

Immissionsprognose

für Geruch, Ammoniak, Stickstoff und Staub an der Tierhaltungs- und Biogasanlage am Standort Theuma



Auftraggeber:	Agrargenossenschaft Theuma - Neuensalz eG Stöckigter Weg 22 08541 Theuma	
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Alexander Weiß Dipl.-Ing. Jens Förster	Tel.: 037206 892961 Email: Alexander.Weiss@ifu-analytik.de Tel.: 037206 892941 Email: Jens.Foerster@ifu-analytik.de
Aktenzeichen:	Theuma.2017.03	
Ort, Datum:	Frankenberg, 25. Oktober 2017	
Anzahl der Seiten:	83	
Anlagen:	Ermittlung eines repräsentativen Jahres	

Zusammenfassung

Die Agrargenossenschaft Theuma - Neuensalz eG betreibt am Standort Theuma eine Anlage zur Haltung von Rindern und Schweinen mit angeschlossener Biogasanlage. Die BHKW der Biogasanlage sollen um zwei Motoren (Gas-Otto-Motoren) erweitert werden, während die beiden bestehenden Motoren (Zündstrahlmotoren) in ihrer Nutzung eingeschränkt werden.

Für die geplante Änderung an der Anlage ist eine Genehmigung nach § 16 BImSchG [1] erforderlich. Im Rahmen eines Antrages nach § 16 BImSchG sind Nachweise zu erbringen, dass sich mit dem geplanten Vorhaben keine erheblich nachteiligen Auswirkungen auf die umliegenden Schutzgüter ergeben. Die IFU GmbH Privates Institut für Analytik mit Sitz in Frankenberg wurde mit der Durchführung von Ausbreitungsrechnungen beauftragt, um die von der geplanten Anlage ausgehenden Immissionen für Gerüche, Ammoniak, Stickstoff und Staub ermitteln und bewerten zu können.

Die Prognose der Immissionen erfolgt unter Anwendung des Lagrange-Modells (nach Anhang 3 der TA Luft [2]) mit dem Programm LASAT 3.3 [3] unter Berücksichtigung des Kaltlufteinflusses. Die Ausbreitungsrechnungen werden für den derzeitigen Zustand der Anlage und für den geplanten Zustand mit den folgenden Ergebnissen durchgeführt:

- Durch die Tierhaltungs- und Biogasanlage werden relevante Geruchsbelastungen in der Ortslage Theuma, sowie vorgelagerter Bebauung, hervorgerufen. Weitere Ortschaften sind nicht von relevanten anlagenbedingten Geruchsbelastungen betroffen. Aus gutachterlicher Sicht führen die prognostizierten Geruchsbelastungen im Plan-Zustand nicht zu einer Überschreitung der potentiell zulässigen Immissionswerte. Zudem ist mit dem Vorhaben eine grundsätzliche Verbesserung der Immissionssituation für Gerüche, d.h. eine Minderung der Geruchsbelastung zu erwarten.
- Mit dem Vorhaben gehen keine nachteiligen Änderungen der anlagenbedingten Ammoniakemissionen einher. Durch das prognostizierte Jahresmittel der Ammoniakkonzentration wird der Beurteilungswert nach TA Luft in Höhe von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an allen umliegenden Biotopen eingehalten. Die ammoniakinduzierten Stickstoffeinträge führen an einem Biotope im Umkreis der Anlage (Baumreihen entlang der Bahnschienen) zur einem Gesamteintrag von Stickstoff in Höhe von $41 \text{ kg}/(\text{ha a})$. Eine Beurteilung dieser Einträge nach den gängigen Verfahren (LAI-Leitfaden-Stickstoff [4]) kann nicht erfolgen, da es sich in der bestehenden Ausprägung nicht um ein stickstoffempfindliches Biotop handelt. Da die prognostizierten Stickstoffeinträge bereits im bestehenden Anlagenzustand gegeben sind, ist ein nachteiliger Einfluss durch das Vorhaben nicht zu erwarten.
- Ebenso wird ein Waldstück nordwestlich der Anlage mit ammoniakbedingten Stickstoffeinträgen bis maximal $9 \text{ kg}/(\text{ha a})$ beaufschlagt. Die resultierende Gesamtbelastung von $24 \text{ kg}/(\text{ha a})$ hält den angenommenen Beurteilungswert nach LAI-Leitfaden-Stickstoff ein, sodass erheblich nachteilige Auswirkungen durch das Vorhaben auszuschließen sind.
- Die Stickoxidemissionen der BHKW-Motoren sowie des anlagenbedingten Fahrverkehrs unterschreiten die Bagatellschwellen der TA Luft. Damit sind von der Anlage im Plan-Zustand keine relevante Einflüsse auf die Immissionssituation für Stickoxide zu erwarten.

- Die Jahresmittelwerte für die Zusatzbelastung der Schwebstaubkonzentration und Staubdeposition unterschreiten im Bereich der maßgeblichen Immissionsorte die Irrelevanzschwellen der TA Luft von $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $0,0105 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ d})$. Die Anlage ist demnach nicht geeignet einen relevanten Immissionsbeitrag zu leisten, oder eine Überschreitung der Immissionswerte nach TA Luft herbeizuführen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	2
Inhaltsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
1 Aufgabenstellung	8
2 Beschreibung der Anlage	9
2.1 Lage.....	9
2.1.1 Topographische Karte.....	10
2.1.2 Luftbild.....	11
2.1.3 Terrainplan	12
2.1.4 Vorbelastungen	13
2.2 Anlagenbeschreibung	13
2.3 Immissionsorte	13
2.3.1 Schutzgut Mensch	14
2.3.2 Schutzgebiete und geschützte Biotope	15
3 Ausbreitungsrechnung für Geruch, Ammoniak, Stickstoff und Staub.....	17
3.1 Rechenmodelle.....	17
3.1.1 Rechenmodell zur Prognose der Geruchsimmissionen.....	17
3.1.2 Rechenmodell zur Prognose der Ammoniakimmissionen.....	17
3.1.3 Rechenmodell zur Prognose der Stickstoffimmissionen	17
3.1.4 Rechenmodell zur Prognose der Staubimmissionen	18
3.1.5 Rechenmodell zur Modellierung von Kaltluftabflüssen	18
3.2 Bewertung	28
3.2.1 Bewertung der Geruchsimmissionen	28
3.2.2 Bewertung der Ammoniakimmissionen	29
3.2.3 Bewertung der Stickstoffimmissionen.....	30
3.2.4 Bewertung der Staubimmissionen	30
3.3 Eingangsgrößen der Ausbreitungsrechnung	31
3.3.1 Koordinatensystem.....	31
3.3.2 Rechengebiet und Rechengitter	31
3.3.3 Beurteilungsflächen.....	33
3.3.4 Bodenrauigkeit	35
3.3.5 Geländeprofil.....	37
3.3.6 Einfluss von Bebauung.....	39
3.3.7 Emissionsstärken	41
3.3.8 Beschreibung der Quellen	48
3.3.9 Meteorologie	51
3.3.10 Statistische Sicherheit.....	57
3.4 Immissionssituation.....	57
3.4.1 Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung für Geruch	57
3.4.2 Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung für Ammoniak.....	63
3.4.3 Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung für Staub.....	66
4 Wertung der Ergebnisse	69
4.1 Geruchsimmissionen	69
4.2 Ammoniak- und Stickstoffimmissionen.....	70
4.3 Staubimmissionen	71
4.4 Zusammenfassung.....	71
5 Anhang.....	73
5.1 Verwendung von Rechtsgrundlagen und Literatur	73

5.2	Dateien zur Ausbreitungsrechnung	75
5.3	Statistische Unsicherheit	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Ortschaft Theuma im Freistaat Sachsen	9
Abbildung 2: Lage der Tierhaltungs- und Biogasanlage westlich der Ortschaft Theuma	10
Abbildung 3: Luftbild der bestehenden Tierhaltungs- und Biogasanlage	11
Abbildung 4: Lageplan des Anlagenstandortes (nicht maßstabsgerecht)	12
Abbildung 5: Lage der maßgeblichen Immissionsorte (Schutzgut Mensch)	15
Abbildung 6: Lage von besonders schützenswerten Biotopen und Schutzgebieten im Anlagenumfeld.....	16
Abbildung 7: Schema des Ablaufs zur Kaltluftmodellierung für eine Ausbreitungsrechnung	20
Abbildung 8: Verwendetes Rechengebiet mit Diskretisierung in Rechengitter	33
Abbildung 9: Netz der Beurteilungsflächen (Ausschnitt)	35
Abbildung 10: Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung der Anlage nach CORINE-Datenbank	37
Abbildung 11: Topographisches Höhenrelief in der Umgebung der Anlage	38
Abbildung 12: Schematische Darstellung bei der Berücksichtigung von Gebäuden nach TA Luft	39
Abbildung 13: Quellenplan der Anlage	49
Abbildung 14: Windrichtungsverteilung der verwendeten Ausbreitungsklassenzeitreihe (Windrose)	52
Abbildung 15: Prognostizierte Kaltfluthöhe nach sechs Stunden	54
Abbildung 16: Bereiche mit belastender und entlastender Wirkung von Kaltluftströmungen	56
Abbildung 17: Prognostizierte Geruchsimmission im Ist-Zustand	58
Abbildung 18: Prognostizierte Geruchsimmission im Plan-Zustand	59
Abbildung 19: Prognostizierte Geruchsimmission im Ist-Zustand –(belästigungsrelevante Kenngröße, Ausschnitt).....	60
Abbildung 20: Prognostizierte Geruchsimmission im Plan-Zustand –(belästigungsrelevante Kenngröße, Ausschnitt).....	61
Abbildung 21: Prognostizierte Geruchsimmission als Differenz von Ist- und Plan-Zustand (belästigungsrelevante Kenngröße, Ausschnitt)	62
Abbildung 22: Prognostiziertes Jahresmittel der Ammoniakkonzentration im Plan-Zustand	64
Abbildung 23: Prognostizierte Jahressumme der Stickstoffdeposition im Plan-Zustand	65
Abbildung 24: Prognostiziertes Jahresmittel der Schwebstaubkonzentration im Plan-Zustand	67
Abbildung 25: Prognostiziertes Jahresmittel des Staubniederschlages im Plan-Zustand	68
Abbildung 26: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.10, prognostizierte Geruchsimmission	78
Abbildung 27: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.18, prognostizierte Geruchsimmission	79
Abbildung 28: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.18, prognostizierte Ammoniakkonzentration	80
Abbildung 29: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.18, prognostizierte Ammoniakdeposition	81
Abbildung 30: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.18, prognostizierte Schwebstaubkonzentration im Jahresmittel	82
Abbildung 31: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.18 prognostizierter Staubniederschlag	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Staubklassen nach TA Luft	18
Tabelle 2:	Tierartspezifische Gewichtungsfaktoren zur Ermittlung der belästigungsrelevanten Kenngröße	29
Tabelle 3:	Immissionswerte für Stäube nach TA Luft	31
Tabelle 4:	Gauß-Krüger-Koordinaten des Nullpunktes des lokalen Koordinatensystems	31
Tabelle 5:	Mittlere Rauigkeitslänge in Abhängigkeit von den Landnutzungsklassen des CORINE-Katasters	36
Tabelle 6:	Gebäude zur Berücksichtigung im diagnostischen Windfeldmodell	41
Tabelle 7:	Geruchsemissionen der Tierhaltungs- und Biogasanlage im bestehenden Anlagenbetrieb	42
Tabelle 8:	Geruchsemissionen der Tierhaltungs- und Biogasanlage im geplanten Anlagenbetrieb	43
Tabelle 9:	Ammoniakemissionen der Tierhaltungs- und Biogasanlage im geplanten Anlagenbetrieb	44
Tabelle 10:	Stickoxidemissionen der BHKW im Ist-und Plan-Zustand	45
Tabelle 11:	Stickoxidemissionen des anlagenbezogenen Fahrverkehrs im Ist-und Plan- Zustand	46
Tabelle 12:	Feinstaubemissionen der Tierhaltung im Plan-Zustand	47
Tabelle 13:	Reststaubemissionen der Tierhaltung im Plan-Zustand	47
Tabelle 14:	Feinstaubemissionen der BHKW im Ist-und Plan-Zustand	47
Tabelle 15:	Emissionsquellen der Anlage	48
Tabelle 16:	Emissionsstärken der Einzelquellen	50
Tabelle 17:	Parameter der Abluftfahnenüberhöhung	50
Tabelle 18:	Daten der Wetterstationen für die Übertragungsprüfung	51
Tabelle 19:	Geruchsbelastungen an den maßgeblichen Immissionsorten im Ist- und Plan- Zustand	69

1 Aufgabenstellung

Die Agrargenossenschaft Theuma - Neuensalz eG betreibt am Standort Theuma eine Anlage zur Haltung von Rindern und Schweinen mit angeschlossener Biogasanlage. Die BHKW der Biogasanlage sollen um zwei Motoren (Gas-Otto-Motoren) erweitert werden, während die beiden bestehenden Motoren (Zündstrahlmotoren) in ihrer Nutzung eingeschränkt werden.

Für die geplante Änderung an der Anlage ist eine Genehmigung nach § 16 BImSchG erforderlich. Im Rahmen eines Antrages nach § 16 BImSchG sind Nachweise zu erbringen, dass sich mit dem geplanten Vorhaben keine erheblich nachteiligen Auswirkungen auf die umliegenden Schutzgüter ergeben. Die IFU GmbH Privates Institut für Analytik mit Sitz in Frankenberg wurde mit der Durchführung von Ausbreitungsrechnungen beauftragt, um die von der geplanten Anlage ausgehenden Immissionen für Gerüche, Ammoniak, Stickstoff und Staub ermitteln und bewerten zu können.

Die Prognose der Immissionen erfolgt unter Anwendung des Lagrange-Modells (nach Anhang 3 der TA Luft) mit dem Programm LASAT 3.3 unter Berücksichtigung des Kaltlufteinflusses. Die Ausbreitungsrechnungen werden für den derzeitigen Zustand der Anlage und für den geplanten Zustand durchgeführt.

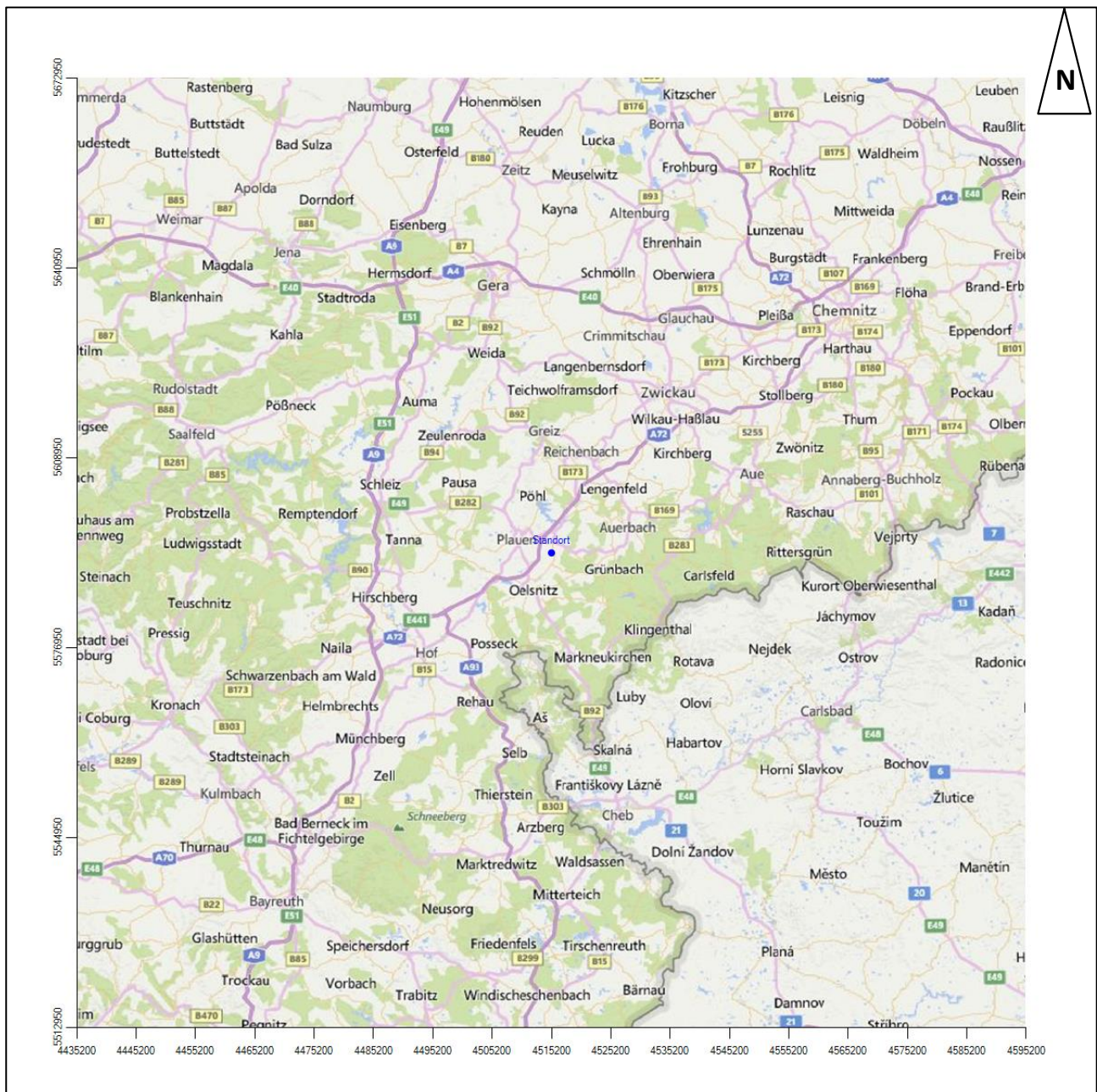
Die Berechnungsgrundlagen, insbesondere die Lage, Art, Anzahl und Gestaltung der Emissionsquellen sowie der Abluftparameter wurden durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt bzw. bei der Ortsbegehung am 15.03.2015 ermittelt.

Diese Immissionsprognose ersetzt das bestehende Dokument Immissionsprognose Theuma.2017.01 vom 08.03.2017.

2 Beschreibung der Anlage

2.1 Lage

Die bestehende Tierhaltungs- und Biogasanlage befindet sich am westlichen Ortsrand der Ortschaft Theuma, im Vogtlandkreis des Freistaates Sachsen. Die Lage der Ortschaft Theuma in Sachsen ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich.



Standort blau hervorgehoben

Abbildung 1: Lage der Ortschaft Theuma im Freistaat Sachsen

2.1.1 Topographische Karte

Die Lage des Anlagenstandortes westlich der Ortschaft Theuma ist anhand des folgenden Auszuges aus der topographischen Karte ersichtlich.



Quelle: WebAtlas-DE
Anlage rot umrandet

Abbildung 2: Lage der Tierhaltungs- und Biogasanlage westlich der Ortschaft Theuma

2.1.2 Luftbild

Die folgende Luftaufnahme zeigt die bestehende Anlage und ihre Umgebung.

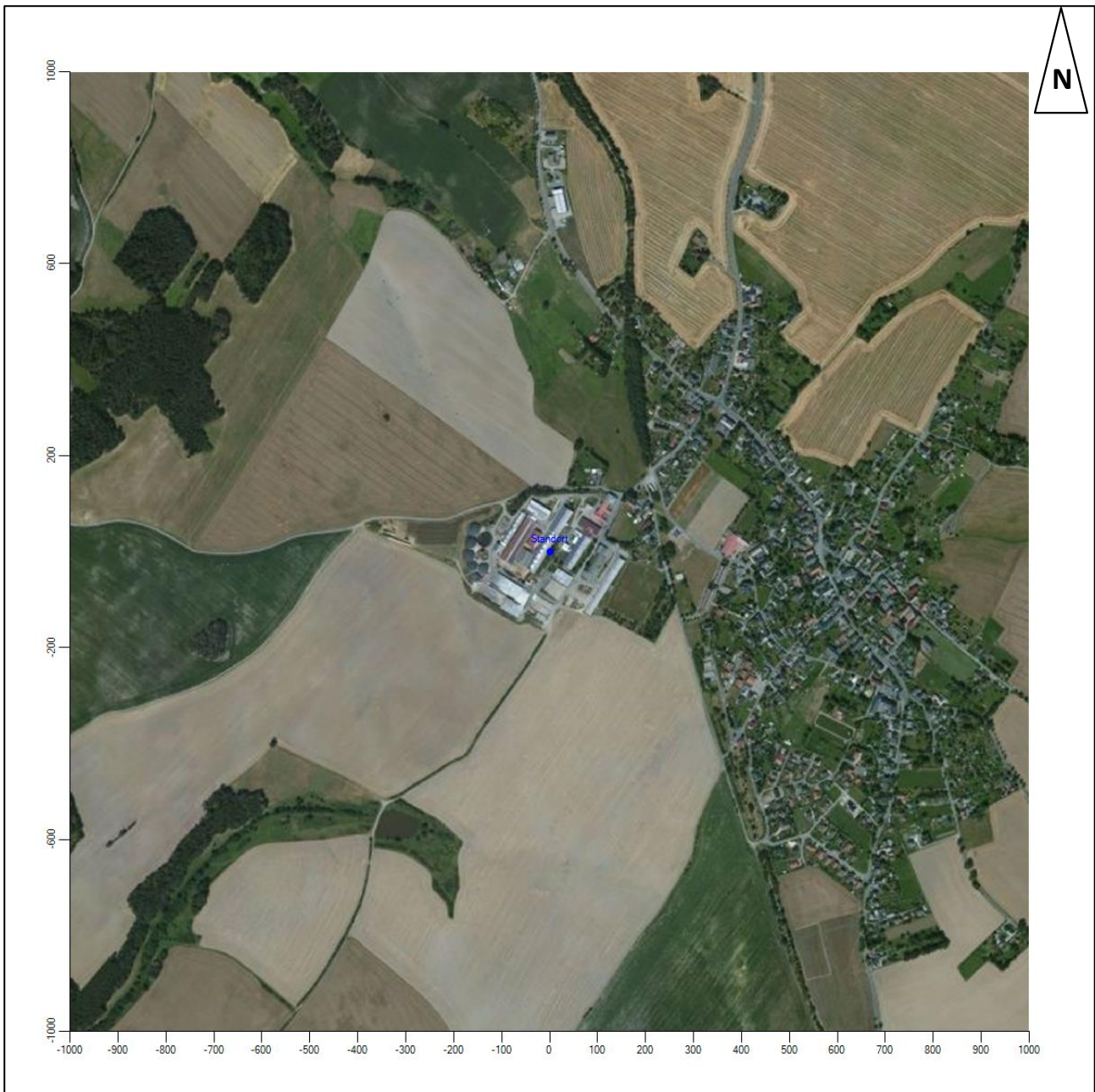


Abbildung 3: Luftbild der bestehenden Tierhaltungs- und Biogasanlage

Einen detaillierten Überblick über die Tierhaltungs- und Biogasanlage gibt der folgende Terrainplan. Neben den Gebäuden und Einrichtungen der Anlage sind ebenfalls die betroffenen Flurstücke eingetragen. Die Lage der beiden neu geplanten BHKW auf dem Anlagengelände ist rot umrandet.

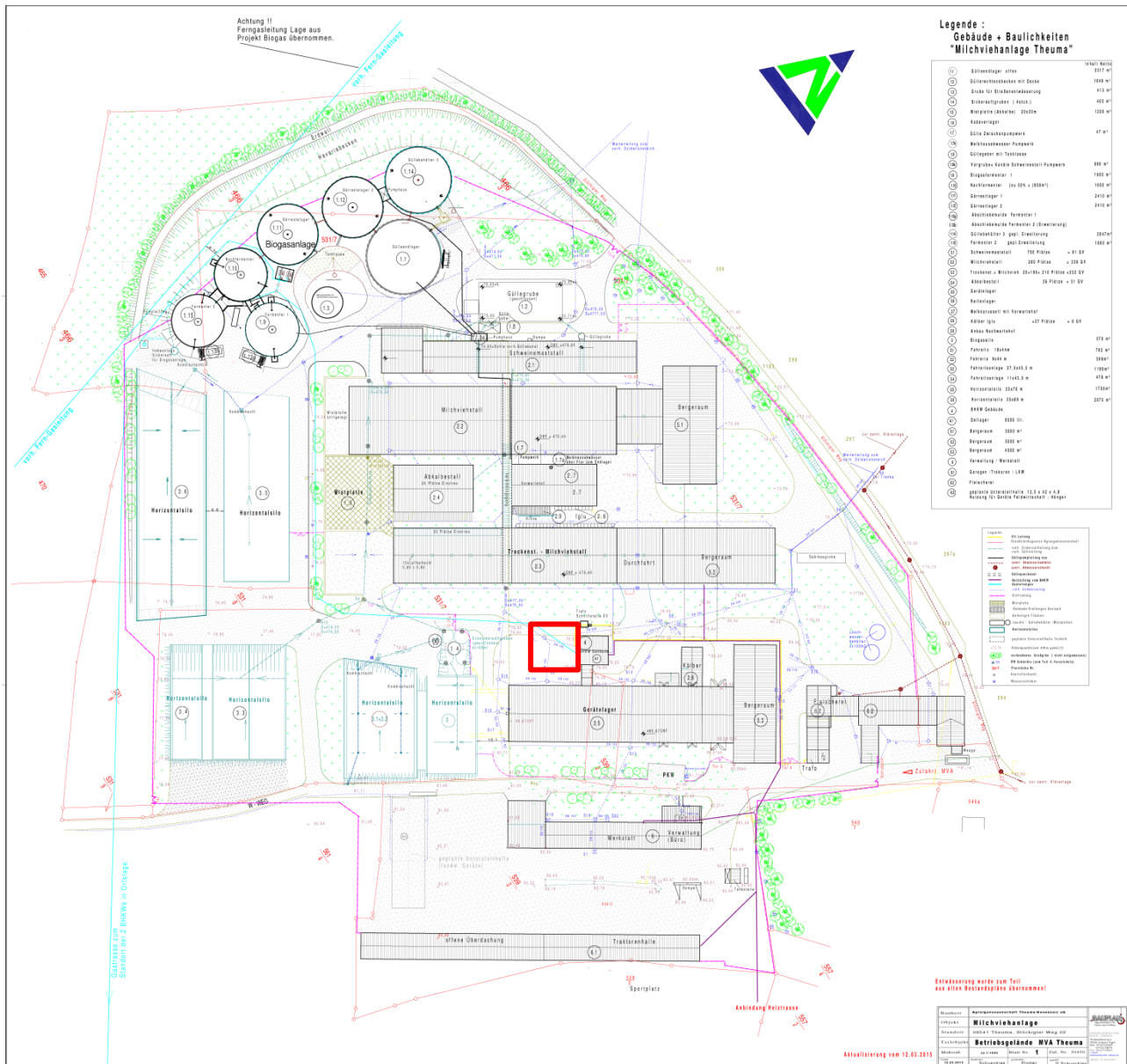


Abbildung 4: Lageplan des Anlagenstandortes (nicht maßstabsgerecht)

2.1.4 Vorbelastungen

Weitere Anlagen, die als relevante Vorbelastungen für die untersuchten Luftbeimengungen betrachtet werden müssen, sind im Untersuchungsgebiet (1 km um den Anlagenstandort) nicht vorhanden. Kleinere häusliche Tierhaltungen in der Ortslage Theuma sowie den umliegenden Orten können in Anlehnung an den Entwurf der VDI-Richtlinie 3474 als Bagatellbestände angesehen werden und gehen damit nicht in die Betrachtung ein.

2.2 Anlagenbeschreibung

Die Anlage dient der Haltung von Rindern und Schweinen zur Gewinnung von Milch und Schlachtvieh mit einer Tierplatzkapazität für 516 Rinder, 37 Kälber und 700 Mastschweine einschließlich zugehöriger Lagerstätten für Futtermittel und tierische Nebenprodukte (Wirtschaftsdünger). Im Zuge der geplanten Änderung soll der Bestand an Mastschweinen auf eine GV-Zahl von 82,5 GV beschränkt werden. Dies entspricht einer Tierplatzzahl von 550 Mastschweinen bis 120 kg (0,15 GV/TP) oder 634 Mastschweinen bis 110 kg (0,13 GV/TP). Im Folgenden wird mit 634 Mastschweinen gerechnet.

Als Nebenanlage wird auf dem Gelände eine Biogasanlage für die Vergärung von NaWaRo (Pflanzenprodukten und Wirtschaftsdünger) zur Erzeugung von Biogas betrieben. Das anfallende Biogas wird gegenwärtig in zwei BHKW (Zündstrahlmotoren) mit einer Feuerungswärmeleistung von 1.116 kW zur Erzeugung von Strom und Wärme verbrannt.

Die BHKW-Anlage soll um zwei zusätzliche Motoren (Gas-Otto-Motoren) mit einer Feuerungswärmeleistung von jeweils 631 kW erweitert werden, um die Stromproduktion entsprechend des Bedarfes besser steuern zu können (flexible Einspeisung). Die Nutzung der bisherigen BHKW soll dabei eingeschränkt werden.

Weitere Änderungen an der Anlage sind nicht vorgesehen. Weitere Anlagendetails sind den Antragsunterlagen auf Genehmigung nach § 16 BImSchG zu entnehmen, als deren Bestandteil die vorliegende Immissionsprognose zu verstehen ist.

2.3 Immissionsorte

Grundlage für die Beurteilung der immissionsschutzrechtlichen Relevanz der Umgebung ist das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG): „Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.“

Die Beurteilung der Geruchsimmissionen in der Umgebung der Anlage erfolgt anhand der Geruchsimmissions-Richtlinie GIRL [5]. Relevante Immissionsorte für Gerüche sind Orte, an denen sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten, d.h. im Sinne TA Luft, Ziffer 4.6.2.6 das Schutzgut Mensch nicht nur vorübergehend exponiert ist.

Die Beurteilung der Staubimmissionen bezieht sich ebenfalls auf das Schutzgut Mensch. Zu bewerten ist der Schutz der menschlichen Gesundheit nach TA Luft, Ziffer 4.2 in Bezug auf Schwebstaub (PM-10) und der Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag.

Hinsichtlich der Ammoniak- und Stickstoffimmissionen müssen schützenswerte Biotope berücksichtigt werden. Beurteilungsgrundlagen bilden hier hinsichtlich der Ammoniakeinträge die TA Luft, sowie

hinsichtlich der Stickstoffeinträge der Leitfaden der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz „Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen“ (LAI-Leitfaden-Stickstoff).

2.3.1 Schutzgut Mensch

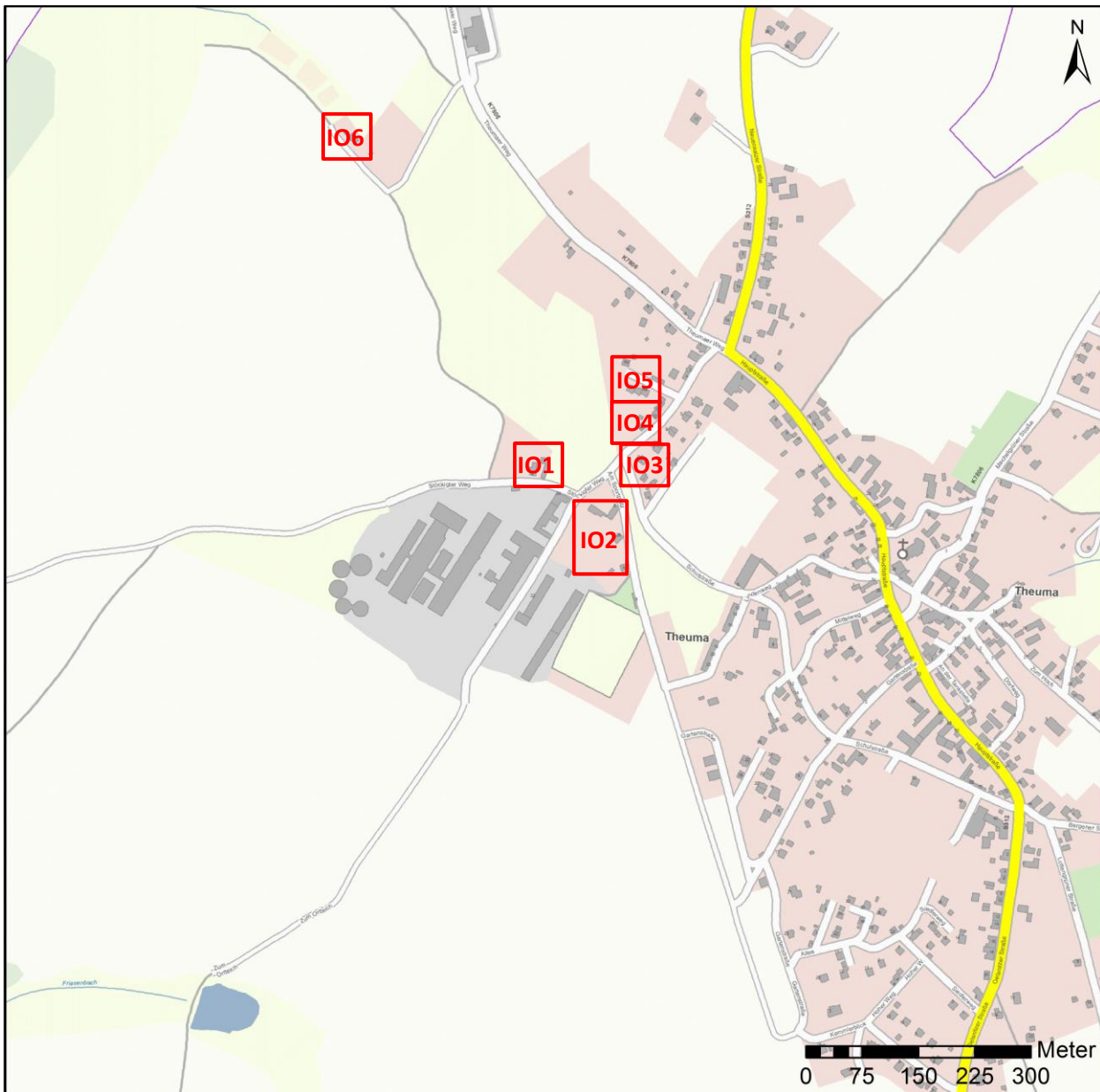
Im Hinblick auf das Schutzgut Mensch ist die Ortschaft Theuma zu beachten. Umliegende Ortschaften sind weit genug entfernt, um davon auszugehen, dass dort keine erheblichen Belästigungen auftreten. Die durchgeführte Ausbreitungsrechnung wird diese Vorgehensweise im Nachhinein rechtfertigen.

Aufgrund der Art und Ableitbedingungen der Emissionsquellen ist davon auszugehen, dass in Abhängigkeit von der Lage der Emissionsfahne mit zunehmender Entfernung zum Ort der Emission die Immissions-Kenngrößen abnehmen. Werden demzufolge für die nächstgelegenen Immissionsorte alle immissionsschutzrechtlichen Forderungen erfüllt, ist dies bei einem hinreichend großen Abstand zur Anlage auch für die restlichen Immissionsorte gegeben.

Somit ergeben sich folgende maßgebliche Immissionsorte in Bezug auf das Schutzgut Mensch:

- IO1 Wohnhaus Stöckigter Weg 20, 08541 Theuma,
- IO2 Wohnhäuser Am Sportplatz, 08541 Theuma
- IO3 Wohnhäuser Stöckigter Weg 17, 08541 Theuma
- IO4 Wohnhaus Stöckigter Weg 14, 08541 Theuma
- IO5 Wohnhäuser Stöckigter Weg 6a bis 6d, 08541 Theuma
- IO6 Wohnhaus Theumaer Weg 15, 08541 Theuma

In der folgenden Abbildung 5 ist die Lage der maßgeblichen Immissionsorte anhand der topographischen Karte dargestellt.



Immissionsorte rot umrandet

Abbildung 5: Lage der maßgeblichen Immissionsorte (Schutzgut Mensch)

2.3.2 Schutzgebiete und geschützte Biotope

Als Schutzgebiete nach dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) [6] und dem sächsischen Naturschutzgesetz (SächsNatSchG) [7] sind insbesondere Naturschutzgebiete (NSG), Landschaftsschutzgebiete (LSG) und Schutzgebiete des Schutzgebietssystems NATURA 2000 (Fauna-Flora-Habitatrichtlinie [8] und Vogelschutzrichtlinie [9] der EU) in Anlagennähe zu verstehen.

Nordöstlich des Anlagenstandortes in einer Entfernung von ca. 1.900 m befindet sich das FFH-Gebiet „Separate Fledermausquartiere und –habitate im Vogtland und Westerzgebirge“ (Gebietsnr. DE 5337-302). Des Weiteren liegen im Umfeld des Anlagenstandortes einige nach § 30 BNatSchG [6] und nach § 21 SächsNatSchG [7] geschützte Biotope sowie sonstige wertvolle Biotope. Die Lage dieser Biotope ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Zusätzlich sind umliegende Waldflächen zu berücksichtigen.



3 Ausbreitungsrechnung für Geruch, Ammoniak, Stickstoff und Staub

3.1 Rechenmodelle

3.1.1 Rechenmodell zur Prognose der Geruchsimmissionen

Grundlage der Immissionsbeurteilung in der TA Luft 2002 ist der prognostizierte Stundenmittelwert der Schadstoffkonzentration. Hieraus werden dann Tages- und Jahresmittelwerte und Überschreitungshäufigkeiten berechnet, an Hand derer die Gesamtbeurteilung erfolgt.

Die Berechnung erfolgt mit dem Programm LASAT 3.3. Im Anhang 3 der TA Luft wird für die Ausbreitungsrechnung ein Lagrangesches Partikelmodell nach der Richtlinie VDI 3945/3 [10] festgelegt. Das Rechenprogramm LASAT ist eine beispielhafte Umsetzung der Vorgaben des Anhang 3.

Für die Beurteilung von Gerüchen gemäß GIRL [5] ist ebenfalls die Stunde der primäre Bezugszeitraum, aber zur Beurteilung ist zu prognostizieren, ob innerhalb dieser Stunde zu 10 % der Zeit ein Geruch wahrgenommen wird. Ist dies der Fall, gilt die Stunde als Geruchsstunde. Für die Immissionsprognose ist im Wesentlichen die Häufigkeit der Geruchsstunden im Jahresmittel entscheidend.

Im Programmsystem LASAT erfolgt die Entscheidung, ob eine Geruchsstunde vorliegt, auf Grundlage einer ja/nein-Entscheidung. Kriterium für das Vorliegen einer Geruchsstunde bildet dabei die Überschreitung eines Stundenmittelwertes der Geruchsstoffkonzentration von 0,25 GE/m³, also 25 % der Geruchsschwelle.

3.1.2 Rechenmodell zur Prognose der Ammoniakimmissionen

Die Berechnung der Immissionssituation in Bezug auf Ammoniak erfolgt nach TA Luft, Anhang 3. Berechnet wird die Immissions-Jahres-Zusatzbelastung (IJZ) (Berechnung des geplanten Vorhabens) als gewichteter Mittelwert über die Ausbreitungssituationen der Ausbreitungsklassenzeitreihe. Die berechneten Immissionskenngrößen für Ammoniakkonzentration und Ammoniakdeposition werden für den jeweiligen Aufpunkt in Form von farbigen Isoplethen dargestellt. Die Gesamtbelastung ergibt sich dann gegebenenfalls in der Bewertung durch formale Addition einer pauschalen Vorbelastung.

3.1.3 Rechenmodell zur Prognose der Stickstoffimmissionen

Das Programm LASAT liefert bei durchgeführter Ausbreitungsrechnung für Ammoniak eine Depositionsverteilung für Ammoniak. Als Depositionsgeschwindigkeit wird standmäßig der in der TA Luft, Anhang 3 Punkt 3 genannte Wert von 0,01 m/s verwendet. Wenn man davon ausgeht, dass deponierter Stickstoff im Wesentlichen aus dem gasförmigen Ammoniak in der Luft stammt, so ist der Stickstoffeintrag direkt proportional der deponierten Menge an Ammoniak. Als Proportionalitätsfaktor dient 14/17, was dem Verhältnis der Massenzahlen beider Substanzen entspricht.

Zusätzlich erfolgt eine Berechnung der Immissionssituation in Bezug auf Stickoxide nach TA Luft Anhang 3. Berechnet wird die Immissions-Jahres-Zusatzbelastung (IJZ) als gewichteter Mittelwert über die Ausbreitungssituationen der Ausbreitungsklassenzeitreihe. Aus der ermittelten Stickoxidkonzentration (NO₂) kann über die folgende Formel die Stickstoffdeposition durch Stickoxide ermittelt werden:

$$DepN = c * 0,3 \text{ cm/s} * 3,1536 * 14/46$$

Dabei bedeuten *Dep_N* die Stickstoffdeposition in kg/(ha a), *c* die Stickoxidkonzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *0,3 cm/s* die Depositionsgeschwindigkeit von NO₂ nach VDI-Richtlinie 3782/5, *3,1536* ein Korrekturfaktor für die Einheitenumrechnung und *14/46* der stöchiometrische Anteil des Stickstoffs am NO₂.

3.1.4 Rechenmodell zur Prognose der Staubimmissionen

Die Berechnung der Immissionssituation in Bezug auf Staub erfolgt nach TA Luft, Anhang 3. Berechnet wird die Immissions-Jahres-Zusatzbelastung (IJZ) (Berechnung des geplanten Vorhabens) als gewichteter Mittelwert über die Ausbreitungssituationen der Ausbreitungsklassenzeitreihe. Zudem erfolgt die Ermittlung der Immissions-Tages-Zusatzbelastung (ITZ) und des Jahresmittelwertes der Tagessumme des Staubniederschlags (IJDZ).

Die Aufteilung der Staubemissionen erfolgt nach TA Luft Anhang 3 Punkt 4 auf vier Größenklassen mit verschiedenen Sedimentations- und Depositionsgeschwindigkeiten. Die aerodynamischen Durchmesser (*d_a*) dieser Klassen, ihre Sedimentations- (*v_s*) und Depositionswerte (*v_D*) sowie ihre Bezeichnung bei der Eingabe in das Programmsystem LASAT sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 1: Staubklassen nach TA Luft

Klasse	<i>d_a</i> [μm]	<i>v_s</i> [m/s]	<i>v_D</i> [m/s]	LASAT
1	< 2,5	0,00	0,001	pm-1
2	2,5 – 10	0,00	0,01	pm-2
3	10 – 50	0,04	0,05	pm-3
4	> 50	0,15	0,20	pm-4

Ist die Korngrößenklasse nicht im Einzelnen bekannt, dann ist PM-10 (Feinstaub) wie Staub der Klasse 2 zu behandeln. Für Staub mit einem aerodynamischen Durchmesser > 10 μm ist für *v_D* der Wert 0,07 m/s und für *v_s* der Wert 0,06 m/s zu verwenden. Die benannten Parameter werden im Programmsystem LASAT durch den Parameter pm-u definiert.

3.1.5 Rechenmodell zur Modellierung von Kaltluftabflüssen

3.1.5.1 Funktionsweise

Es wurde auf ein Rechenverfahren auf der Basis von LASAT® (Ing. Büro Janicke) zurückgegriffen, das vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [11] veröffentlicht wurde. Grundlage dafür bildet ein prognostisches Windfeldmodell mit Lagrange-Ansatz. Es berücksichtigt Hangabtriebskräfte, Druckausgleich, Reibung und Trägheit der Kaltluft und prognostiziert die Dynamik von der Kaltluftentstehung beginnend in den Abendstunden bis hin zum Abfluss bzw. Auflösen der Kaltluft am Morgen in Folge solarer Einstrahlung. Für die Entstehung von Kaltluft im bodennahen Bereich wurde ein energetischer Ansatz gewählt, der ohne Annahmen zu Kaltluftproduktionsraten auskommt.

Nach Anhang 3 der TA Luft ist es notwendig, zeitaufgelöste und orts aufgelöste Daten zur Windgeschwindigkeit und Windrichtung bereitzustellen. Dies geschieht je nach Komplexität des Geländes (Orographie, Bebauung) bei den Lagrange-Ausbreitungsmodellen LASAT und AUSTAL 2000 [12] über ein separates Programm, (LPRWND bzw. TALDIA), das im Standardfall eine sogenannte Windfeldbibliothek

erstellt. In dieser ist ein Vorrat an (situationsweisen) Windfelddaten vorhanden, mit dem die eigentliche Lagrange-Ausbreitungsmodellierung durchgeführt werden kann.

Für die Berechnung der Windfelder werden prognostische und diagnostische Windfeldmodelle eingesetzt. Prognostische Windfeldmodelle lösen dabei die Bewegungsgleichung in mehr oder weniger vereinfachter Weise. Diagnostische Windfeldmodelle gehen von einer Schätzung bzw. Annahme für das Windfeld aus und entfernen dann die Divergenz aus dem Windfeld. Damit wird für die anschließende Ausbreitungsrechnung erreicht, dass Massenerhaltung gewährleistet ist. Prognostische Windfeldmodelle gewährleisten je nach Ansatz neben der Massenerhaltung auch noch die Erhaltung von Energie und/oder Impuls.

Der oft vorgebrachte Nachteil von diagnostischen Windfeldmodellen besteht darin, dass nur die Strömungseffekte abgebildet werden, die über die initiale Schätzung bzw. Annahme in das Modell einfließen. Für die Standardanwendungsfälle, die im Rahmen des Anhangs 3 der TA Luft geregelt sind, werden bei den Programmsystemen AUSTAL 2000 und LASAT entsprechende Annahmen in die initialen Windfelder eingebracht, bevor aus diesen die Divergenz entfernt wird. Dazu gehören zum Beispiel eine Prandtl-Schicht mit höhenabhängigem Windgeschwindigkeitsprofil oder die Verwirbelungen bei der Gebäudeumströmung, für die eine aus der Elektrodynamik entlehnte Schätzung angesetzt werden kann. Effekte wie Kaltluftabflüsse oder Verwirbelungen bei zu großen Geländesteigungen werden zumindest im Standardumfang der Windfeldberechnung von AUSTAL 2000 und LASAT nicht in diesen Anfangsschätzungen berücksichtigt und können demnach auch nicht in den resultierenden Windfeldern erwartet werden.

Für die hier beschriebene Kaltluftmodellierung wurde ein Ansatz gewählt, der auf einer prognostischen Herangehensweise basiert. Dabei wird über ein prognostisches Verfahren (vereinfachtes Lösen der Bewegungsgleichung) zunächst eine Schätzung für das Strömungsverhalten der Kaltluft durchgeführt. Danach wird diese Schätzung als Überlagerung zur Advektion hinzugefügt und Divergenzfreiheit hergestellt.

Die damit erhaltenen Windfelder enthalten das Strömungsverhalten von Kaltluft (Initialisierung aus dem prognostischen Verfahren) und gewährleisten Massenerhaltung bei der Ausbreitungsmodellierung (Divergenzfreiheit).

Insgesamt ergibt sich ein iterativer Prozess aus drei Teilschritten:

1. Prognostischer Ansatz mit Lösung der Bewegungsgleichung (Navier-Stokes-Gleichung mit Antrieb aus der Temperaturverteilung) zur Ermittlung des für den kommenden Zeitschritt anzuwendenden Windfeldes und Superposition des übergeordneten Windes (nach Aufprägung der Prandtl-Schicht)
2. Entfernung der Divergenz aus diesem Windfeld mit dem Programm LPRWND (Bestandteil von LASAT)
3. Verwendung des divergenzfreien Windfeldes zur Ausbreitungsrechnung, um die Temperaturverteilung nach dem Zeitschritt zu ermitteln, mit der dann wieder bei Schritt 1 begonnen wird

Daraus ergibt sich ein iterativer Ablauf, bei dem zunächst aus der momentan vorliegenden Temperaturverteilung auf die Änderung der Windgeschwindigkeit (Antrieb durch Kaltluft) geschlossen wird. Sodann wird vom Programm LASAT die geänderte Windgeschwindigkeit verwendet, um die (negative)

Wärmemenge im Rechengebiet zu transportieren. Daraus ergibt sich eine neue Temperaturverteilung, die wiederum zur Berechnung der Änderung der Windgeschwindigkeiten im nächsten Schritt verwendet wird.

Über die abwechselnd stattfindende Berechnung der Windgeschwindigkeit über die Bewegungsgleichung und die Ausbreitung mit LASAT wird der iterative Prozess vorangetrieben. Dabei wird für LASAT jeweils das Windfeld verwendet, das sich im vorhergehenden Schritt aus der Temperaturverteilung mit Überlagerung des übergeordneten Windes (aus meteorologischer Zeitreihe für die Anemometerposition) ergeben hat.

3.1.5.2 Anwendung der Kaltluftmodellierung für Ausbreitungsrechnungen

Der oben beschriebene iterative Prozess bildet den Kern der Kaltluftmodellierung (Hauptprozess). Um diesen Prozess in die Durchführung einer Ausbreitungsrechnung zu integrieren, sind vorbereitende Schritte (Prä-Prozess) und nachfolgende Schritte (Post-Prozess) erforderlich. Der gesamte Ablauf ist in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt.

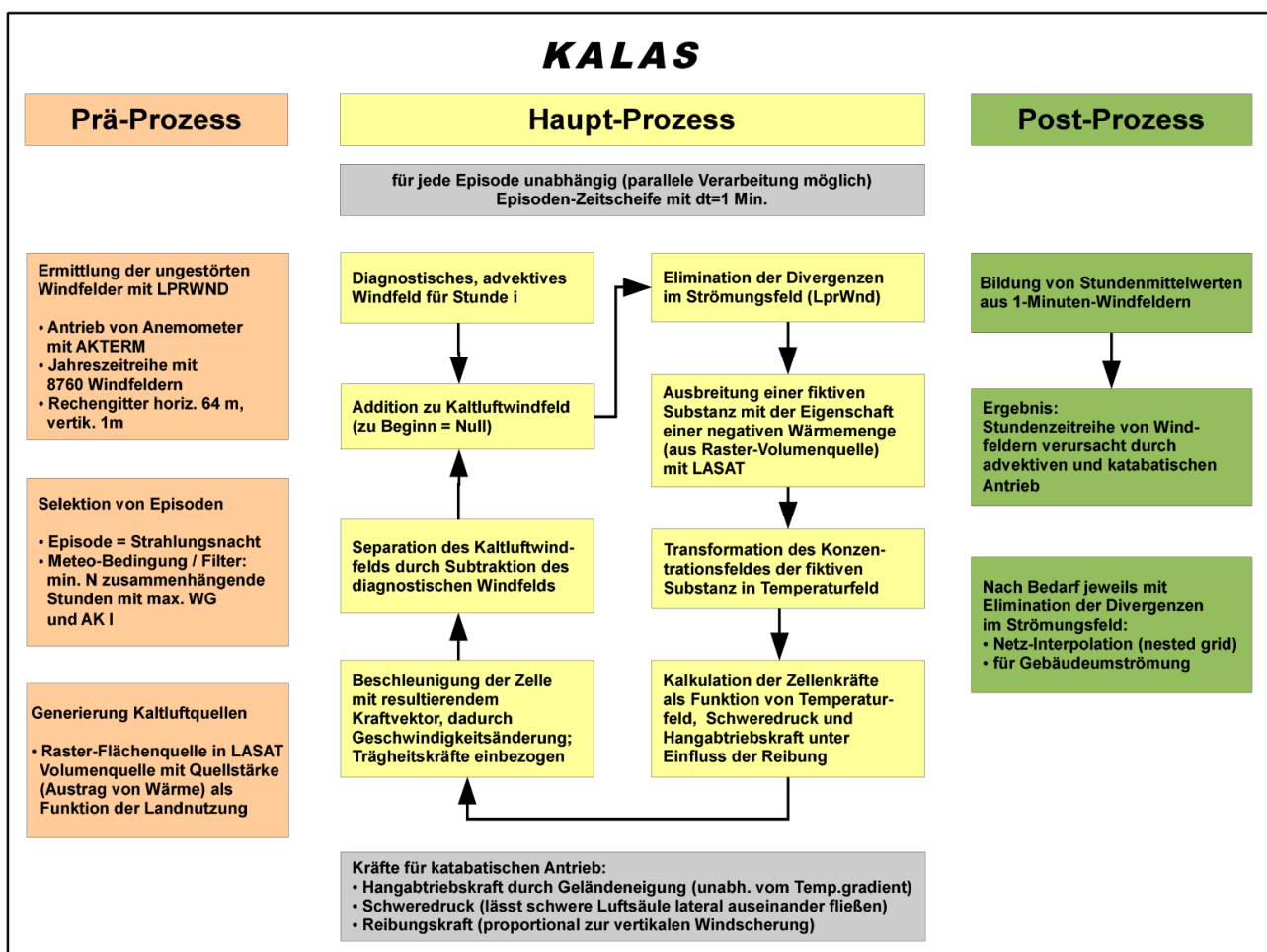


Abbildung 7: Schema des Ablaufs zur Kaltluftmodellierung für eine Ausbreitungsrechnung

Der iterative Hauptprozess von KALAS liefert neben dem zeitlichen Verlauf der Temperaturverteilung auch für jeden Zeitschritt ein resultierendes Windfeld, das die Kaltluftausbreitung und den übergeordneten Wind beschreibt.

Da der Zeitschritt für die Kaltluftmodellierung in der Größenordnung von einer Minute liegt, können die vorliegenden Windfelder aus dem Hauptprozess nicht ohne weiteres bei einer Ausbreitungsrechnung

gemäß Anhang 3 der TA Luft verwendet werden. Da dort aber für meteorologische Jahreszeitreihen die Verwendung von Stundenmittelwerten für die meteorologischen Eingangsdaten (unter Anwendung bestimmter Vorgaben) vorgeschrieben wird, lassen sich aus den vorliegenden Windfeldern die benötigten Stundenmittel erzeugen. Diese können dann unmittelbar für eine Schadstoffausbreitung verwendet werden.

Durch Interpolation und nachträgliche Entfernung der Divergenz aus den interpolierten Windfeldern lassen sich geschachtelte Netze verwenden. Weiterhin ist es möglich, den Windfeldern (aus übergeordnetem Wind und Kaltluftantrieb) mit dem Programm LPRWND Einflüsse aus der Gebäudeumströmung aufzuprägen. Die modellierte Kaltluft umfließt dann die aufgerasterten Gebäudestrukturen ähnlich wie bei einem reinen Ansatz des übergeordneten Windes. Unberücksichtigt bleibt bei dieser Vorgehensweise jedoch, dass umströmte Hindernisse die Kaltluftabflüsse bereits bei ihrer Entstehung beeinflussen, was jedoch in diesem Kontext eine untergeordnete Rolle spielt. (Großräumige Landnutzung wie Bewuchs oder zusammenhängend bebaute Gebiete werden bei der Kaltluftmodellierung über ortsveränderliche Bodenrauigkeiten berücksichtigt.)

Wichtig bei der Durchführung von Ausbreitungsrechnungen ist, dass nicht wie im Standardfall eine Windfeldbibliothek mit Basisfeldern verwendet werden kann. Vielmehr entsteht aus der oben beschriebenen Vorgehensweise eine Zeitreihe von 8760 Windfeldern. Eine Ausbreitungsrechnung mit LASAT kann diese Daten verwenden, AUSTAL 2000 jedoch nicht.

3.1.5.3 Physikalischer Hintergrund

Dem diagnostischen Windfeldmodell des Softwarepakets LASAT liegt ein Konzept zugrunde, das zur Erhaltung von Masse (bei Betreiben des Lagrange-Ausbreitungsmodells) die Divergenz aus dem Windfeld entfernt. Zur Modellierung des katabatischen Windes wird dieses Modell um folgende Aspekte erweitert:

- Höhere zeitliche Auflösung, um instationäre Prozesse abbilden zu können (Zeitschritt im Bereich einer Minute)
- Energieerhaltung im dem Sinne, dass sich Temperaturverteilungen durch Transport von Wärmeenergie in der Atmosphäre ergeben und verändern
- Einbeziehung von Kaltluftproduktion und Kaltluftauflösung in die thermische Energiebilanz (Erster Hauptsatz der Thermodynamik)
- Impulserhaltung in dem Sinne, dass der zur Windgeschwindigkeit gehörende Impuls ebenfalls transportiert wird, wodurch sich das Windfeld von einem Zeitschritt zum nächsten ändert (Navier-Stokes-Gleichung)
- Einbeziehung der katabatischen Antriebskräfte (Hangabtriebskraft und Druckausgleich) in die Impulsbilanz, wodurch Luftvolumina beschleunigt oder abgebremst werden

Durch die Einbeziehung von Energieerhaltung und Impulserhaltung in das Windfeldmodell wird aus einem rein diagnostischen Ansatz ein erweiterter, der auch Bestandteile eines prognostischen Windfeldmodells enthält.

Erhaltung von Energie und zeitliche Veränderung der Energieverteilung

Wie bereits beschrieben, wird Energieerhaltung hier auf die thermische (innere) Energie der Luftvolumina im Sinne des Ersten Hauptsatzes der Thermodynamik bezogen. Die Erhaltung bzw. Bilanzierung dieser Energie ist dann äquivalent zur Erhaltung bzw. Bilanzierung von Wärmemengen.

Unterschiedliche Energieinhalte (Wärmemengen) in verschiedenen Luftvolumina entsprechen unterschiedlichen Temperaturen. Die Energie (im oben beschriebenen Sinne) in einem betrachteten Luftvolumen E_V kann in Anlehnung an die Definition der inneren Energie aus der Thermodynamik wie folgt definiert werden:

$$E_V = m_V \cdot c \cdot T = V_V \cdot \rho \cdot c \cdot T_V \quad (1)$$

Dabei ist m_V die Masse des Luftvolumens, T_V seine absolute Temperatur, V_V sein Volumen (Rauminhalt), c die spezifische Wärmekapazität und ρ die Massendichte von Luft (abhängig von Temperatur und Druck). Das betrachtete Luftvolumen kann im Terminus der Ausbreitungsrechnung als Gitterzelle verstanden werden.

Da wie oben beschrieben die Energieverteilung (über (1) im Zusammenhang mit der Temperaturverteilung) als zeitlich veränderlich angesehen wird, ist E_V eine Funktion der Zeit.

Die Energieerhaltung über die Zeit lässt sich dann wie folgt aufschreiben:

$$E_G = \sum_V E_V(t) = \text{const.} \quad (2)$$

Dabei ist E_G die Gesamtenergie im (hier vereinfachend unendlich ausgedehnt) betrachteten Rechengebiet und zeitlich konstant.

Die Energie als Erhaltungsgröße lässt sich bei einem vorgegebenen Windfeld im Rahmen einer Ausbreitungsberechnung ähnlich betrachten wie eine Luftbeimengung, für die bei einer Ausbreitungsrechnung nach dem Lagrange-Formalismus Massenerhaltung gilt. Die Masse μ_V einer Luftbeimengung in einem betrachteten Volumen ist auch eine Funktion der Zeit, in Summe über das Rechengebiet aber konstant. Analog zu (2) lässt sich aufschreiben:

$$\mu_G = \sum_V \mu_V(t) = \text{const.} \quad (3)$$

Dabei ist μ_G die Gesamtmasse der Luftbeimengung im (hier wieder vereinfachend unendlich ausgedehnt) betrachteten Rechengebiet.

Die Veränderung der Masse einer Luftbeimengung in einem betrachteten Volumen nach einem Zeitschritt wird durch den Lagrange-Formalismus beschrieben. Dabei hängt die Masse einer Luftbeimengung in einem betrachteten Volumen zum Zeitpunkt t_{n+1} von der Verteilung der Luftbeimengung im gesamten Rechengebiet zum Zeitpunkt t_n ab. Dies lässt sich allgemein folgendermaßen aufschreiben:

$$\mu_V(t_{n+1}) = \sum_{\hat{V}} \theta_{V\hat{V}}(t_n) \cdot \mu_{\hat{V}}(t_n) \quad (4)$$

Die Summation erfolgt über \hat{V} als Laufparameter, der alle Luftvolumina (Gitterzellen) zum Zeitpunkt t_n überstreicht. Der Faktor $\theta_{V\hat{V}}(t_n)$ ist dabei als Ausbreitungskoeffizient zu verstehen, der den Anteil der

Luftbeimengung beschreibt, der zwischen den Zeitpunkten t_n und t_{n+1} vom Gitterzelle \hat{V} auf Gitterzelle V übergeht. Die Gesamtheit aller $\theta_{V\hat{V}}(t_n)$ beschreibt also die Ausbreitung einer Luftbeimengung im Rechengebiet unter Einfluss eines Windfeldes zwischen den Zeitpunkten t_n und t_{n+1} als Gesamtheit.

Aufgrund der Analogie zwischen der Masse einer Luftbeimengung und der Energie in einem betrachteten Luftvolumen lässt sich Gleichung (4) analog für die Energie aufschreiben:

$$E_V(t_{n+1}) = \sum_{\hat{V}} \theta_{V\hat{V}}(t_n) \cdot E_{\hat{V}}(t_n) \quad (5)$$

Die Ausbreitungskoeffizienten $\theta_{V\hat{V}}(t_n)$ werden dabei als die gleichen angesehen wie im Zusammenhang mit der Ausbreitung einer Luftbeimengung. Sie lassen sich aus einer Ausbreitungsrechnung mit einem zum Zeitraum zwischen t_n und t_{n+1} gehörenden Windfeld aus LASAT gewinnen, indem beispielsweise die Partikelverfolgung über die Protokolldatei eingeschaltet wird. Anhand der dann nachvollziehbaren Trajektorie eines jeden Partikels kann über deren Gesamtheit bestimmt werden, wie viele Partikel von Gitterzelle \hat{V} auf Gitterzelle V übergehen. Es sind natürlich hinreichend viele Partikel bzw. Berechnungen notwendig, um die Ausbreitungskoeffizienten $\theta_{V\hat{V}}(t_n)$ mit einer hinreichenden statistischen Sicherheit zu ermitteln.

Wendet man Gleichung (5) im Zusammenhang mit Gleichung (1) an, kann man aus einer bekannten Temperaturverteilung zum Zeitpunkt t_n die Temperaturverteilung zum Zeitpunkt t_{n+1} bestimmen.

Die Vereinfachung eines unendlich großen Rechengebietes lässt sich in ihrer Wirkung überschauen. Geht man in der Praxis auf ein begrenztes Rechengebiet über, so gilt die zeitliche Erhaltung von E_G nicht mehr, da durch die seitlichen Grenzflächen und die Deckfläche des Rechengebietes Energie eingetragen bzw. ausgetragen wird. An der Anwendbarkeit von Gleichung (5) ändert dies aber nichts, sofern man die resultierenden Ungenauigkeiten am Rand des Rechengebietes als inhärente Modellungenauigkeiten hinnimmt.

Modellierung der Kaltluftproduktion

Die in Gleichung (2) formulierte Energieerhaltung gilt im Sinne des Ersten Hauptsatzes der Thermodynamik nur für abgeschlossene Systeme. Der Einfluss der offenen Grenzflächen des Rechengebietes wurde in diesem Zusammenhang bereits diskutiert.

Bei Anwendung auf die Modellierung von Kaltluftabflüssen tritt in diesem Konzept ein weiterer Energiefluss auf, der mit der Kaltluftproduktion einhergeht.

Im Rahmen des hier vorgestellten Algorithmus zur Modellierung von Kaltluftabflüssen tritt die Kaltluftproduktion nicht in Form der Erzeugung von Luftmengen in Erscheinung, die eine geringere Temperatur als die Umgebungsluft haben und sich dann im Gelände in Bewegung setzen. Dies wird häufig bei Anwendung der sogenannten Flachwassergleichungen simuliert.

Vielmehr wird hier ein energetischer Ansatz verfolgt, bei dem die Kaltluftproduktion als Energieaustrag aus bodennahen Luftschichten zu verstehen ist. Im Hinblick auf Gleichung (1) führt dies zu einer Verringerung der Temperatur in diesen Luftvolumina, woraus sich schließlich ein katabatischer Antrieb entwickelt, der bei ausreichender Stärke die Luftvolumina in Bewegung setzt.

Diese Herangehensweise ist vergleichbar mit einem Ansatz von Wiesner [13] und Sun [14]. Danach richtet sich der Energieaustrag nach den Temperaturverhältnissen von Luftschichten in Bodennähe und dem Boden selbst sowie nach der Menge der abgestrahlten Energie, die wiederum von der Landnutzung abhängt.

Allgemein lässt sich die Änderung der Energie in einem betrachteten Volumen durch Kaltluftproduktion folgendermaßen formulieren:

$$E_V(t_{n+1}) = E_V(t_n) - E_V^P(t_n) \quad (6)$$

Dabei ist $E_V^P(t_n)$ die im Sinne der Kaltluftproduktion ausgetragene Energie.

Der beschriebene Ansatz lässt sich auch auf spezielle Situationen anwenden. Beispielsweise entsteht Kaltluft in Wäldern nicht in unmittelbarer Bodennähe, sondern vornehmlich im Bereich der Baumkronen. Im Kontext des vorgestellten Algorithmus lässt sich dies modellieren, indem der Energieaustrag nicht in der niedrigsten Luftschicht erfolgt, sondern im Bereich der typischen Höhe von Baumkronen.

Da der Detaillierungsgrad für die Modellierung des Energieaustrags je nach Anwendung verschieden sein kann, sollen hier keine konkreten zahlenmäßigen Vorgaben gemacht werden.

Die aus dem Energieaustrag resultierenden Temperaturunterschiede können über die in den folgenden Abschnitten beschriebenen Antriebe dazu führen, dass sich die betrachteten Luftvolumina in Bewegung setzen.

Modellierung der Kaltluftsenken

Analog zur Kaltluftproduktion ist unter Kaltluftsenke ein Energieeintrag in die betrachteten Luftvolumina zu verstehen, der gemäß Gleichung (1) zu einer Temperaturerhöhung im betreffenden Luftvolumen führt.

Diese Effekte treten beispielsweise am Ende einer Kaltluftepisode auf, wenn die Sonneneinstrahlung bodennahe Kaltluftschichten erwärmt. Außerdem können anthropogene Wärmequellen, also Wärmeentwicklung in besiedelten Gebieten durch Gebäudeheizung oder Gewerbebetrieb, zu einer Erwärmung der Luftvolumina führen. Dies spielt häufig bei Fragestellungen zur Stadtklimaplanung eine Rolle, wobei sich die Eindringtiefe von Kaltluftabflüssen in solche Siedlungsgebiete verringert.

Die Modellierung der Kaltluftsenken wurde bei allen bisherigen Untersuchungen zum hier vorgestellten Algorithmus vernachlässigt.

Erhaltung von Impuls und zeitliche Veränderung der Geschwindigkeitsverteilung

Die Windfelder zur Beschreibung von Kaltluftabflüssen werden im Rahmen des hier vorgestellten Algorithmus als instationär betrachtet. Dies heißt, dass Windgeschwindigkeit und Windrichtung in einem betrachteten Luftvolumen zu jedem Zeitpunkt t_n eine andere ist. Betrachtet man den mittleren (vektoriellen) Impuls \vec{p}_V innerhalb eines betrachteten Luftvolumens, so ergibt sich dieser aus der mittleren Geschwindigkeit der Luft in diesem Volumen wie folgt:

$$\vec{p}_V(t) = m_V \cdot \vec{v}_V(t) = V_V \cdot \rho \cdot \vec{v}_V(t) \quad (7)$$

Auch für den Gesamtimpuls im Rechengebiet lässt sich eine Erhaltungsgleichung analog zu Gleichung (2) aufschreiben:

$$\vec{p}_G = \sum_V \vec{p}_V(t) = \text{const.} \quad (8)$$

Aus Überlegungen analog zu denen in den vorangegangenen Abschnitten lässt sich auch ableiten, dass sich für den zeitlichen Verlauf Impulse der betrachteten Luftvolumina $\vec{p}_V(t)$ eine zu (4) ähnliche Gleichung aufschreiben lässt:

$$\vec{p}_V(t_{n+1}) = \sum_V \theta_{VV}(t_n) \cdot \vec{p}_V(t_n) \quad (9)$$

Als Besonderheit gibt es hier zu vermerken, dass $\vec{p}_V(t)$ eine vektorielle Größe ist. Gleichungen (8) und (9) gelten also analog für jede einzelne Komponente. In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage, ob die gleichen Ausbreitungskoeffizienten $\theta_{VV}(t_n)$ wie für die skalaren Größen μ_V oder E_V verwendet werden können. Da in der Literatur keine stichhaltigen Hinweise gefunden werden konnten, dass sich die Ausbreitungskoeffizienten skalarer Größen von denen vektorieller Größen unterscheiden, wird hier davon ausgegangen, dass die gleichen Ausbreitungskoeffizienten verwendet werden können.

Wendet man Gleichung (9) im Zusammenhang mit Gleichung (7) an, kann man aus einer bekannten Windgeschwindigkeitsverteilung (Windfeld) zum Zeitpunkt t_n die Windgeschwindigkeitsverteilung zum Zeitpunkt t_{n+1} bestimmen.

Praktisch wird es dadurch möglich, die Trägheit von betrachteten Luftvolumina zu berücksichtigen. Bewegt sich ein betrachtetes Luftvolumen zum Zeitpunkt t_n mit einer bestimmten Geschwindigkeit und Richtung, so wird es sich zum Zeitpunkt t_{n+1} zusammen mit seiner Geschwindigkeit und Richtung an einer anderen Stelle befinden. Außerdem wird die räumliche Dissipation von Bewegungsenergie (eigentlich Impuls) dadurch berücksichtigt, dass sich der Impuls eines betrachteten Luftvolumens nicht nur gerichtet im Windfeld fortbewegt, sondern dass Turbulenz und Dispersion überlagert sind. Dies führt zu dem Effekt, dass schnell bewegte Luftvolumina einen Teil ihrer Bewegung an benachbarte, langsamer bewegte Luftvolumina abgeben. Dies ähnelt makroskopisch gesehen einer Reibung, jedoch kommt es hier nicht wie bei Reibung zu einer Umwandlung von Bewegungsenergie in Wärme.

Modellierung der Ausgleichsströmung infolge von Druckunterschieden (Flurwinde)

Wenn sich auf ebenem Gelände Kaltluft verschieden stark ausbildet, wenn also lokale laterale Temperaturgradienten entstehen, so gleichen sich die draus resultierenden Druckunterschiede aus, indem sich bestimmte Luftvolumina in Bewegung setzen.

Durch die lateral inhomogene Temperaturverteilung unmittelbar über der Erdoberfläche und auch in größeren Höhen, je nach Mächtigkeit der Kaltluftschicht, entstehen Dichteschwankungen und damit verbunden ein lateral inhomogen verteilter Schweredruck. Dieser gleicht sich aus, indem es zu Luftströmungen kommt, einer Form des katabatischen Windes. Anschaulich lässt sich dieser Effekt als „Breitfließen“ der Kaltluft beschreiben. Er findet auch im ebenen Gelände statt, wenn die Kaltluftproduktion und damit die Temperaturverteilung lateral inhomogen sind.

Zur Modellierung dieser Art von Ausgleichsströmung wird folgend dem Konzept der Ausbreitungsrechnung mit LASAT ein Rechengitter aufgespannt. Weisen zwei lateral benachbarte Gitterzellen (hier willkürlich

nummeriert mit 1 und 2) einen unterschiedlichen Schweredruck (der darüber befindlichen Luftsäule) auf, so wird es an der (gedachten) Grenzfläche zwischen beiden Gitterzellen zu einer Kraft F_{12}^D kommen, die bestrebt ist, die betroffenen Volumina zu bewegen, um den Druckunterschied auszugleichen.

Diese Kraft lässt sich folgendermaßen bestimmen:

$$F_{12}^D(t) = A_{12} \cdot (P_1(t) - P_2(t)) \quad (10)$$

Dabei ist A_{12} der Flächeninhalt der Grenzfläche zwischen Volumen 1 und 2, $P_1(t)$ bzw. $P_2(t)$ der Schweredruck im Volumen 1 bzw. 2. Das Vorzeichen von $F_{12}^D(t)$ ist positiv, wenn die Kraft von Volumen 1 in Richtung von Volumen 2 wirkt.

Der Schweredruck $P_V(t)$ lässt sich aus dem Gewicht der über dem betrachteten Volumen liegenden Luftsäule in Form einer Summe über die Volumina ermitteln:

$$P_V(t) = \sum_{\hat{V}} g \cdot h_{\hat{V}} \cdot \rho_{\hat{V}}(t) = \sum_{\hat{V}} g \cdot h_{\hat{V}} \cdot \rho_0 \frac{T_0}{T_{\hat{V}}(t)} \quad (11)$$

Dabei läuft der Summationsindex \hat{V} über alle Volumina (Gitterzellen), die über dem Volumen V liegen, g ist die Erdbeschleunigung, $h_{\hat{V}}$ die Höhe der Gitterzelle \hat{V} (als Laufvariable) und $\rho_{\hat{V}}(t)$ die Dichte der Luft in der Gitterzelle \hat{V} in Abhängigkeit von der Temperatur. T_0 ist die absolute Temperatur des Normzustandes, auf den sich die Dichte ρ_0 bezieht. Eine Abhängigkeit der Dichte von den (geringen) Druckschwankungen aufgrund des veränderlichen Schweredrucks wird der Einfachheit halber außer Acht gelassen.

Verwendet man die Kraft $F_{12}^D(t)$ in der Bewegungsgleichung nach Newton, so erhält man die Impulsänderung in den beiden betrachteten Volumina:

$$p_1(t_{n+1}) = p_1(t) + \frac{1}{2} F_{12}^D(t) \cdot (t_{n+1} - t_n) \quad (12)$$

Dabei ist p_1 die Impulskomponente, die senkrecht auf der Grenzfläche beider Volumina 1 und 2 steht und von Volumen 1 in Richtung Volumen 2 zeigt. Der Faktor $1/2$ berücksichtigt dabei, dass sich die an der Grenzfläche wirkende Kraft auf beide Volumina aufteilt. Analog dazu lässt sich für Volumen 2 aufschreiben:

$$p_2(t_{n+1}) = p_2(t) + \frac{1}{2} F_{12}^D(t) \cdot (t_{n+1} - t_n) \quad (13)$$

Die Impulskomponente p_2 ist parallel zu p_1 ausgerichtet, hat jedoch den umgekehrten Richtungssinn.

Modellierung der Hangabtriebskraft

Kaltluft mit einer in sich homogenen lateralen Temperaturverteilung gleitet aufgrund der Hangabtriebskraft eine geneigte Oberfläche hinab. Diese Form des katabatischen Windes ist im Gegensatz zu den in Abschnitt 0 beschriebenen Antrieb auf Geländeneigung angewiesen, tritt aber dann auch bei einer lateral homogenen Kaltluftverteilung auf.

In Analogie zu den Betrachtungen in Abschnitt 0 wird die Kraft ermittelt, die auf ein Luftvolumen V als Hangabtriebskraft wirkt. Diese Kraft hängt von zwei Termen ab:

- Differenz zwischen der Dichte der Kaltluft im betrachteten Volumen und der Temperatur der Umgebungsluft (ein Luftvolumen mit gleicher Temperatur bzw. Dichte wie die Umgebungsluft würde keine Hangabtriebskraft erfahren)
- Geländeneigung (auf ebenem Gelände käme es nicht zur Hangabtriebskraft)

Als effektives Gewicht, das für ein betrachtetes Luftvolumen zur Hangabtriebskraft F_V^H führt, ist also nur die Gewichts Differenz zu einem vergleichbaren Luftvolumen bei Umgebungstemperatur anzusetzen. Das Kräfteparallelogramm der geneigten Geländeoberfläche liefert dann den Betrag der Hangabtriebskraft:

$$F_V^H(t) = V_V \cdot (\rho_V(t) - \rho_U(t)) \cdot \sin \alpha = V_V \cdot \left(\rho_0 \frac{T_0}{T_V(t)} - \rho_0 \frac{T_0}{T_U(t)} \right) \cdot \sin \alpha \quad (14)$$

Dabei ist ρ_U die Dichte der Umgebungsluft, α der Neigungswinkel des Geländes an der Stelle des Volumens V und T_U die Temperatur der Umgebungsluft, die zeitlich veränderlich sein kann. Die Richtung von F_V^H zeigt in die entgegengesetzte Richtung des Gradienten der Geländehöhe (Richtung des stärksten Gefälles).

Analog zu den Gleichungen (12) und (13) lässt sich auch die aus der Hangabtriebskraft resultierende Impulsänderung im Volumen V bestimmen:

$$\vec{p}_V(t_{n+1}) = \vec{p}_V(t) + \vec{F}_V^H(t) \cdot (t_{n+1} - t_n) \quad (15)$$

Die Impulsänderung (vektoriell) zeigt in Richtung der Hangabtriebskraft.

Temperaturverteilung und Windfeld im zeitlichen Verlauf

Ziel des beschriebenen Algorithmus ist es, die Temperaturverteilung und das Windfeld im zeitlichen Verlauf zu bestimmen. Dies geschieht, indem für aufeinanderfolgende Zeitschritte (praktisch in der Größenordnung einer Minute) die Änderungen der Energieverteilung mit den Gleichungen

(5) beschreibend die Ausbreitung der Energie,

(6) beschreibend die Kaltluftproduktion

und die Änderungen der Impulsverteilung mit den Gleichungen

(9) beschreibend die Ausbreitung des Impulses

(12)/(13) beschreibend den Ausgleich des Schweredruckes und

(15) beschreibend die Hangabtriebskraft

iterativ ermittelt werden. Aus der zeitabhängigen Energieverteilung lässt sich die Temperaturverteilung im Zeitverlauf ermitteln, aus der Impulsverteilung der katabatische Anteil des Windfeldes.

Dabei ist noch eine Besonderheiten zu beachten. Die oben dargelegte Bestimmung der Impulsverteilung im Zeitverlauf liefert nur den katabatischen Anteil. Der tatsächlich im Rechengbiet vorzufindende Wind enthält zusätzlich noch die Advektion. Das bedeutet, dass die Windfelder zur Ausbreitung der Energieverteilung und Impulsverteilung im Sinne der Gleichungen (5) und (9) eine Superposition aus katabatischen Wind und Advektion darstellen müssen.

Damit ist andererseits gewährleistet, dass die Advektion den ihr zustehenden Einfluss auf die Temperaturverteilung und das Windfeld im Zeitverlauf hat.

Weitere Besonderheiten

Die Änderungen der Impulsverteilung mit den Gleichungen (9) (Ausbreitung des Impulses), (12)/(13) (Ausgleich des Schweredruckes) und (15) (Hangabtriebskraft) führen bei jedem Iterationsschritt zu einem neuen Windfeld, das die beschriebenen physikalischen Effekte abbildet. Dieses Windfeld wird aber zum Zeitpunkt t_{n+1} nach Anwendung der Modifikationen durch die genannten Gleichungen nicht divergenzfrei sein. Deshalb muss nach Modifikation des Windfeldes durch die Modellgleichungen die Divergenz entfernt werden, um wieder eine Ausbreitungsmodellierung mit dem Lagrange-Modell durchführen zu können. Das Entfernen der Divergenz modifiziert dabei das Windfeld, so dass es einen Teil der eingepprägten physikalischen Effekte wieder verliert. Da zum Entfernen der Divergenz das Modul LPRWND aus dem Softwarepaket LASAT verwendet wird, kann davon ausgegangen werden, dass nach Entfernen der Divergenz ein Windfeld zur Verfügung steht, das dem ursprünglichen Windfeld (Abbildung der modellierten physikalischen Effekte) möglichst nahe kommt, aber divergenzfrei ist. Anschaulich lässt sich der Prozess der Entfernung der Divergenz dadurch beschreiben, dass zu den modellierten physikalischen Prozessen (beispielsweise Erhaltung der Energie, Erhaltung des Impulses) noch die Erhaltung der Masse sichergestellt wird.

Die Ausbreitungsmodellierung mit dem Programmsystem LASAT erfolgt in einem Modus, bei dem die Rauigkeitslänge ortsveränderlich angegeben werden kann. Nach Angaben des Autors Janicke erfolgt die Berücksichtigung ortsveränderlicher Rauigkeiten dann jedoch nur bei der Windfeldmodellierung und nicht bei der Turbulenzmodellierung. In Anbetracht der großen Rechengebiete mit sehr großen Rauigkeitsschwankungen und der untergeordneten Bedeutung der Turbulenz bei der Modellierung von Kaltluftsituationen wird dieser Nachteil jedoch in Kauf genommen.

3.2 Bewertung

3.2.1 Bewertung der Geruchsimmissionen

Es ist nicht auszuschließen, dass die von der Anlage ausgehenden Geruchsemissionen belästigen können. Deshalb ist, eine Emissionsbegrenzung nach Stand der Technik vorausgesetzt, zu prüfen, inwieweit diese Belästigungen erheblich und damit unzulässig sind.

Die Geruchsimmissionsrichtlinie GIRL, die zur Beurteilung herangezogen wird, kennt drei Immissionswerte:

1. Wohn- und Mischgebiete (Immissionswert 0,10)
2. Gewerbe- und Industriegebiete (Immissionswert 0,15)
3. Dorfgebiete (Immissionswert 0,15)

Außerdem ist das Wohnen im Außenbereich mit einem immissionsschutzrechtlich geringeren Schutzanspruch verbunden. Dabei können unter Prüfung der speziellen Randbedingungen des Einzelfalls Werte zur Geruchsbeurteilung von bis zu 0,25 für Emissionen aus landwirtschaftlichen Anlagen angewandt werden. Zudem sind in begründeten Einzelfällen Zwischenwerte zwischen Dorfgebieten und Außenbereich möglich, was zu Werten von bis zu 0,20 am Rand des Dorfgebietes führen kann. Analog kann beim

Übergang vom Außenbereich zur geschlossenen Wohnbebauung verfahren werden. In Abhängigkeit vom Einzelfall können Zwischenwerte bis maximal 0,15 zur Beurteilung herangezogen werden.

Dabei ist wichtig, dass die Einordnung eines Immissionsortes in die oben genannten Nutzungsgebiete im Wesentlichen nach der tatsächlichen Nutzung und dem Charakter eines Gebietes erfolgen soll (siehe dazu GIRL, Ziffer 3.1 und die Auslegungshinweise zu dieser Ziffer). Eine Zuordnung, die sich am Planungsrecht orientiert, soll nur für Gebiete erfolgen, die sich nicht in eines der genannten Nutzungsgebiete einordnen lassen.

Bei der Beurteilung von Tierhaltungsanlagen kann eine belästigungsabhängige Gewichtung der Immissionswerte erfolgen. Dabei tritt die belästigungsrelevante Gesamtbelastung *IGb* an die Stelle der sonst beurteilten Gesamtbelastung *IG*. Die belästigungsrelevante Gesamtbelastung *IGb* ergibt sich nach der Formel

$$IGb = IG \cdot f_{gesamt}$$

wobei

$$f_{gesamt} = \frac{\sum_i H_i \cdot f_i}{\sum_i H_i}$$

und H_i die prognostizierten Geruchsstundenhäufigkeiten der jeweiligen Tierart ist und f_i der jeweilige tierartspezifische Gewichtungsfaktor f entsprechend nachfolgender Tabelle 2.

Tabelle 2: Tierartspezifische Gewichtungsfaktoren zur Ermittlung der belästigungsrelevanten Kenngröße

Puten, Masthähnchen	1,5
Legehennen	1,0
Mastschweine, Sauen (bis zu 5000 Tierplätzen)	0,75
Milchkühe mit Jungtieren (einschließlich Mastbullen und Kälbermast, sofern diese zur Geruchsbelastung nur unwesentlich beitragen)	0,5

Des Weiteren soll die Genehmigung für eine Anlage (selbst bei Überschreitung der oben genannten Immissionswerte, jedoch unbenommen davon) nicht wegen Geruchsimmissionen versagt werden, wenn der von der zu beurteilenden Anlage zu erwartende Immissionsbeitrag auf keiner Beurteilungsfläche den Wert 0,02 überschreitet. Bei Einhaltung dieses Wertes ist davon auszugehen, dass die Anlage die belästigende Wirkung der vorhandenen Belastung nicht relevant erhöht. Die GIRL spricht in diesem Fall von einer Irrelevanz der zu erwartenden Zusatzbelastung.

3.2.2 Bewertung der Ammoniakimmissionen

Im Abschnitt 4.4 TA Luft „Schutz vor erheblichen Nachteilen, insbesondere Schutz der Vegetation und von Ökosystemen“ wird kein Immissionswert für Ammoniak angegeben. Es ist damit Punkt 4.8, „Prüfung soweit Immissionswerte nicht festgelegt sind, und in Sonderfällen“, heranzuziehen. Ob eine Prüfung nach 4.8 erfolgt, hängt laut Absatz 1 davon ab, ob Anhaltspunkte für eine nachteilige Wirkung vorliegen und ob insbesondere an anderer Stelle auf Punkt 4.8 verwiesen wird. Für Tierhaltungsanlagen erfolgt der Verweis

aus Anhang 1 „Ermittlung des Mindestabstandes zu empfindlichen Pflanzen und Ökosystemen im Hinblick auf die Anforderungen der Nummer 4.8“.

Der Mindestabstand wird gemäß Anhang 1 TA Luft nach der folgenden Gleichung bestimmt:

$$X_{\min} = \sqrt{41668 \left[\frac{m^2 * a}{Mg} \right] * Q \left[\frac{Mg}{a} \right]}$$

Wobei X_{\min} den geforderten Mindestabstand zu schutzbedürftigen Bereichen und Q der Ammoniakmassenstrom, der von der Anlage ausgeht, beschreibt. Ausgehend von dem in Abschnitt 3.3.7 ermitteltem Emissionsmassenstrom für Ammoniak von 11,67 Mg/a ergibt sich ein Mindestabstand zu empfindlichen Pflanzen und Ökosystemen von 698 m.

Innerhalb dieses Mindestabstandes befinden sich mehrere der in Abschnitt 2.3.2 dargestellten, geschützten Biotope. Damit muss geprüft werden, ob sich durch das Vorhaben nachteilige Auswirkungen an diesen Biotopen ergeben. Anhaltspunkte hierfür bestehen, wenn die Zusatzbelastung der Anlage an den empfindlichen Pflanzen und Ökosystemen den Wert von 3 µg/m³ überschreitet und die Gesamtbelastung den Wert von 10 µg/m³ überschreitet. Werden beide Kriterien erfüllt, so ist eine Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft durchzuführen. Anderenfalls können erhebliche Nachteile ausgeschlossen werden.

3.2.3 Bewertung der Stickstoffimmissionen

Für die Betrachtung der Stickstoffdeposition ist es folgend dem Leitfaden zur „Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen“ (LAI-Leitfaden) [4] ausreichend, nur die empfindlichen Ökosysteme zu betrachten, in denen die Zusatzbelastung von 5 kg/(ha a) überschritten wird (Abschneidekriterium). Die Biotope, in denen die 5 kg/(ha a) Zusatzbelastung nicht überschritten werden, müssen nicht betrachtet werden. Für diese Biotope ist anzunehmen, dass durch die geringe Zusatzbelastung keine erheblichen Nachteile entstehen.

Für die Biotope, die nicht unter die oben genannte Bedingung des Abschneidekriteriums fallen, ist der Gesamteintrag an Stickstoff zu ermitteln und zu bewerten.

Weiterhin erfolgt eine Einordnung der betrachteten Ökosysteme in Schutzkategorien, aus der sich der zumutbare Stickstoffeintrag („Critical Load“) ableiten lässt.

Die Ableitung des ökosystemspezifischen Beurteilungswertes erfolgt unter Einbeziehung von Zuschlagsfaktoren. Diese tragen dem Empfindlichkeitsgrad des Ökosystems Rechnung, wobei die Einstufung des Ökosystems nach dem Schlüssel der Critical Loads für Eutrophierung die Bewertungsbasis darstellt. Demnach ergibt sich der Beurteilungswert aus dem Critical Loads Wert, multipliziert mit dem Zuschlagsfaktor.

Die aus Vorbelastung und prognostizierter Zusatzbelastung ermittelte Gesamtbelastung wird mit dem ökosystemspezifischen Beurteilungswert verglichen, woraus sich eine Aussage über zu erwartende Schädigungen ableiten lässt.

3.2.4 Bewertung der Staubimmissionen

Stäube in der Umgebungsluft werden durch die Atemwege aufgenommen und in Abhängigkeit ihrer Größe in Nase und Rachen abgeschieden. Mit abnehmender Partikelgröße dringen die Staubteilchen tiefer in die

Lungen ein (thoraktoraler Schwebstaub) und transportieren dabei die anhaftenden Stoffe (z.B. Schwermetalle) und Organismen (Bakterien, Viren) ins Körperinnere. Alveolengängige Stäube werden schließlich innerhalb der Lungenbläschen abgelagert und können in Abhängigkeit des Expositionszeitraumes zu Atemwegsbeschwerden und –erkrankungen wie Atemnot, chronischem Auswurf und Bronchitis führen.

Im Gegensatz zur Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch Schwebstaub, stellt die Deposition der Staubpartikel, sofern sie nicht aufgewirbelt und eingeatmet werden, eine bloße Belästigung dar, die erheblich oder unerheblich sein kann.

Aufgrund der potentiellen Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch Schwebstaub und der Belästigungswirkung des Staubniederschlages werden in der TA Luft für Stäube ohne Berücksichtigung der Inhaltsstoffe die in Tabelle 3 aufgezeigten Immissionswerte aufgeführt.

Tabelle 3: Immissionswerte für Stäube nach TA Luft

Nr.	Schutzziel/Bemerkung	Größe	Immissionswert
4.2	Schutz menschlicher Gesundheit	Schwebstaub (PM-10), IJG	40 µg/m ³
		Schwebstaub (PM-10), ITG	50 µg/m ³ , 35 Überschreitungen pro Jahr
4.3.	Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen	Staubniederschlag gesamt (PM-1 ... PM-4), IJG	0,35 g/(m ² d)

3.3 Eingangsgrößen der Ausbreitungsrechnung

3.3.1 Koordinatensystem

Entsprechend dem Konzept von LASAT wird für die Berechnung ein lokales Koordinatensystem verwendet. Das System ist nach Gauß-Krüger-Koordinaten, Bessel-Ellipsoid, Potsdam Datum (Zentralpunkt Rauenberg) ausgerichtet. Die Zuordnung zum lokalen Koordinatensystem erfolgt durch Angabe des Nullpunktes des lokalen Systems in Gauß-Krüger-Koordinaten.

Tabelle 4: Gauß-Krüger-Koordinaten des Nullpunktes des lokalen Koordinatensystems

Bezugsfläche	Bessel-Ellipsoid, Potsdam Datum (Zentralpunkt Rauenberg)
RW	4515000
HW	5593000

3.3.2 Rechengebiet und Rechengitter

Gemäß Punkt 7 Anhang 3 der TA Luft ist für das Rechengebiet einer einzelnen Emissionsquelle das Innere eines Kreises um den Ort der Quelle, dessen Radius das 50fache der Quelhöhe, aber mindestens 1 km ist, anzusetzen. Tragen mehrere Quellen zur Zusatzbelastung bei, dann besteht das Rechengebiet aus der Vereinigung der Rechengebiete der einzelnen Quellen. Bei besonderen Geländebedingungen kann es erforderlich sein, das Rechengebiet größer zu wählen. Das Rechengebiet wurde soweit ausgedehnt, um die Irrelevanzgrenzen der betrachteten Kenngrößen darstellen zu können. Das Raster zur Berechnung von

Konzentration und Deposition ist so zu wählen, dass Ort und Betrag der Immissionsmaxima mit hinreichender Sicherheit bestimmt werden können. Dies ist in der Regel der Fall, wenn die horizontale Maschenweite die Quellhöhe nicht überschreitet. In Quellentfernungen größer als das 10fache der Quellhöhe kann die horizontale Maschenweite proportional größer gewählt werden.

Für die Ausbreitungsrechnung wurde ein Rechengebiet von 3.712 x 4.480 m mit der Anlage im Zentrum gewählt. In diesem Gebiet wurde ein Rechengitter mit 64 m Maschenweite festgelegt und feinere Netze mit 32, 16, 8 und 4 m Maschenweite eingeschachtelt, um die Rechengenauigkeit in Anlagennähe zu erhöhen. Die Aufteilung des Rechengebietes in Rechengitter ist der folgenden Abbildung 8 zu entnehmen. Die Definition der Rechengitter kann der Datei grid.def im Anhang 5.2 entnommen werden.

Die Konzentration an den Aufpunkten wird als Mittelwert über ein vertikales Intervall vom Erdboden bis 3 m Höhe über dem Erdboden berechnet und ist damit repräsentativ für eine Aufpunkthöhe von 1,5 m über Flur. Die so für ein Volumen oder eine Fläche des Rechengitters berechneten Mittelwerte gelten als Punktwerte für die darin enthaltenen Aufpunkte.



Abbildung 8: Verwendetes Rechengebiet mit Diskretisierung in Rechengitter

3.3.3 Beurteilungsflächen

Die Bewertung der Geruchsimmissionen erfolgt über Kenngrößen von Beurteilungsflächen. Nach GIRL, Ziffer 4.4.3 ist zur Beurteilung von Geruchsimmissionen ein Netz aus quadratischen Beurteilungsflächen

über das Untersuchungsgebiet zu legen, die eine Seitenlänge von 250 m aufweisen. Von diesem Wert ist abzuweichen, wenn zu erwarten ist, dass auf Teilen von Beurteilungsflächen die Geruchsimmissionen nicht zutreffend erfasst werden. Dies ist insbesondere bei Immissionsverteilungen mit hohen Gradienten der Fall. Jedoch sollten Beurteilungsflächen nicht kleiner als 50 m gewählt werden, da dann der konzeptionelle Ansatz der GIRL in zu starkem Maß entstellt wird.

Die Kenngröße einer Beurteilungsfläche ist der gewichtete Mittelwert aus den Punkten des Rechengitters, die innerhalb einer Beurteilungsfläche liegen.

Für den vorliegenden Fall wurde ein Netz aus quadratischen Beurteilungsflächen mit einer Kantenlänge von 50 m verwendet. Die Lage des Netzes ist entlang der Gauß-Krüger-Koordinaten ausgerichtet; das Zentrum der Beurteilungsfläche 0/0 liegt etwa im Emissionsschwerpunkt der Anlage. Größe und Lage wurden so gewählt, dass sich eine sinnvolle Abgrenzung des Anlagengeländes von den nahe gelegenen Immissionsorten ergibt. Die folgende Abbildung veranschaulicht das Netz der Beurteilungsflächen.

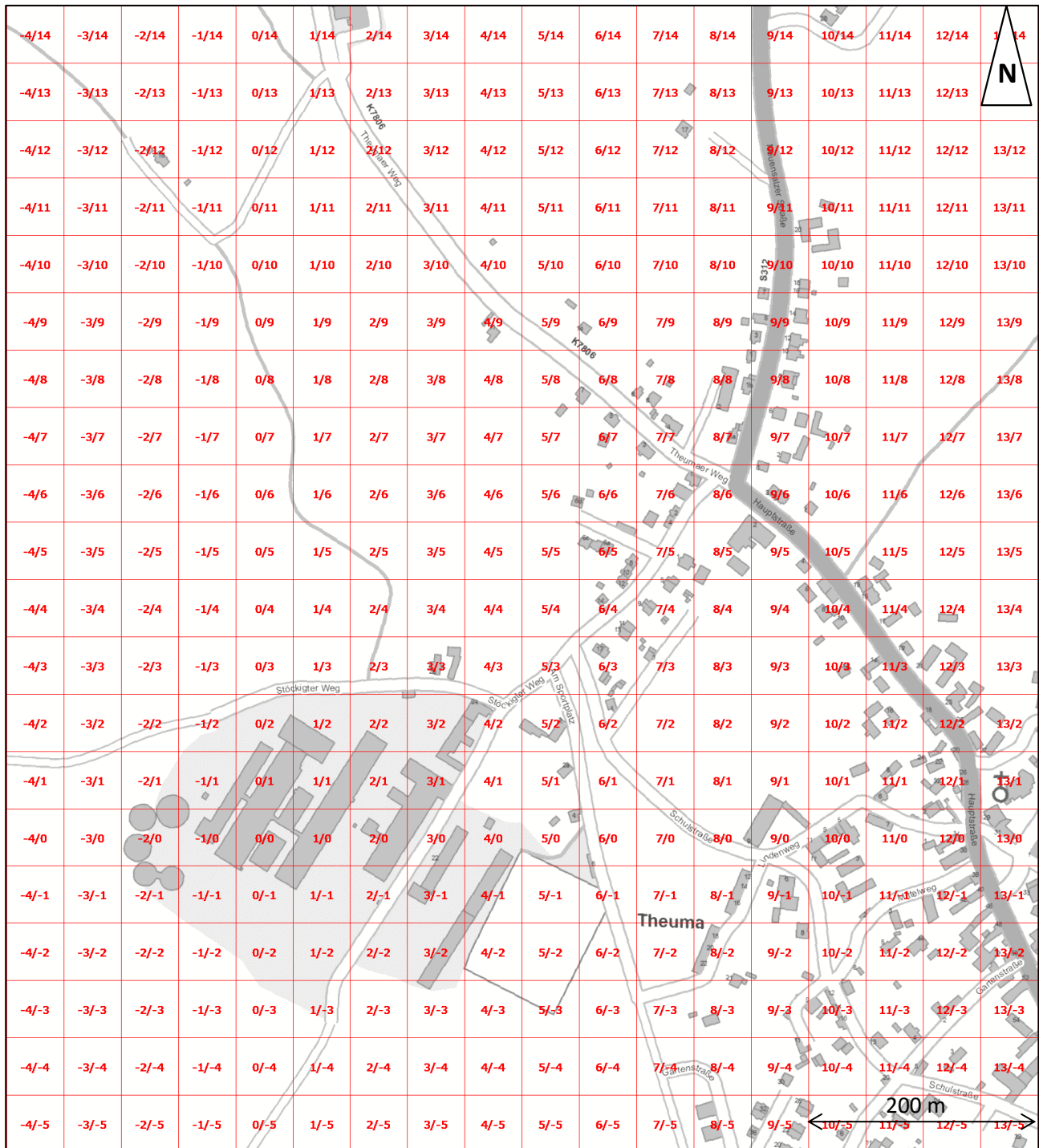


Abbildung 9: Netz der Beurteilungsflächen (Ausschnitt)

3.3.4 Bodenrauigkeit

Die Bodenrauigkeit des Geländes innerhalb des Rechengebietes wird durch eine mittlere Rauigkeitslänge z_0 beschrieben. Entsprechend der Vorgehensweise nach TA Luft, Anhang 3, Tabelle 14, wird diese mit dem CORINE-Kataster abgeschätzt [15]. Es wird dabei auf Landnutzungsklassen Bezug genommen, die in der folgenden Tabelle aufgeführt sind.

Tabelle 5: Mittlere Rauigkeitslänge in Abhängigkeit von den Landnutzungsklassen des CORINE-Katasters

z_0 in m	CORINE-Klasse
0,01	Strände, Dünen und Sandflächen (331); Wasserflächen (512)
0,02	Deponien und Abraumhalden (132); Wiesen und Weiden (231); Natürliches Grünland (321); Flächen mit spärlicher Vegetation (333); Salzwiesen (421); In der Gezeitenzone liegende Flächen (423); Gewässerläufe (511); Mündungsgebiete (522)
0,05	Abbauf Flächen (131); Sport- und Freizeitanlagen (142); Nicht bewässertes Ackerland (211); Gletscher und Dauerschneegebiete (335); Lagunen (521)
0,10	Flughäfen (124); Sümpfe (411); Torfmoore (412); Meere und Ozeane (523)
0,20	Straßen, Eisenbahn (122); Städtische Grünflächen (141); Weinbauflächen (221); Komplexe Parzellenstrukturen (242); Landwirtschaft und natürliche Bodenbedeckung (243); Heiden und Moorheiden (322); Felsflächen ohne Vegetation (332)
0,50	Hafengebiete (123); Obst- und Beerenobstbestände (222); Wald- Strauch- Übergangsstadien; (324)
1,00	Nicht durchgängig städtische Prägung (112); Industrie- und Gewerbeflächen (121); Baustellen (133); Nadelwälder (312)
1,50	Laubwälder (311); Mischwälder (313)
2,00	Durchgängig städtische Prägung (111)

Die Rauigkeitslänge wird gemäß Punkt. 5 Anhang 3 der TA Luft für ein kreisförmiges Gebiet um die Emissionsquelle festgelegt, dessen Radius dem 10fachen der Quellhöhe entspricht. Als minimale Quellhöhe sind 10 m anzusetzen. Setzt sich dieses Gebiet aus Flächenstücken mit unterschiedlicher Bodenrauigkeit zusammen, so ist eine mittlere Rauigkeitslänge durch arithmetische Mittelung mit Wichtung entsprechend dem jeweiligen Flächenanteil zu bestimmen und anschließend auf den nächstgelegenen Tabellenwert zu runden. Es ist zu prüfen, ob sich die Landnutzung seit Erhebung des Katasters wesentlich geändert hat oder eine für die Immissionsprognose wesentliche Änderung zu erwarten ist.

Die nachfolgende Darstellung zeigt die Bodenrauigkeit in der Umgebung der Anlage, wie sie in der digitalisierten Datenbank des CORINE-Katasters erfasst ist. Dabei wurde eine Schornsteinhöhe von 100 m eingetragen, um ein größeres Mittelungsgebiete zu erzeugen. Für die Ausbreitungsrechnung hat diese Schornsteinhöhe selbst keine Bedeutung.

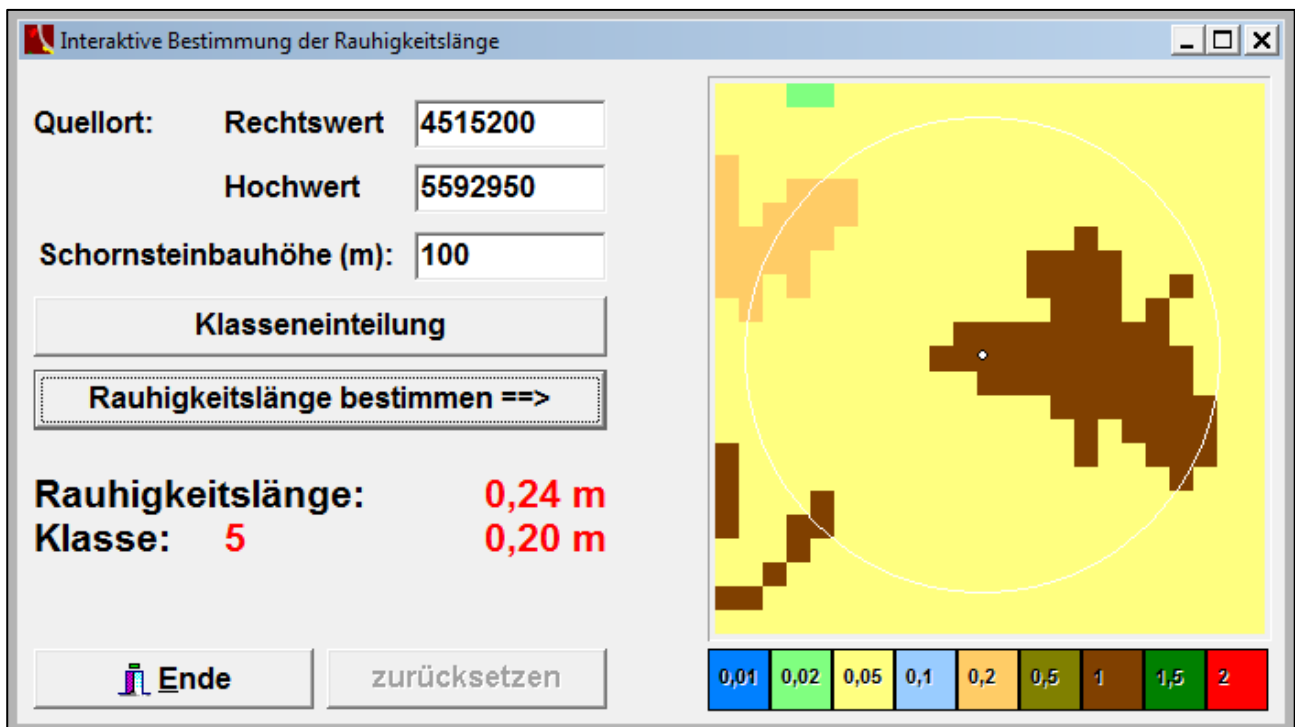


Abbildung 10: Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung der Anlage nach CORINE-Datenbank

Anhand dieser Abbildung ist ersichtlich, dass die Rauigkeitslänge von 0,2 m auf das gesamte Rechengebiet angewendet werden kann. Für die Ausbreitungsrechnung wird daher dieser Wert verwendet.

3.3.5 Geländeprofil

Nach den Maßgaben der TA Luft, Anhang 3, Punkt 11 ist die Berücksichtigung von Geländeunebenheiten erforderlich, wenn im Untersuchungsgebiet Höhendifferenzen zum Standort der Emissionsquelle auftreten, die der 0,7fachen Quellhöhe entsprechen sowie Steigungen von mehr als 1:20 vorhanden sind. Die Steigungen sind dabei über eine Strecke zu ermitteln, die der 2fachen Quellhöhe (mindestens 20 m) entsprechen.

Im Untersuchungsgebiet treten sowohl Steigungen größer 1:20 sowie Höhendifferenzen zwischen den Emissionsquellen und den maßgeblichen Immissionsorten auf, die das 0,7fache der Quellhöhen übersteigen. Dementsprechend sind Geländeeinflüsse bei der Ausbreitungsrechnung zu berücksichtigen. Die nachfolgende Abbildung zeigt das Relief, wie es über ein diagnostisches Windfeldmodell in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigt wurde.

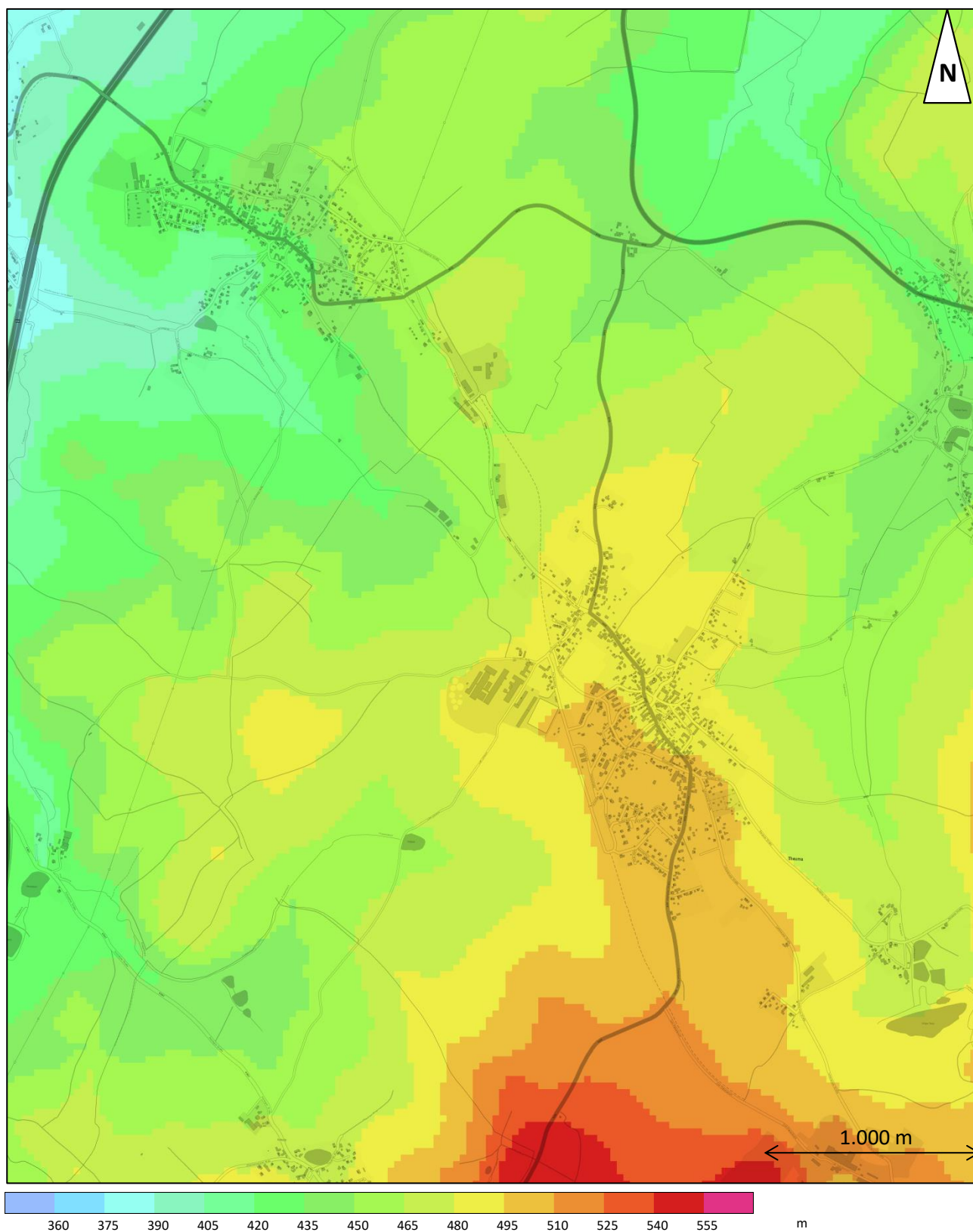


Abbildung 11: Topographisches Höhenrelief in der Umgebung der Anlage

3.3.6 Einfluss von Bebauung

Die in der TA Luft, Anhang 3, Abschnitt 10, getroffenen Regelungen zur Berücksichtigung von Bebauung werden in VDI-Richtlinie 3783/13 [16], teilweise konkretisiert und dort in Bild 1 folgendermaßen visualisiert.

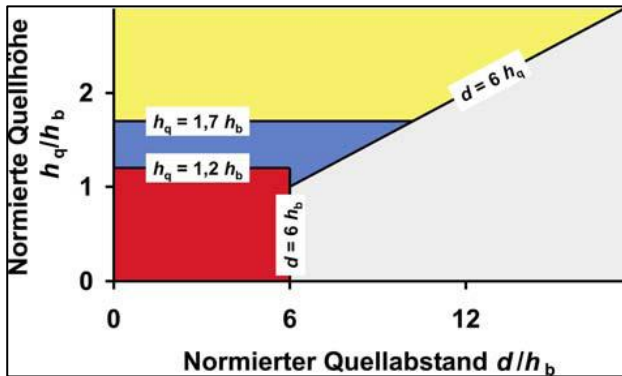


Abbildung 12: Schematische Darstellung bei der Berücksichtigung von Gebäuden nach TA Luft

In dieser Grafik werden Abstand zwischen Quellen und Gebäuden sowie deren Höhenverhältnisse gegeneinander abgetragen. Je nach Lage eines Punktes hat die Berücksichtigung der zugehörigen Quelle-Gebäude-Wechselwirkung auf verschiedene Weise zu erfolgen.

TA Luft, Anhang 3, Abschnitt 10:

„Maßgeblich für die Beurteilung der Gebäudehöhen nach Buchstabe a) oder b) TA Luft, Anhang 3, Abschnitt 10 sind alle Gebäude, deren Abstand von der Emissionsquelle geringer ist als das 6fache der Schornsteinbauhöhe.“

Dieser Bedingung liegt die Vorstellung zugrunde, dass weiter entfernte Gebäude keinen wesentlichen Einfluss mehr auf die Konzentrationsfahne ausüben.

TA Luft, Anhang 3, Abschnitt 10:

„a) Beträgt die Schornsteinbauhöhe mehr als das 1,7fache der Gebäudehöhen, ist die Berücksichtigung der Bebauung durch Rauigkeitslänge (...) und Verdrängungshöhe (...) ausreichend.“

In diesem Bereich wird davon ausgegangen, dass der Haupteinfluss der Gebäude in einer verstärkten Durchmischung liegt, die auch über eine erhöhte Rauigkeitslänge erzeugt werden kann (gelber Bereich).

TA Luft, Anhang 3, Abschnitt 10:

„b) Beträgt die Schornsteinbauhöhe weniger als das 1,7fache der Gebäudehöhen und ist eine freie Abströmung gewährleistet, können die Einflüsse mit Hilfe eines diagnostischen Windfeldmodells für Gebäudeumströmung berücksichtigt werden. ...“

Für diesen Bereich wird ein diagnostisches Windfeldmodell explizit als geeignet angesehen (blauer Bereich).

Für Gebäude, für die keine der obigen Bedingungen erfüllt ist, macht der Anhang 3 der TA Luft keine explizite Aussage, wie zu verfahren ist (roter Bereich). In diesen Fällen ist je nach Einzelfall zu prüfen, welche Vorgehensweise zur Berücksichtigung von Bebauung geeignet ist.

Am Standort ergeben sich aufgrund niedriger Quellhöhen (bodennahe Volumenquellen) Gebäude-Quellkonfigurationen, die sich zumindest teilweise im roten Bereich der Abbildung 12 befinden. Daher muss untersucht werden, ob und wie eine über das diagnostische Windfeldmodell hinausgehende Berücksichtigung von Bebauung notwendig ist. Als Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Bebauung stehen verschiedene, der üblichen gutachterlichen Praxis entlehnte Ansätze zur Verfügung:

1. Anwendung des prognostischen mikroskaligen Windfeldmodells MISKAM [17], das aber keine Berücksichtigung von orographisch gegliedertem Gelände erlaubt (oft angewendet für Modellierung von Straßenzügen im urbanen Raum mit dichter, gegliederter Bebauung)
2. Modellierung der Quellen über vertikal ausgedehnte Volumenquellen, wobei dies im Allgemeinen zu einer starken Überschätzung der Immissionen im Nahbereich führt und sichergestellt sein muss, dass die Konzentrationsfahne unter Gebäudeeinfluss nicht einen anderen räumlichen Verlauf nehmen kann als im Fall ohne Gebäude (siehe dazu VDI-Richtlinie 3783/13, Abschnitt 4.9.2 in Verbindung dort mit Anstrich 2)
3. Prüfung, ob im Einzelfall unter Verwendung des diagnostischen Windfeldmodells brauchbare Ergebnisse erzielt werden können.

Methode 1, die Verwendung von MISKAM, würde erfordern, auf die Modellierung von Geländeeinflüssen zu verzichten. Derartige Einflüsse sind im vorliegenden Fall jedoch von besonderer Relevanz. Ferner ist MISKAM lediglich für den mikroskaligen Bereich, also für Rechengebiete mit einer Ausdehnung bis etwa 500 m vorgesehen. Für die Ausbreitungsrechnung nach TA Luft sind im vorliegenden Fall hingegen Rechengebiete mit einer Ausdehnung von 4.000 m und mehr notwendig, so dass die Verwendung von MISKAM im konkreten Fall nicht erfolgen kann.

Methode 2, die stark überschätzende Ergebnisse im Nahbereich liefern würde, ist nur anwendbar, wenn die Konzentrationsfahne unter Gebäudeeinfluss nicht einen anderen räumlichen Verlauf nehmen kann als im Fall ohne Gebäude, siehe dazu VDI-Richtlinie 3783/13, Abschnitt 4.9.2 (in Verbindung dort mit Anstrich 2). Im vorliegenden Fall bestehen jedoch relevante Umströmungs- und Abschirmungswirkungen. Zur Berücksichtigung dieser Wirkungen sind alle relevanten Gebäude auf dem Anlagengelände als umströmte Hindernisse zu referenzieren, die selbst keine Quellen für die untersuchten Emissionen darstellen. Dies betrifft Sozialgebäude, die gasdichten Anlagenteile der Biogasanlage und größeren Nebengebäude (Bergescheunen etc.) die nicht als Ställe oder Lager für geruchsintensive Futtermittel oder Wirtschaftsdünger verwendet werden. Bei den Stallgebäuden und emissionsrelevanten Nebenanlagen ist vorliegend zu unterscheiden, ob die Emissionen direkt an den Gebäudeoberflächen (offene Türen, Tore, Seitenwände etc.) an die Umgebung abgeführt werden oder ob eine gefasste Ableitung über Abluftkamine erfolgt. Bei einer gefassten Ableitung kann im vorliegenden Fall auch bei Unterschreitung der 1,2fachen Gebäudehöhe das darunterliegende Gebäude als umströmtes Hindernis mit berücksichtigt werden. Die Validierungsversuche zum verwendeten diagnostischen Modell [18] zeigen bei einer Quellhöhe kleiner der 1,2fachen Gebäudehöhe eine gute Übereinstimmung mit den Erwartungswerten. Bei Ställen, offenen Güllelagern, Festmistlagerung und Fahrsilos muss die Berücksichtigung entfallen, da hierfür angepasste Quellansätze verwendet werden, welche eine Berücksichtigung als umströmtes Hindernis ausschließen.

Die Maschenweite der Rechengitter in Gebäudenähe wurde mit 4 m hinreichend klein gewählt, so dass eine akzeptable Auflösung der referenzierten Gebäude im Rechengitter erreicht wird. Die folgende Tabelle gibt die Lage und Ausdehnung der Gebäude an, die im diagnostischen Windfeldmodell berücksichtigt werden. Abbildungen der berücksichtigten Gebäude sind in den Quellplänen in Abschnitt 3.3.8 mit enthalten. Eine

Differenzierung zwischen den Gebäuden im Ist- und Plan-Zustand erfolgt nicht, da die beiden neuen BHKW-Container hinsichtlich ihrer Umströmungswirkung vernachlässigbar sind und daher nicht mit betrachtet werden.

Tabelle 6: Gebäude zur Berücksichtigung im diagnostischen Windfeldmodell

Gebäude	Rechtswert	Hochwert	Länge	Breite	Höhe	Winkel gegen Ost °
	m	m	m	m	m	
Fermenter1	4517063	5584916	Ø	20	6,0	0
Fermenter2	4517046	5584896	Ø	20	6,0	0
Nachgärer	4517038	5584917	Ø	20	6,0	0
Gärrestlager1	4517035	5584941	Ø	24	6,0	0
Gärrestlager2	4517040	5584968	Ø	24	6,0	0
Güllelager2	4517044	5584995	Ø	24	6,0	0
Schweinestall	4517143	5585035	84	12	8,0	238
Futterhaus	4517100	5584943	16	18	9,0	58
Bergeraum	4517156	5585038	46	21	9,0	328
Bergraum-Anbau	4517173	5585007	18	22	9,0	57
Vorwartehof	4517171	5584959	33	17	7,0	58
Bergeraum2	4517228	5584993	44	22	9,0	58
BHKW-Gebäude	4517238	5584948	12	12	4,0	59
Gerätelager	4517249	5584909	88	22	7,0	58
Bergeraum3	4517312	5584993	47	17	7,0	148
Unterstellhalle	4517243	5584857	44	13	6,0	328
Werkstatt	4517292	5584899	61	10	4,0	58
Werkstatt-Anbau	4517293	5584899	19	15	4,0	147

3.3.7 Emissionsstärken

Im Folgenden sind für die einzelnen Anlagenteile die zugehörigen Emissionen von Geruch, Ammoniak, Stickoxiden und Staub aufgeführt. Die Emissionen werden anhand von Literaturangaben sowie Grenzwerten der TA Luft und der EU-Richtlinie 97/68/EG [19] ermittelt. Für die Emissionsfaktoren der Tierhaltung wird vorrangig auf die Tabellenwerte des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) [20] zurückgegriffen und durch die Werte der Immissionsschutzrechtlichen Regelung Rinderanlagen [21] und der VDI-Richtlinie 3894/1 [22] ergänzt.

3.3.7.1 Geruchsemissionen

Die Ermittlung der Geruchsemissionen in der Tierhaltung erfolgt bezogen auf die Tierlebensmasse in Großvieheinheiten (1 GV = 500 kg Lebendmasse). Für Rinder und Kälber wird hier ein Emissionsfaktor von 12 GE/(GV s) angesetzt, während für Mastschweine ein Wert von 40 GE/(GV s) verwendet wird. Dem gegenüber werden die Emissionen der Nebenanlagen (Festmistlager, Gärrestlager, Auslauf) anhand der Größe der emittierenden Oberfläche (entspricht der Grundfläche) bestimmt. Die Auslaufläche am Repröstall wird vollständig mit dem Faktor 2,7 GE/(m² s) belegt, was zu Emissionen führt, die etwa 3mal so hoch sind wie die Emissionen, die von den darauf auslaufenden Tieren ausgehen. Aufgrund der hohen Einstreuemenge und der geringen Tierzahl, die diese Auslauflächen nutzen, ist dieser Ansatz als stark überschätzend anzusehen.

Die Festmistlatte dient gegenwärtig nur noch zum Ausschleiben des Festmistes, der daraufhin in die Biogasanlage verbracht wird. Dennoch wird im Sinne des konservativen Charakters dieser Prognose eine dauerhafte Emission der Festmistplatte angenommen. Für das Gärrestlager wird eine Emissionsminderung infolge der Ausbildung einer natürlichen Schwimmschicht in Höhe von 70 % angesetzt.

Bei den Feststoffdosierern wird die Oberfläche der Beschickungsöffnung als emissionsseitig relevante Fläche herangezogen. Dabei wird zwischen dem Beschickungszeitraum (4 h/d) und einem Ruhezeitraum (20 h/d) unterschieden. Während der Beschickung werden die Emissionen der Feststoffdosierer ungemindert angesetzt, während für die Ruhezeit ein Minderungsgrad von 80 % infolge der Abdeckung berücksichtigt wird. Hinsichtlich der Einsatzstoffe für die Biogasanlage sowie die Emissionen der Gärrestlager wird im Sinne einer „worst-case-Betrachtung“ auf die geruchsintensivsten Einsatzstoffe Bezug genommen und keine Mittelwertbildung vorgenommen.

Bei den Fahrhilfen werden die offenen Anschnittflächen als emissionsseitig wirksame Fläche angenommen. Diese ergeben sich aus der Breite und Höhe der verwendeten Silokammern. Im Sinne der guten fachlichen Praxis wird davon ausgegangen, dass jeweils nur eine Kammer mit Grassilage und eine Kammer mit Maissilage gleichzeitig angeschnitten werden.

Der Separator stellt ebenso wie der Fermenter und Nachgärer ein in sich geruchsdichtes System dar. Allerdings können durch den Abwurf des separierten Gärrestes Geruchsemissionen auf der Abwurffläche entstehen. Hier wird konservativ der Emissionsfaktor von Rinderfestmist verwendet. Da der Separator entsprechend der Betreiberangaben lediglich im Winter betrieben wird, erfolgt ein Ansatz dieser Emissionen nur im Zeitraum vom 1.10. bis 31.3.

Zusätzlich wird eine Pauschalquote in Höhe von 10 % der ungefassten Emissionen der Biogasanlage für die Berücksichtigung von Verunreinigungen auf dem Anlagengelände in Ansatz gebracht, obwohl im Anlagenbetrieb nach dem Eindruck bei der Ortsbesichtigung auf größtmögliche Sauberkeit auf dem Anlagengelände geachtet wird.

Als weitere Quelle für Geruchsemissionen sind die Abgase der BHKW zu berücksichtigen. Die Emissionen der BHKW werden anhand des Abgasvolumenstromes ermittelt, für den eine Abgaskonzentration von 5.000 GE/Nm³ (Zündstrahlmotoren) bzw. 3.000 GE/Nm³ (Gas-Otto-Motoren) gemäß Heft 35/2008 der Schriftenreihe des LfULG [23] angesetzt wird. Für den aktuellen Zustand wird von einem Dauerbetrieb der beiden bestehenden BHKW ausgegangen. Im Plan-Zustand wird von einem Dauerbetrieb der beiden neuen BHKW ausgegangen, während die Betriebszeit der bestehenden BHKW am Standort auf jeweils 6 h/a (im Zeitraum von 6 bis 22 Uhr) beschränkt wird.

In den beiden nachfolgenden Tabellen sind die Geruchsemissionen der Anlage im bestehenden und geplanten Anlagenzustand zusammengefasst. Die Tabellen stellen jeweils den Zustand maximaler Emissionen dar.

Tabelle 7: Geruchsemissionen der Tierhaltungs- und Biogasanlage im bestehenden Anlagenbetrieb

Bereich	Tierart	TP	GV/TP	GV	GE/(GV s)	Mind.	GE/s
Mastschweinestall	Mastschweine	700	0,13	91,0	40		3.640
Milchviehstall	Milchkühe	280	1,2	336,0	12		4.032
Reprostall	Milchkühe	210	1,2	252,0	12		3.024
Trockensteherstall	Milchkühe	26	1,2	31,2	12		374
Kälberstall	Kälber	37	0,19	7,0	12		84
Teilsumme		1253		717,2			11.154

Fortsetzung Tabelle 7: Geruchsemissionen der Tierhaltungs- und Biogasanlage im bestehenden Anlagenbetrieb

Bereich	m ²	GE/(m ² s)	Mind.	GE/s
Feststoffdosierer1	12,0	7		84
Feststoffdosierer2	12,0	7		84
Gärrestlager	706,9	4,9	70%	1.039
Fahrsilo Mais	95,0	3		285
Fahrsilo Gras	33,0	6		198
Separator	20,0	3,3		66
Mistlager	20,0	3,3		66
Teilsumme				1.822
Pauschalquelle				182
Auslauf	440,0	2,7		1.188

Bereich	m ³ /s	GE/m ³	Mind.	GE/s
BHKW1	0,234	5.000		1.172
BHKW2	0,234	5.000		1.172
Teilsumme				2.344
Gesamt				16.691

Der Emissionswert von 16.691 GE/s wird nur in einem Teil des Jahres erreicht, da einige der Emissionsquellen (Feststoffdosierer, Separator) zeitabhängige Quellen darstellen. Unter Berücksichtigung dieser zeitlichen Differenzierung ergibt sich ein mittlerer Emissionswert von 16.546 GE/s

Tabelle 8: Geruchsemissionen der Tierhaltungs- und Biogasanlage im geplanten Anlagenbetrieb

Bereich	Tierart	TP	GV/TP	GV	GE/(GV s)	Mind.	GE/s
Mastschweinestall	Mastschweine	634	0,13	82,5	40		3.330
Milchviehstall	Milchkühe	280	1,2	336,0	12		4.032
Reprostall	Milchkühe	210	1,2	252,0	12		3.024
Trockensteherstall	Milchkühe	26	1,2	31,2	12		374
Kälberstall	Kälber	37	0,19	7,0	12		84
Teilsumme		1187		708,7			10.844

Bereich	m ²	GE/(m ² s)	Mind.	GE/s
Feststoffdosierer1	12,0	7		84
Feststoffdosierer2	12,0	7		84
Gärrestlager	706,9	4,9	70%	1.039
Fahrsilo Mais	95,0	3		285
Fahrsilo Gras	33,0	6		198
Separator	20,0	3,3		66
Mistlager	20,0	3,3		66
Teilsumme				1.822
Pauschalquelle				182
Auslauf	440,0	2,7		1.188

Bereich	m ³ /s	GE/m ³	Mind.	GE/s
BHKW1	0,234	5.000		1.172
BHKW2	0,234	5.000		1.172
BHKW3	0,323	3.000		970
BHKW4	0,323	3.000		970
Teilsumme				4.284
Gesamt				18.320

Der Emissionswert von 18.320 GE/s wird nur in einem Teil des Jahres erreicht, da einige der Emissionsquellen (Feststoffdosierer, Separator, BHKW 1 und 2) zeitabhängige Quellen darstellen. Unter Berücksichtigung dieser zeitlichen Differenzierung ergibt sich ein mittlerer Emissionswert von 16.360 GE/s

3.3.7.2 Ammoniakemissionen

Die tierartspezifischen Emissionen von Ammoniak werden anders als bei den Geruchsemissionen Tierplatzbezogen ermittelt. Die Ammoniakmissionen der Nebenanlagen werden analog zu den Geruchsemissionen bestimmt. Gemäß den Ausführungen der IRR sind in den Ammoniakemissionen der Tierplätze bereits die Emissionen der Nebenanlagen enthalten. Konservativ erfolgt im Rahmen dieser Prognose eine zusätzliche Berücksichtigung der Ammoniakemissionen der Nebenanlagen, wobei auf die Werte der VDI-Richtlinie 3894/1 zurückgegriffen wird. Lediglich bei der Ammoniakemission des Gärrestbehälters wird auf den Wert der IRR zurückgegriffen, da hierzu weder in den Tabellen des LfULG, noch in der VDI-Richtlinie flächenspezifische Werte enthalten sind. Durch diese zusätzliche Berücksichtigung ergibt sich ein überschätzender Charakter der prognostizierten Ammoniak- und Stickstoffmissionen.

In der nachfolgenden Tabelle ist die maximale Ammoniakemission der Anlage im geplanten Anlagenzustand dargestellt. Da mit dem Vorhaben ein Abbau von Tierplätzen erfolgt, ergibt sich im geplanten Anlagenzustand eine Minderung der Ammoniakemissionen gegenüber dem Ist-Zustand.

Tabelle 9: Ammoniakemissionen der Tierhaltungs- und Biogasanlage im geplanten Anlagenbetrieb

Bereich	Tierart	TP	GV/TP	GV	kg/(TP a)	Mind.	g/s
Mastschweinestall	Mastschweine	634	0,13	82,5	3,64		0,07318
Milchviehstall	Milchkühe	280	1,2	336,0	14,57		0,12936
Reprostall	Milchkühe	210	1,2	252,0	14,57		0,09702
Trockensteherstall	Milchkühe	26	1,2	31,2	14,57		0,01201
Kälberstall	Kälber	37	0,19	7,0	1,42		0,00167
Teilsomme		1187		708,7			0,31324

Bereich	m²	mg/(m² s)	Mind.	g/s
Feststoffdosierer1	12,0	0,06		0,00069
Feststoffdosierer2	12,0	0,06		0,00069
Gärrestlager	706,9	0,02		0,01414
Separator	20,0	0,06		0,00116
Mistlager	20,0	0,06		0,00116
Auslauf	440,0	0,09		0,04074
Teilsomme				0,05858
Gesamt				0,37182

Der Emissionswert von 0,37182 g/s wird nur in einem Teil des Jahres erreicht, da einige der Emissionsquellen (Feststoffdosierer, Separator) zeitabhängige Quellen darstellen. Unter Berücksichtigung dieser zeitlichen Differenzierung ergibt sich ein mittlerer Emissionswert von 0,37013 g/s, was einem Emissionsmassenstrom von 11,67 Mg/a entspricht.

3.3.7.3 Stickoxidemissionen

Die Stickoxidemissionen, angegeben als Stickstoffdioxid können für die BHKW anhand des Abgasvolumenstromes und den Grenzwerten der TA Luft ermittelt werden. Dabei ist für Zündstrahl-

motoren ein Grenzwert von 1.000 mg/Nm^3 und für Gas-Otto-Motoren ein Grenzwert von 500 mg/Nm^3 anzusetzen. Für die BHKW ergeben sich im Ist- und Plan-Zustand die folgenden Stickoxidemissionen.

Tabelle 10: Stickoxidemissionen der BHKW im Ist- und Plan-Zustand

Bereich	m ³ /s	mg/Nm ³	g/s
Ist-Zustand			
BHKW1	0,234	1.000	0,23444
BHKW2	0,234	1.000	0,23444
Plan-Zustand			
BHKW1	0,234	1.000	0,23444
BHKW2	0,234	1.000	0,23444
BHKW3	0,323	500	0,16173
BHKW4	0,323	500	0,16173

Für den bestehenden Anlagenzustand ergibt sich für die BHKW ein Emissionswert von $0,46888 \text{ g/s}$ ($1,69 \text{ kg/h}$). Da die BHKW in diesem Zustand dauerhaft betrieben werden, entspricht dieser Wert auch dem mittleren Emissionsmassenstrom. Im geplanten Anlagenzustand beträgt der maximale Emissionswert $0,79234 \text{ g/s}$ ($2,85 \text{ kg/h}$). Aufgrund der Beschränkung der beiden bestehenden BHKW auf 6 h/d verringert sich der mittlere Emissionsmassenstrom auf $0,44069 \text{ g/s}$ ($1,59 \text{ kg/h}$).

Nach TA Luft kann auf die Berücksichtigung der Stickoxidemissionen verzichtet werden, wenn der Emissionsmassenstrom aus gefassten Quellen den Wert von 20 kg/h unterschreitet. Als Bezugswert ist dabei das Stundenmittel für die immissionsseitig ungünstigste Kalenderwoche zu wählen. Der mittlere Emissionsmassenstrom unterschreitet diesen Bagatellwert sowohl im Ist- wie auch im Plan-Zustand.

Nach Vorgabe der Genehmigungsbehörde soll zudem untersucht werden, ob sich durch den anlagenbezogenen Fahrverkehr relevante Stickoxidemissionen und -immissionen ergeben. Hierzu wurde durch den Anlagenbetreiber eine Übersicht erstellt. Da sich die Emissionsgrenzwerte für die Zug- und Baumaschinen nach [19] auf die beanspruchte Leistung in g/kWh beziehen, ist in der Übersicht die Fahrzeit der Fahrzeuge auf dem Anlagengelände in h/d angegeben. Verwendet wird hierbei ein Tag mit der immissionsseitig ungünstigsten Situation (Einlagerung von Silage, Ausbringung von Gülle).

Hinsichtlich der voraussichtlichen Emissionen sind lediglich die Emissionsklassen der Ackerschlepper (Traktoren) bekannt, welche nach [19] den Emissionsgrenzwert Stufen IIIA, Kategorie H mit 4 g/kWh und IIIB Kategorie L mit 2 g/kWh unterliegen. Für die übrigen Fahrzeuge wird die Einhaltung der EU-Abgasnorm 0 unterstellt und ein Emissionsfaktor von $14,4 \text{ g/kWh}$ angesetzt.

Zusätzlich zu den Fahrzeiten auf dem Anlagengelände werden für die betroffenen Fahrzeuge die Motorenleistungen angegeben. Diese entspricht jedoch in den seltensten Fällen der tatsächlich benötigten Motorenleistung während des Fahrtvorganges. Für die Ermittlung der Stickoxidemissionen wird davon ausgegangen, dass durchschnittlich 50% der maximal möglichen Leistung tatsächlich benötigt wird.

Die angegebenen Stickoxidemissionen sind unter der Annahmen, dass die immissionsseitig ungünstige Situation mindestens eine Woche andauert auf den Betriebstag gemittelt. Die Fahrten auf dem Anlagengelände werden sich mit dem geplanten Vorhaben nicht erhöhen, sodass der Ist-Zustand mit dem Plan-Zustand identisch ist.

Tabelle 11: Stickoxidemissionen des anlagenbezogenen Fahrverkehrs im Ist- und Plan-Zustand

Fahrzeug	max. Laufzeit h/d	Leistung in kW	Emissionswert in g/kWh	g/s
Futtermischwagen	8	142	14,4	0,09467
Radlader Weidemann	10	48	14,4	0,04000
Teleskoplader JCB	3	86	14,4	0,02150
Verkaufsauto Fleischerei	0,5	92	14,4	0,00383
Ackerschlepper	2	217	4	0,01005
Ackerschlepper	2	152	4	0,00704
Ackerschlepper	2	136	4	0,00630
Ackerschlepper	2	136	4	0,00630
Ackerschlepper	2	136	4	0,00630
Ackerschlepper	2	136	4	0,00630
Ackerschlepper	2	118	4	0,00546
Ackerschlepper	2	210	4	0,00972
Ackerschlepper	2	169	2	0,00391
Ackerschlepper	2	236	4	0,01093
Ackerschlepper	2	136	4	0,00630
Ackerschlepper	2	119	4	0,00551
Ackerschlepper	2	236	4	0,01093
Ackerschlepper	2	276	2	0,00639
Transporter Werkstatt	3	55	14,4	0,01375
Firmenwagen	1,5	55	14,4	0,00688
Gesamt				0,28204

Für den anlagenbezogenen Fahrverkehr ergibt sich unter immissionsseitig ungünstigen Bedingungen ein mittlerer Emissionsmassenstrom von 0,28204 g/s (1,02 kg/h). Nach TA Luft kann auf die Berücksichtigung der Stickoxidemissionen verzichtet werden, wenn der Emissionsmassenstrom aus diffusen Quellen den Wert von 2 kg/h unterschreitet. Der mittlere Emissionsmassenstrom unterschreitet diesen Bagatellwert sowohl im Ist- wie auch im Plan-Zustand.

Da sowohl der gefasste, wie auch der diffuse Emissionsmassenstrom für die Stickoxidemissionen den jeweiligen Bagatellwert unterschreitet, ist zu prüfen, ob auch in der Summe der beiden Ströme der Bagatellwert unterschritten wird. Hierzu werden die jeweiligen Anteile, zu denen die Bagatellwerte ausgeschöpft werden addiert. Wird dabei der Wert von 100 % unterschritten, wird der Bagatellwert in Summe eingehalten. Die gefassten Stickoxidemissionen schöpfen den Wert von 20 kg/h im Plan-Zustand zu 8 % aus. Die diffusen Stickoxidemissionen schöpfen den Wert von 2 kg/h zu 51 % aus. Der Bagatellwert wird somit lediglich zu 59 % ausgeschöpft. Die von der Anlage ausgehenden Stickoxidemissionen sind somit als Bagatellstrom anzusehen und nicht geeignet relevante Immissionen oder erheblich nachteilige Beeinträchtigungen herbeizuführen. Auf eine Berücksichtigung im Rahmen der Ausbreitungsrechnung kann damit verzichtet werden.

3.3.7.4 Staubemissionen

Die tierartspezifischen Emissionswerte für Staub werden analog zu den Ammoniakemissionen ermittelt. Als Datengrundlage dient hierbei die VDI-Richtlinie 3894/1. Gemäß VDI-Richtlinie sind für die Rinderhaltung 30 % der entstehenden Stäube und für die Schweinehaltung 40 % der entstehenden Stäube als Feinstaub zu behandeln. Dementsprechend werden die in der VDI-Richtlinie, Tabelle 26 aufgeführten Emissionsfaktoren auf Fein- und Reststäube aufgeteilt. Die daraus ermittelten Emissionsfaktoren und Emissionen sind für die Tierhaltung im geplanten Betriebe in den beiden nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 12: Feinstaubemissionen der Tierhaltung im Plan-Zustand

Bereich	Tierart	TP	GV/TP	GV	kg/(TP a)	Mind.	g/s
Mastschweinestall	Mastschweine	634	0,13	82,5	0,24		0,00482
Milchviehstall	Milchkühe	280	1,2	336,0	0,18		0,00160
Reprostall	Milchkühe	210	1,2	252,0	0,39		0,00260
Trockensteherstall	Milchkühe	26	1,2	31,2	0,39		0,00032
Kälberstall	Kälber	37	0,19	7,0	0,09		0,00011
Gesamt		1187		708,7			0,00945

Tabelle 13: Reststaubemissionen der Tierhaltung im Plan-Zustand

Bereich	Tierart	TP	GV/TP	GV	kg/(TP a)	Mind.	g/s
Mastschweinestall	Mastschweine	634	0,13	82,5	0,36		0,00724
Milchviehstall	Milchkühe	280	1,2	336,0	0,42		0,00373
Reprostall	Milchkühe	210	1,2	252,0	0,91		0,00606
Trockensteherstall	Milchkühe	26	1,2	31,2	0,91		0,00075
Kälberstall	Kälber	37	0,19	7,0	0,21		0,00025
Gesamt		1187		708,7			0,01803

Für den Anlagebetrieb ergibt sich eine diffuse Staubemission aus der Tierhaltung von 0,02874 g/s (0,10 kg/h). Nach TA Luft kann auf die Berücksichtigung der Staubemissionen verzichtet werden, wenn der Emissionsmassenstrom aus diffusen Quellen den Wert von 0,1 kg/h unterschreitet. Da der Bagatellwert bereits durch die diffusen Emissionen ausgeschöpft wird und zusätzliche Staubemissionen durch die BHKW zu erwarten sind, sind die anlagenbedingten Staubemissionen in der Ausbreitungsrechnung zu berücksichtigen.

Da die Fahrwege auf dem Anlagengelände befestigt sind und nach dem Eindruck bei der Ortsbegehung stetig sauber gehalten werden, kann auf die Berücksichtigung der Staubemissionen des Fahrverkehrs (Staubaufwirbelung) verzichtet werden.

Die Staubemissionen für die BHKW können anhand des Abgasvolumenstromes und den Grenzwerten der TA Luft ermittelt werden. Dabei ist für Zündstrahlmotoren und Gas-Otto-Motoren ein Grenzwert von 20 mg/Nm³ anzusetzen. Dieser Wert wird vollständig als Feinstaub angesetzt. Für die BHKW ergeben sich im Ist- und Plan-Zustand die folgenden Stickoxidemissionen.

Tabelle 14: Feinstaubemissionen der BHKW im Ist- und Plan-Zustand

Bereich	m ³ /s	mg/Nm ³	g/s
Ist-Zustand			
BHKW1	0,234	20	0,00469
BHKW2	0,234	20	0,00469
Plan-Zustand			
BHKW1	0,234	20	0,00469
BHKW2	0,234	20	0,00469
BHKW3	0,323	20	0,00647
BHKW4	0,323	20	0,00647

Für den bestehenden Anlagenzustand ergibt sich für die BHKW ein Emissionswert von 0,00938 g/s (0,03 kg/h). Da die BHKW in diesem Zustand dauerhaft betrieben werden, entspricht dieser Wert auch dem mittleren Emissionsmassenstrom. Im geplanten Anlagenzustand beträgt der maximale Emissionswert

0,02232 g/s (0,08 kg/h). Aufgrund der Beschränkung der beiden bestehenden BHKW auf 6 h/d verringert sich der mittlere Emissionsmassenstrom auf 0,01528 g/s (0,06 kg/h).

3.3.8 Beschreibung der Quellen

3.3.8.1 Lage, Art und Aufteilung der Quellen auf die Anlagenteile

Die diffusen Emissionsquellen auf dem Anlagengelände (Rinderställe, Festmistlager, Fahrsilo, Feststoffdosierer, Separator, offene Gärrestlager, Pauschalquelle) werden als Volumenquellen modelliert, um das herunterziehen der Emissionsfahnen zu simulieren. Demgegenüber werden die Abluftkamine des Schweinestalles zu einer horizontalen Linienquelle zusammengefasst.

Die Abluftkamine der BHKW werden als Punktquellen in Ableithöhe (10 m über Grund) angesetzt. Die folgende Tabelle listet die geometrischen Parameter der Emissionsquellen der Anlage im bestehenden und geplanten Anlagenzustand auf.

Tabelle 15: Emissionsquellen der Anlage

Quelle	Rechtswert	Hochwert	Art	Länge	Breite	Höhe	Ableit- höhe	Winkel gegen Ost °
	m	m		m	m	m	m	
Ist-Zustand								
Abluft_Schweinestall	4517106	5584965	L	75,3	0,0	0,0	9,5	58
Milchviehstall	4517120	5584916	V	105,3	26,6	9,0	0,0	58
Abkalbestall	4517149	5584919	V	31,4	18,2	9,0	0,0	58
Trockensteherstall	4517172	5584904	V	88,0	21,5	9,0	0,0	58
Kälberstall	4517254	5584986	V	15,0	8,0	6,0	0,0	328
Mistplatte	4517141	5584892	V	21,1	28,8	2,0	0,0	58
Auslauf	4517162	5584879	V	22,0	20,0	2,0	0,0	58
Fahrsilos_Mais	4517060	5584861	V	146,9	128,4	3,0	0,0	328
Fahrsilos_Gras	4517060	5584861	V	146,9	128,4	3,0	0,0	328
FSD1	4517067	5584900	V	9,8	2,4	2,0	0,0	46
FSD2	4517059	5584895	V	10,1	2,5	2,0	0,0	232
Gärrestlager	4517052	5584960	V	30,0	30,0	6,0	0,0	0
Separator	4517081	5584984	V	5,0	4,0	2,0	0,0	58
Pauschalquelle	4517092	5584844	V	75,6	49,6	1,0	0,0	58
BHKW1	4517238	5584955	P	0,0	0,0	0,0	10,0	270
BHKW2	4517238	5584955	P	0,0	0,0	0,0	10,0	270
zusätzlich im Plan-Zustand								
BHKW3	4517232	5584944	P	0,0	0,0	0,0	10,0	270
BHKW4	4517231	5584942	P	0,0	0,0	0,0	10,0	270

P... Punktquelle; L... Linienquellen; V... Volumenquelle

Die folgenden Abbildungen veranschaulichen die Lage und Ausprägung der Quellen (rot hervorgehoben) in Quellenplänen für den Ist- und Plan-Zustand. Darüber hinaus sind die im diagnostischen Windfeldmodell berücksichtigten umströmten Hindernisse auf den Plänen (grün betont) dargestellt.



49 / 83

Tabelle 16: Emissionsstärken der Einzelquellen

Quelle	Ammoniak g/s	Feinstaub g/s	Reststaub g/s	Geruch (0,50) GE/s	Geruch (0,75) GE/s	Geruch (1,00) GE/s
Abluft_Schweinestall (Ist)					3.640	
Abluft_Schweinestall (Plan)	0,07318	0,00482	0,00724		3.300	
Milchviehstall	0,12940	0,00160	0,00373	4032		
Abkalbestall	0,09702	0,00260	0,00606	3024		
Trockensteherstall	0,01201	0,00032	0,00075	374		
Kälberstall	0,00167	0,00011	0,00025	84		
Mistplatte	0,00116			66		
Auslauf	0,04074			1.188		
Fahrsilos_Mais						285
Fahrsilos_Gras						198
FSD1	0,00069/0,00014					84/17
FSD2	0,00069/0,00014					84/17
Gärrestlager	0,01414					1039
Separator	0,00116/0					66/0
Pauschalquelle						182
BHKW1		0,00469/0				1.172/0
BHKW2		0,00469/0				1.172/0
BHKW3		0,00647				970
BHKW4		0,00647				970

3.3.8.2 Abluftbedingungen

Bei Ausbreitungsberechnungen ist vorgesehen, Effekte bei Emissionsquellen zu berücksichtigen, die ein Nach-Oben-Tragen der emittierten Schad- bzw. Geruchsstoffe bewirken. Dabei erfolgt die Berechnung unter Verwendung einer „effektiven Quelhöhe“, die sich aus der Summe der tatsächlichen Bauhöhe des Abgabepunktes und einer Abluftfahnenüberhöhung ergibt. Für die Abluftfahnenüberhöhung wird ein thermischer und kinetischer Anteil betrachtet. Der thermische Anteil kommt durch eine Ablufttemperatur zustande, die deutlich über der Umgebungstemperatur liegt und somit ein Nach-Oben-Tragen durch thermische Konvektion bewirkt.

Um die effektive Quelhöhe aus den Strömungsparametern zu berechnen stehen die Formeln aus VDI-Richtlinie 3782/3 [24] zur Verfügung. Eine Abluftfahnenüberhöhung kann im vorliegenden Fall nur für die Kamine der BHKW in Ansatz gebracht werden. Für die Berücksichtigung der Abluftfahnenüberhöhung werden hierbei die folgenden Parameter angesetzt.

Tabelle 17: Parameter der Abluftfahnenüberhöhung

Quelle	Kamindurchmesser m	Abluftgeschwindigkeit m/s	Temperatur °C
BHKW1	0,20	11,5	180
BHKW2	0,20	11,5	180
BHKW3	0,15	28,3	180
BHKW4	0,15	28,3	180

3.3.9 Meteorologie

3.3.9.1 Standortbezogene Winddaten

Für den Standort Theuma liegen keine geeigneten Messdaten einer dortigen meteorologischen Station vor. Daher müssen für eine Ausbreitungsrechnung Daten einer anderen Wetterstation auf den Anlagenstandort übertragen werden. 2008 beauftragte ECO-CERT Leipzig den Deutschen Wetterdienst, eine Qualifizierte Prüfung (QPR) der Übertragbarkeit einer Zeitreihe von Ausbreitungsklassen (AKTerm) bzw. einer mehrjährigem Häufigkeitsverteilung von Ausbreitungsklassen (AKS) für zwei Standorte in 08541 Neuensalz, OT Mechelgrün und OT Zebes durchzuführen. Da diese Standorte lediglich 3 km bzw. 6 km von dem Anlagengelände in Theuma entfernt sind, können die Ergebnisse dieser Übertragbarkeitsprüfung hier übernommen werden.

Als Vergleichsstandorte gingen in die nähere Betrachtung die Stationen Aue, Gera, Chemnitz und Plauen ein. Die Daten dieser Stationen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 18: Daten der Wetterstationen für die Übertragungsprüfung

Station	Primäres Maximum	Sekundäres Maximum	mittlere Windgeschwindigkeit	Entfernung zum Standort
Aue	270°	150°	1,8 m/s	64 km
Chemnitz	240°	150°	4,3 m/s	74 km
Gera	210°	60°	4,2 m/s	80 km
Plauen	210°	30°	3,0 m/s	10 km

Die Windrichtungsverteilungen weisen im Vergleich einige Unterschiede auf und sind unterschiedlich geeignet die Windverhältnisse am Standort zu repräsentieren. Die Wetterstation Aue liegt im Nordosten des Stadtgebietes oberhalb der Stadt Aue in einem von Zwickauer Mulde und Schwarzwasser gebildeten Talkessel. Der Talverlauf dieser beiden Flüsse spiegelt sich auch in der Windverteilung der Wetterstation Aue wider. Eine ausgeprägte West-Südsüdost-Ausrichtung wird für den Standort nicht angenommen, womit die Wetterstation Aue nicht für eine Übertragung auf den Standort in Frage kommt.

Die Chemnitzer Wetterwarte befindet sich am Südwestrand der Stadt auf einem welligen Plateau am Nordhang einer allseits leicht abfallenden Kuppe. Chemnitz liegt im nordwestlichen Vorland des Erzgebirges in einem weiten Becken. Hier macht sich noch der Einfluss des Böhmischen Windes mit einem sekundären Maximum im 150°-Sektor bemerkbar, der am Standort aber nicht mehr in Erscheinung tritt. Die Wetterstation Chemnitz käme mit dieser Einschränkung für eine Übertragung auf den Standort in Frage.

Gera und Plauen liegen beide an der Weißen Elster und die Windverteilung dieser Stationen werden durch deren Talverlauf mehr oder weniger stark modifiziert. In Plauen weist das Windfeld eine strenge Südsüdwest-Nordnordost-Ausrichtung auf, die für den Standort so nicht erwartet wird. Ähnlich sieht es in Gera aus, wo das Windrichtungsmaximum im Südsüdwest bis Südsektor und das Minimum in den östlichen Richtungssektoren liegt, was den Erwartungswerten am Standort ebenfalls nicht entspricht. Damit sind sowohl Gera als auch Plauen für eine Übertragung auf den Standort nicht geeignet.

Aus der Übertragbarkeitsprüfung geht hervor, dass von den untersuchten Wetterstationen lediglich die Daten der Station Chemnitz für eine Übertragung auf den Anlagenstandort geeignet sind. Dementsprechend werden die Daten dieser Station für die Ausbreitungsrechnung verwendet.

Für diese Station wurde auf Basis eines χ^2 -Tests zur Verteilung der Windgeschwindigkeit, Windrichtungsverteilung und Schwachwindhäufigkeit der Zeitraum vom 25.01.2012 bis 24.01.2013 als repräsentative Jahreszeitreihe für den Bezugszeitraum vom 29.09.2005 bis 22.10.2014 ausgewählt. Die Bestimmung des repräsentativen Jahres ist dem Gutachten als Anlage beigelegt. Die verwendete Ausbreitungsklassenzeitreihe ist der Immissionsprognose im Anhang auszugsweise beigelegt. Die Windrichtungsverteilung der verwendeten Ausbreitungsklassenzeitreihe (Windrose) ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

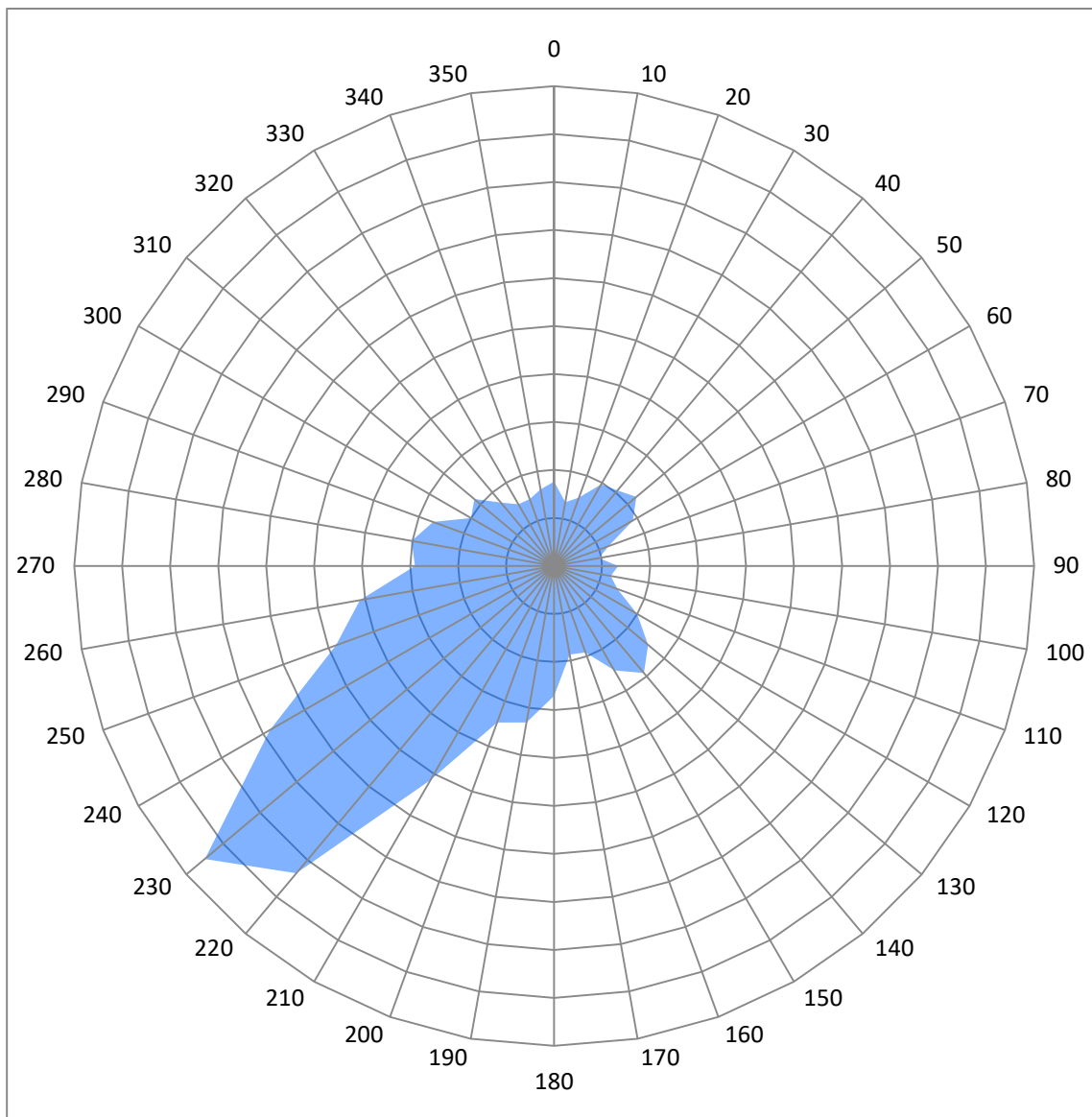


Abbildung 14: Windrichtungsverteilung der verwendeten Ausbreitungsklassenzeitreihe (Windrose)

3.3.9.2 Anemometerposition

Bei Ausbreitungsrechnungen in komplexem Gelände ist der Standort eines Anemometers anzugeben, wodurch die verwendeten meteorologischen Daten ihren Ortsbezug erhalten. Diese Ersatzanemometerposition (EAP) ist derart zu wählen, dass sich gegenüber dem Originalanemometer eine möglichst vergleichbare orografische Situation ergibt. Zudem ist eine EAP auszusuchen die frei ist von Strömungseinflüssen durch berücksichtigte umströmte Hindernisse.

Eine derartige Position wurde bei den Koordinaten (GK4, RW/HW) 4514080/5595104 gefunden und so in der Ausbreitungsrechnung verwendet. Die notwendigen Informationen zur Anpassung der Bezugswindwerte an die unterschiedlichen mittleren aerodynamischen Rauigkeiten zwischen der Windmessung und der Ausbreitungsrechnung werden durch die Angabe von 9 Anemometerhöhen in der Zeitreihendatei gegeben. Mittels des verwendeten Windfeldmodells wird dann das für das Gebiet der Ausbreitungsrechnung benötigte Windfeld ermittelt.

3.3.9.3 Lokale und thermische Windsysteme (Kaltluftabflüsse)

Zu den häufigsten lokalen Besonderheiten zählen Kaltluftabflüsse. Dabei kommt es in Tallagen oder an Hanglagen bei stabilen Wetterlagen (meist nachts) zu Luftbewegungen, bei denen kalte Luft aufgrund der höheren Dichte Hänge und Täler hinabgleitet. Solche Effekte sind bei der Übertragung von Meteorologiedaten der Station Chemnitz noch nicht berücksichtigt. Daher muss geprüft werden, ob Kaltluftereignisse am Standort eine Relevanz auf die Immissionssituation besitzen oder nicht.

In einem ersten Schritt ist die Ausprägung des Geländes um den Anlagenstandort zu untersuchen. Ein gerichteter Abfluss von Kaltluftströmen erfolgt lediglich, wenn im Untersuchungsraum entsprechend große Steigungen vorhanden sind. Nach [11] kann davon ausgegangen werden, dass Kaltluftabflüsse dann bei Ausbreitungsrechnungen zu berücksichtigen sind, wenn die Notwendigkeit zur Berücksichtigung topografischer Einflüsse besteht, d. h. wenn im Untersuchungsraum Steigungen größer 1:20 und Höhendifferenzen größer dem 0,7fachen der Quellhöhen auftreten.

Im vorliegenden Fall treten Geländesteigungen größer 1:20 und Höhendifferenzen > 7 m (geringste Höhe einer gefassten Quelle am Standort 9,5 m) auf. Topografische Einflüsse sind dementsprechend in der Ausbreitungsrechnung nach Angang 3 TA Luft zu berücksichtigen. Demnach ist auch beim Auftreten von Kaltluftereignissen mit einem gerichteten Abfluss der Kaltluftmassen zu rechnen.

Die Umgebung des Standortes ist überwiegend durch die umliegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen geprägt. Diese umgebenden Flächen stellen ein ideales Kaltluftentstehungsgebiet dar. In windschwachen Strahlungsnächten ist daher mit der Entstehung von Kaltluftmassen am Anlagenstandort zu rechnen. Die folgende Abbildung zeigt die modellierte Kaltluflhöhe im untersuchten Gebiet am Ende einer sechsstündigen Modellnacht mit schwachem übergeordneten Wind (unter 0,7 m/s).

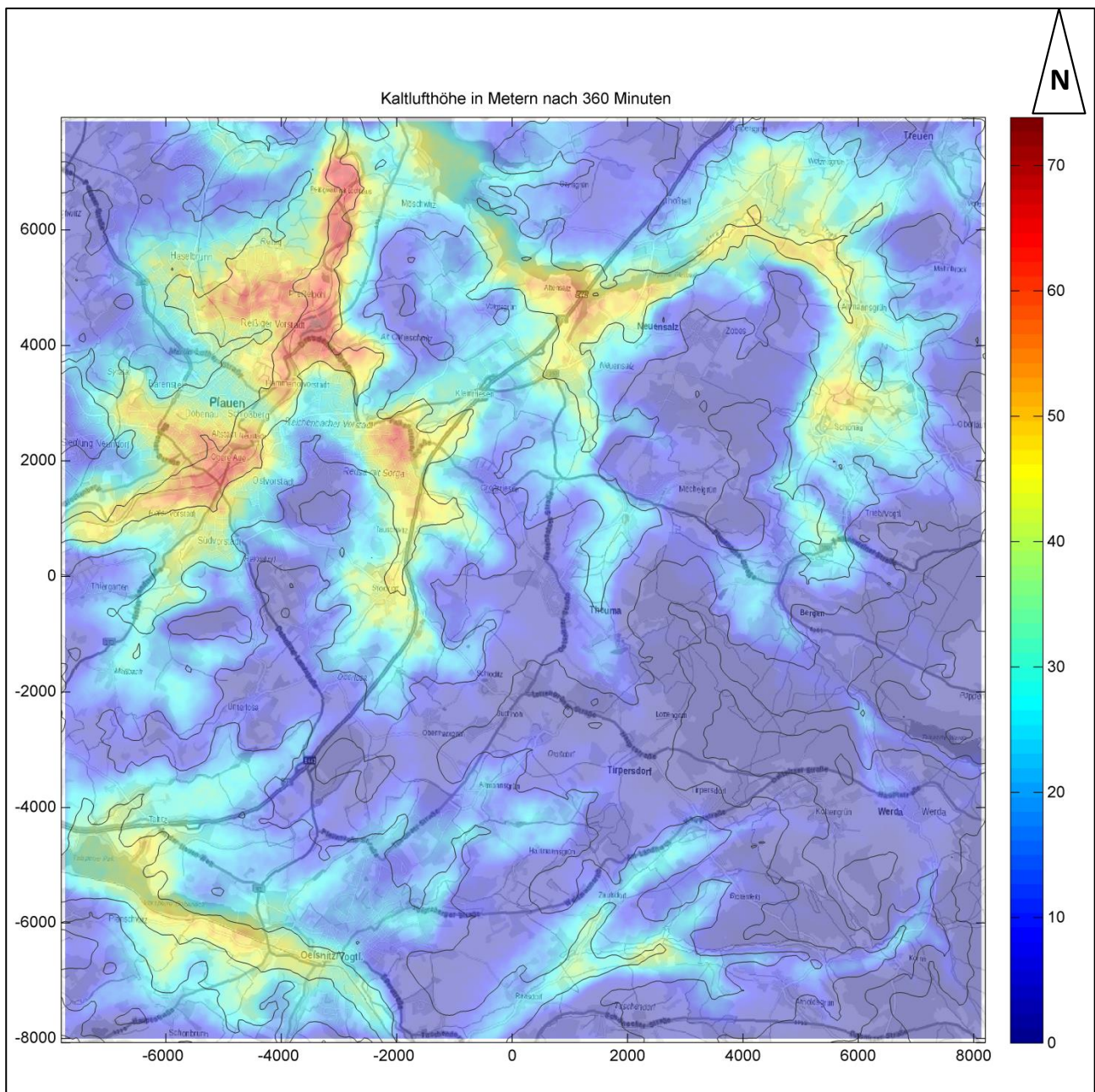


Abbildung 15: Prognostizierte Kaltlufthöhe nach sechs Stunden

Für den Anlagenstandort sind nach Erreichen stationärer Strömungsverhältnisse lediglich geringe Kaltluftschichtdicken zwischen 0 und 10 m zu erwarten. Da am Standort jedoch bodennahe Quellen (Güllebehälter, Offenstall) vorhanden sind, können Emissionen mit den abfließenden Kaltluftmassen verlagert werden, wenn diese das Anlagengelände überfließen.

Damit kann nicht ausgeschlossen werden, dass Kaltlufteinflüsse eine Relevanz auf die Immissionssituation an den maßgeblichen Immissionsorten besitzen. Daher ist in einem zweiten Schritt zu prüfen, ob die auftretenden Kaltluftereignisse zu einer höheren oder geringeren Immission führen, als dies mit einer Ausbreitungsrechnung nach TA Luft ohne Kaltlufteinfluss prognostiziert wird.

Zur Feststellung der Wirkung von Kaltluftabflüssen wird ein Kaltluftmodell so betrieben, dass ein Windfeld entsteht, worin nur der katabatische (aus dem Kaltluftantrieb entstehende) Wind abgebildet ist. Damit wird eine fiktive Kaltluftepisode ohne übergeordneten Wind betrachtet.

Mit diesem Windfeld wird eine Ausbreitungsrechnung (unter Berücksichtigung der Quellkonfiguration der Rechennummer Theuma.2017.01.12) für die Zusatzbelastung der geplanten Anlage durchgeführt. Im Ergebnis dieser Ausbreitungsrechnung steht eine Immissionssituation zur Verfügung, wie sie sich am Ende einer Kaltluftepisode ohne übergeordneten Wind einstellt. Für den Vergleich sind Ausbreitungsrechnungen ohne Berücksichtigung von Kaltluft durchzuführen. Dabei werden aus der repräsentativen Jahreszeitreihe für die Station Chemnitz diejenigen Situationen herausgesucht, für die in der Realität tatsächlich Kaltluftabflüsse zu erwarten sind. Dies betrifft Schwachwindsituationen abends und nachts (18 bis 6 Uhr) bei Ausbreitungsklasse 1. Für diese Situationen erfolgt ebenfalls die Ausbreitungsrechnung mit den Quellparametern der Rechennummer Theuma.2017.01.12. In Bereichen, in denen sich bei der Berechnung mit katabatischem Wind eine geringere Immission ergibt, besteht ein entlastender Einfluss der Kaltluftströme, während sich für Bereiche mit höheren Immissionen ein belastender Einfluss ergibt. Die Visualisierung erfolgt über das logarithmierte Verhältnis der Immissionskenngrößen und ist für den Standort in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Entlastete Bereiche werden grün hervorgehoben, während belastete Bereiche rot eingefärbt sind. An Bereichen, die nicht eingefärbt sind, liegen die Differenzen in der Größenordnung der statistischen Unsicherheit, sodass weder ein belastender, noch ein entlastender Effekt zu erwarten ist.

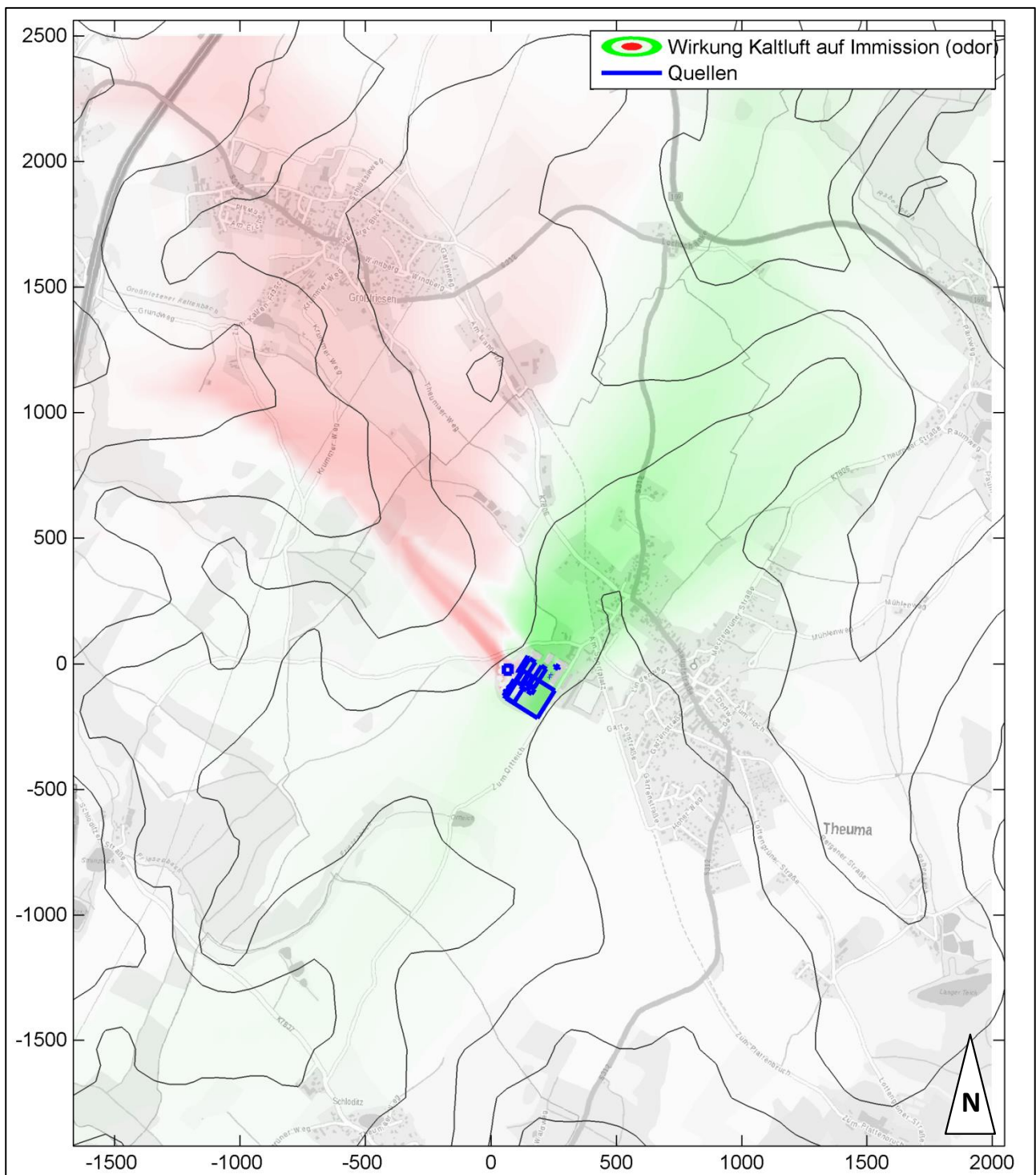


Abbildung 16: Bereiche mit belastender und entlastender Wirkung von Kaltluftströmungen

Aus der vergleichenden Abbildung ist ersichtlich, dass sich die Emissionen der Anlage unter Kaltlufteinfluss insbesondere in nordwestliche Richtung (zu möglichen Immissionsorten in Großfriesen) ausbreiten. An den maßgeblichen Immissionsorten in Theuma ist eher mit geringeren Immissionen zu rechnen, als dies eine Ausbreitungsrechnung ohne Berücksichtigung des Kaltlufteinflusses prognostizieren würde. Daher sind für eine realistische Prognose Modellrechnungen durchzuführen, die die Immissionssituation unter Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen ermitteln (s. Abschnitt 3.1.5).

3.3.10 Statistische Sicherheit

Die konzeptbedingt bei der Ausbreitungsrechnung auftretenden statistischen Fehler (Reproduzierbarkeit von Berechnungen mit identischen Eingangsparametern) werden vom Programm für alle Zellen des Rechengitters ausgewiesen. Im Abschnitt 5.3 werden die Fehler als farbige Isoplethen dargestellt.

Für die Prognose von Ammoniak und Staub sind relative Fehler in Prozent bezogen auf das ermittelte Ergebnis der Gitterzelle angegeben. Die Fehlerangaben für die Geruchsimmission sind absolute Werte und damit Prozentpunkte der Geruchsstundenhäufigkeit.

Zur Beeinflussung der statistischen Sicherheit bietet LASAT die Möglichkeit, eine Partikelrate einzustellen, wobei eine hohe Rate die statistische Unsicherheit verringert. Vorliegend wurde die Partikelrate 4 eingestellt, die einer Qualitätsstufe von 1 bei einer Austal-Berechnung entspricht. Damit ergeben sich statistische Sicherheiten, die den Anforderungen der TA Luft genügen, was in Abschnitt 5.3 dokumentiert ist.

3.4 Immissionssituation

3.4.1 Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung für Geruch

Für Geruch wurden Ausbreitungsrechnungen ausgeführt, um die Zusatzbelastung durch die Anlage im Ist- und Plan-Zustand zu bestimmen. Die prognostizierte Immissionssituation für Geruch im Einwirkungsbereich der Anlage wird in den folgenden Abbildungen sowohl als farbige Isoplethen als auch in Form von Zahlenwerten, die nach GIRL definierten Beurteilungsflächen entsprechen, für eine Beurteilungshöhe von 1,50 m (unterste Zellschicht 0 – 3 m) dargestellt. Die Staffelung der Isoplethen wurde in Anlehnung an die Immissionswerte dieser Richtlinie gewählt.

Bei der Ermittlung der belästigungsrelevanten Kenngröße wurden die tierartspezifischen Wichtungsfaktoren berücksichtigt. In den entsprechenden Abbildungen ist auch die Ortsgrenze der Ortschaft Theuma (Abgrenzung des Innen- vom Außenbereich) mit eingezeichnet.

Zur Bewertung der Immissionssituation wurde die Größe der Beurteilungsfläche mit 50 m x 50 m festgelegt. Mit diesem Aufpunktraster sind die Immissionsorte ausreichend repräsentiert. Für die Beurteilung sind die auf den Beurteilungsflächen ausgewiesenen Geruchshäufigkeiten in % mit den in Abschnitt 3.2 beschriebenen Immissionswerten zu vergleichen.

Der statistische Fehler der LASAT-Rechnung ist für alle maßgeblichen Immissionsorte in der Umgebung der Anlage unter 0,5 %, wie aus den Abbildungen in Abschnitt 5.3 ersichtlich ist. Verschiedene Unstetigkeiten im Werteverlauf sind an Stellen zu erkennen, wo die ineinander geschachtelten Rechengitter zusammenstoßen und stellen keine Rechenfehler dar.

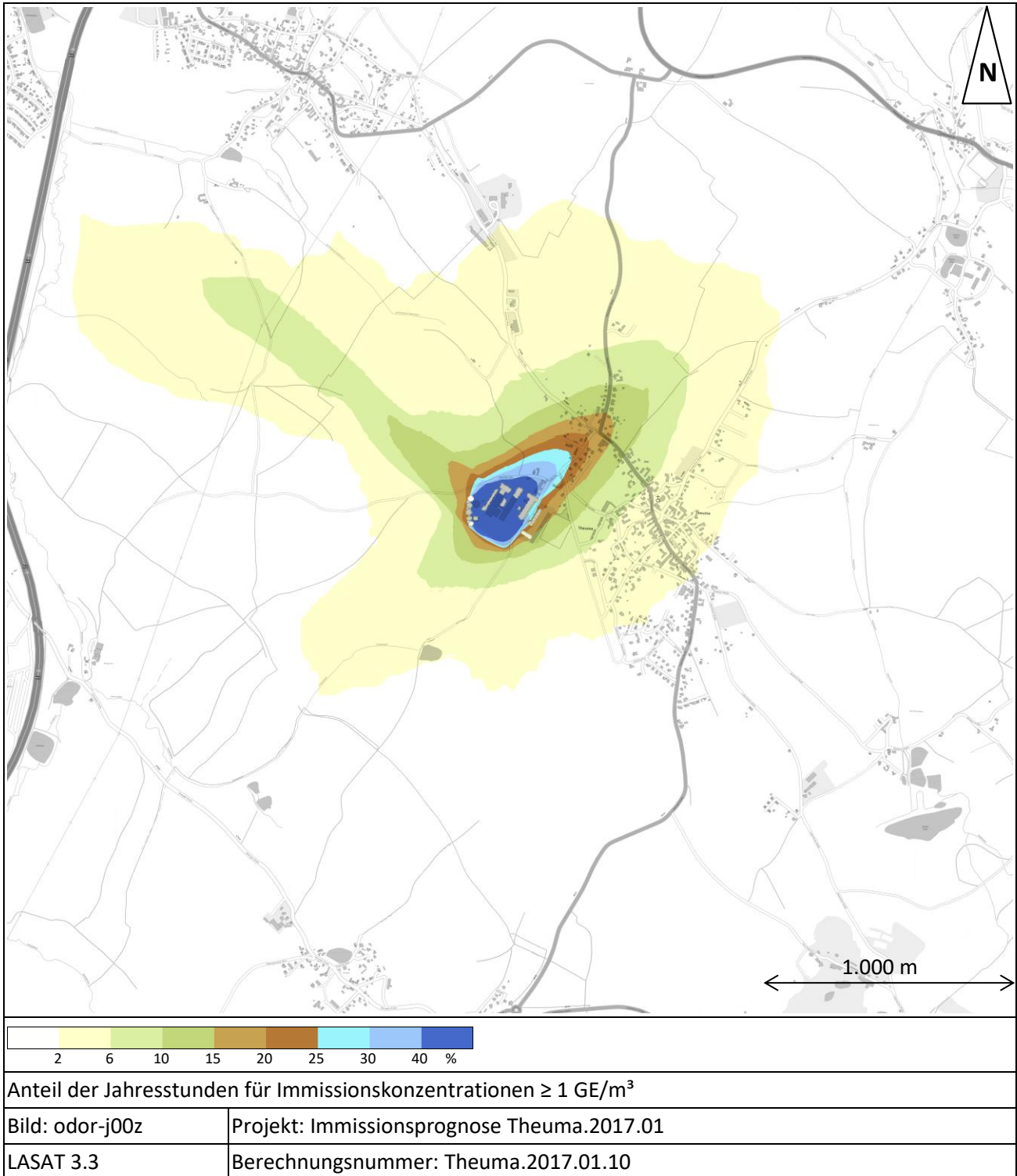


Abbildung 17: Prognostizierte Geruchsimmission im Ist-Zustand

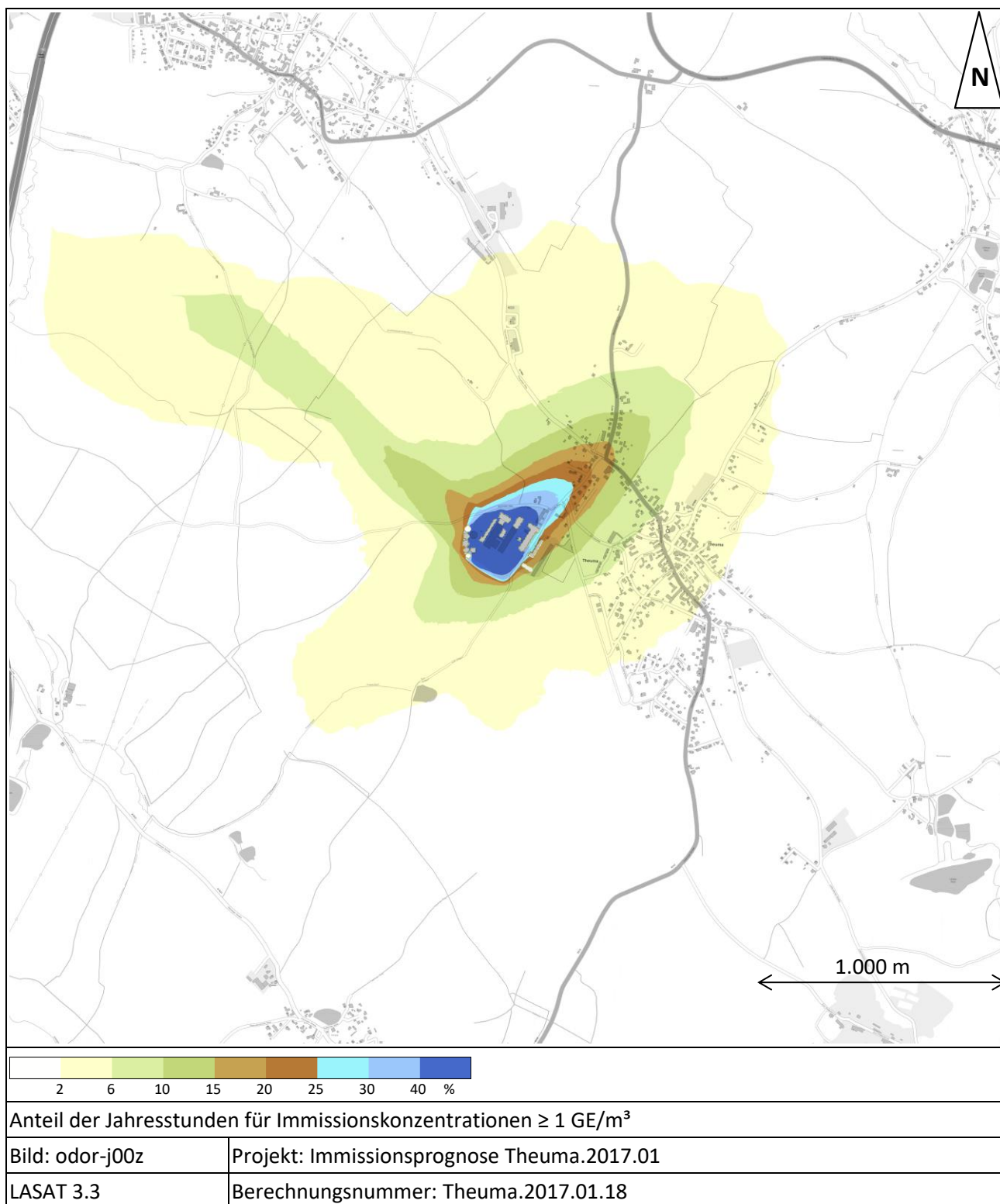
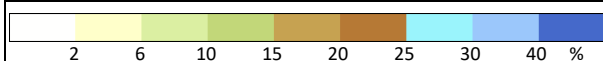
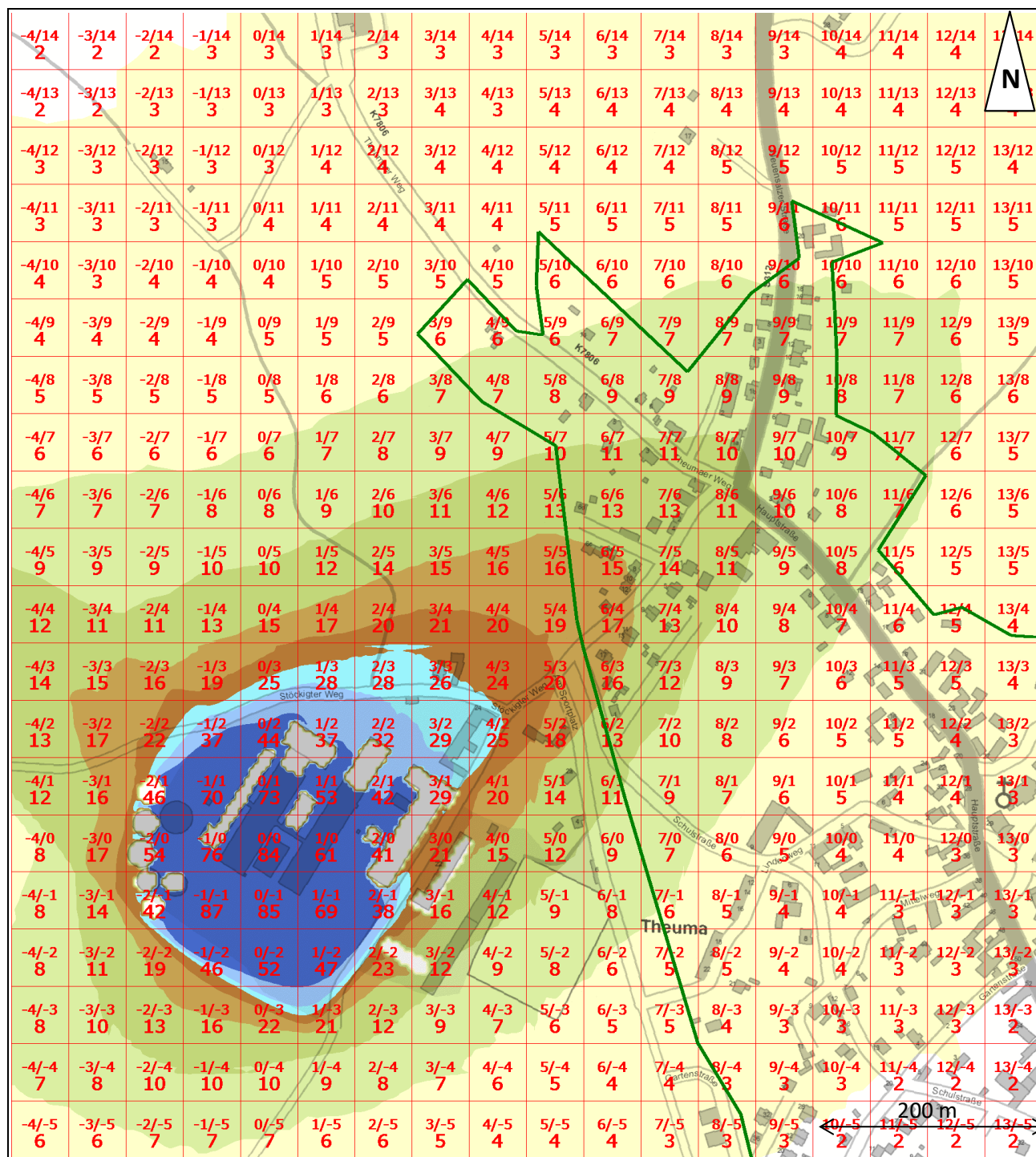


Abbildung 18: Prognostizierte Geruchsimmission im Plan-Zustand



Belastigungsrelevante Kenngröße
 (Beurteilungsflächen 50 m x 50 m)

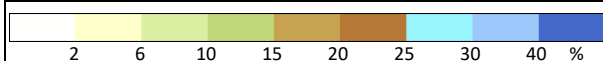
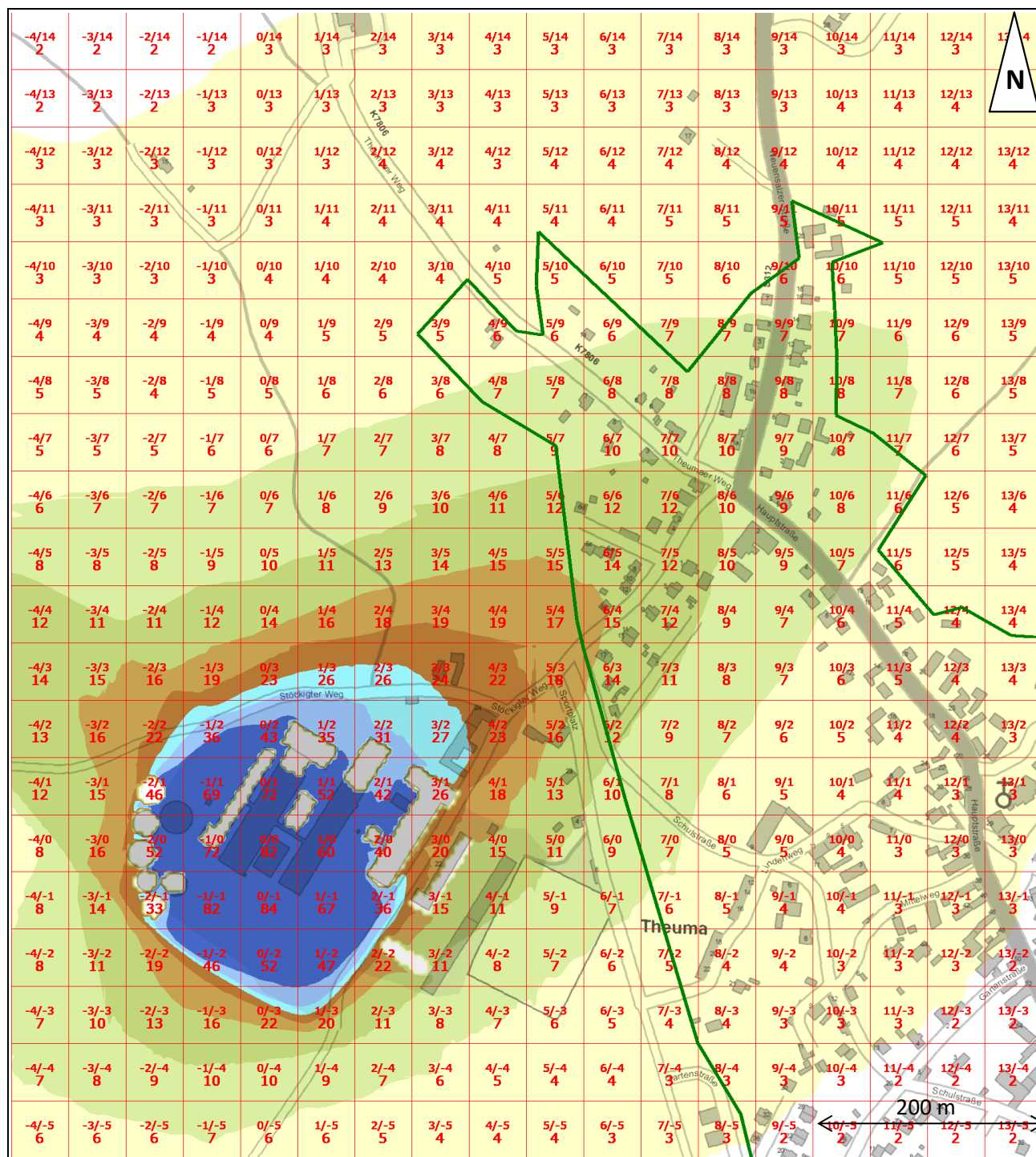
Bild: odor_mod-j00z

Projekt: Immissionsprognose Theuma.2017.01

LASAT 3.3

Berechnungsnummer: Theuma.2017.01.10

Abbildung 19: Prognostizierte Geruchsimmission im Ist-Zustand –(belastigungsrelevante Kenngröße, Ausschnitt)



Belastungsrelevante Kenngröße
(Beurteilungsflächen 50 m x 50 m)

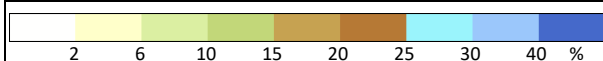
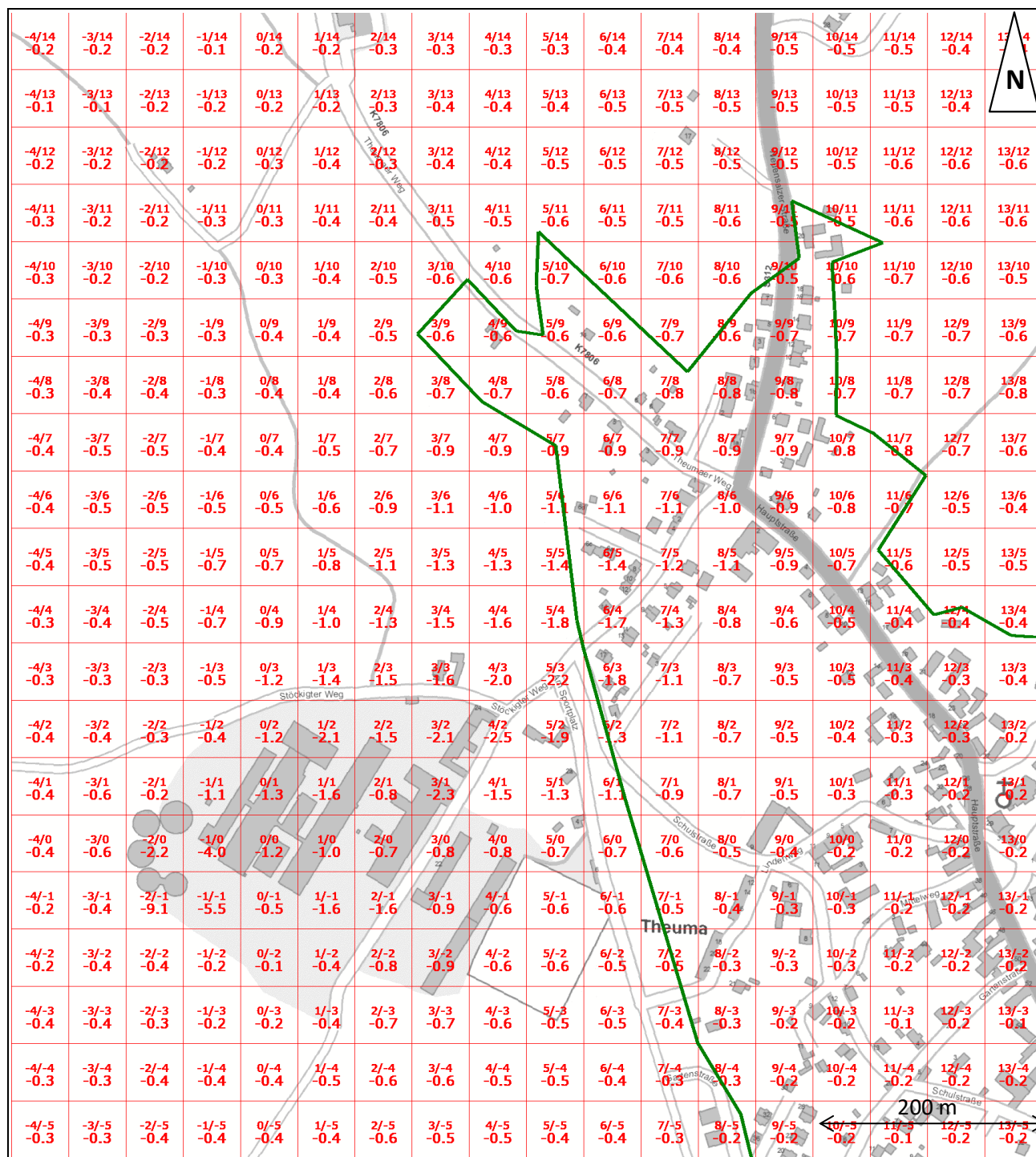
Bild: odor_mod-j00z

Projekt: Immissionsprognose Theuma.2017.01

LASAT 3.3

Berechnungsnummer: Theuma.2017.01.18

Abbildung 20: Prognostizierte Geruchsimmission im Plan-Zustand –(belastungsrelevante Kenngröße, Ausschnitt)



Differenz der Belastigungsrelevanten Kenngröße im Ist- und Plan-Zustand
(Beurteilungsflächen 50 m x 50 m)

Bild: odor_mod-j00z

Projekt: Immissionsprognose Theuma.2017.01

LASAT 3.3

Berechnungsnummer: Theuma.2017.01.14 - Theuma.2017.01.10

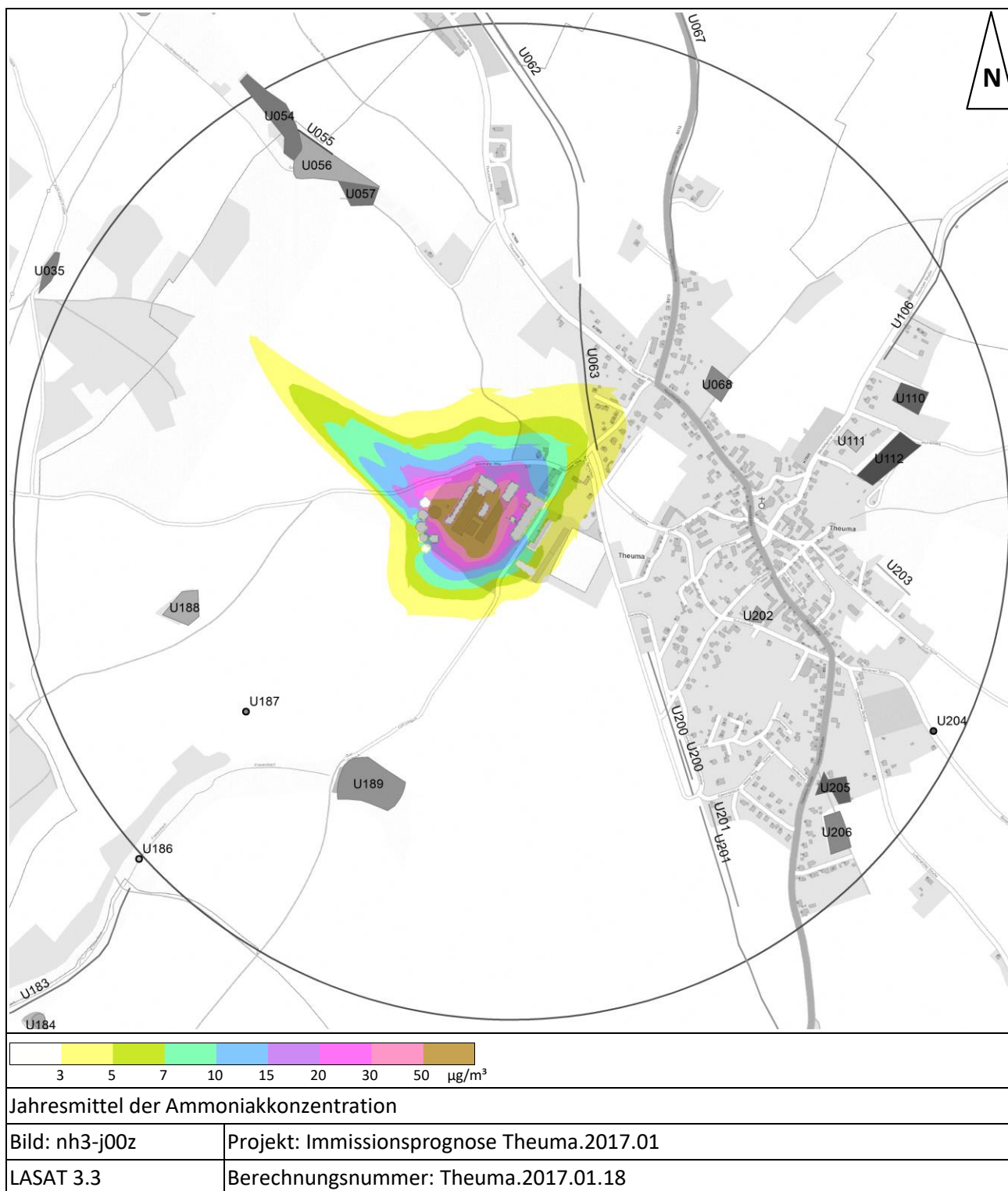
**Abbildung 21: Prognostizierte Geruchsimmission als Differenz von Ist- und Plan-Zustand
(belastungsrelevante Kenngröße, Ausschnitt)**

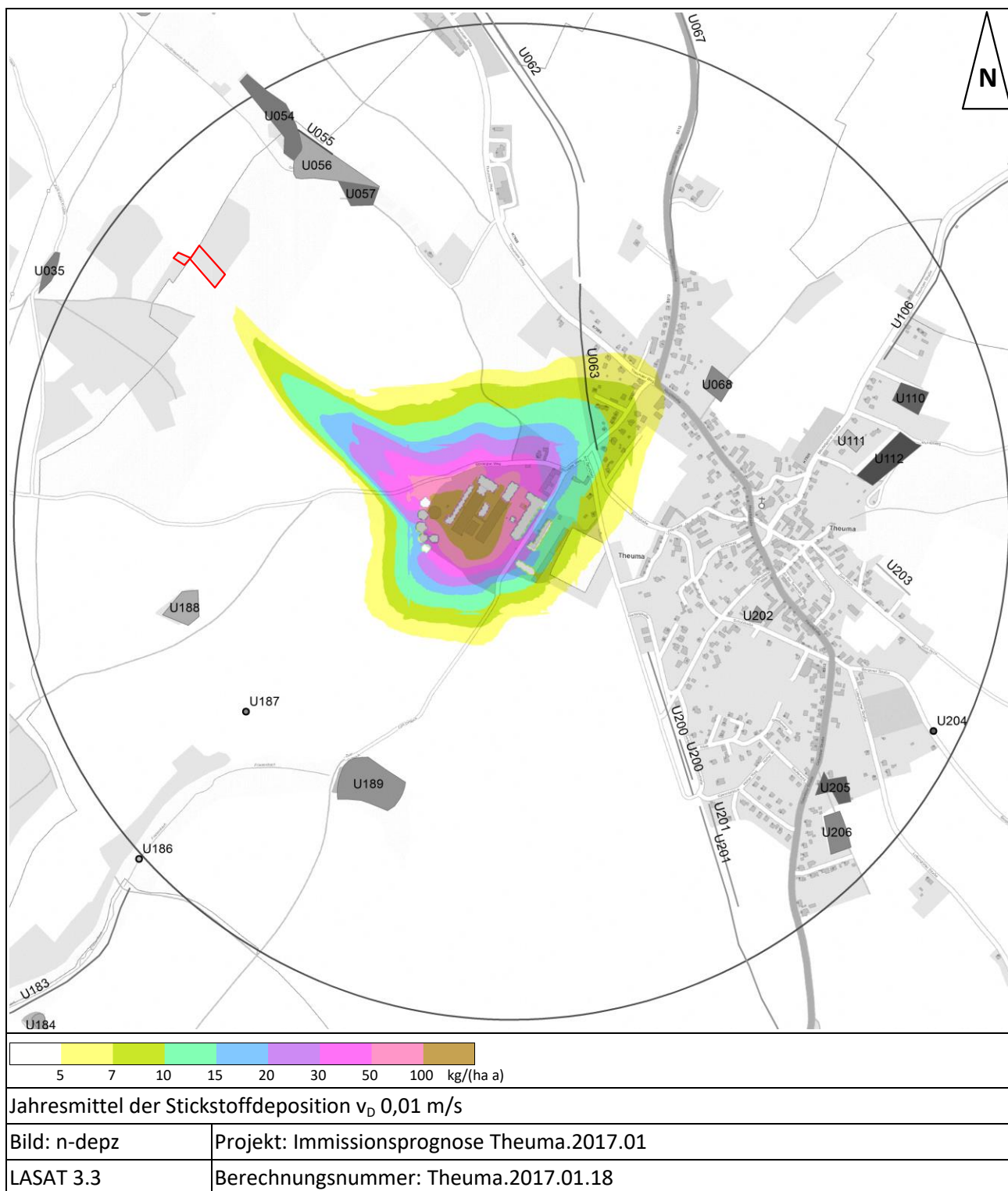
3.4.2 Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung für Ammoniak

Für Ammoniak wurden Ausbreitungsrechnungen ausgeführt, um die Zusatzbelastung durch die Anlage im Plan-Zustand zu bestimmen. Dabei wurden die Konzentration des gasförmigen Ammoniaks und die Deposition mit der Depositionsgeschwindigkeit v_D 0,01 m/s ermittelt. Die Ergebnisse für die Deposition dienen der Ermittlung des deponierten Stickstoffs. Hierzu wird die ermittelte Ammoniakdeposition mit dem Faktor 14/17 beaufschlagt, was dem stöchiometrischen Anteil des Stickstoffs am Ammoniak entspricht.

Die prognostizierte Immissionssituation für Ammoniak im Einwirkungsbereich der Anlage wird in den folgenden Abbildungen als farbige Isoplethen für eine Beurteilungshöhe von 1,50 m (unterste Zellschicht 0 – 3 m) dargestellt. Die Staffelung der Isoplethen wurde in Anlehnung an die Beurteilungswerte gewählt.

Der statistische Fehler der LASAT-Rechnung (Ammoniak) wird jeweils auf einem gesonderten Bild im Anhang (Abschnitt 5.3) ausgewiesen.


Abbildung 22: Prognostiziertes Jahresmittel der Ammoniakkonzentration im Plan-Zustand


Abbildung 23: Prognostizierte Jahressumme der Stickstoffdeposition im Plan-Zustand

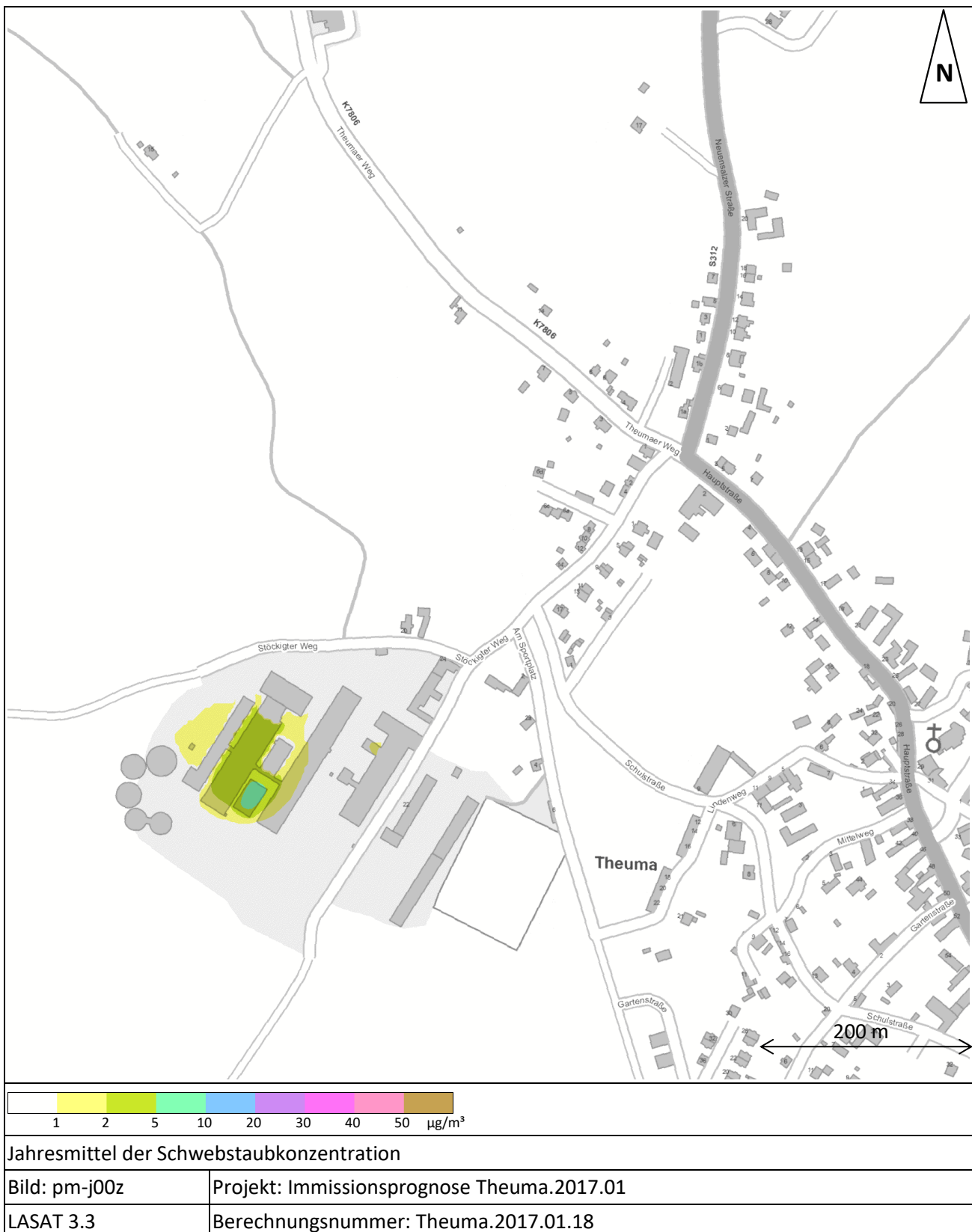
Die rote Umrandung markiert ein Waldstück, dass unter Berücksichtigung einer höheren Depositionsgeschwindigkeit (v_D 0,02 m/s) von Einträgen > 5 kg/(ha a), punktuell bis 9 kg/(ha a) beaufschlagt wird.

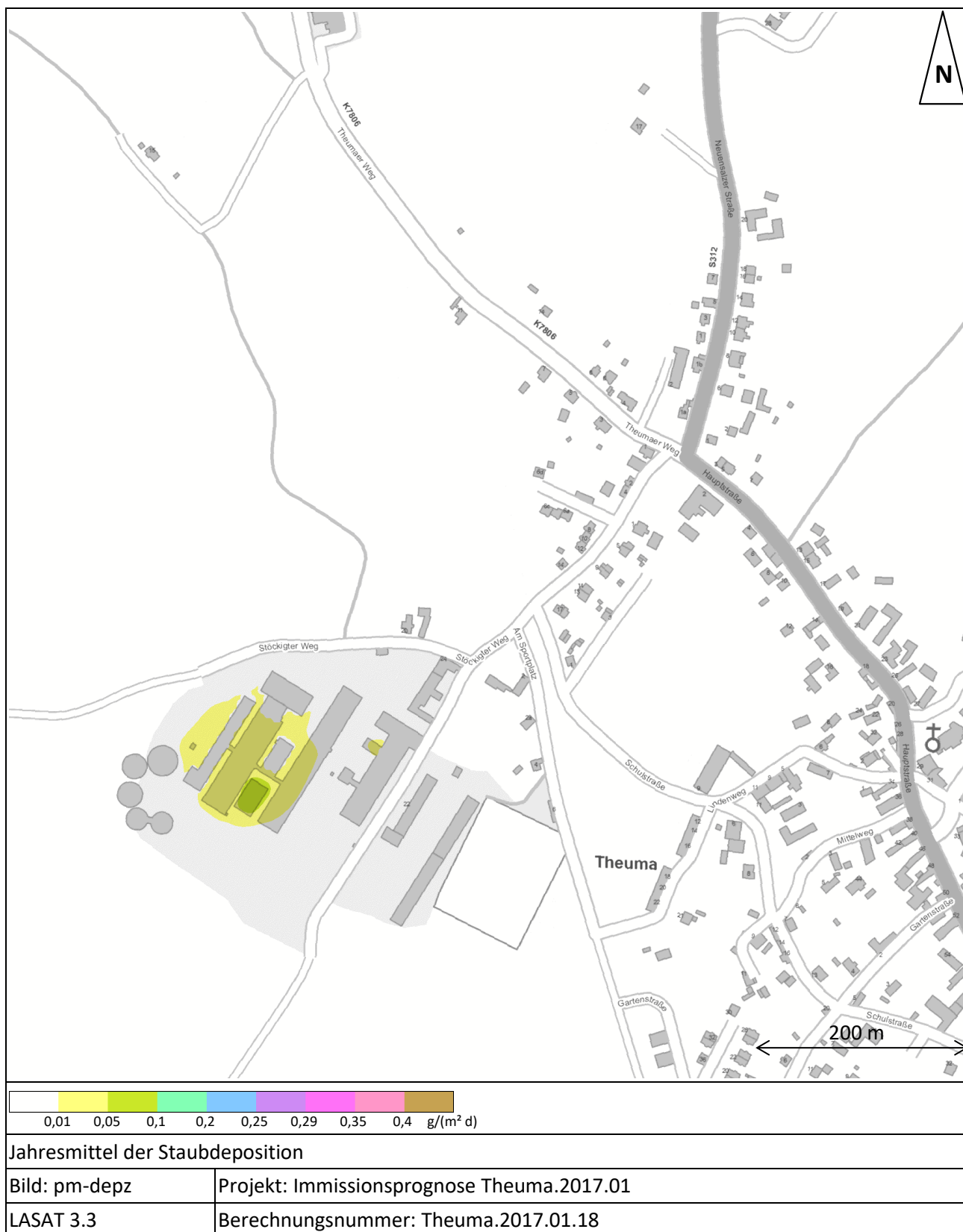
3.4.3 Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung für Staub

Für Staub wurden Ausbreitungsrechnungen ausgeführt, um die Zusatzbelastung durch die Anlage im Plan-Zustand zu bestimmen. Dabei wurden die Jahresmittelwerte der Feinstaubkonzentration (PM-10) und der Staubdeposition berechnet.

Die prognostizierte Immissionssituation für Staub im Einwirkungsbereich der Anlage wird in den folgenden Abbildungen als farbige Isoplethen für eine Beurteilungshöhe von 1,50 m (unterste Zellenschicht 0 – 3 m) dargestellt. Die Staffelung der Isoplethen wurde in Anlehnung an die Beurteilungswerte gewählt.

Der statistische Fehler der LASAT-Rechnung (Staub) wird jeweils auf einem gesonderten Bild im Anhang (Abschnitt 5.3) ausgewiesen.


Abbildung 24: Prognostiziertes Jahresmittel der Schwebstaubkonzentration im Plan-Zustand


Abbildung 25: Prognostiziertes Jahresmittel des Staubniederschlags im Plan-Zustand

4 Wertung der Ergebnisse

4.1 Geruchsimmissionen

Aus den Abbildungen 17 und 18 ist zu erkennen, dass sich der Bereich relevanter Geruchsimmissionen ($\geq 0,02$) auf die Ortslage Theuma und die nördlich daran anschließenden Ausläufer beschränkt. Weitere Ortschaften oder Bebauungen im Außenbereich sind nicht von relevanten Immissionen betroffen. Die in Abschnitt 2.3 aufgeführten Immissionsorte für das Schutzgut Mensch sind damit als ausreichend zu betrachten, um die Geruchsbelastungen durch die Anlage zu beurteilen.

Da sich in den relevant betroffenen Bereichen keine Anlagen befinden, die als Vorbelastungen zu berücksichtigen sind, stellt die Zusatzbelastung der Anlage die Gesamtbelastung an den maßgeblichen Immissionsorten dar. In der nachfolgenden Tabelle sind die belästigungsrelevanten Kenngrößen der Geruchsbelastung unter Berücksichtigung der tierartspezifischen Wichtungsfaktoren für den bestehenden und den geplanten Anlagenbetrieb dargestellt. Die Zahlenwerte sind bereits gemäß den Vorgaben der TA Luft gerundet.

Tabelle 19: Geruchsbelastungen an den maßgeblichen Immissionsorten im Ist- und Plan-Zustand

Immissionsort	Ist-Zustand	Plan-Zustand
IO1 Wohnhaus Stöckigter Weg 20, 08541 Theuma,	Beurteilungsfläche 3/3 0,26	Beurteilungsfläche 3/3 0,24
IO2 Wohnhäuser Am Sportplatz, 08541 Theuma	Beurteilungsfläche 5/2 0,18	Beurteilungsfläche 5/2 0,16
IO3 Wohnhäuser Stöckigter Weg 17, 08541 Theuma	Beurteilungsfläche 6/3 0,16	Beurteilungsfläche 6/3 0,14
IO4 Wohnhaus Stöckigter Weg 14, 08541 Theuma	Beurteilungsfläche 6/4 0,17	Beurteilungsfläche 6/4 0,15
IO5 Wohnhäuser Stöckigter Weg 6a bis 6d, 08541 Theuma	Beurteilungsfläche 6/5 0,15	Beurteilungsfläche 6/5 0,14
IO6 Wohnhaus Theumaer Weg 15, 08541 Theuma	Beurteilungsfläche -2/12 0,03	Beurteilungsfläche -2/12 0,03

Für den bestehenden und den geplanten Anlagenbetrieb werden, wie in der vorangestellten Tabelle zu erkennen ist, Geruchsbelästigungen an vorhandenen Wohnnutzungen ermittelt, die den Immissionswert nach GIRL für Dorfgebiete (0,15) überschreiten. Hiervon betroffen sind die Wohnbebauungen im Außenbereich am Stöckigter Weg 20 mit 0,25 (0,26 im Ist-Zustand) und Am Sportplatz 2 mit 0,18. Für die zur Ortslage Theuma (Innenbereich) gehörende Bebauung wird der Immissionswert für Dorfgebiete (0,15) eingehalten.

Die im Außenbereich gelegene Wohnbebauung Stöckigter Weg 20 wurde von der Familie Dietz seit 1911 als landwirtschaftliche Hofstelle mit eigener Tierhaltung betrieben. Die Herren Dietz sind dabei bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt Mitglieder der Agrargenossenschaft Theuma-Neuensalz eG und haben nach eigener Aussage „keine Probleme hinsichtlich Geruchs- und Lärmimmissionen“ mit dem bestehenden

Anlagenbetrieb. Aufgrund der bestandenen Tierhaltung am Stöckinger Weg, der Mitgliedschaft in der Agrargenossenschaft und der bestehenden Geruchsmissionen kann nach aktueller Rechtsprechung ein Immissionswert von „50 % und möglicherweise auch darüber hinaus“ (OVG Lüneburg; 1 LB 164/13) als zulässig erachtet werden.

An der übrigen Wohnnutzung im Außenbereich wird der Immissionswert für Dorfgebiete (0,15) mit Werten bis 0,16 überschritten. Aufgrund der historischen Entwicklung am Standort ist bei der Beurteilung dieser Überschreitung ein besonderes Augenmerk auf die Ortsüblichkeit der Gerüche zu richten. So wurden die Hofstellen innerhalb der Ortslage im Rahmen der Zwangskollektivierung aufgegeben und durch die betrachtete Anlage im Außenbereich ersetzt. Diese Anlage wird bereits seit Jahrzehnten betrieben und prägt seither sowohl das Erscheinungsbild der Ortslage, wie auch die Geruchssituation im Umfeld. Für die im maßgeblichen Einwirkungsbereich der Anlage gelegenen Wohnnutzungen kann daher auch ein Immissionswert festgelegt werden, der über den Wert 0,15 hinausgeht.

Nach den Anmerkungen zur GIRL Nr. 3.1 kann im Übergang zwischen Außenbereich und Dorfgebiet ein Zwischenwert bis 0,20 festgelegt werden. Eine derartige Zwischenwertbildung erscheint aufgrund der Ortsüblichkeit sowohl der Art, wie auch der Häufigkeit der Gerüche in diesem Fall angebracht. Als zulässige Zwischenwerte sind dabei aus gutachterlicher Sicht die, mit dem gegenwärtigen Anlagenbetrieb verbundenen, Immissionskenngrößen anzusetzen, insbesondere da sich in den betroffenen Bereichen durch das geplante Vorhaben eher eine Minderung der Geruchsbelastungen, denn eine Erhöhung ergibt. Die so ermittelten Zwischenwerte unterschreiten am betroffenen Immissionsort den Maximalwert für die Zwischenwertbildung von 0,20.

Damit ergibt sich für alle maßgeblichen Immissionsorte im Umfeld der Anlage die Einhaltung der zulässigen Immissionswerte nach GIRL.

4.2 Ammoniak- und Stickstoffimmissionen

Für die Beurteilung der Ammoniakimmissionen sind alle Biotope relevant, an denen die Zusatzbelastung der Anlage den Wert von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreitet. Aus Abbildung 22 wird ersichtlich, dass lediglich das Biotop U063 Alter Bahndamm am nordwestlichen Ortsrand von Theuma innerhalb des Bereiches gelegen ist, in dem die Zusatzbelastung den Wert von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreitet. Am genannten Biotop wird dabei ein Jahresmittelwert für die Ammoniakkonzentration von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Unter Berücksichtigung einer allgemeinen Vorbelastung im Freistaat Sachsen von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ergibt sich eine Gesamtbelastung von $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Damit wird der Beurteilungswert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingehalten. Für erheblich nachteilige Auswirkungen auf dieses oder weitere Biotope im Anlagenumfeld durch anlagenbedingte Ammoniakeinträge bestehen keine Anhaltspunkte.

An den Rändern der umliegenden Forstflächen unterschreitet die Zusatzbelastung für das Jahresmittel der Ammoniakkonzentration ebenfalls den Wert von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Für die umliegenden Forstflächen sind demnach ebenfalls keine erheblich nachteiligen Auswirkungen zu erwarten.

Für die Beurteilung der Stickstoffimmissionen sind alle Biotope relevant, an denen die Zusatzbelastung der Anlage den Wert von $5 \text{ kg}/(\text{ha a})$ überschreitet. Aus Abbildung 23 wird ersichtlich, dass lediglich das Biotop U063 Alter Bahndamm am nordwestlichen Ortsrand von Theuma innerhalb des Bereiches gelegen ist, in dem die Zusatzbelastung den Wert von $5 \text{ kg}/(\text{ha a})$ überschreitet. Am genannten Biotop wird dabei eine Zusatzbelastung in Höhe von $13 \text{ kg}/(\text{ha a})$ ermittelt.

Das Biotop U063 ist mit dem Biotopschlüssel BY - sonstiger wertvoller Gehölzbestand gekennzeichnet. In seiner Ausprägung entspricht das Biotop zwei Baumreihen zu beiden Seiten der Bahnschienen. Ein gesetzlicher Schutz nach § 30 BNatSchG oder § 21 SächsNatSchG besteht nicht. Aufgrund der Ausprägung als Baumreihe ist die ermittelte Zusatzbelastung zu verdoppeln um eine höhere Deposition infolge von Auskämmeffekten zu berücksichtigen (entspricht v_D 0,02 m/s). Damit ergibt sich für dieses Biotop eine Zusatzbelastung von 26 kg/(ha a). Aus den Daten des Umweltbundesamtes ergibt sich für den Standort eine Hintergrundbelastung (Landnutzung Laubwald [25]) von 15 kg/(ha a). In der Gesamtbelastung werden somit bis zu 41 kg/(ha a) ermittelt.

Die Beurteilung von Stickstoffeinträgen in Biotopen erfolgt auf Basis des LAI-Leitfades-Stickstoff. Dieser schließt jedoch die Beurteilung von Solitäräumen und Baumreihen aus, da für diese Biotoptypen stickstoffbedingte Biodiversitätsverluste (die maßgeblich für eine Beurteilung sind) keine Rolle spielen. Zudem besteht die Anlage bereits über einen langen Zeitraum, ohne dass eine nachteilige Beeinträchtigung dieses Biotopes erkennbar ist. Da sich die Ammoniakemission der Anlage mit den Vorhaben nicht verändert, bleiben auch die damit verbunden Stickstoffeinträge konstant, sodass für das Vorhaben keine Anhaltspunkte für nachteilige Auswirkungen hinsichtlich der ammoniakbedingten Stickstoffeinträge bestehen.

Der Wert von 5 kg/(ha a) wird an der Grenze einer Forstfläche nordwestlich der Anlage (s. Abbildung 23) mit maximal 9 kg/(ha a) überschritten. Unter Berücksichtigung der Hintergrundbelastung von 15 kg/(ha a) ergibt sich dort eine maximale Gesamtbelastung von 24 kg/(ha a). Ausgehend von einem mittleren Critical-Load für Laubwälder von 15 kg/(ha a) und einer mittleren Gefährdung der Regulationsfunktion (Zuschlagsfaktor 1,7) ergibt sich ein Beurteilungswert von 25,5 kg/(ha a) der sicher eingehalten wird. Da mit dem Vorhaben keine Steigerung der ammoniakbedingten Stickstoffeinträge zu erwarten ist, können nachteilige Auswirkungen ausgeschlossen werden.

4.3 Staubimmissionen

Die Jahresmittelwerte für die Zusatzbelastung der Schwebstaubkonzentration und Staubdeposition unterschreiten im Bereich der maßgeblichen Immissionsorte die Irrelevanzschwellen der TA Luft von $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $0,0105 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ d})$. Die Anlage ist demnach nicht geeignet einen relevanten Immissionsbeitrag zu leisten, oder eine Überschreitung der Immissionswerte nach TA Luft herbeizuführen.

4.4 Zusammenfassung

Durch die Tierhaltungs- und Biogasanlage werden relevante Geruchsbelastungen in der Ortslage Theuma, sowie vorgelagerter Bebauung, hervorgerufen. Weitere Ortschaften sind nicht von relevanten anlagenbedingten Geruchsbelastungen betroffen. Aus gutachterlicher Sicht führen die prognostizierten Geruchsbelastungen im Plan-Zustand nicht zu einer Überschreitung der potentiell zulässigen Immissionswerte. Zudem ist mit dem Vorhaben eine grundsätzliche Verbesserung der Immissionssituation für Gerüche, d.h. eine Minderung der Geruchsbelastung zu erwarten.

Mit dem Vorhaben gehen keine nachteiligen Änderungen der anlagenbedingten Ammoniakemissionen einher. Durch das prognostizierte Jahresmittel der Ammoniakkonzentration wird der Beurteilungswert nach TA Luft in Höhe von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an allen umliegenden Biotopen eingehalten. Die ammoniakinduzierten Stickstoffeinträge führen an einem Biotope im Umkreis der Anlage (Baumreihen entlang der Bahnschienen) zur einem Gesamteintrag von Stickstoff in Höhe von 41 kg/(ha a). Eine Beurteilung dieser Einträge nach den

gängigen Verfahren (LAI-Leitfaden-Stickstoff) kann nicht erfolgen, da es sich in der bestehenden Ausprägung nicht um ein stickstoffempfindliches Biotop handelt. Da die prognostizierten Stickstoffeinträge bereits im bestehenden Anlagenzustand gegeben sind, ist ein nachteiliger Einfluss durch das Vorhaben nicht zu erwarten.

Ebenso wird ein Waldstück nordwestlich der Anlage mit ammoniakbedingten Stickstoffeinträgen bis maximal 9 kg/(ha a) beaufschlagt. Die resultierende Gesamtbelastung von 24 kg/(ha a) hält den angenommenen Beurteilungswert nach LAI-Leitfaden-Stickstoff ein, sodass erheblich nachteilige Auswirkungen durch das Vorhaben auszuschließen sind.

Die Stickoxidemissionen der BHKW-Motoren sowie des anlagenbedingten Fahrverkehrs unterschreiten die Bagatellschwellen der TA Luft. Damit sind von der Anlage im Plan-Zustand keine relevante Einflüsse auf die Immissionssituation für Stickoxide zu erwarten.

Die Jahresmittelwerte für die Zusatzbelastung der Schwebstaubkonzentration und Staubdeposition unterschreiten im Bereich der maßgeblichen Immissionsorte die Irrelevanzschwellen der TA Luft von $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $0,0105 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ d})$. Die Anlage ist demnach nicht geeignet einen relevanten Immissionsbeitrag zu leisten, oder eine Überschreitung der Immissionswerte nach TA Luft herbeizuführen.

Auch bei Einhaltung aller Grenz- und Richtwerte hat der Betreiber dieser genehmigungsbedürftigen Anlage die Pflicht, die von der Anlage ausgehenden Emissionen nach Möglichkeit zu minimieren. Durch einen sauberen und hygienischen Produktionsrahmen sollen die Emissionen so gering wie möglich gehalten werden.

Frankenberg, am 25. Oktober 2017



Dipl.-Ing. J. Förster
- fachlich Verantwortlicher -



Dipl.-Phys. A. Delan
- Prüfer -

5 Anhang

5.1 Verwendung von Rechtsgrundlagen und Literatur

- [1] BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz, *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge*, vom 17. Mai 2013.
- [2] TA Luft - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, „Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz,“ vom 24. Juli 2002.
- [3] Lasat 3.3, „Ing.-Büro Janicke,“ 1998-2014. [Online]. Available: <http://www.janicke.de/de/lasat.html>.
- [4] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, „Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen,“ März 2012.
- [5] Geruchsimmissions-Richtlinie - GIRL, *Feststellung und Bewertung von Geruchsimmissionen in der Fassung vom 28. Februar 2008 und einer Ergänzung vom 10. September 2008 mit Begründung und Auslegungshinweisen in der Fassung vom 29. Februar 2008*.
- [6] BNatSchG - Bundesnaturschutzgesetz, *Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege*, vom 29. Juli 2009.
- [7] SächsNatSchG - Sächsisches Naturschutzgesetz, *Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege im Freistaat Sachsen*, vom 6. Juni 2013.
- [8] Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, „Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen,“ (ABl. Nr. L 206 vom 22.07.1992 S. 7; Beitrittsakte(angepasst durch den Beschluss 95/1/EG) - ABl. Nr. C 241 vom 29.08.1994 S. 21 97/62/EG - ABl. Nr. L 305 vom 08.11.1997 S. 42; geändert durch Beitrittsakte 2003.
- [9] Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten, „Vogelschutzrichtlinie,“ (ABl. Nr. L 20 vom 26.01.2010 S. 7).
- [10] VDI 3945 Blatt 3, *Umweltmeteorologie Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Partikelmodell*, Beuth Verlag GmbH, September 2000.
- [11] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, „Kaltluftabflüsse bei Immissionsprognosen Schriftenreihe Heft 27/2012,“ Dresden, Mai 2012.
- [12] AUSTAL2000, Umweltbundesamt, Ing.-Büro Janicke, 2002-2016. [Online]. Available: <http://www.austal2000.de/austal2000.htm>.
- [13] K. P. Wiesner, „Programme zur Erfassung von Landschaftsdaten, eine Bodenersionsgleichung und ein Modell der Kaltluftentstehung,“ *Heidelberger Geografische Arbeiten*, Bd. 79, pp. 34 - 83, 1986.
- [14] J. Sun, S. P. Burns, A. C. Delany, S. P. Oncley, T. W. Horst und D. H. Lenschow, „Heat Balance in the Nocturnal Boundary Layer during CASES-99,“ *American Meteorological Society*, Bd. 42, pp. 1649 - 1666, 2003.
- [15] Statistisches Bundesamt, *Daten zur Bodenbedeckung der Bundesrepublik Deutschland*, Wiesbaden.
- [16] VDI 3783 Blatt 13, *Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsprognose - Anlagenbezogener Immissionsschutz Ausbreitungsrechnungen gemäß TA Luft*, Beuth Verlag GmbH, Januar 2010.
- [17] J. Eichhorn Institut für Physik der Atmosphäre Johannes Gutenberg Universität Mainz, *MISKAM 6*, 2011-2013.
- [18] Ing.-Büro Janicke im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin, *UFOPLAN-Vorhaben 2043 256 "Weiterentwicklung eines diagnostischen Windfeldmodells für den anlagenbezogenen Immissionsschutz (TA Luft)"*, Dunum, Oktober 2004.
- [19] Richtlinie 97/68 EG des Europäischen Parlament und Rates, *zur Angleichung der Rechtsvorschriften der*

Mitgliedsstaatenüber Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte, Dezember 1997.

- [20] L. u. G. - I. Sächsisches Landesamt für Umwelt,
„<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/2230.htm>,“ [Online].
- [21] Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie,
„Immissionsschutzrechtliche Regelung - Rinderanlagen,“ 2008.
- [22] VDI 3894 Blatt 1, *Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen - Haltungsverfahren und Emissionen - Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde*, Beuth Verlag GmbH, September 2011.
- [23] Sächsisches Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie, „Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Heft 35/2008: Gerüche aus Abgasen bei Bigas-BHKW,“ 2008.
- [24] VDI 3782 Blatt 3, *Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre - Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung*, Beuth Verlag GmbH, Juni 1985.
- [25] Umweltbundesamt, „Vorbelastungsdaten Stickstoff TA Luft Nr. 4.8 -Genehmigungsverfahren-,“ [Online]. Available: <http://gis.uba.de/website/depo1/index.htm>.

5.2 Dateien zur Ausbreitungsrechnung

Grid.def (Definition der Rechengitter)

```
===== grid.def
.
RefX = 4515000
RefY = 5593000
GGCS = GK
Sk = { 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 25.0 40.0 65.0 100.0 150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 1000.0 1200.0 1500.0
}
Nzd = 1
Flags = +NESTED+BODIES
-
! Nm | Nl Ni Nt Pt Dd Nx Ny Nz Xmin Ymin Rf Im Ie
-----
N 05 | 1 1 3 3 64.0 58 70 21 -1664.0 -1920.0 0.5 200 1.0e-004
N 04 | 2 1 3 3 32.0 52 52 21 -640.0 -896.0 0.5 200 1.0e-004
N 03 | 3 1 3 3 16.0 72 72 21 -384.0 -640.0 0.5 200 1.0e-004
N 02 | 4 1 3 3 8.0 80 80 21 -128.0 -384.0 1.0 200 1.0e-004
N 01 | 5 1 3 3 4.0 96 96 6 0.0 -256.0 1.0 200 1.0e-004
-----
```

Substances.def (Definition der Stoffe)

```
===== substances.def
.
Name = gas
Unit = g
Rate = 4.00000
Vsed = 0.0000
-
! Substance | Vdep Refc Refd Rfak Rexp
-----
K nh3 | 1.000e-002 3.000e-006 1.268e-008 0.000e+000 0.80
K pm-2 | 1.000e-002 4.000e-005 4.051e-006 0.000e+000 0.80
K odor | 0.000e+000 1.000e-001 0.000e+000 0.000e+000 0.80
K odor_050 | 0.000e+000 1.000e-001 0.000e+000 0.000e+000 0.80
K odor_075 | 0.000e+000 1.000e-001 0.000e+000 0.000e+000 0.80
K odor_100 | 0.000e+000 1.000e-001 0.000e+000 0.000e+000 0.80
-----
.
Name = pmu
Unit = g
Rate = 4.00000
Vsed = 0.0600
-
! Substance | Vdep Refc Refd Rfak Rexp
-----
K pm-u | 7.000e-002 4.000e-005 4.051e-006 0.000e+000 0.80
-----
```

Bodies.def (Definition der Gebäude)

```
===== bodies.def
.
DMKp = { 6.000 1.000 0.300 0.050 0.700 1.200 15.0 0.500 0.300 }
TrbExt = 1
-
Rectangles
Btype = BOX
! Name | Xb Yb Hb Ab Bb Cb Wb
-----
B 07 | 142.60 35.00 0.00 83.90 12.10 8.00 238.10
B 08 | 99.80 -56.70 0.00 16.40 17.80 9.00 58.00
B 09 | 156.30 38.40 0.00 46.10 21.00 9.00 328.40
B 10 | 172.50 7.00 0.00 18.00 21.60 9.00 57.40
B 11 | 171.40 -40.70 0.00 33.40 16.60 7.00 58.00
B 12 | 228.40 -6.70 0.00 44.20 21.80 9.00 58.00
B 13 | 238.20 -52.00 0.00 12.20 11.70 4.00 58.80
B 14 | 248.90 -91.10 0.00 88.30 22.00 7.00 57.60
B 15 | 312.00 -6.70 0.00 46.60 16.60 7.00 147.50
B 16 | 242.60 -142.60 0.00 43.70 12.90 6.00 328.00
B 17 | 292.20 -101.30 0.00 61.30 10.50 4.00 58.00
B 18 | 292.50 -101.50 0.00 18.80 14.90 4.00 147.40
-----
- Cooling towers
.
Btype = TOWER
! Name | Xb Yb Hb Cb Db
-----
B 01 | 62.70 -84.10 0.00 6.00 20.00
B 02 | 45.60 -104.50 0.00 6.00 20.00
B 03 | 38.40 -83.30 0.00 6.00 20.00
B 04 | 34.70 -59.10 0.00 6.00 24.00
B 05 | 39.60 -31.70 0.00 6.00 24.00
B 06 | 43.80 -4.60 0.00 6.00 24.00
-----
```

Ausbreitungsrechnung Theuma.2017.01.10 (Ist-Zustand)

sources.def														
! Nr.	Xq	Yq	Hq	Aq	Bq	Cq	Wq	Dq	Vq	Qq	Ts	Lw	Rh	Tt
Q 01	105.9	-35.2	9.5	75.3	0.0	0.0	58.1	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 02	120.1	-84.2	0.0	105.3	26.6	9.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 03	148.5	-81.4	0.0	31.4	18.2	9.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 04	172.1	-96.4	0.0	88.0	21.5	9.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 05	253.7	-13.9	0.0	15.0	8.0	6.0	328.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 06	140.5	-107.7	0.0	21.1	28.8	2.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 07	161.9	-121.5	0.0	22.0	20.0	2.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 08	60.1	-138.6	0.0	146.9	128.4	3.0	327.8	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 09	60.1	-138.6	0.0	146.9	128.4	3.0	327.8	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 10	66.8	-99.9	0.0	9.8	2.4	2.0	46.2	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 11	58.8	-105.4	0.0	10.1	2.5	2.0	231.7	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 12	51.5	-40.1	0.0	30.0	30.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 13	81.2	-15.8	0.0	5.0	4.0	2.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 14	92.1	-155.6	0.0	75.6	49.6	1.0	57.8	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 15	238.0	-45.3	10.0	0.0	0.0	0.0	270.0	0.2	11.5	0.000	-1.0	0.0000	0.0	180.0
Q 16	238.0	-45.3	10.0	0.0	0.0	0.0	270.0	0.2	11.5	0.000	-1.0	0.0000	0.0	180.0
emissions.def														
! SOURCE	gas.nh3	gas.pm-2	pmu.pm-u	gas.odor	gas.odor_050	gas.odor_075	gas.odor_100							
E 01	8.080e-002	5.330e-003	7.990e-003	0.000e+000	0.000e+000	3.640e+003	0.000e+000							
E 02	1.294e-001	1.600e-003	3.730e-003	0.000e+000	4.032e+003	0.000e+000	0.000e+000							
E 03	9.702e-002	2.600e-003	6.060e-003	0.000e+000	3.024e+003	0.000e+000	0.000e+000							
E 04	1.201e-002	3.200e-004	7.500e-004	0.000e+000	3.740e+002	0.000e+000	0.000e+000							
E 05	1.670e-003	1.100e-004	2.500e-004	0.000e+000	8.400e+001	0.000e+000	0.000e+000							
E 06	1.160e-003	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	6.600e+001	0.000e+000	0.000e+000							
E 07	4.074e-002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.188e+003	0.000e+000	0.000e+000							
E 08	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	2.850e+002							
E 09	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.980e+002							
E 10	?	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	?							
E 11	?	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	?							
E 12	1.414e-002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.039e+003							
E 13	?	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	?							
E 14	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.820e+002							
E 15	0.000e+000	4.690e-003	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.172e+003							
E 16	0.000e+000	4.690e-003	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.172e+003							

Ausbreitungsrechnung Theuma.2017.01.18 (Plan-Zustand)

sources.def														
! Nr.	Xq	Yq	Hq	Aq	Bq	Cq	Wq	Dq	Vq	Qq	Ts	Lw	Rh	Tt
Q 01	105.9	-35.2	9.5	75.3	0.0	0.0	58.1	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 02	120.1	-84.2	0.0	105.3	26.6	9.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 03	148.5	-81.4	0.0	31.4	18.2	9.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 04	172.1	-96.4	0.0	88.0	21.5	9.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 05	253.7	-13.9	0.0	15.0	8.0	6.0	328.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 06	140.5	-107.7	0.0	21.1	28.8	2.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 07	161.9	-121.5	0.0	22.0	20.0	2.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 08	60.1	-138.6	0.0	146.9	128.4	3.0	327.8	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 09	60.1	-138.6	0.0	146.9	128.4	3.0	327.8	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 10	66.8	-99.9	0.0	9.8	2.4	2.0	46.2	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 11	58.8	-105.4	0.0	10.1	2.5	2.0	231.7	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 12	51.5	-40.1	0.0	30.0	30.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 13	81.2	-15.8	0.0	5.0	4.0	2.0	58.0	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 14	92.1	-155.6	0.0	75.6	49.6	1.0	57.8	0.0	0.0	0.000	-1.0	0.0000	0.0	0.0
Q 15	238.0	-45.3	10.0	0.0	0.0	0.0	270.0	0.2	11.5	0.000	-1.0	0.0000	0.0	180.0
Q 16	238.0	-45.3	10.0	0.0	0.0	0.0	270.0	0.2	11.5	0.000	-1.0	0.0000	0.0	180.0
Q 17	232.0	-56.2	10.0	0.0	0.0	0.0	270.0	0.15	28.2	0.000	-1.0	0.0000	0.0	180.0
Q 18	231.0	-57.8	10.0	0.0	0.0	0.0	270.0	0.15	28.3	0.000	-1.0	0.0000	0.0	180.0
emissions.def														
! SOURCE	gas.nh3	gas.pm-2	pmu.pm-u	gas.odor	gas.odor_050	gas.odor_075	gas.odor_100							
E 01	7.318e-002	4.820e-003	7.240e-003	0.000e+000	0.000e+000	3.330e+003	0.000e+000							
E 02	1.294e-001	1.600e-003	3.730e-003	0.000e+000	4.032e+003	0.000e+000	0.000e+000							
E 03	9.702e-002	2.600e-003	6.060e-003	0.000e+000	3.024e+003	0.000e+000	0.000e+000							
E 04	1.201e-002	3.200e-004	7.500e-004	0.000e+000	3.740e+002	0.000e+000	0.000e+000							
E 05	1.670e-003	1.100e-004	2.500e-004	0.000e+000	8.400e+001	0.000e+000	0.000e+000							
E 06	1.160e-003	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	6.600e+001	0.000e+000	0.000e+000							
E 07	4.074e-002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.188e+003	0.000e+000	0.000e+000							
E 08	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	2.850e+002							
E 09	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.980e+002							
E 10	?	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	?							
E 11	?	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	?							
E 12	1.414e-002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.039e+003							
E 13	?	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	?							
E 14	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.820e+002							
E 15	0.000e+000	?	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	?							
E 16	0.000e+000	?	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	?							
E 17	0.000e+000	6.470e-003	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	9.700e+002							
E 18	0.000e+000	6.470e-003	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	9.700e+002							

5.3 Statistische Unsicherheit

Die folgenden Abbildungen geben detaillierte Informationen zu den statistisch bedingten Unsicherheiten, die bei den einzelnen Ausbreitungsberechnungen auftraten.

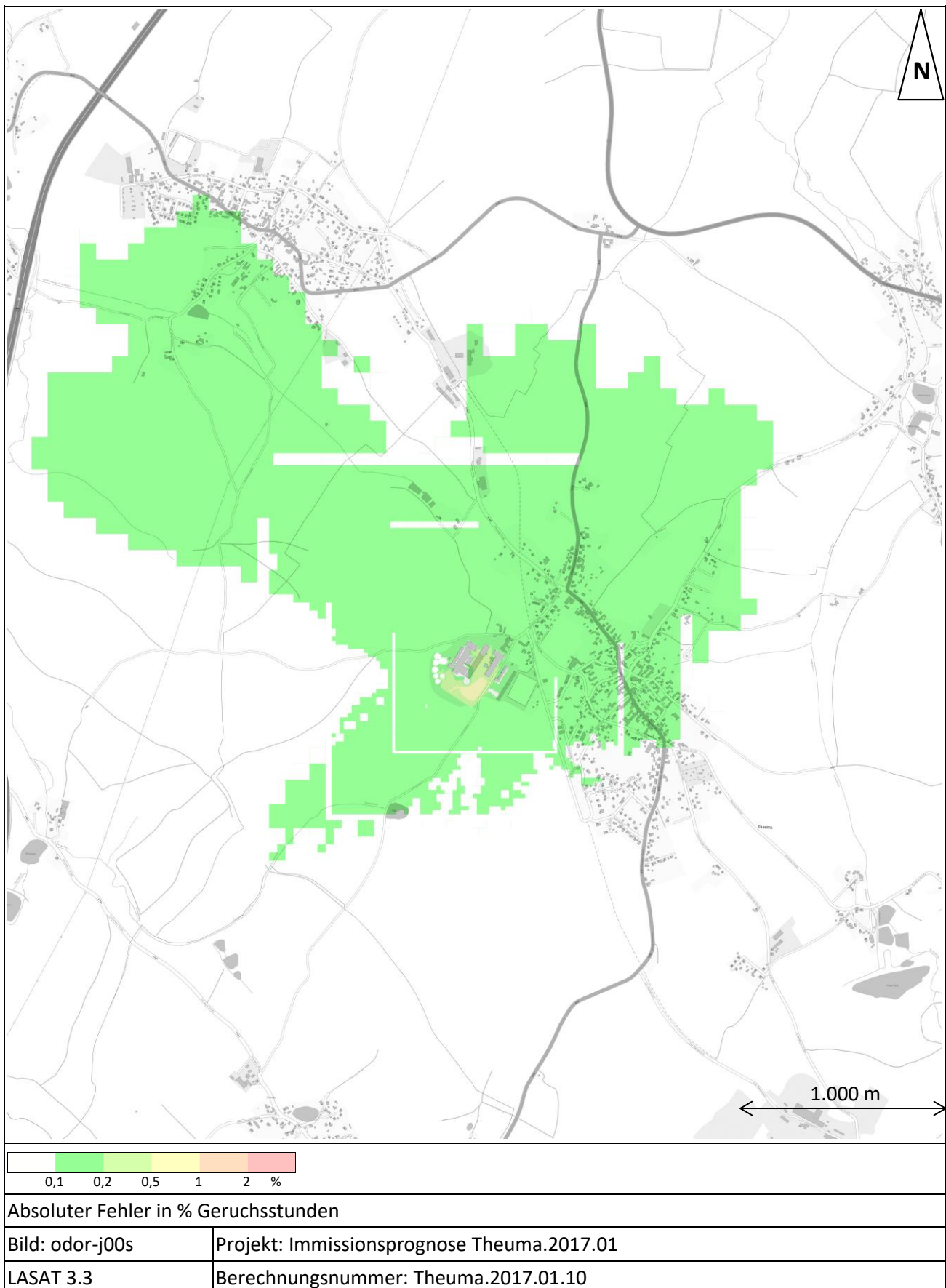


Abbildung 26: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.10, prognostizierte Geruchsimmission

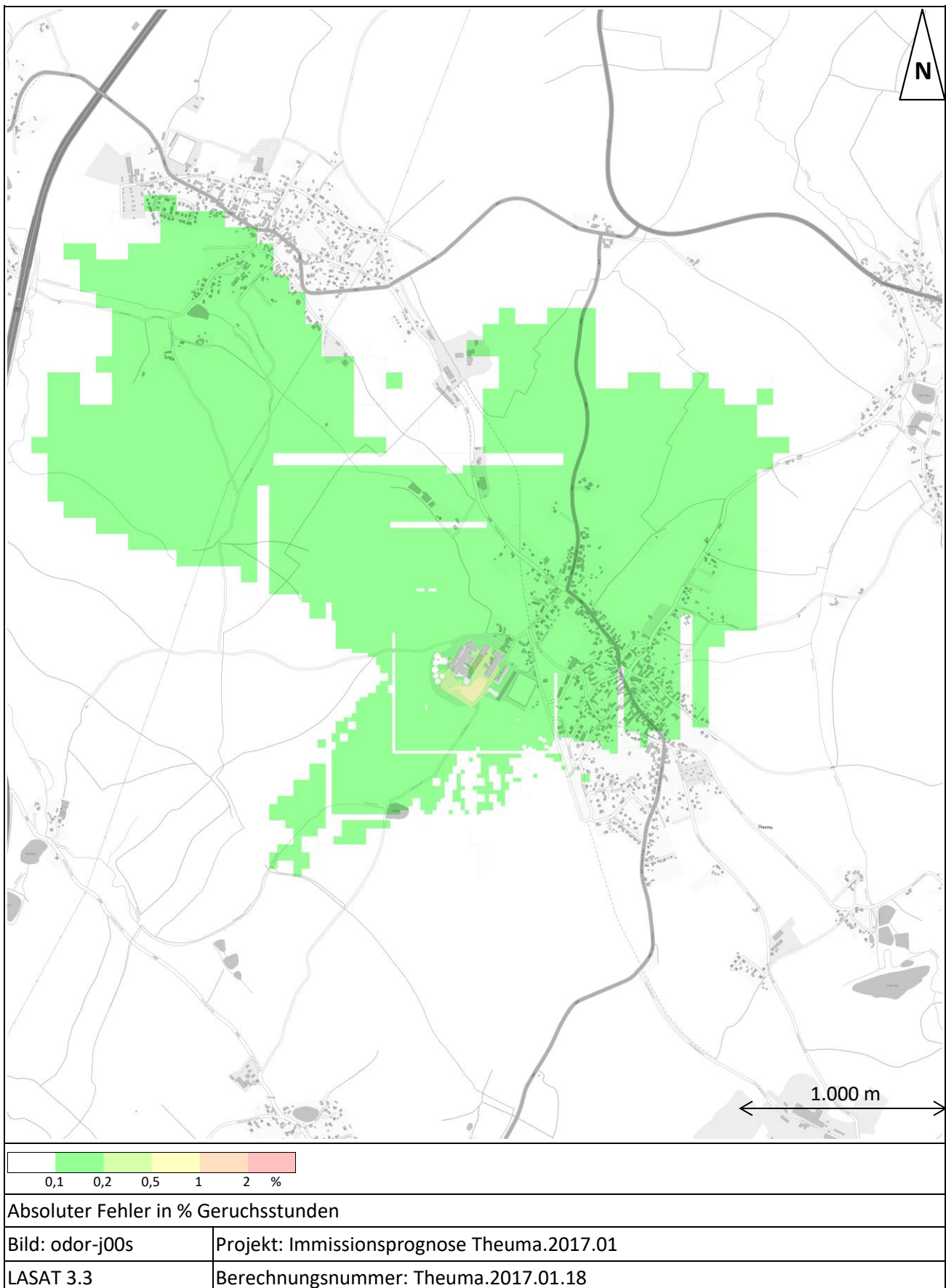


Abbildung 27: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.18, prognostizierte Geruchsimmission

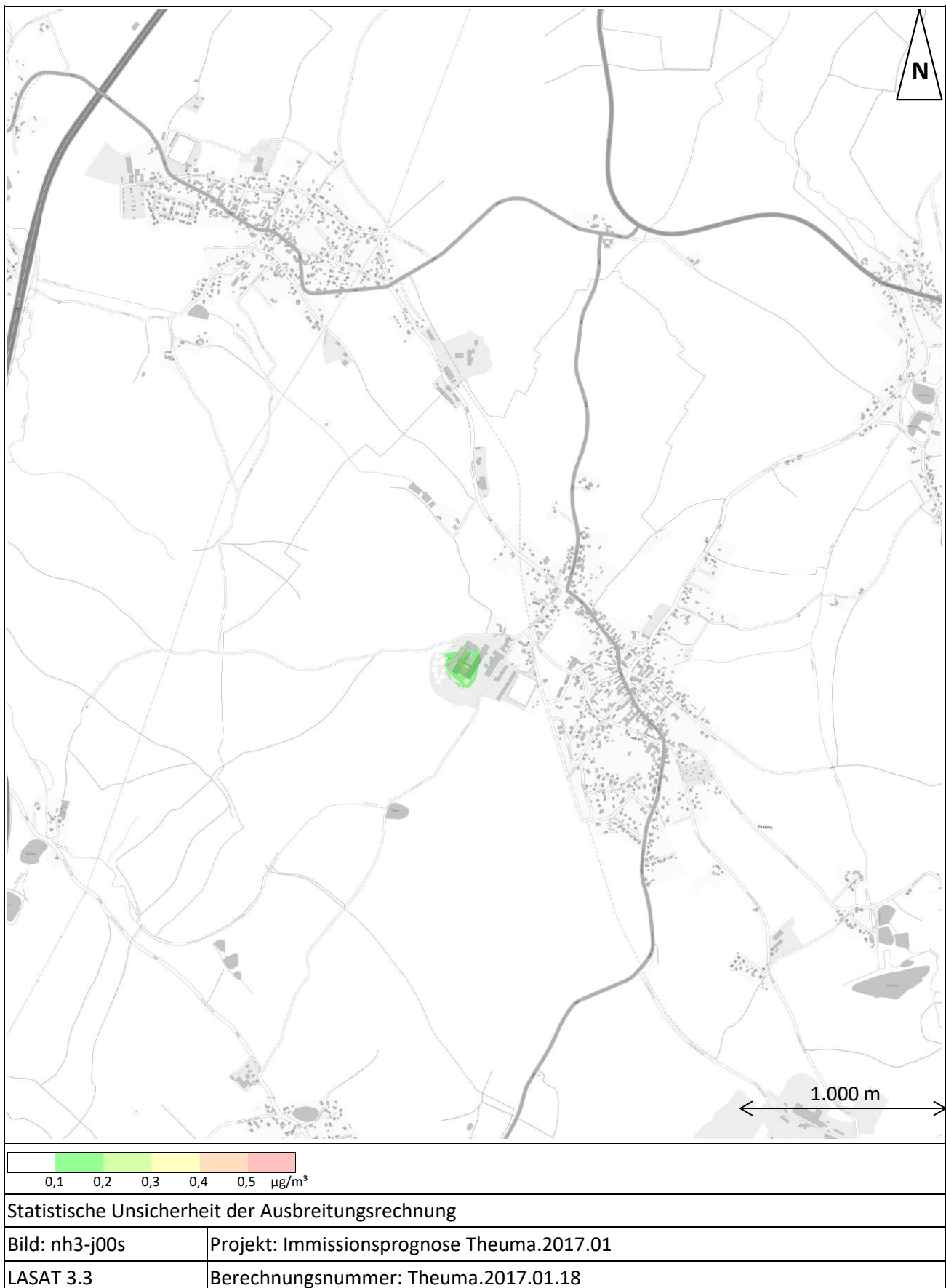


Abbildung 28: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.18, prognostizierte Ammoniakkonzentration

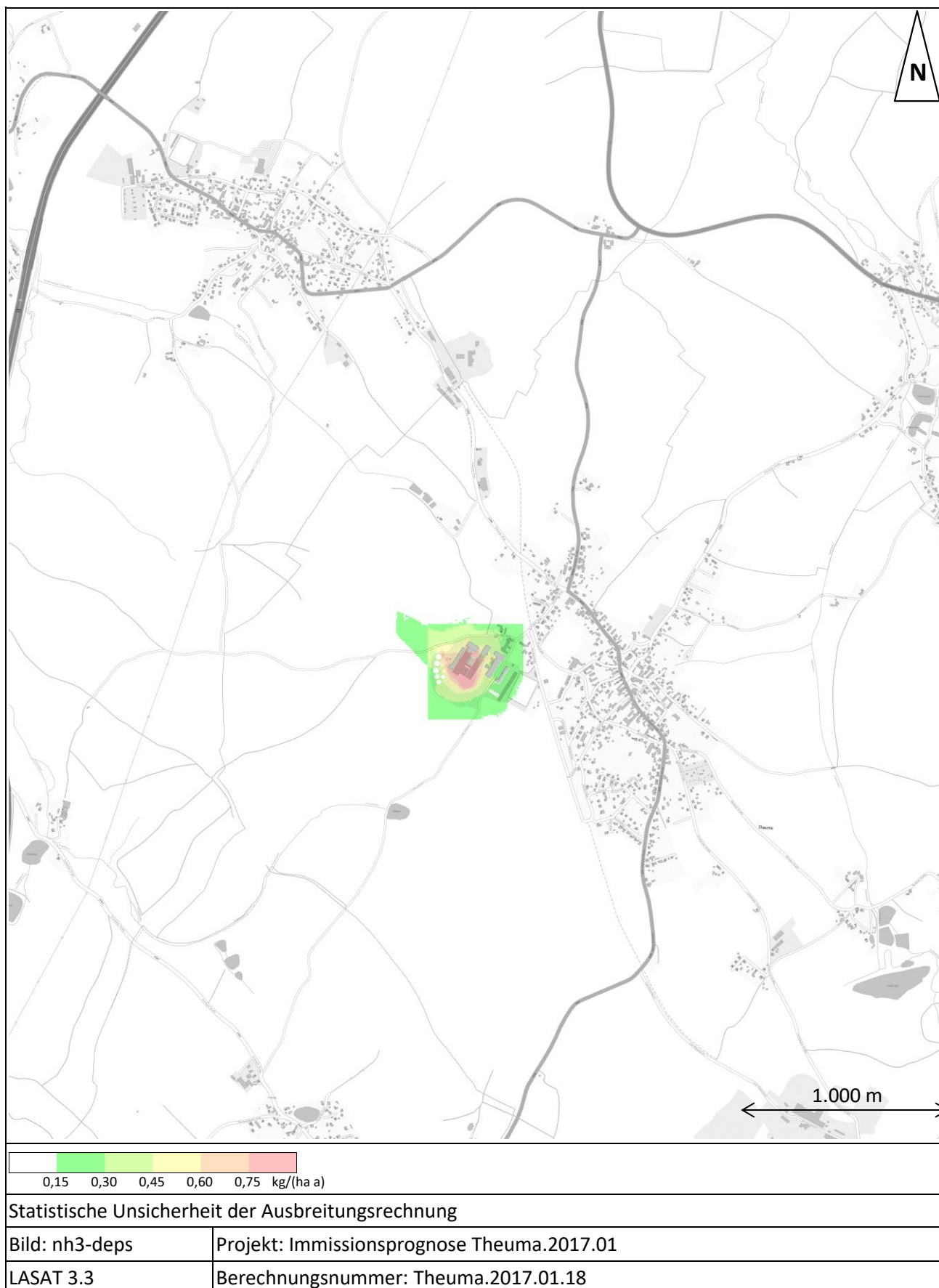


Abbildung 29: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.18, prognostizierte Ammoniakdeposition



Abbildung 30: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.18, prognostizierte Schwebstaubkonzentration im Jahresmittel

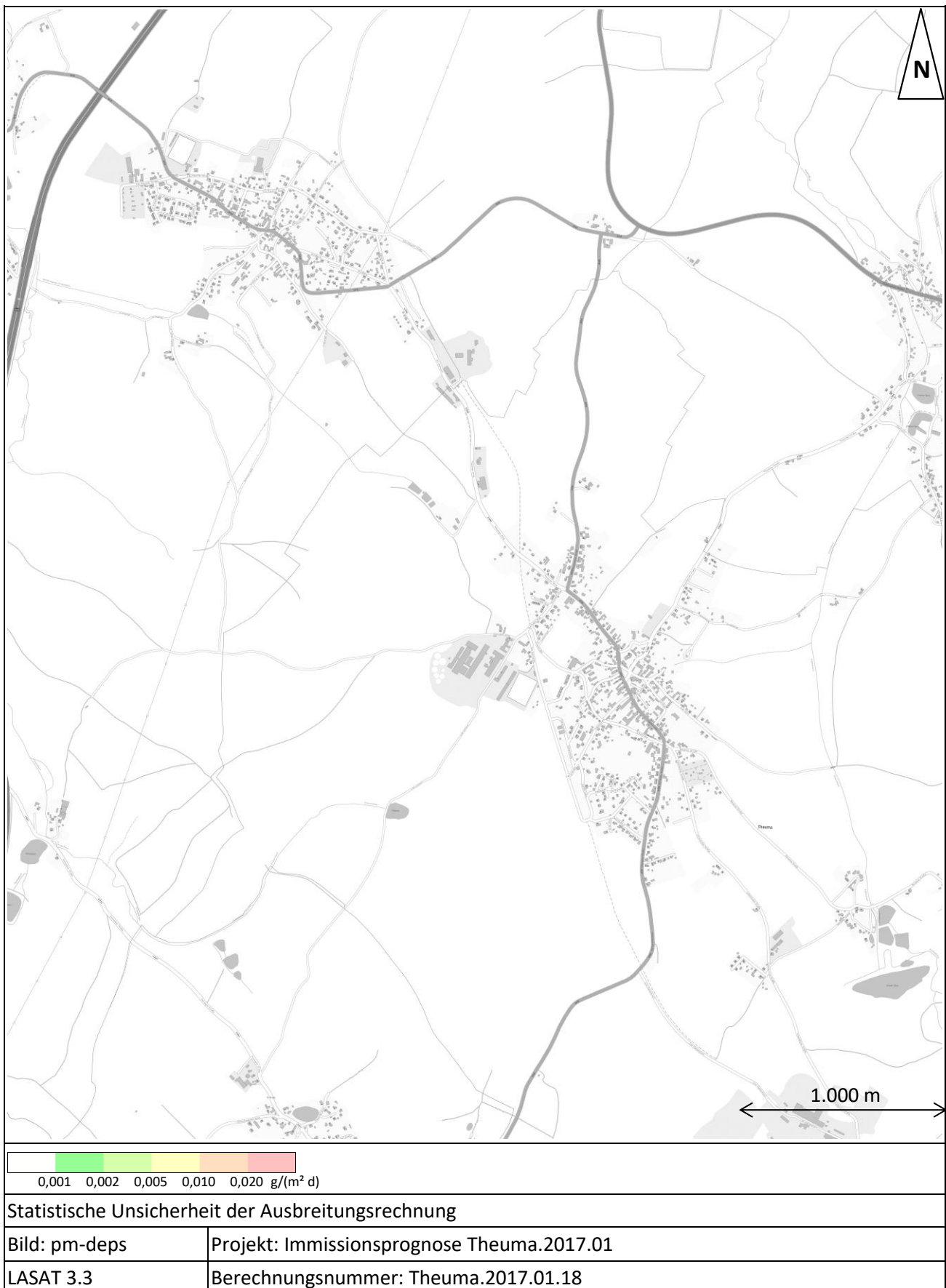


Abbildung 31: Statistische Unsicherheit, Berechnung Theuma.2017.01.18 prognostizierter Staubniederschlag