlung der Qualitätsstufe über die Gleichung aus der Programmbeschreibung empfohlen oder erlaubt wird, sollten die einzugebenden Parameter eindeutig und möglichst konservativ definiert werden.

4.4.3 Ausbreitungsrechnungen auf Grundlage verschiedener Grenzschnittmodelle

Ergänzend zu den Ausbreitungsrechnungen auf Grundlage des in Austal2000 integrierten Grenzschnittmodells der Version 2.6 (s. Kapitel 4.4.1) wurden auch Ausbreitungsrechnungen mit weiteren Grenzschnittmodellen durchgeführt, um die Auswirkungen verschiedener Grenzschnittmodelle auf die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen abschätzen zu können.

Grundlage des Vergleichs ist der Rechenlauf-ID B-1-4, da dieser Rechenlauf mit vertretbarer Rechenlaufzeit durchführbar ist und, mit Ausnahme der Unterschätzungen auf den Rasterflächen XII und XV, eine hinreichend gute Übereinstimmung mit der gemessenen Immissions-Zusatzbelastung liefert.

Es wurden Ausbreitungsrechnungen mit folgenden Versionen des Grenzschnittmodells durchgeführt:

- ▶ Version 4.6 (= Rechenlauf-ID: B-2-4)
- ▶ Version 2.1 (= Rechenlauf-ID: B-3-4)
- ▶ Version 5.3 (= Rechenlauf-ID: B-4-4)

Die Ausbreitungsrechnung mit dem Grenzschnittmodell in der Version 4.6 wurde mittels AUSTAL2000 unter Nutzung der NOSTANDARD-Option PRFMOD durchgeführt.

Die Ausbreitungsrechnung mit den Grenzschnittmodellen der Versionen 2.1 und 5.3 wurde mittels Ausbreitungsmodell LASAT durchgeführt.

Die Ergebnisse der einzelnen Varianten der Ausbreitungsrechnungen sind in der Tabelle 22 zusammengefasst. Die einzelnen Ausbreitungsrechnungen unterscheiden sich einzig durch die berücksichtigten Grenzschnittmodelle.

Tabelle 22: Berechnete Immissions-Zusatzbelastung (IZ) des Holzwerkstoffwerks auf den Beurteilungsflächen mit verschiedenen Grenzschnittmodellen sowie gemessene Immissions-Zusatzbelastung (IZ)

Beurteilungsfläche	IZ [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]				Rasterbegehung
	Ausbreitungsrechnung (Version des Grenzschichtmodells)				
	B-1-4 (2.6)	B-2-4 (4.6)	B-3-4 (2.1)	B-4-4 (5.3)	
I	0,049	0,049	0,045	0,048	0,02
II	0,053	0,054	0,052	0,055	0,02
III	0,064	0,065	0,060	0,065	0,03
IV	0,069	0,072	0,069	0,074	0,07
V	0,073	0,073	0,071	0,076	0,04
VI	0,093	0,094	0,092	0,100	0,09
VII	0,141	0,143	0,145	0,154	0,15
VIII	0,133	0,131	0,132	0,137	0,13

Beurteilungsfläche	/Z [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]				Rasterbegehung
	Ausbreitungsrechnung (Version des Grenzschichtmodells)				
	B-1-4 (2.6)	B-2-4 (4.6)	B-3-4 (2.1)	B-4-4 (5.3)	
IX	0,181	0,184	0,186	0,192	0,18
X	0,108	0,110	0,115	0,119	0,07
XI	0,083	0,082	0,081	0,085	0,10
XII	0,065	0,061	0,057	0,059	0,11
XIII	0,089	0,088	0,086	0,089	0,05
XIV	0,079	0,074	0,069	0,072	0,10
XV	0,065	0,058	0,053	0,055	0,13
XVI	0,062	0,056	0,052	0,053	0,06
XVII	0,055	0,046	0,040	0,041	0,07

Quelle: Müller-BBM GmbH

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen mit den Grenzschichtmodellen in den Versionen 2.1, 4.6 und 5.3 zeigen nur als gering einzustufende Abweichungen gegenüber den Ergebnissen der Ausbreitungsrechnung mit Grenzschichtmodell in der Version 2.6.

Bei den Ausbreitungsrechnungen mit den Grenzschichtmodellen 2.1 und 5.3 ergeben sich insbesondere im Nahbereich auf einzelnen Beurteilungsflächen geringfügig höhere relative Geruchsstundenhäufigkeiten, wogegen in größeren Abständen geringfügig niedrigere relative Geruchsstundenhäufigkeiten zu beobachten sind.

In Summe bewegen sich die Abweichungen zwischen den Ausbreitungsrechnungen mit den Grenzschichtmodellen 2.6 und 2.1 innerhalb einer Spannbreite von -0,014 (Beurteilungsfläche XVII) bis +0,007 relativen Geruchsstundenhäufigkeiten (Beurteilungsfläche X) und zwischen den Ausbreitungsrechnungen mit den Grenzschichtmodellen 2.6 und 5.3 innerhalb einer Spannbreite von -0,013 (Beurteilungsfläche XVII) bis +0,013 (Beurteilungsfläche VII) relativen Geruchsstundenhäufigkeiten.

Beim Grenzschichtmodell 4.6 ergeben sich auf zwei Beurteilungsflächen (XIV und XV) Abweichungen zur AUSTAL2000 Ausbreitungsrechnung mit Standardoptionen (Grenzschichtmodell in der Version 2.6). Die Abweichungen sind mit -0,01 relativen Geruchsstundenhäufigkeiten zudem als gering einzustufen. Auf den weiteren Beurteilungsflächen ergeben sich identische relative Geruchsstundenhäufigkeiten.

4.4.4 Ausbreitungsrechnungen mit und ohne Lagerflächen im Außenbereich

Ergänzend zu den Ausbreitungsrechnungen unter Berücksichtigung der geführten und diffusen Emissionsquellen wurde eine vergleichende Ausbreitungsrechnung ohne Berücksichtigung der Lagerflächen im Außenbereich (Quellen RC und LH) durchgeführt, um die Auswirkungen von Quellen mit diffuser bodennaher Emissionsfreisetzung und großflächiger Ausdehnung auf die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen abschätzen zu können (Rechenlauf-ID D-1-4).

Die Berechnungen erfolgten auf Grundlage des Rechenlaufs mit der Rechenlauf-ID B-1-4, da dieser Rechenlauf mit vertretbarer Rechenlaufzeit durchführbar ist und im Nahbereich, wo ggf. eine relevante immissionsseitige Wirkung der Lagerflächen im Außenbereich zu erwarten ist, eine gute Übereinstimmung mit der gemessenen Immissions-Zusatzbelastung liefert. Die Ausbreitungsrechnungen

erfolgten mit dem Ausbreitungsmodell Austal2000 in den Standardeinstellungen (Grenzschichtmodell Version 2.6).

Die Ergebnisse der zwei Ausbreitungsrechnungen sind in der Tabelle 22 zusammengefasst. Die einzelnen Ausbreitungsrechnungen unterscheiden sich einzig hinsichtlich der Berücksichtigung der Lagerflächen im Außenbereich (Quellen RC und LH).

Tabelle 23: Berechnete Immissions-Zusatzbelastung (IZ) des Holzwerkstoffwerks auf den Beurteilungsflächen mit (Rechenlauf-ID B-1-4) und ohne Berücksichtigung der Lagerflächen im Außenbereich (Rechenlauf-ID D-1-4) sowie gemessene Immissions-Zusatzbelastung (IZ)

Beurteilungs- fläche	IZ [rel. Geruchsstundenhäufigkeit]		Raster- begehung
	Ausbreitungsrechnung		
	B-1-4	D-1-4	
I	0,049	0,046	0,02
II	0,053	0,050	0,02
III	0,064	0,059	0,03
IV	0,069	0,063	0,07
V	0,073	0,066	0,04
VI	0,093	0,079	0,09
VII	0,141	0,122	0,15
VIII	0,133	0,125	0,13
IX	0,181	0,172	0,18
X	0,108	0,106	0,07
XI	0,083	0,081	0,10
XII	0,065	0,063	0,11
XIII	0,089	0,087	0,05
XIV	0,079	0,076	0,10
XV	0,065	0,063	0,13
XVI	0,062	0,060	0,06
XVII	0,055	0,053	0,07

Quelle: Müller-BBM GmbH

Im Vergleich der beiden Rechenläufe zeigt sich, dass die immissionsseitige Wirkung der von den diffusen Lagerflächen ausgehenden Emissionen auf den Nahbereich begrenzt ist. Relevante Abweichungen zwischen dem Rechenlauf mit und ohne Berücksichtigung der diffusen Lagerflächen treten nur auf den Beurteilungsflächen VI, VII, VIII und IX westlich des Anlagengeländes auf.

Die immissionsseitige Wirkung der von den diffusen Lagerflächen ausgehenden Immissionen kann im vorliegenden Fall insofern als plausibel angesehen werden, da sich der Wirkungsbereich auf den Nahbereich der Anlage beschränkt und durch die über die Emissionszeit der geführten Quellen hinausgehenden Emissionszeiten erklärbar ist.

5 Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die prognostizierten Geruchsimmissionen der Ausbreitungsrechnung mit den real gemessenen Geruchsimmissionen gut übereinstimmen.

Bei der untersuchten Anlage konnten trotz der Schwankungen der Geruchsemissionen nachvollziehbare und plausible Aussagen über die tatsächliche anlagenbezogene Geruchsbelastung im Untersuchungsgebiet anhand von Geruchimmissionsprognosen gemacht werden. Es wurde jedoch auch festgestellt, dass bei der vorliegenden Anlagenkonstellation mit einem Zentralkamin als Hauptemissionsquelle (je nach Emissionsansatz zwischen 42 und 91 % des Gesamt-Geruchsstoffstroms der Anlage) insbesondere die im Rahmen der Ausbreitungsrechnungen gewählte Qualitätsstufe (Freisetzungsrate in GE/Teilchen) einen maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis besitzt.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Höhe der gemessenen Geruchsemissionen nicht zwingend direkt proportional in der Höhe der Geruchsimmissionshäufigkeiten im Anlagenumfeld widerspiegelt. Somit ist einerseits nicht sichergestellt, dass die Festlegung von vorsorgenden Geruchsemissionswerten an den Einzelquellen der Anlage den Schutz vor immissionsseitigen Geruchsbelästigungen in allen Fällen bewirkt. Andererseits kann eine Überschreitung der Geruchsemissionswerte an einzelnen Quellen nicht zwangsläufig mit einer immissionsseitigen Belästigung gleichgesetzt werden. Vielmehr kann eine Überschreitung solcher Geruchsemissionswerte Anlass für eine Überprüfung der Immissionssituation sein. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass eine immissionsseitige Überprüfung, insbesondere im Beschwerdefall, eine geeignetere Lösung zur Abbildung der tatsächlichen Geruchssituation darstellt als die Einhaltung von Geruchsemissionswerten an Einzelquellen. Die erforderliche Bestimmung der Geruchsstundenhäufigkeiten kann, auf Basis der Erfahrungen der untersuchten Anlage für den Anlagentyp der Holzwerkstoffwerke, sachgerecht sowohl rechnerisch (Emissionsmessungen in Verbindung mit Ausbreitungsrechnungen) als auch messtechnisch (Rasterbegehungen) ermittelt werden.

Die im vorliegenden Projekt gewonnenen Erkenntnisse über die Beziehungen und Zusammenhänge zwischen der Emissions- und Immissionssituation gelten zunächst grundsätzlich für die untersuchte Anlage. Eine Übertragung der Erkenntnisse auf andere Betriebe der Holzwerkstoffindustrie dürfte jedoch gerechtfertigt sein, wenn dabei insbesondere folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- ▶ Standort der Anlage (z. B. Industriestandort ist unmittelbar angrenzend an ein Wohngebiet bzw. eher mittelbar angrenzend; vgl. hier Gebietsausweisungen nach Baurecht)
- ▶ Beschaffenheit bzw. Höhe der Emissionsquellen (bodennah, nicht bodennah, Kaminhöhe)
- ▶ Beschaffenheit der Umgebung, in der die Emissionen als Immissionen ankommen (Berg-Tal, hügelig, flach etc.)

Weiterhin lassen sich die Erkenntnisse über das Emissionsverhalten der untersuchten Anlage auf andere Anlagen der Holzwerkstoffindustrie übertragen, wenn vergleichbare Roh- und Hilfsstoffe sowie verfahrenstechnologische Be- und Verarbeitungsschritte eingesetzt werden. Dies beinhaltet auch die Problematik bezüglich der geringen Reproduzierbarkeit der Messergebnisse an Emissionsquellen mit thermischer Einwirkung auf die Holzspäne (Spänetrocknung und Heißpresse)⁸.

Abschließend ergaben sich im Rahmen der Forschungsarbeiten auch Problemstellungen, die innerhalb des Projektes nicht geklärt werden konnten, z. B. die Geruchsprobenahme in komplexen, feuchten (ggf. übersättigten) Abgasströmen mit hohen Temperaturen und enthaltenen Aerosolen und Partikeln, die Bewertung der Belästigungsrelevanz von natürlichen Geruchsqualitäten (z. B. frisches

⁸ Erfahrungen der Mitglieder des Projektbegleitkreises

Holz) sowie die Ermittlung von Geruchsintensitäten mittels Ausbreitungsrechnungen. Diese Aspekte könnten der Gegenstand zukünftiger Forschungsprojekte sein.

6 Quellenverzeichnis

- DIN (2003): DIN EN 13725 – Luftbeschaffenheit; Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie (einschl. Berichtigung vom April 2006), Berlin.
- DIN (2008): DIN EN 15259 – Luftbeschaffenheit – Messung von Emissionen aus stationären Quellen – Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht, Berlin.
- DIN (2015): prEN 16841-1 – Bestimmung der Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen – Teil 1: Rastermessungen, Berlin.
- DIN (2017): DIN EN 16841-1 – Bestimmung der Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen – Teil 1: Rastermessungen, Berlin.
- Grotz, W., und Zimmermann, B. (2015): Vergleich Rasterbegehung – Immissionsprognose – Beispiele aus der Papierindustrie – Quelleneigenschaften und Anpassung der Immissionsprognose. VDI Berichte 2252, S. 81 – 94, VDI Verlag, Düsseldorf 2015.
- Hartmann, U., und Borchert, N. (2015): Emissionsmessungen, Ausbreitungsrechnungen und Rasterbegehungen – Vergleich berechneter und gemessener Geruchsstundenhäufigkeiten anhand verschiedener Anwendungsfälle. VDI Berichte 2252, S. 95 – 104, VDI Verlag, Düsseldorf 2015.
- Janicke, L., und Janicke, U. (2003): Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz. Abschlussbericht im Auftrag des UBA, Berlin, UFOPLAN 200 43 256, Ingenieurbüro Janicke.
- Janicke, L., und Janicke, U. (2004a): Weiterentwicklung eines diagnostischen Windfeldmodells für den anlagenbezogenen Immissionsschutz (TA Luft). Abschlussbericht im Auftrag des UBA, Berlin, UFOPLAN 203 43 256, Ingenieurbüro Janicke.
- Janicke, L., und Janicke, U. (2004b): Die Entwicklung des Ausbreitungsmodells AUSTAL2000G – Berichte zur Umweltphysik, Nr. 5, Dunum, 122 S.
- Janicke, L., und Janicke, U. (2011): Einige Aspekte zur Festlegung meteorologischer Grenzschichtprofile und Vergleiche mit Messungen. – Berichte zur Umweltphysik, Nr. 7, Dunum, 70 S.
- Janicke, L., und Janicke, U. (2014): AUSTAL2000 – Programmbeschreibung zu Version 2.6 – Stand 2014-02-24, Umweltbundesamt, Ingenieurbüro Janicke, 127 S.
- Kortner, M., Braunmiller, K., und Zimmermann, B. (2015): Ansätze zur Bestimmung und Beurteilung der Wahrnehmungsintensität in der Immissionsprognose. – In: Gerüche in der Umwelt, VDI-Berichte 2252, VDI, Düsseldorf, S. 37 – 48.
- LAI (1994): Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie), Schriftenreihe des LAI (Länderausschuss für Immissionsschutz) Nr. 5, Erich-Schmidt Verlag, Berlin.
- LAI (2008): Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie – GIRL –) in der Fassung vom 29. Februar 2008 und einer Ergänzung vom 10. September 2008 (zweite ergänzte und aktualisierte Fassung).
- Müller-BBM GmbH (2016a): UFOPLAN-Vorhaben FKZ 3715 51 307 0 – Emissions- und Immissionsmessungen von Gerüchen in einer Anlage der Holzwerkstoffindustrie – Messplan zur Rasterbegehung. Bericht Nr. M123266/01, Gelsenkirchen.
- Müller-BBM GmbH (2016b): UFOPLAN-Vorhaben FKZ 3715 51 307 0 – Emissions- und Immissionsmessungen von Gerüchen in einer Anlage der Holzwerkstoffindustrie – Messkonzept zu den Emissionsmessungen. Bericht Nr. M123266/02, Gelsenkirchen.
- Müller-BBM GmbH (2017): UFOPLAN-Vorhaben FKZ 3715 51 307 0 – Emissions- und Immissionsmessungen von Gerüchen in einer Anlage der Holzwerkstoffindustrie – Messbericht zur Rasterbegehung. Bericht Nr. M123266/06, Gelsenkirchen.
- Petrich, R. (2012): Zehn Jahre AUSTAL 2000 – Erfahrungen aus der Praxis bei der Berechnung von Geruchsimmissionen. In: Ermittlung und Bewertung von Gerüchen – Messmethoden, Wirkungsfragen, aktuelle Regelungen und Entwicklungen. 26./27.09.2012, BEW Bildungsstätte Essen.
- Schreiber, B.; Hauschildt, H. (2015): Geruchsimmissionen in Theorie und Praxis am Beispiel Flughafen Frankfurt. VDI Berichte 2252, S. 105 – 116, VDI Verlag, Düsseldorf 2015.

VDI (1985): VDI-Richtlinie 3782 Blatt 3: Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre – Berechnung der Abgas-fahnenüberhöhung, Düsseldorf

VDI (2000): VDI-Richtlinie 3945 Blatt 3 – Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle – Partikelmodell, Düsseldorf.

VDI (2002): VDI-Richtlinie 3783 Blatt 8 – Umweltmeteorologie – Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbrei-tungsmodelle, Düsseldorf.

VDI (2006): VDI-Richtlinie 3940 Blatt 1 – Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen – Bestimmung der Immissionshäufigkeit von erkennbaren Gerüchen – Rastermessung (einschl. Berichtigung vom Oktober 2006), Düsseldorf.

VDI (2010): VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 – Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose Anlagen-bezogener Immissionsschutz – Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft, Düsseldorf.

VDI (2010a): VDI-Richtlinie 3940 Blatt 3 – Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen – Ermittlung von Geruchsintensität und hedonischer Geruchswirkung im Feld (einschl. Berichtigung vom August 2011), Düsseldorf.

VDI (2011): VDI-Richtlinie 3880 – Olfaktometrie – Statische Probenahme, Düsseldorf.

VDI (2013a): VDI-Richtlinie 3462 Blatt 2 – Emissionsminderung – Holzbearbeitung und -verarbeitung – Holzwerkstoffher-stellung, Düsseldorf.

VDI (2013b): VDI-Richtlinie 3940 Blatt 5 – Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen – Ermittlung von Geruchsintensität und hedonischer Geruchswirkung im Feld – Hinweise und Anwendungsbeispiele, Düsseldorf.

VDI (2015): VDI-Richtlinie 3884 Blatt 1 – Olfaktometrie – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie – Ausführungshinweise zur Norm DIN EN 13725, Düsseldorf.