



Leitfaden zur Prüfung und Erstellung von Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft (2002) und der Geruchsimmissions-Richtlinie (2008) mit AUSTAL2000

LANUV-Arbeitsblatt 36

Leitfaden zur Prüfung und Erstellung von Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft (2002) und der Geruchsimmissions-Richtlinie (2008) mit AUSTAL2000

LANUV-Arbeitsblatt 36

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Recklinghausen 2018

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0, Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Bearbeitung	Dr. Markus Thürling, Dr. Heike Hebbinghaus, Dr. Winfried Straub, Andreas Weidmann-Rose, Dr. Sabine Wurzler
Titelfoto	© panthermedia.net/Alfred Emmerichs
ISSN	2197-8336 (Print), 1864-8916 (Internet), LANUV-Arbeitsblätter
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Inhalt

Hinweise	4
1. Einleitung	5
2. Grundlagen von AUSTAL2000	7
3. Anforderungen an das Gutachten und die Immissionsprognose.....	8
3.1 Allgemeine Daten und Aufgabenstellung	8
3.2 Immissionsprognose.....	9
3.2.1 Emissionsdaten.....	9
3.2.1.1 Quellgeometrie.....	10
3.2.1.2 Geruch	12
3.2.1.3 Zeitliche Charakteristik.....	13
3.2.1.4 Situationsabhängige Charakteristik	15
3.2.1.5 Abluffahnenüberhöhung	15
3.2.1.6 Deposition / Sedimentation	18
3.2.1.7 Chemische Umwandlung	18
3.2.2 Meteorologie	20
3.2.3 Modellparameter	22
3.2.3.1 Rechengebiet und Maschenweite	22
3.2.3.2 Anemometerstandort und –höhe	25
3.2.3.3 Verdrängungshöhe und Rauigkeitslänge.....	26
3.2.3.4 Statistische Unsicherheit und Partikelrate	28
3.2.4 Ausbreitungsrechnung für komplexes Gelände	29
3.2.4.1 Berücksichtigung von Bebauung	30
3.2.4.2 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten	33
3.3 Ergebnisdarstellung	39
4. Literaturverzeichnis	41
5. Liste der Formelzeichen	45
Anhang A: Prüfliste zur Gutachtenprüfung	47
Anhang B: Mustergutachten.....	56
Anhang C: AUSTAL2000-Protokolldateien: Beispiele und Erklärungen	58
Anhang C.1 Beispiel 1	61
Anhang C.2 Beispiel 2	65
Anhang C.3 Beispiel 3	68
Anhang C.4 Beispiel 4	71
Anhang C.5 Beispiel 5	74
Anhang C.6 Beispiel 6	77

Hinweise

Dieser Leitfaden ist eine überarbeitete und aktualisierte Fassung des LUA-Merkblatts 56 (2006). Er bezieht sich auf die Vorgaben der TA Luft (2002).

Im Rahmen dieses Leitfadens werden Hinweise für die Prüfung und Durchführung von Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft (2002) mit dem Modell AUSTAL2000 gegeben. Die Bestimmung der Emissionsdaten und die Vorbelastung sind nicht Bestandteil dieses Leitfadens. Des Weiteren ist zu beachten, dass dieser Leitfaden nicht alle Einzelfälle abdecken kann, hierfür sind die Einzelfälle zu vielfältig.

Variable und wichtige Begriffe werden *kursiv* gedruckt.

Die in Anhang A dargestellte Prüfliste kann sowohl zur eigenen Qualitätskontrolle durch den Gutachter als auch zur Prüfung des Gutachtens beispielsweise auf Vollständigkeit durch die Genehmigungsbehörde herangezogen werden.

1. Einleitung

Seit 1. Oktober 2002 ist die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft 2002) in Kraft. Ziel der TA Luft ist es, den zuständigen Behörden bundeseinheitliche Vorgaben für die immissionsschutzrechtliche Beurteilung von Luftverunreinigungen, insbesondere aus genehmigungsbedürftigen Anlagen, an die Hand zu geben. Dabei werden die derzeitigen Erkenntnisse und der Stand der Technik berücksichtigt.

Gemäß Anhang 3 ist zur Bestimmung der Immissionszusatzbelastung ein Lagrange'sches Partikelmodell nach VDI 3945 Blatt 3 (2000) einzusetzen. Eine EDV-technische Umsetzung des Anhangs 3 ist das Referenzmodell AUSTAL2000. Seit der Neufassung der Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL 2004, aktualisiert 2008) ist AUSTAL2000 auch zur Bestimmung von Geruchsstundenhäufigkeiten vorgesehen (Janicke u. Janicke 2004).

In der TA Luft ist zu unterscheiden zwischen Schutz- und Vorsorgegedanken. Die Schornsteinhöhenbestimmung nach Nr. 5.5 erfolgt unter Vorsorgeaspekten und ist häufig Bestandteil der Immissionsprognose. Hilfestellung für die Schornsteinhöhenbestimmung gibt das Merkblatt Schornsteinhöhenbestimmung (Merkblatt Schornsteinhöhenberechnung 2012), so dass in diesem Leitfaden auf eine weitere Betrachtung verzichtet wird.

Ziel einer Immissionsprognose nach TA Luft (2002) ist die Prüfung, ob der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch luftverunreinigende Stoffe durch den Betrieb einer Anlage sichergestellt ist. Die Immissionsprognose dient dabei der rechnerischen Ermittlung der Kenngrößen für die Zusatzbelastung. Die ermittelten Kenngrößen werden zur Bewertung von Immissionen durch Vergleich mit den Immissionswerten herangezogen.

Nach Nr. 4.1 TA Luft (2002) kann geprüft werden, inwieweit die Notwendigkeit zur Ermittlung der Kenngrößen besteht. Dementsprechend kann eine Bestimmung von Immissionskenngrößen a) wegen geringer Emissionsmassenströme, b) wegen einer geringen Vorbelastung oder c) wegen einer irrelevanten Zusatzbelastung entfallen, es sei denn, trotz geringer Emissionsmassenströme oder geringer Vorbelastung liegen hinreichende Anhaltspunkte für eine Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft (2002) vor.

Insbesondere die Prüfung auf irrelevante Zusatzbelastung kommt in der Praxis häufig vor. Diese Prüfung ist zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach Nr. 4.2.2, zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen nach Nr. 4.3.2, zum Schutz der Vegetation und von Ökosystemen nach Nr. 4.4.3 und zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schadstoffdeposition nach Nr. 4.5.2 TA Luft (2002) durchzuführen. Hierbei ist zu beachten, dass die Prüfung auf Irrelevanz auf die Gesamtanlage zu beziehen ist. Dementsprechend sind auch bei Änderungsgenehmigungen die Emissionen der gesamten Anlage in der Ausbreitungsrechnung zu berücksichtigen (vgl. Erlass des MKULNV NRW vom 22.08.2014, AZ V-2 (MKUNLV (2014))).

Ist die Ermittlung der Kenngrößen nach Nr. 4.1 TA Luft (2002) notwendig, wird die aus einem Vorhaben resultierende Zusatzbelastung als ein Summand zur Bildung der Gesamtbelastung per Ausbreitungsrechnung mit einem Lagrange'schen Partikelmodell nach VDI 3945 Blatt 3 (2000) bestimmt, während die bereits vorhandene Vorbelastung als ein weiterer Summand zur Bildung der Gesamtbelastung i.d.R. aus Messungen ermittelt werden kann. Ergebnisse von Ausbreitungsrechnungen können auch herangezogen werden, um Beurteilungspunkte und damit potenzielle Orte für Vorbelastungsmessungen festzulegen.

Darüber hinaus kommen Ausbreitungsrechnungen zur Ermittlung der Geruchsimmissions-Zusatzbelastung nach GIRL (2008) sowie zur Ermittlung der Zusatzbelastung nach LAI Stickstoffleitfaden (2012) zur Anwendung.

Der Leitfaden dient auch als Erkenntnisquelle für die Ermittlung von Immissionskenngrößen zur Beurteilung, ob schädliche Umwelteinwirkungen beim Betrieb nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen vorliegen, sofern eine Ausbreitungsrechnung nach TA Luft (2002) gefordert wird.

Er ist als Erkenntnisquelle für Behörden, Gutachterbüros und Antragsteller, die eigene oder in Auftrag gegebene Gutachten bewerten wollen, gedacht. Hinsichtlich der Prüfung auf Vollständigkeit enthält der Anhang A eine Prüfliste.

Eine Behandlung aller theoretisch oder praktisch möglichen Einzelfälle kann nicht Bestandteil dieses Leitfadens sein. In besonderen Einzelfällen empfiehlt sich daher eine frühzeitige Absprache zu Art und Weise sowie zum Umfang des geplanten Vorgehens.

Der Leitfaden enthält keinerlei Hinweise zur Bestimmung von Emissionsdaten. Es wird vorausgesetzt, dass die Emissionsdaten als maßgeblicher Eingabeparameter für Ausbreitungsrechnungen vorliegen.

2. Grundlagen von AUSTAL2000

Das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000¹ beruht auf der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 (2000). Es ist ein Lagrange'sches Partikelmodell und gut dokumentiert (siehe Janicke 2014, UBA 2017). Es bildet den Transport von Luftschadstoffen und Gerüchen in der Atmosphäre ab. Der Transport hängt dabei maßgeblich von den mittleren Windverhältnissen, der turbulenten Diffusion sowie Sedimentation und Deposition ab (siehe Kap. 3.2.1.6). Zusätzlich kann eine Abluftfahnenüberhöhung² berücksichtigt werden (siehe Kap. 3.2.1.5). Chemische Umwandlungen auf dem Transmissionspfad werden nur für NO nach NO₂ berücksichtigt.

AUSTAL2000 kann theoretisch beliebig viele Emissionsquellen mit unterschiedlichen Quellgeometrien (Punkt-, Linien-, Flächen- und Volumenquellen) zeitabhängig verarbeiten. Bei der Ausbreitungsrechnung können zudem Gebäudeumströmungen (siehe Kap. 3.2.4.1) und gegliedertes Gelände (siehe Kap. 3.2.4.2) berücksichtigt werden. Hierfür ist dem Partikelmodell ein modellinternes diagnostisches Windfeldmodell vorgeschaltet (TA Luft 2002), es können aber auch extern erzeugte Windfelder verwendet werden.

AUSTAL2000 berücksichtigt die Deposition und Sedimentation von Schadstoffen. Nach TA Luft (2002) wird Deposition und Sedimentation für Stäube und Staubinhaltsstoffe, Deposition außerdem für NH₃ und Hg berücksichtigt. Die Berechnung der Umwandlung von NO nach NO₂ (siehe Kap. 3.2.1.7) erfolgt gemäß der Richtlinie VDI 3782 Blatt 1 (2001). Die Berechnung der Abluftfahnenüberhöhung (siehe Kap. 3.2.1.5) wird gemäß Richtlinie VDI 3782 Blatt 3 (1985) bzw. für Kühltürme gemäß VDI 3784 Blatt 2 (1990) durchgeführt.

Die Konzentration des untersuchten Stoffes wird für jedes Volumenelement eines dreidimensionalen Auszählgitters als Mittel über Zeit und Raum berechnet. Da die Anzahl der für die Simulation verwendeten Lagrange-Partikel³ in der Regel deutlich kleiner ist als die tatsächliche Anzahl von Spurenstoffteilchen, ist das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung immer mit einer gewissen Unsicherheit (Stichprobenfehler) verbunden (VDI 3945 Blatt 3 (2000)). Dieser Stichprobenfehler hat nichts mit der Güte der Simulation zu tun. Er kann durch eine Erhöhung der Qualitätsstufe, d.h. durch höhere Anzahl von Lagrange-Partikeln, oder aber durch eine Vergrößerung der Gitterzellen verringert werden.⁴ In der TA Luft (2002) ist vorgegeben, dass dieser Stichprobenfehler einen gewissen Wert in Abhängigkeit von der jeweiligen Kenngröße nicht überschreiten darf. Die statistische Unsicherheit (siehe Kap. 3.2.3.4) berücksichtigt nicht die Unsicherheiten in den Eingangsdaten. Diese werden bei der Bestimmung der Eingangsdaten weitgehend berücksichtigt.

¹ Download und Dokumentation der Software unter: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/ausbreitungsmodelle-fuer-anlagenbezogene/> (Stand: 09.02.17)

² Im vorliegenden Leitfaden wird der Begriff Abluft als Synonym für Abluft und Abgas verwendet.

³ Mit diesem Begriff wird das Modellpartikel bezeichnet zur Unterscheidung vom tatsächlichen Luftschadstoff-Partikel bzw. -Molekül.

⁴ Die Erhöhung der Qualitätsstufe um 1 verdoppelt die Anzahl der in der Ausbreitungsrechnung je Sekunde freigesetzten Lagrange-Partikel.

3. Anforderungen an das Gutachten und die Immissionsprognose

In den nachfolgenden Unterkapiteln wird aufgeführt, welche Informationen das Gutachten bzw. die Immissionsprognose enthalten muss, damit der Inhalt nachvollziehbar und prüfbar ist.

3.1 Allgemeine Daten und Aufgabenstellung

Das Gutachten mit der Immissionsprognose muss eindeutig mit Namen des Bearbeiters, Name und Anschrift des Gutachterbüros einschließlich Kontaktdaten wie Telefon- und E-Mail-Adresse versehen werden. Das Gutachten sollte das Erstellungsdatum und eine Dokumentenkennung (Aktenzeichen, Projektnummer o. ä) enthalten.

Es folgen Angaben zum Betreiber der Anlage und zur Art der Anlage sowie die allgemeine Beschreibung der Anlage und der geplanten Maßnahmen, beispielsweise Neuerrichtung einer Anlage oder wesentliche Änderung.

Eine Beschreibung und Einschätzung der Vorortsituation ist für die Durchführung einer Immissionsprognose unerlässlich. Hierzu ist ein Vororttermin nützlich, der entsprechend dokumentiert werden sollte, z. B. durch Bildmaterial. Das Gutachten muss eine eindeutige Einschätzung der näheren Umgebung ermöglichen. Hierzu gehört die Beschreibung

- der Landnutzung (Topographie),
- von Geländeerhebungen (Orographie) und
- der maßgeblichen lokalen Besonderheiten (z.B. Kaltluftabflüsse), die Einfluss auf die Strömung und Ausbreitung von Luftschadstoffen haben können.

All diese Faktoren beeinflussen das Windfeld und damit das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung.

In der Aufgabenstellung ist zu erläutern, welches Ziel die Immissionsprognose verfolgt (z. B. Nachweis der Irrelevanz oder Ermittlung der Immissionskenngrößen) und welche Schadstoffe betrachtet werden.

Die Beurteilungsgrundlagen wie z. B. verwendete Literaturangaben, Messberichte etc. sind zu dokumentieren und ggf. dem Gutachten beizufügen.

Für die Nachvollziehbarkeit und Plausibilitätsprüfung sind alle relevanten Ein- und Ausgabedateien auf geeigneten Datenträgern beizufügen. Insbesondere die Protokolldatei(en) von AUSTAL2000 sind integraler Bestandteil des Gutachtens.

3.2 Immissionsprognose

Die Immissionsprognose ist in vielen Genehmigungsverfahren wesentlicher Bestandteil der Antragsunterlagen. Sie dient zur Bestimmung und Bewertung der Immissionszusatzbelastung ausgehend von den Emissionen der zu untersuchenden Anlage. Das Gutachten mit der Immissionsprognose muss alle relevanten Fakten und Daten zur Anlage beinhalten, um nachvollziehbar zu sein. Die erforderlichen Angaben in einem immissionsschutzrechtlichen Gutachten zur Durchführung einer Immissionsprognose sind in den folgenden Kapiteln dargelegt.

3.2.1 Emissionsdaten

Zur rechnerischen Ermittlung der Immissionszusatzbelastung ist die Angabe und genaue Beschreibung der Emissionsdaten der Anlage erforderlich. In Tabelle 1 werden die verschiedenen quellbezogenen Emissionsdaten aufgeführt, die für jede einzelne Quelle anzugeben sind:

Tabelle 1: Auflistung von Quelldaten für die Ausbreitungsrechnung. Je nach Quellart und Emissionen sind nicht alle Angaben erforderlich.

Bezeichnung	Einheit bzw. notwendige Angaben
x/y-Koordinate der Quelle (z. B. als UTM-Koordinate)	m
Quellhöhe (bei Schornsteinen: Schornsteinhöhe)	m
Quellart	geführt, diffus, etc.
Quellgeometrie	<i>Punktquelle:</i> Durchmesser <i>Linienquelle, Flächen- u. Volumenquelle:</i> Ausdehnung und Drehwinkel gegen Nord
Austrittsfläche oder Durchmesser	m ² od. m
Abluftvolumenstrom im Normzustand (N) trocken	m ³ /h im Normzustand trocken
Abluftvolumenstrom im Normzustand (N) feucht	m ³ /h im Normzustand feucht
Abluftgeschwindigkeit	m/s
Ablufttemperatur	°C
Emissionsmassenstrom ⁵	kg/h bzw. MGE/h
Bei Stäuben: Korngrößenverteilung ⁶	%
Bei NO _x : Anteil NO/NO ₂	%
Betriebsdauer	h

⁵ Die Eingabe des Emissionsmassenstroms bei AUSTAL2000 erfolgt in g/s bzw. GE/s. Daher ist auch die Angabe in g/s oder GE/s sinnvoll.

⁶ Bei Stäuben muss zusätzlich die Korngrößenverteilung in % angegeben werden. Wenn keine genauen Informationen zur Korngrößenverteilung bekannt sind, muss zumindest die Aufteilung PM₁₀ (aerodynamischer Durchmesser kleiner als 10 µm) und größer PM₁₀ angegeben werden.

Bei Stoffen, die sowohl gasförmig als auch staubgebunden emittiert werden können, ist bei dem Emissionsmassenstrom anzugeben, ob die Emission gasförmig oder staubgebunden erfolgt.

Bei der Eingabe der Emissionsparameter der Quellen müssen diese als Stundenmittelwerte angegeben werden. Bei zeitlichen Schwankungen der Emissionsparameter ist eine Zeitreihe zu verwenden (vgl. Kapitel 3.2.1.3). Ist eine solche Zeitreihe nicht verfügbar oder verwendbar, sind die beim bestimmungsgemäßen Betrieb für die Luftreinhaltung ungünstigsten Betriebsbedingungen einzusetzen.

Hängt die Quellstärke von den meteorologischen Bedingungen ab (windinduzierte Quellen), so ist dies entsprechend zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 3.2.1.4).

3.2.1.1 Quellgeometrie

Mit der Quellgeometrie sind die verschiedenen in der Praxis vorkommenden Quellformen gemeint, wie z. B. geführte Quellen in Form von Kaminen, diffuse Quellen in Form von Dachreitern, Fenstern oder großflächige Quellen ohne Abluftfahnenüberhöhung (z. B. Klärbecken). Diese Angabe ist Grundlage für die Modellierung und Implementierung dieser Quellen in das Ausbreitungsmodell sowie für die Interpretation der Ergebnisse (z. B. bodennahe modellierte Quelle verursacht im Nahbereich höhere Immissionen als eine 20m oder höhere Punktquelle). AUSTAL2000 bietet die Möglichkeit, Punkt-, Flächen-, Linien- und Volumenquellen zu berücksichtigen.

Bei Schornsteinen kann der Fall eintreten, dass in der Realität ein höherer Schornstein besteht oder geplant ist, als die nach Nr. 5.5 TA Luft ermittelte Schornsteinhöhe⁷. Bei neu zu errichtenden Anlagen ist in NRW für die Prüfung auf Irrelevanz in der Regel die Schornsteinhöhe nach Nr. 5.5 in der Ausbreitungsrechnung anzusetzen. So soll verhindert werden, dass eine Einhaltung der Irrelevanz durch Erhöhung der Schornsteinhöhe erzielt wird, was der Nummer 5.5.2 TA Luft widerspricht.

Häufig werden bei Anlagen mit vielen Emissionsquellen einzelne Quellen zu so genannten „Ersatzquellen“ zusammengefasst⁸. Die Bestimmung der Ablufteigenschaften dieser Ersatzquellen ist aufgrund der Wechselwirkung der einzelnen Abluftfahnen nicht einfach. Es wird daher empfohlen, alle Einzelquellen in der Ausbreitungsrechnung einzeln zu berücksichtigen. Eine Ausnahme hiervon können z. B. Tierhaltungsbetriebe bilden. Bei Vorhandensein einer Vielzahl an Kaminen kann hier der Ansatz der Emissionen aller Kamine aus einer Ersatzquelle sinnvoll sein. Dabei ist allerdings zu beachten, dass für diese Ersatzquelle bei Ansatz von

⁷ Hierbei ist die maximale Schornsteinhöhe ausschlaggebend, die sich aus der Anwendung der Nr. 5.5.2, 5.5.3 und 5.5.4 ergibt. Dies kann bei Quellen mit geringen Emissionen auch die durch die Gebäude oder durch hohe Einzelgebäude bedingte Schornsteinhöhe sein.

⁸ z.B. wenn für die Emissionen aus mehreren Schornsteinen nur ein Schornstein als eine Quelle angesetzt wird

Abluftfahrenüberhöhung die Ableiteigenschaften der Einzelquelle (Durchmesser, Geschwindigkeit) angesetzt werden sollten.

Emissionsquellen (z. B. Klärbecken, Grabenbunker), die eine bodennahe Emissionshöhe von z. B. 0 m aufweisen, sind als vertikale Linienquellen, vertikale Flächenquellen oder Volumenquellen mit einer Höhe von 0 bis z_0 (VDI 3783 Blatt 13 (2010), siehe Anhang A) zu modellieren.

3.2.1.2 Geruch

Geruch unterscheidet sich in der Ermittlung und Messung von anderen Immissionen. Eine komplette Behandlung der Ermittlung und Bewertung von Geruchsbelastungen übersteigt den Rahmen dieses Leitfadens. Daher werden im Folgenden nur kurzgefasste Hinweise auf einzelne Besonderheiten gegeben. Darüber hinaus verweisen wir auf die GIRL (2008) sowie die weiteren (geplanten) Leitfäden des LANUV NRW.

Geruchshäufigkeiten können nicht durch physikalisch-chemische Messverfahren nachgewiesen werden. Stattdessen werden olfaktorische Messungen benötigt, in denen geeignete Prüfer den vor Ort nach einer festgelegten Methode (VDI 3940 Blatt 1 (2006)) reproduzierbar erfassen. Zur olfaktorischen Messung befinden sich die Prüfer 10 min an jedem Messpunkt. Werden Gerüche in mindestens 10% der Zeit eindeutig (d.h. aus der zu untersuchenden Anlage) wahrgenommen, so wird dieses Messzeitintervall als „Geruchsstunde“ bezeichnet.

Eine direkte Modellierung des olfaktorischen Messverfahrens in der Ausbreitungsrechnung ist nicht sinnvoll (Janicke u. Janicke 2007). Stattdessen wird die mittlere Geruchskonzentration als Stundenmittelwert berechnet. Liegt dieser Stundenmittelwert über der sogenannten Zählschwelle (0,25 GE/m³, Janicke u. Janicke 2007), wird diese Stunde in der Ausbreitungsrechnung als Geruchsstunde gezählt.

Für Tierhaltungen wurden auf Basis eines Untersuchungsprojekts (Sucker et al. (2006)) tierartsspezifische Wichtungsfaktoren abgeleitet. Diese berücksichtigen, dass je nach Tierart die Gerüche unterschiedlich stark belästigend wirken. AUSTAL2000 berechnet die Geruchsemission ohne Wichtung mit Angabe der Geruchsemissionen in der Variablen *odor*. Werden die tierartsspezifischen Wichtungsfaktoren berücksichtigt, erfolgt die Angabe der jeweiligen Emissionen in der Variable *odor_xxx*, wobei xxx für den jeweiligen Wichtungsfaktor steht. Bei einem Wichtungsfaktor 0,5 wird somit die Variable *odor_050* verwendet. Der Faktor 1,0 entspricht einer unbewerteten Gewichtung und wird bei einer kombinierten Berechnung mit gewichteten Faktoren in AUSTAL2000 durch *odor_100* definiert. Bei Berechnungen von Geruchsemissionen mit Wichtungsfaktoren, bestimmt AUSTAL2000 intern automatisch die Geruchshäufigkeiten entsprechend GIRL (2008) unter Berücksichtigung der Wichtung. Diese werden in der Ausgabe als *odor_mod* angegeben. Zu beachten ist, dass gewichtete und ungewichtete Variablen (*odor* und z.B. *odor_050*) nicht gleichzeitig in einem Rechenlauf angesetzt werden können.

Im Falle eindeutig angenehmer Gerüche kann unabhängig von Ihrer Herkunft nach der GIRL (2008) ein Wichtungsfaktor von 0,5 angesetzt werden. Hierfür ist zu belegen, dass es sich um eindeutig angenehme Gerüche handelt.

3.2.1.3 Zeitliche Charakteristik

Es gibt viele Emissionsquellen, die nur zu bestimmten Zeiten im Jahresablauf emittieren bzw. zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedliche Emissionsmassenströme aufweisen. Beispielsweise treten manche Emissionen nur während der Betriebszeiten auf, bei Einschichtbetrieb z.B. 8 h/d, oder eine Abfallbehandlungsanlage mit Kompostmieten weist beim Umsetzen einen höheren Geruchsstoffstrom auf als im Ruhezustand.

Um diese zeitliche Charakteristik zu berücksichtigen, kann für diese Emissionsquellen eine Zeitreihe in Form von zeitabhängigen variierenden Emissionen verwendet werden. In der Zeitreihe können die Quellstärken und die Parameter v_q (Austrittsgeschwindigkeit), q_q (Wärmestrom), T_q (Ablufttemperatur), r_q (Relative Feuchte) und I_q (Flüssigwassergehalt) zeitabhängig stundenweise angesetzt werden (Janicke 2014). Die Berücksichtigung einer Emissionszeitreihe setzt die genaue Kenntnis der tatsächlichen Emissionszeiten und Emissionsstärken voraus.

Zur Bestimmung der Immissionsbelastung muss eine repräsentative meteorologische Zeitreihe einer geeigneten Wetterstation herangezogen werden (siehe Kapitel 3.2.2). Damit können tageszeitlich unterschiedliche meteorologische Bedingungen berücksichtigt werden. So sind nachts häufiger Inversionen und Schwachwindlagen mit entsprechend ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen zu beobachten als tagsüber.

In manchen Fällen sind bei zeitabhängigen Emissionsquellen die genauen Emissionszeiten nicht bekannt, sondern nur die Emissionsdauer. Im Rahmen von Genehmigungsverfahren ist es gutachterliche Praxis, in diesen Fällen die Emissionsmassenströme bzw. die Immissionen zeitlich zu wichten. Dieses Vorgehen ist für Schadstoffe nach TA Luft (2002) in der Regel sachgerecht. Bei Gerüchen ist dies nicht sinnvoll, wie nachfolgend erläutert. Die nachfolgende Beschreibung der Vorgehensweise ist unabhängig von der Art der zugrunde gelegten meteorologischen Daten (Statistik oder Zeitreihe).

Stoffe gemäß TA Luft (2002)

Bei der Bestimmung der Immissionsbelastung für Schadstoffe gemäß TA Luft (2002) kann der tatsächliche Emissionsmassenstrom über die Emissionsdauer gewichtet werden und anschließend mittels Ausbreitungsrechnung unter Verwendung einer meteorologischen Zeitreihe oder einer Ausbreitungsklassenstatistik die Immissionsbelastung bestimmt werden.

Wenn eine Wichtung durchgeführt wird, können nur Jahresmittelwerte bestimmt werden.

Gerüche

Bei der Geruchsausbreitungsrechnung ist die Vorgehensweise wie bei den Stoffen gemäß TA Luft (2002) nicht zulässig. Grund hierfür ist die Tatsache, dass zur

rechnerischen Bestimmung der Geruchsstundenhäufigkeit die Überschreitung einer Zählschwelle für jede Stunde geprüft wird. In der Regel wird daher empfohlen, bei zeitabhängigen Geruchsemissionen mit einer Emissionszeitreihe zu rechnen.

Abbildung 1 verdeutlicht beispielhaft die Nichtlinearität bei der Modellierung von Geruchshäufigkeiten. Sie zeigt für eine beispielhafte Emissionsdauer von sechs Stunden die berechneten Geruchsimmissionen als Konzentrationen mit halber (blaue Dreiecke) und voller (rote Quadrate) Emissionskonzentration. Im ersten Fall (halbe Emission) ergibt sich nur zur Stunde 5 eine Geruchsstunde, während sich im zweiten Fall (volle Emission) zu den drei Stunden 2, 4 und 5 eine Geruchsstunde ergibt. Somit ergeben sich in diesem Beispiel bei doppelter Emissionskonzentration dreimal so viele Geruchsstunden.

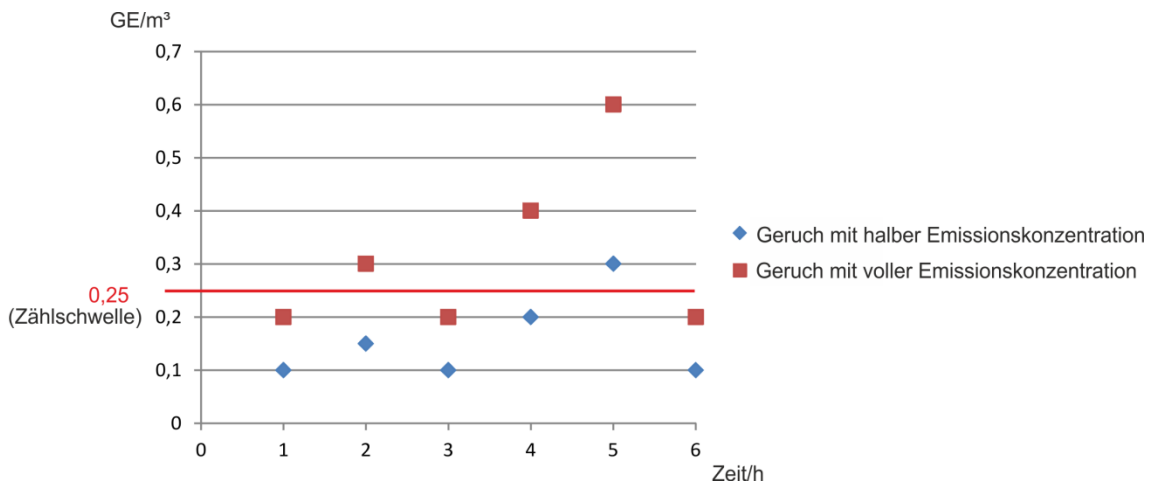


Abbildung 1: Beispiel zur berechneten Geruchsstoffkonzentration und der daraus ermittelten Anzahl an Geruchsstunden anhand zweier Modellsimulationen mit halber (blaue Dreiecke) und voller (rote Quadrate) Emissionskonzentration.

Genau so kann es den Fall geben, dass sich bei Halbierung der Emission die Anzahl der Geruchsstunden nicht verändert, obwohl der von AUSTAL2000 berechnete Stundenmittelwert zurückgeht.

3.2.1.4 Situationsabhängige Charakteristik

Die Ausbreitung der zu betrachtenden Stoffe wird durch meteorologische Situationen beeinflusst. So hängt die Quellstärke z. B. bei Abwehungen von der Windgeschwindigkeit ab.

Obwohl windinduzierte Quellen vorrangig zeitabhängig modelliert werden sollten, wurde in AUSTAL2000 auch die Möglichkeit realisiert, auch bei Verwendung einer Ausbreitungsklassenstatistik die Quellstärke windgeschwindigkeitsabhängig anzusetzen (Janicke 2014).

Es können die Parameter v_q (Austrittsgeschwindigkeit), q_q (Wärmestrom), T_q (Ablufttemperatur), r_q (Relative Feuchte) und I_q (Flüssigwassergehalt) und die Quellstärken bezüglich der einzelnen Stoffe situationsabhängig vorgegeben werden (Janicke 2014).

3.2.1.5 Abluftfahnenüberhöhung

In AUSTAL2000 wird die Immissionszusatzbelastung unter Berücksichtigung der Verhältnisse in der atmosphärischen Grenzschicht berechnet. Ein wichtiger und sensibler Parameter ist hierbei die Abluftfahnenüberhöhung. Sie ergibt sich aufgrund des Wärmeinhalts und/oder des dynamischen Impulses der Abluftfahne. Hierbei wird die Höhe über der Schornsteinmündung, die die Abluft in einer bestimmten Quellentfernung erreicht, als Abluftfahnenüberhöhung Δh bezeichnet (VDI 3782 Blatt 3 (1985), vgl. Abbildung 2).

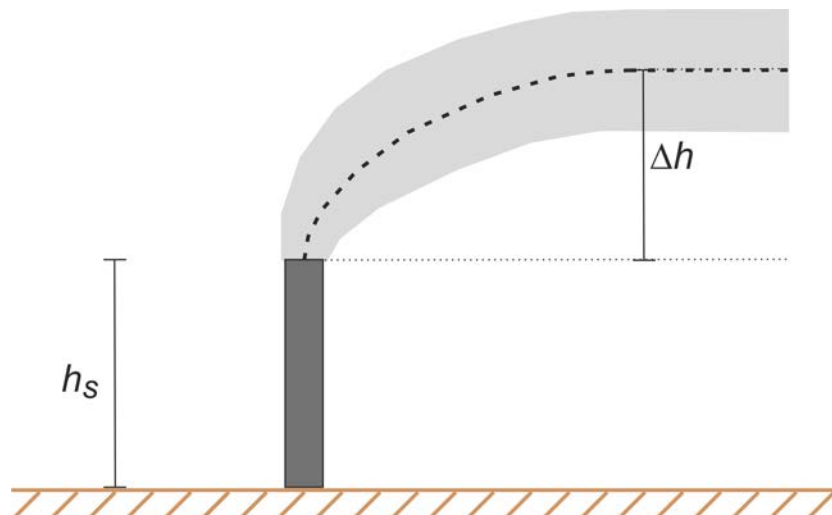


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Abluftfahnenüberhöhung in Anlehnung an die Richtlinie VDI 3782 Blatt 3 (1985). Mit h_s wird die Schornsteinhöhe und mit Δh die maximale Abluftfahnenüberhöhung bezeichnet.

Grundsätzlich gelten die Parametrisierungen der VDI 3782 Blatt 3 (1985) nur für Abluft aus Schornsteinen, die in den freien Luftstrom gelangt. Dies ist in der Regel gewährleistet, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Quelhöhe mindestens 10 m über der Flur und 3 m über First und
- Abluftgeschwindigkeit in jeder Betriebsstunde minimal 7 m/s und
- eine Beeinflussung durch andere Strömungshindernisse (Gebäude, Vegetation, usw.) im weiteren Umkreis (in der Regel sollte ein Kreis mit einem Radius, der dem 10-fachen der Quelhöhe entspricht, angesetzt werden) um die Quelle wird ausgeschlossen.

Dabei handelt es sich um „Und“-Bestimmungen, d. h., wenn nur eine der Bedingungen nicht erfüllt ist, gelangt die Abluft nicht in den freien Luftstrom, so dass der Ansatz von Überhöhung dann in der Regel nicht gerechtfertigt ist.

Für den Fall, dass eine Beeinflussung durch Strömungshindernisse nur für einen Teil der Anströmrichtungen vorliegt, ist es prinzipiell denkbar, Abluffahnenüberhöhung nur für die Windrichtungen zu berücksichtigen, bei denen keine Beeinflussung durch Strömungshindernisse vorliegt. Ein solches Vorgehen sollte auf jeden Fall im Gutachten nachvollziehbar dargestellt und erläutert werden, auch unter Darstellung der vorhandenen Strömungshindernisse.

Für die Berücksichtigung des dynamischen Impulses einer Abluffahne in einer AUSTAL2000-Simulation sind der Parameter d_q (Durchmesser der Quelle) und der Parameter v_q (Abluftgeschwindigkeit) anzusetzen. Für v_q ist die unter den tatsächlichen Betriebsbedingungen (Betriebssauerstoffgehalt, Betriebstemperatur) auftretende Abluftgeschwindigkeit der feuchten Abluft einzusetzen.

Für den thermischen Impuls einer Abluffahne wird der Parameter q_q eingegeben. Der Wärmestrom q_q (entspricht M in der TA Luft (2002)) ergibt sich aus der Ablufttemperatur T_q in °C und dem Abluftvolumenstrom R (feucht) im Normzustand in m³/s gemäß der Formel (TA Luft 2002):

$$q_q = 1,36 \cdot 10^{-3} \cdot (T_q - T_0) \cdot R \text{ mit } T_0 = 10 \text{ °C}^9. \quad (1)$$

Dabei ist T_0 als mittlere Umgebungstemperatur der Luft am Schornsteinausgang festgelegt. Prinzipiell bietet AUSTAL2000 auch die Option, die Ablufttemperatur T_q direkt anzugeben.

Wird im Gutachten eine Abluffahnenüberhöhung berücksichtigt, sind die oben genannten Werte zur Bestimmung der Abluffahnenüberhöhung anzugeben und plausibel darzulegen.

⁹ In der TA Luft (2002) erfolgt die Angabe der Temperatur in der SI-Einheit Kelvin. 10 °C entsprechen 283,15 K.

Da die Parametrisierung der Abluftfahnenüberhöhung nach VDI 3782 Blatt 3 (1985) auf Messungen an großen industriellen Anlagen mit hohen Emissionsmassenströmen und großen Schornsteinhöhen beruht, ist fraglich, inwieweit diese auf niedrige Emissionsquellen mit vergleichsweise geringen Massenströmen, wie sie beispielsweise bei Tierhaltungsbetrieben vorliegen, übertragbar sind. Belastbare Untersuchungen hierzu fehlen. Der vereinfachte Ansatz, diese Quellen konservativ grundsätzlich ohne Überhöhung anzusetzen, wird den Bestrebungen einer verbesserten Abluftführung nicht gerecht. Bei Erfüllung der grundsätzlichen Bedingungen zum Ansatz von Abluftfahnenüberhöhung kann daher in NRW auch bei Tierhaltungsbetrieben Überhöhung nach VDI 3782 Blatt 3 (1985) berücksichtigt werden, allerdings mit folgenden Einschränkungen:

- Da die Ablufttemperatur gerade im Sommer meist nicht oder nur geringfügig über der Umgebungstemperatur liegt, ist in der Regel ohne thermische Überhöhung zu rechnen.
- Die anzusetzende Abluftgeschwindigkeit sollte als 7 m/s angesetzt werden, auch wenn in der Realität eine höhere Abluftgeschwindigkeit auftreten kann.

Bei manchen Flächenquellen (z. B. Klärbecken) gibt es in Einzelfällen Bestrebungen, eine Abluftfahnenüberhöhung anzusetzen, da diese Quellen einen hohen Wärmeinhalt aufweisen. Bereits geringe Windgeschwindigkeiten bewirken bei diesen Quellen jedoch, dass eine relevante Abluftfahnenüberhöhung nicht beobachtet werden kann, zumal die eingangs geschilderten Randbedingungen der VDI 3782 Blatt 3 (1985) nicht erfüllt sind. Eine Abluftfahnenüberhöhung ist daher bei diesen Quellen nicht zu berücksichtigen.

Abluftfahnenüberhöhung bei Kühltürmen

Bei der Ableitung der Abluft über Kühltürme wird die Abluftfahnenüberhöhung gemäß VDI 3784 Blatt 2 (1990) berechnet. AUSTAL2000 verwendet intern das vom VDI zur Verfügung gestellte Programm VDISP.

Bei der Bestimmung der Abluftfahnenüberhöhung für Kühltürme ist zusätzlich die Angabe des Kühlturmdurchmessers, der Temperatur, der Austrittsgeschwindigkeit und des Feuchtegehaltes (Flüssigwassergehalt l_q (kg/kg) oder die relative Feuchte r_q) der Kühlturmfahne als Mischung aus Schwaden und Reingas erforderlich.

3.2.1.6 Deposition / Sedimentation

Bei der Ausbreitung für Stäube sind trockene Deposition und Sedimentation zu berücksichtigen (TA Luft 2002). Die Deposition und Sedimentation von Partikeln hängt von der Größe der Partikel ab (VDI 3782 Blatt 5 (2006)). In der Ausbreitungsrechnung mit Partikelmodell werden dafür die Partikel in vier Größenklassen eingeteilt (s. Tabelle 13, Anhang 3 TA Luft 2002).

Die Ausbreitungsrechnung ist für jede der in Tabelle 13 Anhang 3 der TA Luft (2002) angegebenen Korngrößenklasse mit dem entsprechenden Emissionsmassenstrom durchzuführen.

Es ist im Gutachten zu erläutern, auf welcher Grundlage (Messung, Erfahrungswert, Literatur) die Korngrößenverteilung festgelegt wurde.

Ist die Korngrößenverteilung nicht im Einzelnen bekannt, sondern nur der Anteil am PM_{10} , dann ist PM_{10} wie Staub der Klasse 2 ($pm-2$) zu behandeln. Für Staub mit einem aerodynamischen Durchmesser größer als $10\ \mu m$ ist für die Depositionsgeschwindigkeit v_d der Wert $0,07\ m/s$ und für die Sedimentationsgeschwindigkeit v_s der Wert $0,06\ m/s$ zu verwenden (TA Luft 2002). Dies ist in AUSTAL2000 in der Klasse $pm-u$ (u wie „unbekannt“) umgesetzt.

Unter bestimmten nachfolgend aufgelisteten Umständen kann die Ausbreitungsrechnung der Deposition im Ergebnis eine ringförmige Struktur aufweisen (Janicke u. Janicke 2003):

- Ausbreitungsrechnung mit einer Ausbreitungsklassenstatistik
- Häufiges Auftreten stabiler, windschwacher Wetterlagen
- Hohe Emissionsquelle ohne Abluffahnenüberhöhung
- Niedrige Bodenrauigkeit
- Geringer Anteil von PM_{10} im Gesamtstaub

Voraussetzung hierfür ist, dass nahezu alle der genannten Umstände zusammentreffen. In einem solchen Fall bietet AUSTAL2000 die Möglichkeit, unter dem Parameter os die Optionen NOSTANDARD und SPECTRUM einzugeben. Dies bewirkt, dass die Sedimentationsgeschwindigkeit v_s für jedes Partikel entsprechend seinem aerodynamischen Durchmesser nach VDI 3782 Blatt 1 (2001) berechnet wird und seine Depositionsgeschwindigkeit v_d um $0,01\ m/s$ höher als v_s angesetzt wird (Janicke 2014).

3.2.1.7 Chemische Umwandlung

Bei der Berechnung der NO_2 -Zusatzbelastung ist die chemische Umwandlung von Stickstoffmonoxid (NO) zu Stickstoffdioxid (NO_2) zu berücksichtigen. Die Umwandlung auf dem Transportpfad wird im Modell intern berücksichtigt. Hierzu ist der Emissionsmassenstrom von NO und NO_2 anzugeben. Da die Emissionsgrenzwerte sich auf NO_x als NO_2 beziehen, sind die NO - und NO_2 -Emissionen unter

Berücksichtigung des Anteils an NO₂-Direktemissionen aus der NO_x-Emission zu berechnen.

Beispiel:

Der Emissionsmassenstrom von Stickstoffdioxid NO_x (angegeben als Stickstoffdioxid) einer Feuerungsanlage beträgt 20 kg/h. Am Kaminaustritt ist der Anteil in der Abluft von Stickstoffmonoxid (NO) 90% und der Anteil von Stickstoffdioxid (NO₂) 10%. Der Emissionsmassenstrom, der in der Ausbreitungsrechnung angegeben werden muss, beträgt:

- NO: 11,8 kg/h $\approx$ 3,28 g/s $\leftarrow$ Berechnung: 20 kg/h $\cdot$ 0,9 / **1,53**
- NO₂: 2 kg/h $\approx$ 0,56 g/s $\leftarrow$ Berechnung: 20 kg/h $\cdot$ 0,1

Der Faktor 1,53 ergibt sich aus dem Molmassenverhältnis von NO zu NO₂ (30 zu 46). Der Stoff NO_x kann zusätzlich angegeben werden. In dem o.g. Beispiel wäre für NO_x ein Emissionsmassenstrom von 20 kg/h anzugeben.

3.2.2 Meteorologie

Das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 ermöglicht sowohl die Berechnung der Immissionsbelastung auf Grundlage einer Zeitreihe als auch auf Grundlage einer mehrjährigen Häufigkeitsverteilung der stündlichen Ausbreitungssituationen. Für die Ausbreitungsrechnung ist vorrangig eine meteorologische Zeitreihe zu verwenden. Eine Häufigkeitsverteilung der stündlichen Ausbreitungssituation kann verwendet werden, sofern mittlere Windgeschwindigkeiten von weniger als 1 m/s im Stundenmittel am Standort der Anlage in weniger als 20% der Jahresstunden auftreten. Diese Einschränkung gilt nicht für eine meteorologische Zeitreihe.

Die meteorologischen Daten (*Windrichtung*, *Windgeschwindigkeit* und *Ausbreitungs Klasse*) sind als Stundenmittel anzugeben, wobei die Windgeschwindigkeit vektoriell zu mitteln ist. Die Verwendbarkeit der Daten soll mindestens 90% der Jahresstunden betragen. Die Windrichtung ist in 36 Sektoren zu je 10° zu klassieren. Die Ausbreitungsrechnung für einen Windrichtungssektor ist in Form von Rechnungen über 5 Windrichtungen im Abstand von jeweils 2° durchzuführen, wobei AUSTAL2000 diese Vorgabe der TA Luft (2002) automatisch modellintern berücksichtigt.

Liegen Windmessungen am Anlagenstandort vor, ist im Gutachten die genaue Lage (in UTM-Koordinaten) des Anemometers und die Anemometerhöhe (s. Kapitel 3.2.3.2) anhand eines Lageplanes anzugeben. Der Messbericht über die durchgeführten Windmessungen ist dem Gutachten zur Prüfung auf Verwendbarkeit der meteorologischen Daten (s. Vorgaben der Richtlinie VDI 3786 Blatt 2 (2000)) beizufügen. Die Prüfung bezieht sich in der Regel auf die Einhaltung der Anforderungen der Richtlinie VDI 3786 Blatt 2 (2000) und der VDI 3783 Blatt 21 (2017).

Um repräsentative Messungen für einen Standort zu erhalten, schreibt die VDI 3783 Blatt 21 (2017) unter anderem fest, dass

- a) ein möglichst ebener und hindernisfreier Standort gewählt wird sowie
- b) ein ausreichender Abstand von Gebäuden eingehalten wird.

Liegen keine meteorologischen Daten am Anlagenstandort vor, sind Daten zu verwenden, die für den Standort der Anlage räumlich und zeitlich repräsentativ sind (TA Luft 2002). Die Übertragbarkeit dieser Daten auf den Standort der Anlage ist vom Gutachter zu prüfen und im Gutachten zu erläutern, ggf. durch eine Übertragbarkeitsprüfung eines externen Sachverständigen. Die einfache Nennung der verwendeten meteorologischen Daten reicht nicht aus. Wird die Übertragbarkeitsprüfung und/oder Ermittlung des repräsentativen Jahres durch einen externen Gutachter durchgeführt, ist diese Prüfung der Immissionsprognose beizufügen. Besonderes Augenmerk ist auf die verwendeten Daten in gegliedertem Gelände hinsichtlich Kaltluftabflüsse und Schwachwindsituationen zu richten.

Bei der Durchführung der Übertragbarkeitsprüfung sollte die VDI 3783 Blatt 20 (2017) berücksichtigt werden. Gemäß dieser Richtlinie ist es für die Übertragbarkeit von meteorologischen Daten einer Bezugswindstation von grundlegender Bedeutung, dass

die Messungen mit den Erwartungswerten für die Windrichtungsverteilung und Windgeschwindigkeitsverteilung im Zielbereich in hinreichender bis guter Übereinstimmung liegen. Der Zielbereich ist in der Regel eine Hochebene, eine Talrandhöhe oder eine flache Kuppenlage im Rechengebiet. Im Einzelfall können auch breite Tallagen als Zielbereich ausgewählt werden. In ebenem Gelände ist der Zielbereich im Rechengebiet frei wählbar. Die Erwartungswerte selbst können zum Beispiel aus orientierenden Messungen, der Windklimatologie oder großflächigen Modellrechnungen gewonnen werden.

Bezugswindstationen, die für eine Übertragung in Frage kommen, werden aus dem regionalen Umfeld ausgewählt, das vergleichbare windklimatologische Gegebenheiten aufweist wie das Untersuchungsgebiet. Die ausgewählten Bezugswindstationen sollten ihrer topographischen Lage nach vergleichbar mit den Zielbereichen sein. Demnach ist zur Begründung der Übertragbarkeit von meteorologischen Daten der Hinweis auf die räumliche Nähe der Windmessstation zum Anlagenstandort alleine nicht ausreichend. Die Entfernung einer Bezugswindstation zum Rechengebiet sollte allerdings 70 km nicht überschreiten.

Neben der räumlichen Repräsentativität der meteorologischen Daten ist bei Verwendung einer meteorologischen Zeitreihe auch die zeitliche Repräsentativität zu prüfen und darzulegen. Dies geschieht nach objektiven Verfahren, welche in der Richtlinie VDI 3783 Blatt 20 (2017) beschrieben werden. Generell sollten verwendete meteorologische Daten nicht älter sein als 15 Jahre.

3.2.3 Modellparameter

In den nachfolgenden Kapiteln wird auf die zu berücksichtigenden Eingabeparameter eingegangen, die für die Ausbreitungsrechnung mit AUSTAL2000 zu beachten sind. Es werden auch Grenzen für die Anwendbarkeit des Ausbreitungsmodells AUSTAL2000 aufgezeigt.

3.2.3.1 Rechengebiet und Maschenweite

Gemäß TA Luft (2002) ist das Rechengebiet für eine einzelne Emissionsquelle das Innere eines Kreises um den Ort der Quelle, dessen Radius das 50-fache der Schornsteinhöhe ist. Tragen mehrere Quellen der Anlage zur Zusatzbelastung bei, dann besteht das Rechengebiet aus der Vereinigung der Rechengebiete der einzelnen Quellen. Analog ist in Nr. 4.4.2 der GIRL (2008) die Größe des Beurteilungsgebietes festgelegt, dessen Radius dem 30-fachen der Schornsteinhöhe entspricht. Als kleinster Radius ist gemäß TA Luft (2002) 1 km und gemäß GIRL (2008) ein Radius von 600 m vorgegeben. Wird vom Anwender nichts vorgegeben, stellt AUSTAL2000 diese Forderung der TA Luft (2002) bzw. der GIRL (2008) automatisch ein. Wird für Geruch die Gesamtbelastung ermittelt, kann ein deutlich größeres Gebiet notwendig sein (siehe Zweifelsfragen-GIRL (2014)).

Bei besonderen Geländebedingungen ist es häufig erforderlich, das Rechengebiet größer zu wählen, um die Einflüsse des Geländes auf das Windfeld ausreichend wiederzugeben.

Die horizontale Maschenweite des Rechengitters zur Berechnung von Konzentration, Deposition und Geruchshäufigkeiten 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 Schornsteinhöhe nicht überschreitet. In Quellentfernungen größer als das 10-fache der Schornsteinhöhe kann die horizontale Maschenweite proportional größer gewählt werden. AUSTAL2000 bestimmt die Maschenweite automatisch, wenn der Anwender keine Maschenweite vorgibt.

AUSTAL2000 kann so genannte geschachtelte Rechengitter verarbeiten. Das bedeutet, dass mehrere Gitter mit unterschiedlicher Maschenweite ineinander geschachtelt werden. Die Verwendung geschachtelter Rechengitter führt zu kürzeren Rechenzeiten und einer geringeren statistischen Unsicherheit. Dabei wird gemäß TA Luft in der Umgebung der Quellen ein feinmaschiges Netz verwendet, welches nach außen hin gröber wird. Wird ein solches geschachteltes Rechengitter vom Anwender explizit vorgegeben, sind einige Vorgaben zu beachten. So muss eine Vergrößerung der Maschenweiten genau um den Faktor 2 erfolgen. Die Ränder eines feinen Netzes müssen auf den Gitterlinien des nächst gröberen Netzes liegen und das grobe Netz muss mindestens die Ausdehnung des nächst feineren Netzes besitzen.

Damit ein geschachteltes Netz modellintern bestimmt wird, muss in der Eingabedatei *AUSTAL2000.txt* der Parameter *os* = NESTING oder „*os* +NESTING“ gesetzt werden

(Janicke 2014). Es sollte beachtet werden, dass bei der Eingabe für AUSTAL2000 bei den Optionen des Parameters os im Allgemeinen zwischen Klein- und Großschreibung unterschieden wird.

Beispiel:

Eine Anlage besteht aus vier Quellen mit zwei Quellen von 15 m Höhe, einer Quelle mit 30 m und einer Quelle mit 120 m Höhe. Die Eingabe eines geschachtelten, intern zu bestimmenden Rechengitters sieht in der Eingabedatei *AUSTAL2000.txt* folgendermaßen aus:

```
===== Beginn der Eingabe =====
ti "Beispiel1"           'Projekt-Titel
ux xxxxxxxx             'X-Koordinate des Bezugspunktes (UTM-Koordinaten10)
uy xxxxxxxx             'Y-Koordinate des Bezugspunktes (UTM-Koordinaten)
qs 0                     'Qualitätsstufe
as "anonym.aks"          'AKS-Datei
os +NESTING
xq      -0.05           129.45           125.20           112.20
yq       0.10            61.10           -41.40           -41.40
hq    120.00             30.00            15.00            15.00
vq                15.66              6.72              4.91
dq       2.00             3.53              2.00              2.00
qq       6.33             3.02              0.38              0.38
xx       0.20             0.15              0.14              0.20
===== Ende der Eingabe =====
```

Die Eingabe „os +NESTING“ bewirkt, dass AUSTAL2000 intern ein geschachteltes Rechengitter festlegt. Die Koordinaten werden in der Protokolldatei *AUSTAL2000.log* (siehe folgender Auszug aus der Protokolldatei) aufgelistet, wobei zunächst noch einmal die Werte der Eingabedatei wiederholt werden. Die Angaben zu jeder Quelle befinden sich in einer Spalte, hier also vier Spalten.

¹⁰ Für die x-Achse muss der Zonenwert (ohne Buchstabe) zusammen mit dem Ost-Wert angegeben werden. Für NRW also 32 für die Zone und sechs weitere Stellen. Alternativ ist auch die Verwendung von Gauss-Krüger-Koordinaten möglich. In diesem Fall ist der Parameter gx bzw. gy zu verwenden.

```
===== Beginn der Eingabe =====
> ti „Beispiel“
> ux xxxxxxxx
> uy xxxxxxxx
> qs 0
> as “anonym.aks”
> os +NESTING
> xq  -0.05    129.45    125.20    112.20
> yq   0.10     61.10    -41.40    -41.40
> hq 120.00     30.00     15.00     15.00
> vq  15.66      6.72      4.91      4.91
> dq   2.00      3.53      2.00      2.00
> qq   6.33      3.02      0.38      0.38
> xx   0.20      0.15      0.14      0.20
===== Ende der Eingabe =====
```

Festlegung des Rechnernetzes:

```
dd  16   32   64  128  256
x0 -256 -640 -1536 -3072 -6144
nx  48   48   50   48   48
y0 -416 -768 -1536 -3072 -6144
ny  52   48   48   48   48
nz  19   19   19   19   19
```

Nachfolgend werden die Parameter des Rechengitters kurz beschrieben:

- dd = Horizontale Maschenweite des Rechengitters in m,
- x_0 = Linker Rand des Rechengebietes in m, relativ zum Bezugspunkt (Koordinate des Bezugspunktes in x-Richtung (West-Ost) wird mit gx oder ux angegeben),
- nx = Anzahl der Gittermaschen in x-Richtung (West-Ost),
- y_0 = Unterer Rand des Rechengebietes in m, relativ zum Bezugspunkt (Koordinate des Bezugspunktes in y-Richtung (Nord-Süd) wird mit gy oder uy angegeben),
- ny = Anzahl der Gittermaschen in y-Richtung (Nord-Süd),
- nz = Anzahl der Gittermaschen in z-Richtung (vertikal).

In der Ausgabe erkennt man, dass das automatisch erzeugte Rechengitter fünffach geschachtelt wurde. Das innerste, feinste Gitter hat eine horizontale Maschenweite von 16 m x 16 m und das äußerste, größte Gitter eine Maschenweite von 256 m x 256 m. Eine Spalte entspricht dabei einem Rechengitter, mit dem kleinsten Gitter als erste Spalte. Das kleinste Gitter, angegeben in Spalte 1, besteht aus 48x52 Zellen in der Horizontalen.

Anstelle der automatischen Festlegung durch AUSTAL2000 kann der Anwender das Rechengitter vorgeben. Hierzu sind alle notwendigen Parameter wie Maschenweite (dd), linker unterer Eckpunkt des Rechengitters (x_0, y_0) und die Anzahl der Gitterzellen (n_x bzw. n_y) anzugeben, wobei die Anforderungen an geschachtelte Gitternetze zu beachten sind.

Zur Festlegung der vertikalen Maschenweite wird auf Kapitel 3.2.4.1 verwiesen.

3.2.3.2 Anemometerstandort und -höhe

In Abschnitt 3.2.2 wurde beschrieben, welche meteorologischen Eingangsgrößen für Immissionsprognosen mit AUSTAL2000 verwendet werden können. Dem Modell muss vorgegeben werden, für welchen Punkt im Rechenggebiet die angegebenen Werte der *Windrichtung*, *Windgeschwindigkeit* und *Ausbreitungsklasse* (bzw. *Obukhov*¹¹-Länge) angesetzt werden sollen. Dieser Punkt wird im folgenden „Anemometerstandort“ (oder Ersatzanemometerposition) genannt. Der Ort, an dem tatsächlich die Windmessungen durchgeführt wurden, wird als „Standort der Windmessung“ bezeichnet.

Es lassen sich prinzipiell drei Fälle für die Festlegung des Anemometerstandorts unterscheiden:

a) Immissionsprognose in ebenem Gelände:

Die Wahl des Anemometerstandorts bei Rechnungen im ebenen und hindernisfreien Gelände kann frei gewählt werden, da das Windfeld horizontal homogen ist. In diesem Fall ist keine explizite Angabe der Koordinaten des Anemometers (x_a, y_a) erforderlich. AUSTAL2000 verwendet dann die Standardwerte.

b) Immissionsprognose im komplexen Gelände (Berücksichtigung von Gelände und/oder Bebauung), geeignete Windmessungen liegen im Rechenggebiet vor:

Der Anemometerstandort muss dem Standort der Windmessung entsprechen. Die Vorgaben der VDI 3786 Blatt 2 (2000) und VDI 3783 Blatt 21 (2017) sind bei der Durchführung der Windmessung zu beachten.

c) Immissionsprognose im komplexen Gelände (Berücksichtigung von Gelände und/oder Bebauung), geeignete Windmessungen liegen im Rechenggebiet nicht vor:

Werden Daten einer Windmessung verwendet, die nicht im Rechenggebiet durchgeführt wurde, muss der Standort der Windmessung und der Anemometerstandort die gleichen topographischen Charakteristiken hinsichtlich Geländehöhe und Anströmprofil aufweisen. Bei Berücksichtigung der Bebauung muss der Anemometerstandort außerhalb des Einflussbereiches der Gebäude liegen. Eine ausführliche Beschreibung des festgelegten Anemometerstandorts mit kritischer Betrachtung muss im Gutachten erfolgen. Wird in der

¹¹ früher und in TA Luft (2002) als Monin-Obukhov-Länge bezeichnet

Übertragbarkeitsprüfung ein Hinweis zum Anemometerstandort gegeben, ist dies zu berücksichtigen. Bei gegliedertem Gelände kann zur Ermittlung der Ersatzanemometerposition nach VDI 3783 Blatt 16 (2015) vorgegangen werden.

Ein weiterer zu berücksichtigender Parameter ist die Anemometerhöhe. Mittlerweile sind rauigkeitslängen-abhängige Anemometerhöhen in der Regel Bestandteil einer AKS bzw. AKTerm. Bei Verwendung einer AKTerm liest AUSTAL2000 diese Angabe aus und verwendet die entsprechende Höhe. Bei Verwendung einer AKS muss die entsprechende Anemometerhöhe in der Eingabedatei angegeben werden, da sonst AUSTAL2000 die Anemometerhöhe nach einem veralteten Verfahren bestimmt, was zu fehlerhaften Anemometerhöhen führen kann. Ist keine Anemometerhöhe in der AKS bzw. AKTerm enthalten, sollte diese nach dem DWD-Verfahren (siehe Namyslo 2014) ermittelt und in der Eingabedatei angegeben werden.

3.2.3.3 Verdrängungshöhe und Rauigkeitslänge

Die Rauigkeitslänge z_0 beschreibt die Bodenrauigkeit des Geländes und ist ein Maß für die Turbulenz des Strömungsfeldes. Sie hat einen Einfluss auf das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung. Ein weiterer Parameter ist die Verdrängungshöhe¹² d_0 , die standardmäßig das Sechsfache der Rauigkeitslänge beträgt. Eine explizite Angabe der Verdrängungshöhe ist in AUSTAL2000 in der Regel nicht nötig.

Die Rauigkeitslänge ist nach Tabelle 14 des Anhangs 3 der TA Luft (2002) aus den Landnutzungsklassen des CORINE-Katasters (Keil et al., 2005) zu bestimmen. Sie ist für ein kreisförmiges Gebiet um die Quelle festzulegen, dessen Radius das 10-fache der Bauhöhe der Quelle beträgt. Bei Quellhöhen < 20 m wird ein Radius von 100 m bis 200 m empfohlen.

Setzt sich das Gebiet (Radius das 10-fache der Quellhöhe) 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 aufzurunden. Wird keine Rauigkeitslänge vorgegeben, bestimmt AUSTAL2000 die Rauigkeitslänge selbständig anhand der Landnutzungsdaten. Bei der automatischen Ermittlung der Rauigkeitslänge ist zu prüfen, ob die hinterlegten Landnutzungsdaten den Gegebenheiten vor Ort entsprechen. Diese Prüfung sollte im Gutachten dargestellt werden. Eine Kontrolle der hinterlegten Landnutzungsdaten ist z. B. mit Hilfe des Programms ViewLuc, das Bestandteil des AUSTAL2000-Programmpakets ist, möglich. Gerade bei landwirtschaftlich geprägten Regionen hat sich herausgestellt, dass die hinterlegten Landnutzungsdaten die kleinräumigen Strukturen vor Ort meist nicht

¹² „Die Verdrängungshöhe gibt an, wie weit die theoretischen meteorologischen Profile aufgrund von Bewuchs oder Bebauung in der Vertikalen zu verschieben sind.“ (TA Luft, 2002, S. 226)

wiedergeben. Hier ist häufig eine Korrektur der automatisch ermittelten Rauigkeitslänge notwendig.

Zur Festlegung der Rauigkeitslänge bei Berücksichtigung von Gebäuden siehe Kapitel 3.2.4.1.

Im folgenden Beispiel (Abb. 3) ist eine Darstellung der landnutzungsabhängigen Rauigkeitslängen für den südwestlichen Teil von Essen¹³ gezeigt. Diese Darstellung soll der Erläuterung der unterschiedlichen Landnutzungen und Rauigkeitslängen dienen. Sie entspricht nicht dem Gebiet, das für die Ermittlung der Rauigkeitslänge in der Ausbreitungsrechnung heranzuziehen ist. Die nummerierten Gebiete (1-10) und roten Linien sind einfache Beispiele für unterschiedliche Rauigkeitslängen z_0 .

Gebiet 1 zeigt den Mülheimer Flughafen mit $z_0 = 0,10$ m in hellblau sehr deutlich von der Umgebung abgegrenzt. Nördlich bei 2 befinden sich u. a. die Flughafengebäude, was zu höheren Rauigkeitslängen von $z_0 = 0,20$ m bis $z_0 = 1,00$ m führt. Das in 3 rot umrandete Gebiet besteht hauptsächlich aus Feldern (hier gelb dargestellt, geringe Rauigkeitslängen) mit leichter Bebauung (orange) und Bewaldung (dunkelgrün). In 4 ist der Baldeneysee dunkelblau mit sehr geringen Rauigkeitslängen. 5 zeigt Mischwald mit der deutlich höheren Rauigkeitslänge von $z_0 = 1,50$ m. Spezielle Gebiete wie Felder, Friedhöfe, Bewaldung (6) oder der Grugapark (7) können von der dichten Großstadtbebauung (8, dunkelbraun) gut abgrenzt werden. 9 zeigt das Gebiet mit den höchsten Rauigkeitslängen (rot, $z_0 = 2,00$ m), in dem sich die Hochhäuser südlich des Essener Hauptbahnhofs befinden. Gebiet 10 zeigt den Essener Stadtteil Werden mit dichter Bebauung (dunkelbraun) und Feldern (orange).

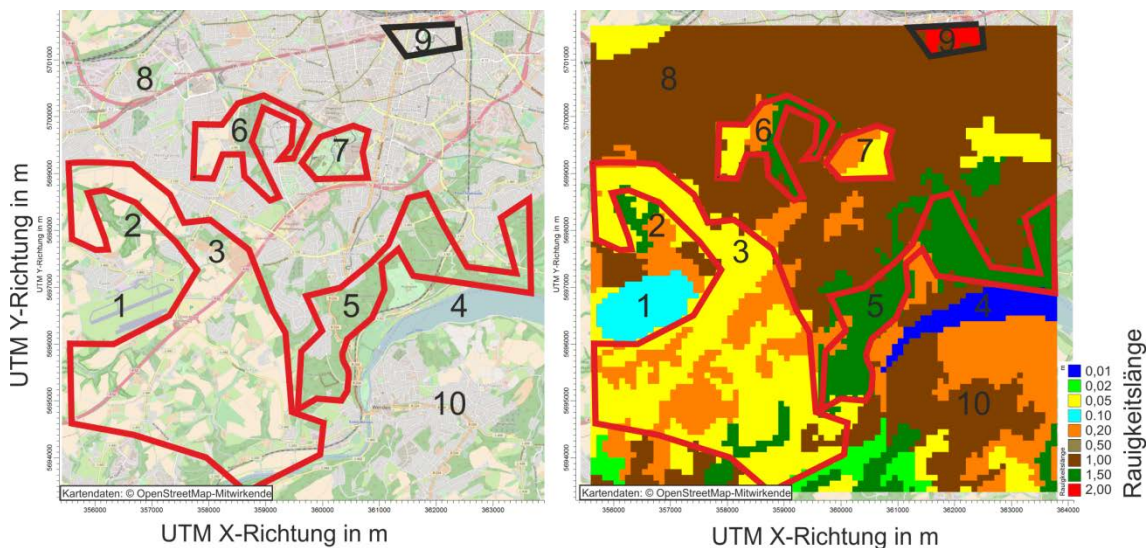


Abbildung 3: Ausschnitt der Landkarte und der berechneten Rauigkeitslänge des südwestlichen Teils von Essen. Erzeugt mit Austal View 9.0 und abgerufen am 01.02.2017. Modifikationen dienen der besseren Lesbarkeit. © OpenStreetMap-Mitwirkende.

¹³ UTM-Koordinaten des Mittelpunktes der Abbildung 3 (u_x, u_y) = (32 359 714, 56 97 535).

Im einfachsten Fall liegt im Umkreis der Emissionsquelle eine homogene Verteilung der Rauigkeitslänge vor.

Bei sehr inhomogener Verteilung der Rauigkeitslänge im Rechenggebiet ist eine ausführlichere Betrachtung erforderlich. Dies wird im Folgenden für ein Teilgebiet aus Abb. 3 erläutert:

Wäre zwischen den Gebieten 1 und 2 eine Anlage und das Gebiet zur Ermittlung der Rauigkeitslänge würde die Gebiete 1 und 2 umfassen (der Flughafen umfasst die Hälfte, der orangefarbene und dunkelbraune Teil in Gebiet 2 je ein Viertel vom Gesamtgebiet 1 und 2), so ergäbe sich als mittlere Rauigkeitslänge $z_0 \approx 0,10 \text{ m}/2 + 0,20 \text{ m}/4 + 1,00 \text{ m}/4 = 0,35 \text{ m}$ und somit gerundet auf die Rauigkeitslängenklassen 0,50 m für die Ausbreitungsrechnung. Aufgrund der großen Spannbreite an Rauigkeitslängen in dem relevanten Gebiet (0,10 m bis 1,00 m) kann im Einzelfall die Verwendung einer einzelnen gemittelten Rauigkeitslänge nicht ausreichend sein. In diesem Fall wären mehrere Ausbreitungsrechnungen mit den unterschiedlichen Rauigkeitslängen durchzuführen und entweder konservativ der jeweils höchste berechnete Immissionswert zur Bewertung heranzuziehen oder jeweils das Ergebnis je nach Anströmrichtung zu verwenden. Für die Immissionsorte leeseitig der Quelle wäre die Rauigkeitslänge luvseitig der Quelle ausschlaggebend, z. B. in diesem Fall für die Immissionsorte nördlich der Anlage und somit nördlich des Gebiets mit Rauigkeitslänge 0,10 m das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung mit Rauigkeitslänge 0,10 m.

3.2.3.4 Statistische Unsicherheit und Partikelrate

In Nr. 9 des Anhangs 3 der TA Luft (2002) ist festgelegt, dass die statistische Unsicherheit im Rechenggebiet bei Bestimmung der Kenngröße für das Jahresmittel 3% des Jahres-Immissionswertes nicht überschreiten darf und bei der Kenngröße für den Tagesmittelwert 30% des Tages-Immissionswertes¹⁴. Gegebenenfalls ist die statistische Unsicherheit durch eine Erhöhung der Qualitätsstufe (Parameter q_s) zu reduzieren. Die Erhöhung der Qualitätsstufe um den Wert 1 entspricht einer Verdopplung der Partikel. Dementsprechend verringert sich die statistische Unsicherheit bei gleichzeitiger Verdopplung der Rechenzeit. Standardmäßig ist bei AUSTAL2000 die Angabe einer Qualitätsstufe im Bereich von -4 bis +4 vorgesehen. Die Angabe einer höheren Qualitätsstufe als +4 ist unter Verwendung der Option „NOSTANDARD“ möglich.

In der Protokolldatei (*AUSTAL2000.log*) wird für das Immissionsmaximum und für vorgegebene Beurteilungspunkte die statistische Unsicherheit der Kenngrößen für Stoffe nach TA Luft (2002) in Prozent (siehe die in Anhang C, Beispiel 3 gezeigte

¹⁴ Statistischer Exkurs: Man kann sich diese statistischen Grenzwerte vereinfacht mit der Normalverteilung verständlich machen: Ungefähr 2/3 aller Werte liegen im 1- σ -Bereich (dabei ist σ die Standardabweichung), d.h. die Werte liegen im Intervall Erwartungswert (bzw. hier Tages-Immissionswert) $\mu \pm \sigma$. Damit liegen also ca. 1/3 der Werte nicht im erwarteten Bereich. Dagegen ist der 2- σ -Bereich deutlich konservativer, weil in diesem Bereich ca. 95% der Erwartungswerte (bzw. hier Jahres-Immissionswerte) liegen. Damit liegen also ca. 5% der Werte nicht im erwarteten Bereich (hier wurde mit 3% nochmal etwas konservativer abgeschätzt). Man kann bei Tageswerten mit deutlich größeren Schwankungen rechnen, so dass der 1- σ -Bereich hier durchaus berechtigt ist.

AUSTAL2000.log-Datei, Abbildung 9) in einer Klammer hinter der errechneten Konzentration angegeben, so dass hier ein direkter Vergleich mit den Anforderungen der TA Luft (2002) möglich ist.

Um den Forderungen der TA Luft (2002) nachzukommen, ist ein Nachweis darüber zu führen, dass im gesamten Rechengebiet der relative Stichprobenfehler nicht größer als 3% des Jahresimmissionswertes ist. Die räumliche Verteilung des Stichprobenfehlers ist im Gutachten darzustellen.

Bei einer Geruchsausbreitungsrechnung wird hinter der maximal errechneten Geruchshäufigkeit in Klammern die statistische Unsicherheit angegeben. Hierbei handelt es sich aber, entgegen der Angabe bei der Berechnung der Stoffe der TA Luft (2002), um den absoluten Stichprobenfehler.

Für Geruchsausbreitungsrechnungen wird empfohlen, eine Qualitätsstufe von +2 oder höher anzusetzen. In manchen Fällen kann es passieren, dass diese hohe Qualitätsstufe nicht ausreichend ist. Weitere Informationen dazu sind auf der AUSTAL2000-Internetseite unter FAQ zu finden¹⁵.

3.2.4 Ausbreitungsrechnung für komplexes Gelände

Immissionsprognosen im komplexen Gelände sind erheblich aufwendiger und bergen wesentlich mehr Fehlermöglichkeiten als Immissionsprognosen im ebenen Gelände. Bei Fällen außerhalb des Anwendungsbereiches des diagnostischen Modells der TA Luft (2002) wird empfohlen, die Vorgehensweise zur Erstellung einer Immissionsprognose vorab mit den zuständigen Behörden und Fachbehörden festzulegen.

¹⁵ Zugriff am 1.2.2017, FAQ S16: Warum ist eine Qualitätsstufe 2 in manchen Situationen nicht ausreichend, um die Geruchsstundenhäufigkeit zuverlässig zu bestimmen?

3.2.4.1 Berücksichtigung von Bebauung

Einflüsse von Bebauung auf die Immissionen im Rechengebiet sind gemäß Nr. 10, Anhang 3 der TA Luft (2002) zu berücksichtigen. Das Vorgehen wird in dem folgenden Ablaufschema (Abbildung 4) erläutert.

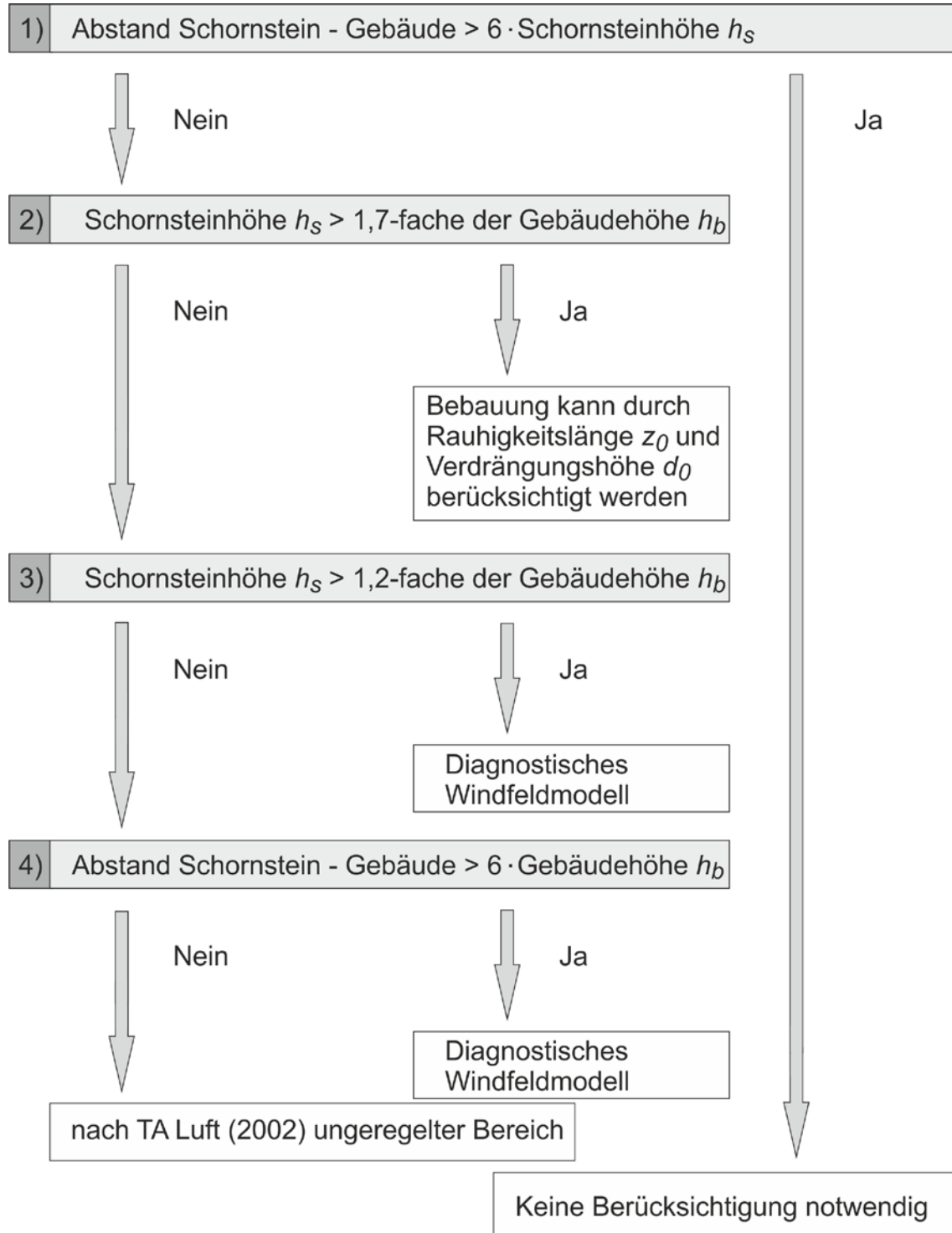


Abbildung 4: Ablaufschema zur Berücksichtigung von Bebauung gemäß Nr. 10 Anhang 3 der TA Luft

Die TA Luft (2002) unterscheidet demnach Anwendungsfälle in Abhängigkeit des Abstandes der Quelle von den Gebäuden und des Verhältnisses der Quell- zur Gebäudehöhe. Die TA Luft legt hiermit nicht nur fest, wann und wie Gebäudeeinflüsse zu berücksichtigen sind, sondern zeigt auch mögliche Grenzen des diagnostischen Windfeldmodells auf.

Die Prüfung dieser Anwendungsfälle kann, wie im Ablaufschema dargestellt, in vier Schritten erfolgen¹⁶:

Wenn der Abstand der Quelle (der Schornstein) zum Gebäude das Sechsfache der Schornsteinhöhe h_s überschreitet, ist der Einfluss durch die Gebäude vernachlässigbar (Punkt 1 in Abb. 4).

Trifft Punkt 1 nicht zu, aber die Schornsteinhöhe h_s ist größer als das 1,7-fache der Gebäudehöhe h_b , so kann die Bebauung durch die Rauigkeitslänge z_o und die Verdrängungshöhe d_o berücksichtigt werden (Punkt 2 in Abb. 4).

Wenn Punkt 2 nicht zutrifft, aber die Schornsteinhöhe h_s größer als das 1,2-fache der Gebäudehöhe h_b ist, können Gebäudeeinflüsse mit einem diagnostischen Windfeldmodell berücksichtigt werden (Punkt 3 in Abb. 4).

Ist Punkt 3 nicht erfüllt, aber der Abstand der Quelle (der Schornstein) zum Gebäude ist mehr als das Sechsfache der Gebäudehöhe h_b kann ebenfalls das diagnostische Windfeldmodell verwendet werden (Punkt 4 in Abb. 4).

Falls die Punkte 1 bis 4 in Abb. 4 nicht erfüllt sind, liegt ein nach TA Luft ungeregelter Bereich vor. Daher ist dort im Einzelfall zu prüfen, wie die Gebäudeberücksichtigung erfolgen kann.

Als einige Möglichkeiten sind zu nennen:

- vertikale Ersatzquellen
- prognostisches Windfeldmodell unter Berücksichtigung der VDI 3783 Blatt 9 (2003)
- diagnostisches Windfeldmodell

Der Vorschlag der vertikalen Ersatzquellen geht auf Untersuchungen an Tierhaltungsanlagen zurück (Hartmann et. al (2004) und Janicke (2005)). Aus diesen Untersuchungen lässt sich als pragmatischer Ansatz bei gebäudenaher Abluftführung die Festlegung vertikaler Linienquellen ohne Abluftfahnenüberhöhung ableiten. Diese Regelung gilt allerdings streng genommen nur für Abluftschächte, die sich auf einem Gebäude befinden und nicht für Quellen, die sich in der Nähe von Gebäuden befinden. Bei Quellkonfigurationen, bei denen die Höhe der Emissionsquellen größer als das 1,2-fache der Gebäude ist, sind die Emissionen über eine Höhe von $h_s/2$ bis h_s gleichmäßig zu verteilen. Liegen Quellhöhen vor, die kleiner als das 1,2-fache der Gebäude sind, sind die Emissionen über den gesamten Quellbereich (0 m bis h_s) zu verteilen.

Die Modellierung von Gebäudeeinflüssen an Kühltürmen mit Ausbreitungsrechnungen wurde im VGB-Forschungsprojekt 262 ausführlich untersucht. Die Ergebnisse des Projekts werden dort wie folgt zusammengefasst:

¹⁶ Die vier genannten Schritte entsprechen mit kleinen Modifikationen dem grauen (1), gelben (2), blauen (3) und roten (4) Bereich der VDI 3783 Blatt 13 (2010), S. 26.

„Dabei ist beim Einsatz von TALdia¹⁷ / AUSTAL2000 Folgendes zu beachten:

- Die horizontale Gitterweite muss im Einflussbereich der Bebauung so fein sein, dass die Ergebnisse unabhängig von der Orientierung des Rechengitters in Bezug auf die Gebäude sind.
- Es sollte ein vertikales Netz verwendet werden, bei dem die Oberseiten der hohen Gebäude exakt auf Gitterflächen liegen.
- Die Emissionsquelle „Kühlturm“ sollte nicht als Punktquelle sondern als Flächenquelle simuliert werden.
- Die Quelhöhe sollte 0,5 m höher als das Kühlturbauwerk angesetzt werden.
- Als Durchmesser von Kühlturbauwerken sollte jeweils der mittlere Durchmesser angegeben werden.“ (VGB 2006, S. 119)

Die Verwendung eines prognostischen Windfeldmodells ist deutlich komplexer und auch nur bedingt TA Luft-konform. Im Einzelfall ist daher zu prüfen, welches Vorgehen für den jeweiligen Fall sinnvoll ist. Innerhalb des nach TA Luft unregulierten Bereichs ist das Vorgehen im Einzelfall zu erläutern und nachvollziehbar zu begründen.

Die Gebäude werden in AUSTAL2000 als Quader vorgegeben, wobei die Unterseite des Quaders immer auf dem Erdboden aufliegt. Kreisförmige Gebäude können ebenfalls in AUSTAL2000 definiert werden. Gebäude werden intern auf dem Rechenetz aufgerastert, d. h. diejenigen Gitterzellen des Rechenetzes werden als Gebäudezellen angesehen, die ganz oder überwiegend von Gebäuden ausgefüllt sind (Janicke 2014). Dabei muss das Gitter fein genug definiert werden, damit die Gebäude auch hinreichend genau aufgelöst werden können¹⁸. Die Aufrasterung der Gebäude wird durch den Parameter qb bestimmt, je höher qb desto feiner die Auflösung.

Die aufgerasterten Gebäude sollten nicht mit Quellen überlappen, d. h. Quellen dürfen sich nicht innerhalb von Gebäuden befinden.

Das Windfeld zur Umströmung der Gebäude kann mit einem diagnostischen Windfeldmodell (z. B. TALdia) berechnet werden. Sind Gebäude vorgegeben, berechnet das Modell TALdia zuerst ein divergenzfreies Windfeld ohne Gebäude. In dieses werden dann die Gebäudeeinflüsse eingearbeitet. Das Ergebnis ist ein divergenzfreies Windfeld mit an die Gebäude angepassten Randbedingungen. Dabei werden für jede der 6 Stabilitätsklassen 36 Windfelder für 36 Anströmrichtungen berechnet. Der angegebene Divergenzfehler („größte im Rechenetz gefundene Divergenzwert“) sollte unter 0,05 liegen (Janicke 2014). Dieser Divergenzfehler ist unabhängig von dem Verhältnis Schornsteinhöhe h_q zur Gebäudehöhe H und sagt damit nichts über die Anwendbarkeit des diagnostischen Windfeldmodells zur

¹⁷ Das Programm TALdia ist ein Bestandteil des Programmpakets AUSTAL2000. Es berechnet das Windfeld bei Berücksichtigung von Geländeunebenheiten und/oder Gebäude. Es ist ein diagnostisches Windfeldmodell, d.h. es wird iterativ ein divergenzfreies Windfeld berechnet. Das Programm TALdia und die dahinter liegende Theorie ist in der Programmbeschreibung von AUSTAL2000 (Anhang D) veröffentlicht.

¹⁸ Für interessierte Leser: Aus der Nachrichtentechnik besagt das Abtasttheorem (Nyquist-/Nyquist-Shannon-Abtasttheorem) sinngemäß, dass gemessene Objekte exakt rekonstruiert werden können, wenn mit mindestens der halben Objektgröße abgetastet wird.

Gebäudeberücksichtigung nach TA Luft (2002) aus. Der maximale Divergenzfehler ist in der Protokolldatei *TALdia.log* ablesbar.

Bei Ausbreitungsrechnungen mit Gebäude ist die Festlegung der horizontalen und vertikalen Maschenweite und der Rauigkeitslänge zu prüfen. Die Maschenweite muss fein genug sein, dass die zu berücksichtigenden Gebäude im Rechenraster hinreichend genau abgebildet werden. Entsprechend ist bei modellinterner Festlegung des Rechengitters gegebenenfalls der Wert qb anzupassen und die Auflösung der Gebäude zu prüfen. Die Bestimmung der Rauigkeitslänge ist ebenfalls manuell vorzugeben, da bei der Bestimmung der Rauigkeitslänge die Flächenanteile mit Gebäude heraus gerechnet werden müssen.

Bei der Festlegung von Beurteilungspunkten (z.B. betroffene Wohnhäuser) ist zu beachten, dass diese Punkte nicht innerhalb der berücksichtigten Gebäude liegen dürfen, da AUSTAL2000 innerhalb von Gebäuden keine Konzentration berechnet.

3.2.4.2 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten

Unebenheiten des Geländes sind nach TA Luft (2002) in der Regel, wie die nachfolgende Abbildung 5 verdeutlicht, nur zu berücksichtigen, falls innerhalb des Rechengebietes Höhendifferenzen zum Emissionsort von mehr als dem 0,7-fachen der Schornsteinhöhe und Steigungen von mehr als 1:20 auftreten. Die Steigung ist dabei aus der Höhendifferenz über eine Strecke zu bestimmen, die dem 2-fachen der Schornsteinhöhe entspricht. Bei Steigungen unter 1:20 (grüner Bereich in Abb. 5), kann nach TA Luft (2002) ohne Berücksichtigung von Geländeunebenheiten gerechnet werden.

Geländeunebenheiten können in der Regel mit Hilfe eines mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells (z. B. TALdia) berücksichtigt werden, wenn die Steigung des Geländes den Wert 1:5 nicht überschreitet und wesentliche Einflüsse von lokalen Windsystemen oder anderen meteorologischen Besonderheiten ausgeschlossen werden können (blauer Bereich in Abb. 5).

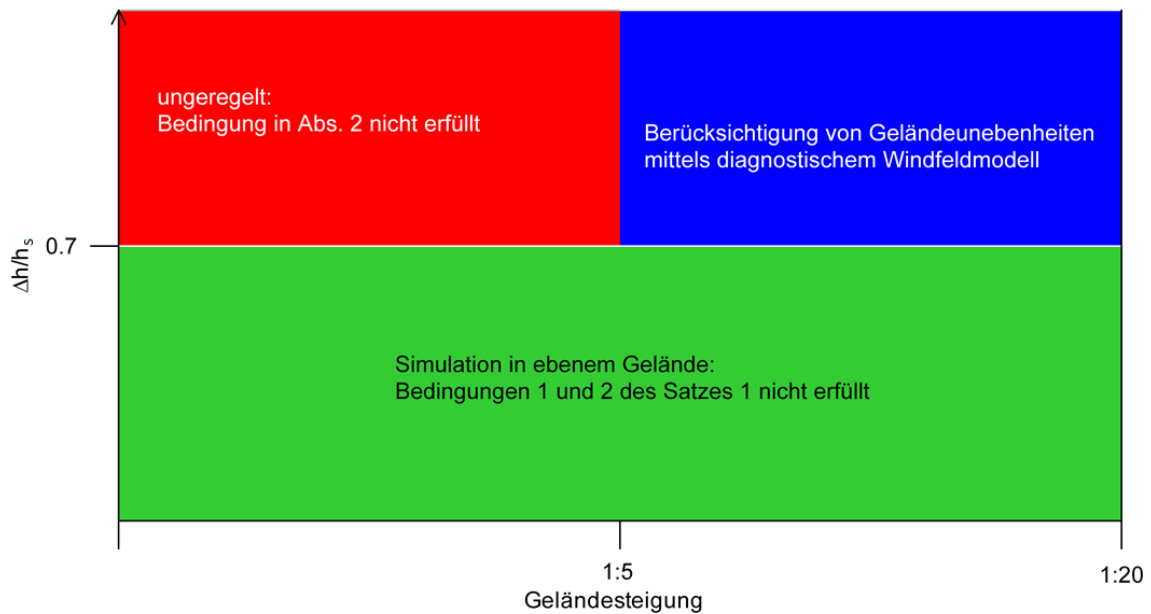


Abbildung 5: Berücksichtigung der Geländestruktur gemäß Nr. 11 Anhang 3 der TA Luft (2002)

Zur Berücksichtigung der Geländeunebenheiten muss in der Eingabedatei von AUSTAL2000 (*austal2000.txt*) der Parameter *gh* gesetzt werden. Der Wert des Parameters ist der Name der Datei mit dem *digitalen Geländemodell* (DGM), das die Informationen über die Geländehöhen im Rechengebiet enthält. Das DGM kann vom jeweiligen Landesvermessungsamt bezogen werden (Janicke 2014). Dabei muss beachtet werden, dass die räumliche Auflösung der Geländeberechnung die Steigung beeinflusst. Je größer das Gitter, desto stärker werden z.B. starke Steigungen gemittelt und damit unterschätzt. Daher ist auch darauf zu achten, dass die verwendete Geländedatei ausreichend fein aufgelöst ist. Dies ist in der Regel der Fall, wenn die Auflösung der Geländedatei nicht größer als die Schornsteinhöhe h_s ist.

Das Windfeldmodell TALdia erwartet, dass in der Datei mit den Geländehöhen für alle Gitterpunkte gültige Höhenwerte angegeben sind. Aus diesen Werten bestimmt das Modell die Geländehöhen an den Gitterpunkten des Rechengitters und speichert sie als Datei *zg00.dmna* (bei geschachtelten Gittern entsprechend *zg01.dmna*, *zg02.dmna* usw.) im Projektordner ab. Die räumliche Auflösung des digitalen Geländemodells ist im Gutachten anzugeben. Die Maschenweite des Rechengitters braucht dabei nicht mit der Maschenweite des DGM übereinzustimmen, allerdings muss das Rechengebiet vollständig innerhalb des vom DGM abgedeckten Bereiches liegen. Enthält das Projektverzeichnis bereits die Datei *zg00.dmna* und ist das entsprechende Rechnernetz explizit in der Eingabedatei definiert, dann wird der im Parameter *gh* angegebene Dateiname ignoriert und das Geländeprofil wird nicht neu berechnet (Janicke 2014).

Wie Abbildung 5 verdeutlicht, darf nach TA Luft das diagnostische Windfeldmodell in Gelände mit Steigungen von mehr als 1:5 (roter Bereich) nicht verwendet werden. Einen ersten Anhaltspunkt für ein Gelände mit zu hohen Steigungen bietet folgende Information in der Protokolldatei *AUSTAL2000.log*:

„Die maximale Steilheit des Geländes ist 0.52 (0.47).“

Die erste Zahl ist die Steilheit, die beim Vergleich unmittelbar benachbarter Gitterpunkte gefunden wird, die zweite Zahl in Klammern ist der Wert, der beim Vergleich der übernächsten Gitterpunkte erhalten wird. Die Punkte haben dann in der Regel einen Abstand von der doppelten Bauhöhe der Quelle (Janicke 2014). Die Zahl 0.2 bedeutet einen Anstieg von 1:5.

Falls anhand der oben genannten Information in der Protokolldatei die Steilheit des Geländes mehr als 1:5 beträgt, ist noch nicht bekannt, wie großflächig das Kriterium 1:5 im Rechengebiet überschritten wird, und wo es überschritten wird. Um dies zu überprüfen, wurde das Programm „zg2s“ erstellt, das im Internet unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/ausbreitungsmodelle-fuer-anlagenbezogene/download> sowie unter <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/ausbreitung/ta-luft-modell/leitfaden-immissionsprognosen/> (Luft → Ausbreitungsrechnung → TA-Luft-Modell → Leitfaden Immissionsprognosen \ Steigungsprogramm) frei verfügbar ist. zg2s wertet die von AUSTAL2000 erstellte Datei mit den verwendeten Geländehöhen (i. A. *zg00.dmna*) aus und legt eine Datei *zg00_s.dmna* an, in der die Geländesteigungen an jedem Punkt des Rechengebiets enthalten sind.

Abbildung 6 zeigt beispielhaft eine graphische Auswertung des Programms zg2s. Es ist zu erkennen, dass nur an wenigen Stellen im Rechengebiet die Geländesteilheit den Wert 1:5 übersteigt (rote Flächen). In weiten Teilen ist das Gelände flacher geneigt, so dass die Anwendung des diagnostischen Windfeldmodells möglich ist. Dabei ist zu beachten, dass der Wert des „Divergenzfehlers“ unter 0,05 liegen sollte (s. auch Kapitel 3.2.4.1).

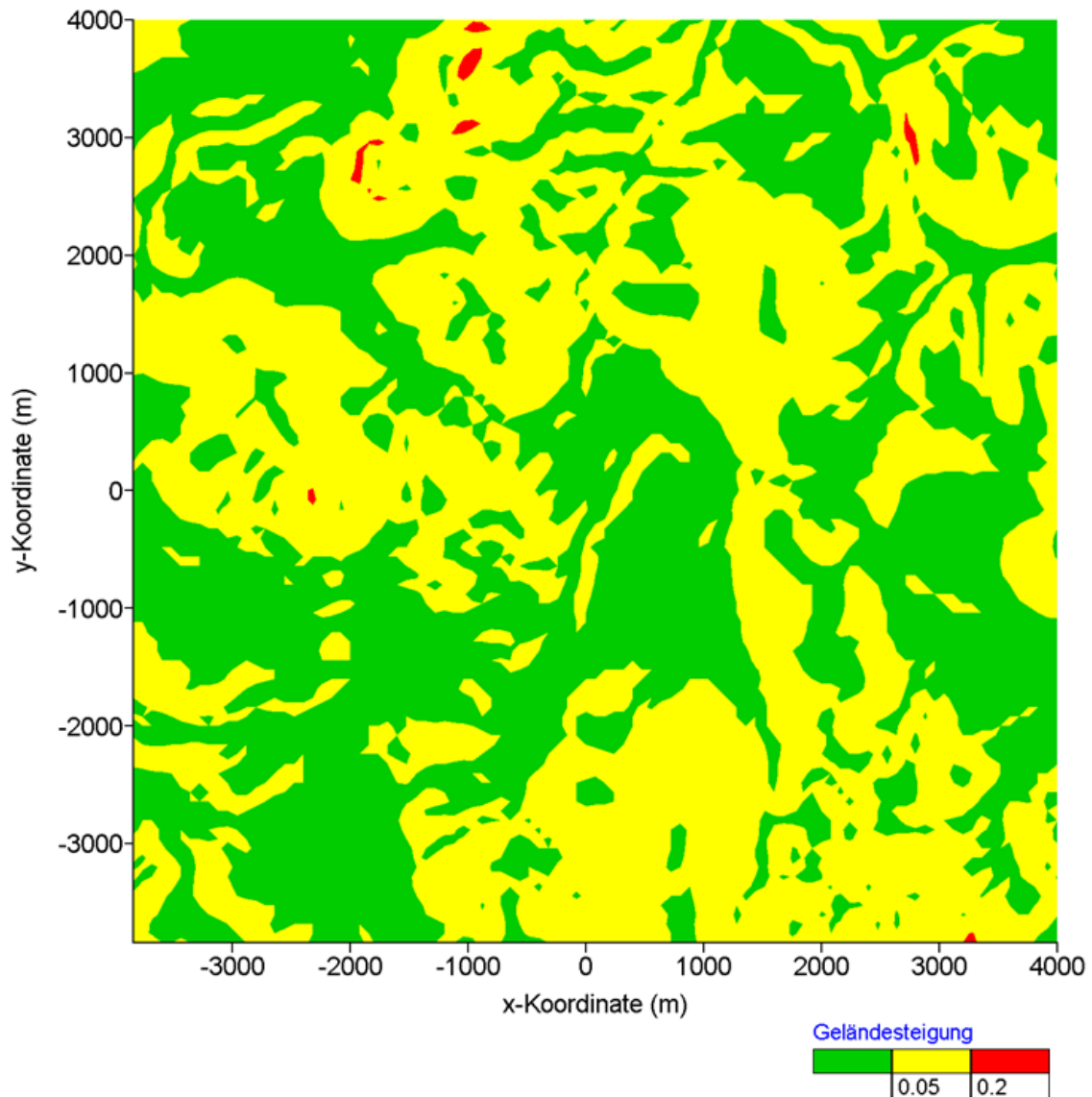


Abbildung 6: Ergebnisdarstellung zur Überprüfung der Steilheit im Rechengebiet / Beispiel 1

Anders verhält es sich in Abbildung 7. Hier wird das Steigungskriterium zur Anwendbarkeit des diagnostischen Windfeldmodells großflächig überschritten (rote Flächen). In einem solchen Fall kann TALdia unrealistische Windfelder mit hohen Vertikalwindgeschwindigkeiten berechnen, die im Extremfall zum Programmabbruch führen können. Die Kriterien zum Programmabbruch sind im Kapitel 9.3 der AUSTAL2000-Programmbeschreibung aufgeführt (Janicke 2014). Eine pauschale Aussage anhand der Geländesteigungen, ab wann das diagnostische Windfeldmodell außerhalb des Bereichs nach TA Luft (2002) nicht mehr angewandt werden kann, ist nicht möglich.

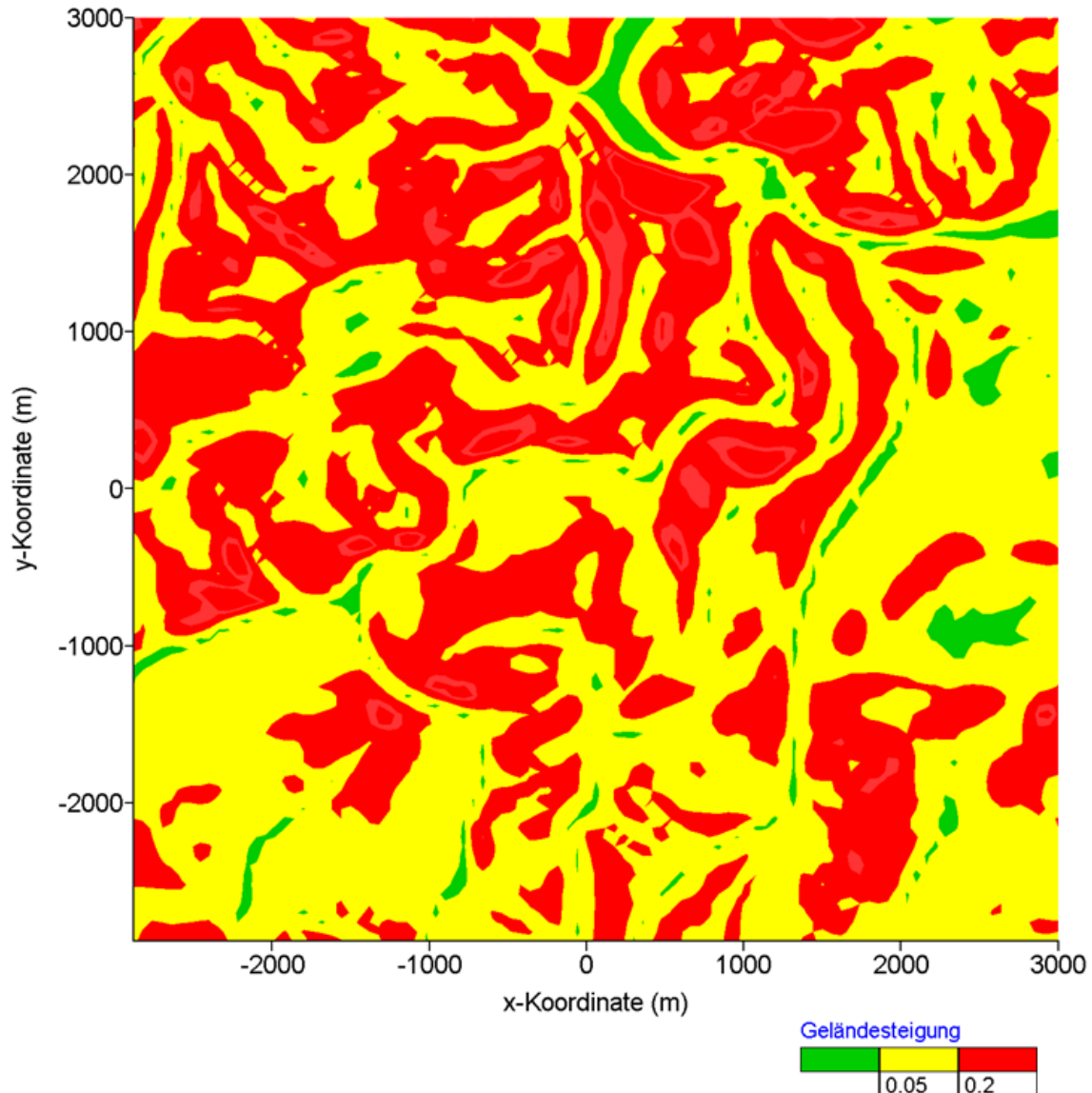


Abbildung 7: Ergebnisdarstellung zur Überprüfung der Steilheit im Rechengebiet / Beispiel 2

Bei so extremen Geländeformen sind folgende Vorgehensweisen denkbar:

- Strömungsuntersuchungen mit einem prognostischen mesoskaligen Windfeldmodell (vgl. VDI 3783 Blatt 16 (2015)).
- Es wird die Immissionsbelastung im Rechengebiet für ein ebenes Gelände bestimmt und anschließend das Ergebnis mit einem Faktor 10 multipliziert. Dahinter steckt die Annahme, dass der Einfluss des Geländes auf die Ausbreitungsrechnung in keinem Fall größer als 10 ist. In den meisten Fällen ist der Einfluss deutlich niedriger (Wichmann-Fiebig 1999). Die Nachteile dieser Methode sind:

- Es ermöglicht nur eine Aussage über das Immissionsmaximum, nicht über die Lage des Maximums. Maßgebliche Beurteilungspunkte können daher nicht festgelegt werden.
- Geruchsimmissionen können hiermit nicht ausgewiesen werden.
- Die Einhaltung des Irrelevanzkriteriums nach TA Luft (2002) ist häufig nicht gegeben. Die Bestimmung der Vorbelastung und Bildung der Gesamtbelastung ist erforderlich.

Bei Immissionsprognosen in derart stark gegliedertem Gelände sollte frühzeitig eine Absprache zur Festlegung der Vorgehensweise zwischen Antragsteller, Gutachter, Genehmigungsbehörde und Fachbehörde festgelegt werden.

Unter Umständen sind in Einzelfällen auch andere Vorgehensweisen denkbar. Dazu gehört beispielsweise die Durchführung von Windmessungen am Anlagenstandort. Diese anderen Vorgehensweisen sollten aber frühzeitig mit der Genehmigungsbehörde abgestimmt und sowohl ausführlich als auch sehr gut begründet werden.

Bei gegliedertem Gelände können auch Kaltluftabflüsse von Bedeutung sein. Daher sollte geprüft werden, ob Kaltluftabflüsse auftreten können. Wenn Kaltluftabflüsse auftreten können, ist zu prüfen, ob diese für die Immissionsprognose relevant sind. Zur Berücksichtigung von Kaltluftabflüssen in der Immissionsprognose gibt es verschiedene Vorgehensweisen. Das Vorgehen sollte im Gutachten erläutert und begründet werden und ist ggf. mit der Genehmigungsbehörde abzusprechen.

3.3 Ergebnisdarstellung

Das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 legt im Projektordner zunächst eine Protokolldatei (*AUSTAL2000.log*) an, in der es unter anderem den Zeitpunkt der Rechnung, die Programmversion und den Namen des Projektordners vermerkt (Janicke 2014). Die Protokolldatei enthält eine Aussage zum Ort und der Höhe des Immissionsmaximums.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung werden für die verschiedenen Stoffe jeweils in separaten Dateien abgelegt. Die Dateinamen haben die Form

Stoff – TypParameterNetz + den Zusatz dmna

Beispiel: *so2-j00z01.dmna* = Jahresmittelwert der Zusatzbelastung an SO₂ in Netz 1

Laut der Programmbeschreibung zur Version 2.6 von AUSTAL2000 werden die Konzentrationsfelder als 3-dimensionale Tabellen und die Depositionsfelder als 2-dimensionale Tabellen gespeichert. Tatsächlich wird bei den Konzentrationsfeldern nur die untere Schicht gespeichert und die eigentliche Tabelle ist 2-dimensional. Die genaue Struktur der Dateien ist im Anhang A der Programmdokumentation zu AUSTAL2000 beschrieben (Janicke 2014).

Weiterhin bietet AUSTAL2000 die Möglichkeit, die Immissionen für ausgewählte Beurteilungspunkte im Rechengebiet zu ermitteln und in der Protokolldatei auszugeben. Die Beurteilungspunkte (manchmal auch als Monitorpunkte bezeichnet) müssen in die Datei *AUSTAL2000.txt* eingegeben werden. Die Anzahl der Beurteilungspunkte ist beschränkt auf maximal 20. Die Ergebnisse für jeden Stoff und jeden Beurteilungspunkt sind u. a. in der Protokolldatei *AUSTAL2000.log* aufgelistet.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung sind im Gutachten graphisch und tabellarisch darzustellen. Die Karten sind so aufzubauen, dass sie folgende Angaben enthalten:

- Maßstab der Karte
- Legende
- Stoffangabe
- Einheit (z. B. µg/m³)
- optional: Erstellungsdatum
- optional: Darstellung der Quellen

Die Darstellung soll auf Gitterzellen erfolgen. Eine Darstellung durch Isolinien kann als zusätzliche Information erfolgen. Erforderlich ist die Darstellung von Isolinien bei der Festlegung des Beurteilungsgebiets Geruch (siehe Zweifelsfragen-GIRL (2014)).

Die tabellarische Darstellung der Ergebnisse im Gutachten (beispielsweise für das Immissionsmaximum im Rechengebiet) kann folgendermaßen erfolgen:

Stoff	Immissionszusatzbelastung	Vorbelastung	Gesamtbelastung	Immissionswert
	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
A	Wert	Wert	Wert	Wert
B	Wert	Wert	Wert	Wert

Bei Betrachtung der Immissionssituation an ausgewählten Beurteilungspunkten ist die oben genannte tabellarische Darstellung für jeden Beurteilungspunkt separat durchzuführen. Die statistische Unsicherheit an den Beurteilungspunkten muss dabei berücksichtigt werden (siehe Nr. 9 Anhang 3 der TA Luft (2002)).

Wird auf die Irrelevanz der Anlage nach TA Luft (2002) geprüft, ist die Immissionszusatzbelastung der gesamten Anlage zu bestimmen und mit den Immissionswerten der TA Luft (2002) zu vergleichen.

4. Literaturverzeichnis

GIRL 2008: Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie - GIRL -) in der Fassung vom 29. Februar 2008 und einer Ergänzung vom 10. September 2008 mit Begründung und Auslegungshinweisen (zweite ergänzte und aktualisierte Fassung).

Hartmann et al. 2004: Hartmann, U.; Gärtner, A.; Hölscher, M.; Köllner, B. und Janicke, L. (2004): Untersuchungen zum Verhalten von Abluftfahnen landwirtschaftlicher Anlagen in der Atmosphäre. Jahresbericht 2003 des Landesumweltamts NRW, Essen.

Janicke 2005: Janicke, L. (2005): Durchführung von Ausbreitungsrechnungen zur Unterstützung der Messplanung und Messauswertung im Rahmen des Projekts Relevanz der Ammoniak-Emissionen für die Immissionsbelastung mit Schwebstaub und für Vegetationsschäden. Ingenieurbüro Janicke, Dunum, im Auftrag des Landesumweltamts NRW, Essen.

Janicke 2014: Janicke, L. und Janicke, U. (2014): AUSTAL2000 – Programmbeschreibung zu Version 2.6, Stand: 26.06.2014. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau Ingenieurbüro Janicke, Überlingen. http://www.austal2000.de/data/2014-09-03/austal2000_de.pdf (zuletzt aufgerufen am 27.03.2017).

Janicke und Janicke 2003: Janicke, L. und Janicke, U. (2003): Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz. Ingenieurbüro Janicke, Dunum, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin (Abschlussbericht UFOPLAN-Vorhaben AUSTAL2000). <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/ausbreitungsmodelle-fuer-anlagenbezogene/download>. (zuletzt abgerufen am 24.02.2017).

Janicke und Janicke 2007: Janicke, L. und Janicke, U. (2007): Die Entwicklung des Ausbreitungsmodells AUSTAL2000G. Berichte zur Umweltphysik Nr. 5, Ingenieurbüro Janicke, Dunum, Meersburg.

Keil et al. 2005: Keil, M.; Kiefl, R. und Strunz, G. (2005): CORINE Land Cover 2000 – Germany, Final Report, Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/corine-land-cover-2000-germany> (zuletzt abgerufen am 24.02.2017).

LAI Stickstoffleitfaden 2012: Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz Langfassung, Stand: 1. März 2012, Mitglieder des Arbeitskreises „Ermittlung und Bewertung von Stoffeinträgen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz“, Leitung: Land Nordrhein-Westfalen in Kooperation mit dem Umweltbundesamt.

Merkblatt Schornsteinhöhenberechnung 2012: LAI-Unterausschuss Luftqualität, Wirkungsfragen, Verkehr, Fachgespräch Ausbreitungsrechnung, Stand: 06.11.2012. http://www.hlnug.de/fileadmin/downloads/luft/Merkblatt_Schornsteinhoehe_nberechnung_V15_12_11_06.pdf (zuletzt abgerufen am 27.03.2017).

MKUNLV 2014: Erlass zum Immissionsschutz, Irrelevanzklauseln der TA Luft, Erlass des MKUNLV des Landes NRW vom 22.8.2014, Aktenzeichen V-2.

Namyslo 2014: Namyslo, J. (2014), Bestimmung der in AUSTAL2000 anzugebenden Anemometerhöhe. Deutscher Wetterdienst, Abteilung Klima- und Umweltberatung. Offenbach, Stand: 15.10.2014, <https://www.dwd.de/DE/leistungen/gutachtengpr/verfahrensbeschreibung-merkblatt.pdf?blob=publicationFile&v=3> (zuletzt abgerufen am 27.03.2017).

Sucker et al. 2006: Sucker, K.; Müller, F. und Both, R. (2006): Geruchsbeurteilung in der Landwirtschaft. Bericht zu Expositions-Wirkungsbeziehungen, Geruchshäufigkeit, Intensität, Hedonik und Polaritätenprofilen. Materialien 73. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen 2006.

TA Luft 2002: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift vom 24.07.02 zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft). – Gemeinsames Ministerialblatt vom 30.07.02, Nr. 25-29, 511-606.

UBA 2017: Ausbreitungsmodelle für anlagenbezogene Immissionsprognosen, Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/ausbreitungsmodelle-fuer-anlagenbezogene/uebersicht-kontakt#textpart-1> (zuletzt aufgerufen am 14.02.2017).

VDI 3782 Blatt 1 (2001): Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Gauß'sches Fadenmodell für Pläne zur Luftreinhaltung. *VDI Richtlinie 3782 Blatt 1*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3782 Blatt 3 (1985): Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre; Berechnung der Abgasfadenüberhöhung. *VDI Richtlinie 3782 Blatt 3*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3782 Blatt 5 (2006): Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Depositionsparameter. *VDI Richtlinie 3782 Blatt 5*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3783 Blatt 8 (2002): Umweltmeteorologie - Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbreitungsmodelle. *VDI Richtlinie 3783 Blatt 8*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3783 Blatt 9 (2003): Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung. *VDI Richtlinie 3783 Blatt 9*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3783 Blatt 13 (2010): Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsprognose Anlagenbezogener Immissionsschutz - Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft. *VDI Richtlinie 3783 Blatt 13*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3783 Blatt 16 (2015): Umweltmeteorologie - Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle - Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft. *VDI Richtlinie 3783 Blatt 16*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3783 Blatt 20 (2017): Umweltmeteorologie - Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft. *VDI Richtlinie 3783 Blatt 20*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3783 Blatt 21 (2017): Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung meteorologischer Daten für die Ausbreitungsrechnung nach TA Luft und GIRL. *VDI Richtlinie 3783 Blatt 21*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3784 Blatt 2 (1990): Umweltmeteorologie - Ausbreitungsrechnung bei Ableitung von Rauchgasen über Kühltürme. *VDI Richtlinie 3784 Blatt 2*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3786 Blatt 2 (2000): Umweltmeteorologie - Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhaltung – Wind. *VDI Richtlinie 3786 Blatt 2*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3940 Blatt 1 (2006): Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen – Bestimmung der Immissionshäufigkeit von erkennbaren Gerüchen Rastermessung. *VDI Richtlinie 3940 Blatt 1*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3940 Blatt 2 (2006): Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen – Bestimmung der Immissionshäufigkeit von erkennbaren Gerüchen Fahnenmessung. *VDI Richtlinie 3940 Blatt 2*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 3945 Blatt 3 (2000): Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle Partikelmodell. – *VDI Richtlinie 3945 Blatt 3*, Beuth-Verlag, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VGB 2006: VGB- Forschungsprojekt Nr. 262, Studie zur Anwendbarkeit des Ausbreitungsmodells AUSTAL2000 mit Windfeldmodell TALdia im Hinblick auf die Gebäudeeffekte bei Ableitung von Rauchgasen über Kühltürme und Schornsteine, Projekt W1104/0909, Stand 16. Jan. 2006, argumet Bahmann & Schmonsees GbR, Arbeitsgemeinschaft für Umwelt-Meteorologie und Luftreinhaltung. <https://www.vgb.org/vgbmultimedia/FE262.pdf> (zuletzt abgerufen am 27.03.2017).

Wichmann-Fiebig 1999: Wichmann-Fiebig, M. (1999): Determining annual mean concentration values in complex terrain. Proceedings of the 6th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Modelling for Regulatory Purposes, Rouen.

Zweifelsfragen-GIRL 2014: Bund-Länder-Arbeitskreis GIRL-Expertengremium, Zweifelsfragen zur Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) - Zusammenstellung des länderübergreifenden GIRL-Expertengremiums, Februar 2014.

5. Liste der Formelzeichen

Hinweis: Parameter, die auch so in AUSTAL2000 verwendet werden, sind mit (AP) gekennzeichnet.

aq	Ausdehnung der Quelle in x-Richtung (AP)
as	Angabe des Dateinamens der Ausbreitungsklassenstatistik (AP)
az	Angabe des Dateinamens der Ausbreitungsklassenzeitreihe (AP)
bq	Ausdehnung der Quelle in q-Richtung (AP)
cq	vertikale Ausdehnung der Quelle (AP)
d_o	Verdrängungshöhe (Dimension: Länge) (AP)
dd	Horizontale Maschenweite des Rechengitters (Dimension: Länge) (AP)
dq	Durchmesser der Quelle (Dimension: Länge) (AP)
gh	Angabe des Dateinamens der Geländedatei (AP)
h	Höhe des Firstes über dem Flachdach (Dimension: Länge)
Δh	Abluftfahnenenerhöhung (Dimension: Länge)
H	Höhe des Gebäudes ohne Dachfirst (Dimension: Länge)
h_a	Anemometerhöhe (Dimension: Länge) (AP)
hb	Gebäudehöhe (Dimension: Länge)
hp	Höhe des Beurteilungspunktes über dem Erdboden (AP)
hq	Höhe der Quelle über dem Erdboden (AP)
h_s	Schornsteinhöhe (Dimension: Länge)
l_q	Flüssigwassergehalt (Dimension: kg/kg) (AP)
μ	Mittelwert (Statistik)
nx	Anzahl der Gitterzellen in x-Richtung (West-Ost) (AP)
ny	Anzahl der Gitterzellen in y-Richtung (Nord-Süd) (AP)
nz	Anzahl der Gitterzellen in z-Richtung (vertikal) (AP)
qb	Qualitätsstufe für die automatische Festlegung der Gebäudeaufraasterung (AP)
q_q	Wärmestrom (Dimension: Energie) (AP)
R	Abluftvolumenstrom (Dimension: Volumen/Zeit)
r_q	relative Feuchte (Dimension: %) (AP)
σ	Streuung (Statistik)
T_0	Referenztemperatur nach TA Luft 2002 (Wert: 283,15 K oder 10 °C)
T_q	Ablufttemperatur (Dimension: Kelvin) (AP)
ux	UTM-Koordinate in x-Richtung (Dimension: Länge) (AP)
uy	UTM-Koordinate in y-Richtung (Dimension: Länge) (AP)
v_d	Depositionsgeschwindigkeit (Dimension: Länge/Zeit)
v_q	Austrittsgeschwindigkeit (Dimension: Länge/Zeit) (AP)
v_s	Sedimentationsgeschwindigkeit (Dimension: Länge/Zeit)
wq	Drehwinkel der Quelle (AP)
x_o	Linker Rand des Rechengebietes in m, relativ zum Bezugspunkt (AP)
xa	x-Koordinate des Anemometers (AP)
xp	x-Koordinate des Beurteilungspunktes (AP)
xq	x-Koordinate der Quelle (AP)
y_o	Unterer Rand des Rechengebietes, relativ zum Bezugspunkt (Dimension: Länge) (AP)
ya	y-Koordinate des Anemometers (AP)

y_p	y-Koordinate des Beurteilungspunktes (AP)
y_q	y-Koordinate der Quelle (AP)
z_0	Rauigkeitslänge (Dimension: Länge) (AP)

Anhang A: Prüfliste zur Gutachtenprüfung

1. Allgemeines (Kapitel 3.1)

Vorgang:
Auftraggeber:
Gutachter/ -büro:
Bearbeiter/Gutachter:
Telefonnummer:
E-mail-Adresse:
Aktenzeichen:
Erstellungsdatum:

Aufgabenstellung:

1. Wurde das Vorhaben allgemein beschrieben? ☐ ja ☐ nein
2. Neuerrichtung ☐ wesentliche Änderung ☐
3. Welche Stoffe werden betrachtet?
.....
4. Für welche Stoffe erfolgt eine Ausbreitungsrechnung?
.....
5. Für welche Stoffe erfolgt eine Prüfung auf Irrelevanz?
.....
6. Für welche Stoffe wird die Gesamtbelastung ermittelt?
.....
7. Wurde die Vorortsituation beschrieben? ☐ ja ☐ nein
8. Wurden Messberichte beigefügt? ☐ ja ☐ nein
8.1 Wenn Ja, welche?
.....
.....
9. Ist das Literaturverzeichnis enthalten? ☐ ja ☐ nein
10. Sind die Protokolldateien im Gutachten enthalten? ☐ ja ☐ nein

2. Emissionsdaten (Kapitel 3.2.1)

1. Wie viele Quellen werden berücksichtigt?
2. Um welche Art von Quellen handelt es sich? (Kapitel 3.2.1.1)
 - a) Punktquellen ☐ ja ☐ nein
 - b) Linienquellen ☐ ja ☐ nein
 - c) Flächenquellen ☐ ja ☐ nein
 - d) Volumenquellen ☐ ja ☐ nein

Wird mehr als eine Quellart genannt, kann dies in Kapitel 8 der Prüfliste erläutert werden.
3. Liegen zu den einzelnen Emissionsquellen folgende Angaben vor (für jede Quelle auszufüllen):
 - a) Koordinaten der Emissionsquelle ☐ ja ☐ nein
 - b) Höhe der Emissionsquelle: ☐ ja ☐ nein
 - c) Durchmesser oder Austrittsfläche der Quelle: ☐ ja ☐ nein
 - d) Abluftvolumenstrom in Norm, feucht: ☐ ja ☐ nein ☐ entfällt
 - e) Abluftvolumenstrom in Norm, trocken: ☐ ja ☐ nein ☐ entfällt
 - f) Austrittsgeschwindigkeit: ☐ ja ☐ nein ☐ entfällt
 - g) Ablufttemperatur: ☐ ja ☐ nein ☐ entfällt
 - h) Emissionsmassenstrom: ☐ ja ☐ nein
 - i) Betriebsdauer ☐ ja ☐ nein
4. Fehlen relevante Quellen?
(Wenn ja, bitte in Kap. 8 der Prüfliste erläutern) ☐ ja ☐ nein
5. Sind im Gutachten Angaben zur Korngrößenverteilung von Staub und den partikelgebundenen Stoffen gemacht worden? ☐ ja ☐ nein ☐ entfällt
6. Sind im Gutachten Angaben zum Verhältnis NO zu NO₂ gemacht worden? ☐ ja ☐ nein ☐ entfällt
7. Werden tierartspezifische Wichtungsfaktoren Geruch angesetzt? ☐ ja ☐ nein

- | | | | | |
|------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 8. | Wurden einzelne Quellen zu „Ersatzquellen“ zusammengefasst? | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| 8.1 | Wenn ja, sind folgende Daten der „Ersatzquellen“ bekannt? | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| | a) absolute Koordinaten
(z.B. UTM- oder Gauß-Krüger-Koordinaten): | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| | b) Höhe der Quelle: | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| | c) Durchmesser der Quelle: | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| | d) Ablufttemperatur: | ☐ | ☐ | ☐ |
| | | ja | nein | entfällt |
| | e) Austrittsgeschwindigkeit: | ☐ | ☐ | ☐ |
| | | ja | nein | entfällt |
| | f) Emissionsmassenstrom: | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| | g) Betriebsdauer: | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| 9 | Haben Emissionsquellen eine zeitliche Charakteristik? (Kapitel 3.2.1.3) | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| 9.1 | Wenn ja, wurde dies vom Gutachter berücksichtigt? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | | ja | nein | entfällt |
| 9.2 | Wenn ja, ist die Vorgehensweise zur Berücksichtigung der zeitlichen Charakteristik im Gutachten beschrieben? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | | ja | nein | entfällt |
| 10. | Haben Emissionsquellen eine situationsabhängige Charakteristik? (Kapitel 3.2.1.4) | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| 10.1 | Wenn ja, wurde dies vom Gutachter berücksichtigt? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | | ja | nein | entfällt |
| 10.2 | Wenn ja, ist die Vorgehensweise zur Berücksichtigung der situationsabhängigen Charakteristik im Gutachten beschrieben? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | | ja | nein | entfällt |
| 11. | Bei welchen Quellen wurde eine Abluftfahnen-überhöhung (Kapitel 3.2.1.5) berücksichtigt? | | | |
| 11.1 | Sind für diese Quellen die Bedingungen zum Ansatz von Abluftfahnenüberhöhung erfüllt? | | | |

3. Meteorologie (Kapitel 3.2.2)

1. Welche Daten zur meteorologischen Messung liegen vor?
Station / Lage der Messdaten:
Höhe über NN:
Anemometerhöhe:
Messzeitraum:
2. Wurde der Messbericht dem Gutachten beigelegt? ☐ ja ☐ nein
3. Wurden die Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 21 (2017) berücksichtigt? ☐ ja ☐ nein
4. Welche Messdaten wurden verwendet?
 - a) Langjährige Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) ☐
 - b) Ausbreitungszeitreihe (AKTerm) ☐
 - c) Andere ☐
5. Wenn eine AKS verwendet wurde, ist der Schwachwindanteil kleiner als 20 %? ☐ ja ☐ nein
6. Sind Informationen zum Messort und der Messung (z.B. Rauigkeitslänge, Messhöhe) enthalten? ☐ ja ☐ nein
7. Liegen Windmessungen am Anlagenstandort vor? ☐ ja ☐ nein
8. Wurden Messdaten einer Station außerhalb des Beurteilungsgebietes berücksichtigt? ☐ ja ☐ nein
- 8.1 Falls ja, wurde die Übertragbarkeit der Daten auf das Untersuchungsgebiet nachgewiesen? ☐ ja ☐ nein
- 8.2 Falls ja, wie wurde sie nachgewiesen?
 - a) Übertragbarkeitsprüfung des DWD ☐
 - b) Eigene Übertragbarkeitsprüfung ☐
 - c) Übertragbarkeitsprüfung eines anderen Büros? ☐
- 8.3 Wurden die Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 (2017) beachtet? ☐ ja ☐ nein

4. Modellparameter (Kapitel 3.2.3)

1. Enthält das Gutachten folgende Angaben zum Rechengitter:
 - a) Horizontale Maschenweite dd ? ☐ ja ☐ nein
 - b) Linke untere Ecke des Rechengitters (x_0, y_0)? ☐ ja ☐ nein
 - c) Anzahl der Gitterzellen (n_x, n_y, n_z) ☐ ja ☐ nein
- 1.1 Wie groß ist demnach das Rechengebiet (Kapitel 3.2.3.1):
- 1.2 Ist das Rechengebiet nach TA Luft (2002) bzw. GIRL (2008) ausreichend? ☐ ja ☐ nein
- 1.3 Ist die Maschenweite TA-Luft-konform? ☐ ja ☐ nein
2. Ist die Anemometerhöhe im Gutachten angegeben? ☐ ja ☐ nein
3. Enthält das Gutachten die Angabe zur berücksichtigten Rauigkeitslänge und ihrer Ermittlung? ☐ ja ☐ nein
4. Ist die Anemometerhöhe entsprechend angesetzt? ☐ ja ☐ nein
5. Wurde die statistische Unsicherheit für jeden Stoff im Beurteilungsgebiet ermittelt und ausgewiesen? ☐ ja ☐ nein
6. Ist die Wahl der Qualitätsstufe begründet? ☐ ja ☐ nein
- 6.1 Wurde für Geruch eine Qualitätsstufe von +2 oder höher angesetzt? ☐ ja ☐ nein ☐ entfällt

5. Ausbreitung für komplexes Gelände (Kapitel 3.2.4)

1. Befinden sich im Nahbereich der Quellen Gebäude? ☐ ja ☐ nein
- 1.1 Falls ja, sind sie gemäß Nr. 10 Anhang 3 TA Luft zu berücksichtigen? (Kapitel 3.2.4.1) ☐ ja ☐ nein ☐ entfällt
- 1.1.1 Falls ja, wurden die Gebäude berücksichtigt? ☐ ja ☐ nein ☐ entfällt
- 1.1.2 Falls ja, wie wurden die Gebäude berücksichtigt?
- a) Mit einem diagnostischen Windfeldmodell ☐ ja ☐ nein
- b) Über vertikale Linienquellen ☐ ja ☐ nein
- c) Sonstige? ☐ ja ☐ nein
- 1.2 Sind die berücksichtigten Gebäude im Gutachten dargestellt? ☐ ja ☐ nein ☐ entfällt
- 1.3 Sind die relevanten Gebäudehöhen im Gutachten dargestellt? ☐ ja ☐ nein ☐ entfällt
2. Wie ist das Relief des Untersuchungsgebietes? (Kapitel 3.2.4.2)
- a) Flach ☐ ja ☐ nein
- b) Überwiegend flach/ leicht gegliedert ☐ ja ☐ nein
- c) Stark gegliedert ☐ ja ☐ nein
- 2.2 Wurde das Untersuchungsgebiet im Gutachten ebenso beschrieben? ☐ ja ☐ nein
- 3.1 Ist das Gelände eben (Steigungen < 1:20)? Falls ja, weiter zur Ergebnisdarstellung ☐ ja ☐ nein
- 3.1.1 Liegen die Steigungen zwischen 1:20 und 1:5 und wurde das Gelände mit dem diagnostischen Windfeldmodell berücksichtigt? ☐ ja ☐ nein

3.1.2 Falls nein, wie wurde der Einfluss des Geländes berücksichtigt?

a) Prognostisches Windfeldmodell?

☐ ☐
ja nein

b) Diagnostisches Windfeldmodell?

☐ ☐
ja nein

c) Ebenes Gelände / Faktor 10?

☐ ☐
ja nein

d) Sonstiges

3.1.3 Welche horizontale Auflösung hat das verwendete
a Geländemodell?

.....

3.1.3 Ist die Auflösung des Geländemodells hinreichend
b fein in Hinblick auf die Schornsteinhöhe?

☐ ☐ ☐
ja nein entfällt

3.2 Ist der Anemometerstandort (Kapitel 3.2.3.2) im
gegliederten Gelände im Gutachten angegeben?

☐ ☐ ☐
ja nein entfällt

3.3 Wurde die Wahl der Ersatzanemometerposition
erläutert?

☐ ☐ ☐
ja nein entfällt

3.4 Sind Angaben zu Kaltluftabflüssen enthalten?

☐ ☐ ☐
ja nein entfällt

6. Ergebnisdarstellung (Kapitel 3.3)

- | | | | | |
|-----|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. | Wurde das Ergebnis grafisch dargestellt? | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| 2. | Werden der Maßstab und die Legende angegeben? | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| 3. | Wurde das Ergebnis tabellarisch dargestellt? | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| 4. | Wurden Immissionen an Beurteilungspunkten ermittelt? | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |
| 4.1 | Wenn ja, wurde bei den Immissionszusatzbelastungen an Beurteilungspunkten die statistische Unsicherheit berücksichtigt? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | | ja | nein | entfällt |
| 5. | Werden die Ergebnisse mit den Immissionswerten der TA Luft bzw. GIRL verglichen? | ☐ | ☐ | |
| | | ja | nein | |

7. Erläuterungen

1) Erläuterungen zu Abschnitt 1 „Allgemeines“

.....

.....

.....

.....

2) Erläuterungen zu Abschnitt 2 „Emissionsdaten“

.....

.....

.....

.....

3) Erläuterungen zu Abschnitt 3 „Meteorologie“

.....

.....

.....

.....

4) Erläuterungen zu Abschnitt 4 „Modellparameter“

.....

.....

.....

.....

5) Erläuterungen zu Abschnitt 5 „Komplexes Gelände“

.....

.....

.....

.....

6) Erläuterungen zu Abschnitt 6 „Ergebnisdarstellung“

.....

.....

.....

.....

Anhang B: Mustergutachten

Nachfolgend wird beispielhaft in Stichpunkten der mögliche Aufbau einer Immissionsprognose mit den relevanten Angaben des Gutachters dargelegt.

Teil 1:

Deckblatt mit Titel, Gutachter, Nummer des Gutachtens, Erstellungsdatum, Telefon, E-Mail-Adresse des Gutachters.
Auftraggeber mit Anschrift und Telefon.
Inhaltsverzeichnis.
Neuerrichtung einer Anlage oder wesentliche Änderung.
Schadstoffe xx, xy und xz werden betrachtet.
Es wird die Gesamtbelastung ermittelt und mit den Immissionswerten der TA Luft verglichen.
Am xx.xx.xxxx fand eine Vorortbegehung zur Einschätzung der Aufgabenstellung statt.
Beschreibung der Standortverhältnisse / Geländestruktur.
Folgende Messberichte wurden dem Gutachten beigelegt...
Literaturangabe.

Teil 2: Emissionsdaten

Relevante Emissionsquellen sind Q1 und Q2.
Beides gefasste Quellen mit Höhen von ... m.
Abluftvolumenströme Norm trocken, Abluftvolumenströme Norm feucht.
Ablufttemperatur, Durchmesser der Quellen, UTM-Koordinaten, Austrittsgeschwindigkeit, Emissionsmassenströme.
Die Quellen wurden als Punktquellen mit dynamischem und thermischem Impuls der Abluftfahne modelliert, da

Die unterschiedlichen Emissionszeiten wurden mittels Emissionszeitreihe berücksichtigt.

Für die Komponente Staub und die Staubinhaltsstoffe wird gemäß dem beigelegten Messbericht xy von einer Korngrößenverteilung von

xx% Klasse 1,	< 2,5 µm	
xx% Klasse 2,	2,5 – 10 µm	
xx% Klasse 3,	10 – 50 µm	
xx% Klasse 4,	> 50 µm	ausgegangen.

Die Stickoxide haben an der Kaminmündung eine Verteilung von xx% NO und xx% NO₂.

Teil 3: Meteorologie

Mögliche meteorologische Stationen.
Entfernung zum Anlagenstandort.
Anströmprofil Anlagenstandort und Messstation.
Übertragbarkeitsprüfung mit Ergebnis.
Verwendung AKS Station xx aus dem Zeitraum xxxx-xxxx.
Darstellung Windhäufigkeitsverteilung.
Kaltluftabflüsse am Anlagenstandort.

Teil 4: Modellparameter

Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 Version 2.6.11.
Rechengebiet hat eine Ausdehnung von ... m x ... m.
Maschenweite xx.
Der Anemometerstandort wurde an die Stelle UTM-Koordinaten ins Modell eingegeben, weil...
Die Anemometerhöhe beträgt xx m.
Im Rechengebiet wird eine mittlere Rauigkeitslänge $z_0 = x,xx$ m berücksichtigt.
Die statistische Unsicherheit im Rechengebiet für den Jahresmittelwert des Stoffes xx überschreitet an keiner Stelle 3%.

Teil 5: Komplexes Gelände

Die maximale Gebäudehöhe ist das 1,4-fache der Emissionshöhe und es ist eine Abluftführung in den freien Luftstrom gewährleistet, folglich wurden Gebäude mittels des diagnostischen Windfeldmodells des Programmpaketes AUSTAL2000 berücksichtigt.
Berücksichtigte Gebäuden mit Höhenangabe.
Geländesteigung mehr als 1:20 und Höhenunterschiede mehr als 0,7-fache Gelände berücksichtigt.
Gelände übersteigt nicht Kriterium 1:5
Berechnung des Windfelds mit dem diagnostischen Windfeldmodell TALdia.

Teil 6: Ergebnis

Ergebnisdarstellung grafisch mit Legende und Maßstab.
Ergebnistabelle.
Die Vorbelastung im Rechengebiet beträgt gemäß der Vorbelastungsmessung (Bericht-Nr. , vom) $xx,x \mu\text{g}/\text{m}^3$.
Die ermittelten Immissionsbelastungen (Gesamtbelastung) liegen unter den Grenzwerten der TA Luft.

Teil 7: Unterschrift Gutachter

Anhang 1: Protokolldateien

Anhang C: AUSTAL2000-Protokolldateien: Beispiele und Erklärungen

Die Angabe der für die Ausbreitungsrechnung relevanten Eingabedaten erfolgt bei dem Programm AUSTAL2000 über eine Textdatei (austal2000.txt). Inhalt der Eingabedatei sowie weitere Informationen und Ergebnisse zu der Ausbreitungsrechnung werden in einer Textdatei mit Namen „austal2000.log“ ausgegeben („Protokolldatei“). Wer sich mit dem Programm AUSTAL2000 auskennt, kann aus dieser Protokolldatei viele Informationen zu den Randbedingungen der Ausbreitungsrechnung auslesen.

Im Folgenden werden der generelle Aufbau und wichtige Parameter der Protokolldatei erläutert. Die Protokolldatei gliedert sich in mehrere Bereiche:

- Allgemeine Informationen, z. B. zur Modellversion
- Eingabedaten: Inhalt der Datei austal2000.txt
- Informationen zum Rechenlauf, z. B. zu Gebäuden, Gelände, Meteorologie
- Ergebnisse (Maximalwerte und Werte an Beurteilungspunkten)

Allgemeine Informationen

In diesem Bereich stehen allgemeine Informationen zum Rechenlauf. Von Bedeutung ist zunächst die verwendete Modellversion. Es sollte die (zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung) aktuellste Version verwendet werden.

Ab Version 2.6.11 wird des Weiteren darauf hingewiesen, wenn Änderungen an der AUSTAL-Einstellungsdatei (austal2000.settings) vorgenommen wurden („Abweichung vom Standard, geänderte Einstellungsdatei“). Da in dieser Einstellungsdatei relevante Stoffeigenschaften (z. B. Depositions- und Sedimentationsgeschwindigkeiten) festgelegt sind, kann eine Änderung der Einstellungsdatei bedeuten, dass die Ausbreitungsrechnung nicht mehr TA Luft-konform ist. Was geändert wurde und ob es relevant für die TA Luft-Konformität ist, kann der Protokolldatei nicht entnommen werden. Änderungen in der Einstellungsdatei sollten daher im Gutachten erläutert werden.

Eingabedaten

In diesem Bereich stehen alle relevanten Eingabedaten, wie sie in der Datei austal2000.txt angegeben wurden, jeweils zu Beginn der Zeile ein >. Jede Zeile mit Eingabedaten beginnt mit einer, meist zweibuchstabigen, Kennung („Austalparameter“). Die jeweiligen Daten folgen nach einem (oder mehreren) Leerzeichen. Bei mehreren Eingabedaten zu einem Parameter, z. B. bei mehreren Quellen, sind die Eingabedaten ebenfalls durch Leerzeichen getrennt. Bei z. B. vier Quellen sollten also in jeder Zeile mit Quellenangaben nach der Kennung vier Zahlenwerte, getrennt durch Leerzeichen, stehen. Eine vollständige Liste der Eingabeparameter (Kennung und Angabe) kann der AUSTAL2000-Dokumentation entnommen werden.

Zeilen, die mit einem Minuszeichen (-) beginnen sowie Teile hinter Hochkomma (') sind Kommentare, die vom Modell ignoriert werden.

Ist eine Kennung nicht enthalten, wurde hierfür kein Wert vorgegeben. Dann wird entweder dies nicht berücksichtigt (z. B. bei Gebäude, Gelände) oder ein modellintern voreingestellter Wert verwendet.

Es folgen einzelne Erläuterungen zu den Kennungen:

Zweiter Buchstabe ,q': Information zu Quelle(n)

Zweiter Buchstabe ,b': Information zu Gebäude(n)

Zweiter Buchstabe ,p': Information zu Beurteilungspunkt(en)

,xq' bzw. ,yq': x- bzw. y-Position der Quelle(n)

,hq': Quellhöhe (über Grund)

,cq': vertikale Erstreckung der Quelle(n), ausgehen von hq bis zur Höhe $hq+cq$. Bei Punktquellen = 0

,aq' bzw. ,bq': horizontale Erstreckung der Quelle(n).

Aus aq , bq und cq lässt sich direkt die Quellart ablesen – Punktquelle, Linienquelle (vertikal/horizontal), Flächenquelle, Volumenquelle.

qs: Qualitätsstufe. Sollte bei Geruch mindestens 2 sein.

as oder az: Meteorologiedatei. az = AKTerm (Ausbreitungsklassenzeitreihe), as = AKS (Ausbreitungsklassenstatistik).

h_a : Anemometerhöhe. Bei aks sollte immer ein Wert vorgegeben werden!

z_o : Rauigkeitslänge (Angabe optional, wird hier kein Wert angegeben, wird die Rauigkeitslänge aus dem Corine-Kataster modellintern ermittelt)

gh: Geländedatei (bei Rechnung mit Gelände)

Die Kennung für Emissionen entspricht den Stoffen, z. B. NO₂, NH₃, odor. Die Angaben der Emissionen erfolgen in der Einheit g/s bzw. GE/s.

Bei Staub und Staubinhaltsstoffen ist dem Stoff eine Zahl für die Korngrößenklasse (s. Kap. 3.2.1.6) angehängt, z. B. für Staub pm-1, pm-2, pm-3, pm-4 und pm-u.

Informationen zum Rechenlauf

In diesem Bereich stehen Informationen und interne Auswertungen des Modells. Z. B. Aussage zur Meteorologie (ausgelesen aus der Meteorologiedatei), zu Geländesteigung, Gebäudehöhen und gegebenenfalls zu Quellhöhen, zur Anemometerhöhe sowie Prüfsummen zur Modellversion.

Ergebnisse

AUSTAL2000 gibt immer die berechneten Maximalwerte (inklusive statistischer Unsicherheit und Position) aus, wobei die Ausgabe jeweils stoffbezogen entsprechend der Immissionskenngrößen erfolgt. D. h., für Stoffe mit nur einem Immissionswert für die Konzentration im Jahresmittel wird das Maximum des Jahresmittelwertes ausgegeben. Bei Depositionskennwert wird die Deposition ausgegeben. Bei Tagesgrenzwert wird der maximale Tagesmittelwert ausgegeben. Ausgegebene Kurzzeitwerte sind dabei Maximum über Raum und Zeit (z. B. maximaler Tagesmittelwert über alle Tage und alle Punkte).

Bei Vorgabe von Beurteilungspunkten werden auch die Immissionswerte (inklusive statistischer Unsicherheit) an den Beurteilungspunkten ausgegeben.

Auf den nachfolgenden Seiten sind einige Beispielrechnungen und jeweils die dazugehörige Protokolldatei *AUSTAL2000.log* dargestellt. Einleitend zu jedem Beispiel wird kurz erläutert, was mit den festgelegten Eingabewerten verdeutlicht werden soll. Die wesentlichen Parameter, die für die Berechnung für das jeweilige Problem (z. B. bei der Berechnung mit Gelände) wichtig sind, sind in der Protokolldatei rot markiert.

Hinweise:

In jedem Beispiel wurden die UTM-Koordinaten anonymisiert. Beim ersten Beispiel werden auch allgemeine Informationen zum Inhalt der Protokolldatei gegeben, bei den folgenden Beispielen werden jeweils einzelne Parameter, auf die speziell Bezug genommen wird, erklärt.

Alle Beispiele werden mit der Meteorologie „anonym.aks“ bzw. „anno95.akterm“ gerechnet, die Bestandteil des AUSTAL2000-Programmpakets ist. Die Anemometerhöhe h_a beträgt, bei einer Rauigkeitslänge von 0,1 m, für diese Meteorologie 7,4 m, wie dem Kopf der akterm-Datei zu entnehmen ist.

Die Protokolldateien wurden im Nachhinein mit einem Rahmen und mit Zeilennummern versehen, um den Bezug im Text zu vereinfachen. Außerdem werden für das jeweilige Beispiel wichtige Zeilen in roter Schrift dargestellt. Jeweils im ersten Absatz eines jeden Beispiels wird kurz dargestellt, was mit diesem Beispiel verdeutlicht werden soll.

Anhang C.1 Beispiel 1

Dieses Beispiel soll einen ersten Überblick über notwendige Eingabedaten und die in der Protokolldatei enthaltenen sonstigen Informationen geben.

Aufgabenstellung:

Berechnet wurde die NO₂-Immissionszusatzbelastung für einen 12 m hohen Kamin (0,5 m Durchmesser) mit **thermischem und dynamischem Impuls der Abluftfahne**. Die Ablufttemperatur beträgt 200 °C und der Volumenstrom R (Norm, feucht) ist 8510 m³/h. Der Emissionsmassenstrom an Stickstoffoxiden beträgt 4,22 kg/h. An der Mündung des Kamins setzen sich die **Stickstoffoxide** zu 90% aus NO und zu 10% aus NO₂ zusammen. Als Meteorologie wurde die Ausbreitungsklassenstatistik **anonym.aks**, die Teil der Beispielrechnungen von AUSTAL2000 ist, verwendet. Das Gelände ist eben.

Erklärungen zu den Eingabedaten:

In der Ausbreitungsrechnung wird Abluftfahnenüberhöhung berücksichtigt. Dafür müssen Wärmestrom und Abluftgeschwindigkeit bestimmt werden. Die Berechnung wird für dieses Beispiel im Folgenden kurz dargestellt.

Für die Ermittlung des Wärmestroms ist der Volumenstrom $R_{N,f}$ (Norm, feucht) in m³/s erforderlich. Dieser ist $R_{N,f} = 8510 \text{ m}^3/\text{h} = 8510/3600 \text{ m}^3/\text{s} = 2,36 \text{ m}^3/\text{s}$. Mit Gleichung 1 aus Kapitel 3.2.1.5 folgt der Wärmestrom

$$q_q = 1,36 \cdot 10^{-3} \cdot (200 - 10) \cdot 2,36 \text{ MW} = 0,61 \text{ MW}.$$

Zur Bestimmung der Abluftgeschwindigkeit wird der Volumenstrom $R_{\text{Betrieb},f}$ im Betriebszustand benötigt, der sich aus dem Volumenstrom $R_{N,f}$ ergibt aus

$$R_{\text{Betrieb},f} = R_{N,f} \cdot \frac{\text{Betriebstemperatur in K}}{\text{Normtemperatur in K}} = 4,10 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Dabei beträgt die Betriebstemperatur 473,15 K und die Normtemperatur 273,15 K.

Damit ist die Abluftgeschwindigkeit $v_q = \frac{R_{\text{Betrieb},f}}{A} = \frac{4,10 \text{ m}^3/\text{s}}{0,2 \text{ m}^2} = 20,44 \text{ m/s}$.

mit der Kaminaustrittsfläche A, die sich aus dem Durchmesser ergibt.

Die Emissionsmassenströme von NO und NO₂ ergeben sich, wie in Kapitel 3.2.1.7 dargestellt, aus dem Emissionsmassenstrom von NO_x:

$$E_{\text{NO}_x} = 4,22 \text{ kg/h} = 1,172 \text{ g/s}$$

$$E_{\text{NO}} = 0,689 \text{ g/s} (=1,172 \text{ g/s} \cdot 0,9 / 1,53)$$

$$E_{\text{NO}_2} = 0,117 \text{ g/s}$$

Erklärungen zu der Protokolldatei (Abb. 8, 9):

Eingabedaten (austal2000.txt):

In den Zeilen 14 – 35 der Protokolldatei ist der Inhalt der Eingabedatei angegeben. Die Koordinaten u_x und u_y wurden für die Darstellung hier anonymisiert (Z. 15-16). Es wurde jetzt und bei den meisten anderen Beispielen die AKS-Datei anonym.aks verwendet (Z.18). Die Anemometerhöhe h_a wurde als 7,4 m entsprechend der Rauigkeitslänge und der Angaben zur den meteorologischen Daten festgelegt (Z.19). Da eine Ausbreitungsklassenstatistik verwendet wurde, ist die explizite Vorgabe der Anemometerhöhe notwendig. Die Quellhöhe h_q und der Durchmesser d_q (Z.22 bzw. Z. 28) folgen aus der Aufgabenstellung, die Berechnung der Abluftgeschwindigkeit v_q (Z.

27), des Wärmestroms q_q (Z. 29) und der Emissionsmassenströme (Z. 33-35) ist oben erläutert.

Rechennetz:

Die Angaben zum intern erzeugten Rechennetz sind in Z. 39-44 angegeben. Es ist ein einfaches Rechengitter mit der Maschenweite dd 16 m und 126 Zellen in x- und y-Richtung (nx , ny). Damit umfasst das Rechengitter ein Gebiet von 2016 m x 2016 m. Wie bei automatischer Erzeugung zu erwarten, ist es TA Luft-konform.

Rauigkeitslänge, Meteorologie:

Die automatische Ermittlung der Rauigkeitslänge ist in Z. 47-49 angegeben. Z. 51-62 geben Informationen zur verwendeten Meteorologie (Station, Zeitraum,...) an.

Ergebnisse

In Z. 94-97 werden die berechneten Maxima, ihre Position und die statistische Unsicherheit ausgegeben. Für NO_2 zum Beispiel der maximale Jahresmittelwert (J00) und der maximale Stundenmittelwert (S00).¹⁹

In diesem Fall wird als maximaler Wert der Immissionszusatzbelastung des Jahresmittelwerts für NO_2 $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt und damit weniger als 3 % ($1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) des Grenzwertes nach TA Luft (2002) von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Weitere dort aufgelistete Ergebnisse wie z. B. (S18) spielen in der Regel keine Rolle und werden deswegen hier nicht weiter erläutert.

In Z. 64-68 stehen Prüfsummen, aus denen von Experten die verwendete Programmversion abgelesen werden kann. Die Prüfsumme von AUSTAL2000 ist z. B. für die Linux- und für die Windows-Version unterschiedlich.

¹⁹ Hinweis für die Bewertung: Für die Prüfung auf Irrelevanz nach Nr. 4.2.2 TA Luft ist der Jahresmittelwert der Zusatzbelastung (J00) von Bedeutung, sofern er für die Gesamtanlage bestimmt worden ist (Gesamtzusatzbelastung). Der Stundenmittelwert der Zusatzbelastung (S00) kommt zum Beispiel bei einer Prüfung nach Nr. 4.7.3 der TA Luft zum Tragen.

```
1 2017-03-14 14:06:02 -----
2 TalServer:d:/m56-1_3
3
4 Ausbreitungsmodell AUSTAL2000, Version 2.6.11-WI-x
5 Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2014
6 Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2014
7
8 Arbeitsverzeichnis: d:/m56-1_3
9
10 Erstellungsdatum des Programms: 2014-09-02 09:08:52
11 Das Programm läuft auf dem Rechner "ZTHUERLI".
12
13 ===== Beginn der Eingabe =====
14 > ti "Beispiel1"           'Projekt-Titel
15 > ux xxxxxx               'X-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
16 > uy xxxxxx               'Y-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
17 > qs 0                    'Qualitätsstufe
18 > as "anonym.aks"         'AKS-Datei
19 > ha 7.4                  'Höhe des Anemometers wird hier explizit angegeben
20 > xq 0.0
21 > yq 0.0
22 > hq 12.00                'Quellhöhe
23 > aq 0.00
24 > bq 0.00
25 > cq 0.00
26 > wq 0.00
27 > vq 20.44                'Austrittsgeschwindigkeit
28 > dq 0.50                'Durchmesser der Quelle
29 > qq 0.61                 'Wärmestrom
30 > lq 0.0000
31 > rq 0.00
32 > tq 0.00
33 > NO 0.689
34 > NO2 0.117
35 > NOx 1.172
36 ===== Ende der Eingabe =====
37
38 Festlegung des Rechnernetzes:
39 dd 16
40 x0 -1008
41 nx 126
42 y0 -1008
43 ny 126
44 nz 19
45 -----
46
47 Standard-Kataster z0-utm.dmna (7e0adae7) wird verwendet.
48 Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 0.146 m.
49 Der Wert von z0 wird auf 0.10 m gerundet.
50
51 1: ANONYM
52 2: 01.10.1995 - 31.12.1999
53 3: KLUG/MANIER (TA-LUFT)
54 4: JAHR
55 5: ALLE FAELLE
56 In Klasse 1: Summe=8751
57 In Klasse 2: Summe=21099
58 In Klasse 3: Summe=45347
59 In Klasse 4: Summe=13547
60 In Klasse 5: Summe=7725
```

Abbildung 8: Erster Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 1, Teil 1, Fortsetzung nächste Seite.

```
61 In Klasse 6: Summe=3554
62 Statistik "anonym.aks" mit Summe=100023.0000 normiert.
63
64 Prüfsumme AUSTAL 524c519f
65 Prüfsumme TALDIA 6a50af80
66 Prüfsumme VDISP 3d55c8b9
67 Prüfsumme SETTINGS fdd2774f
68 Prüfsumme AKS 3fefe376
69
70 =====
71
72 TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "nox"
73 TMT: Datei "d:/m56-1_3/nox-j00z" ausgeschrieben.
74 TMT: Datei "d:/m56-1_3/nox-j00s" ausgeschrieben.
75 TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "no2"
76 TMT: Datei "d:/m56-1_3/no2-j00z" ausgeschrieben.
77 TMT: Datei "d:/m56-1_3/no2-j00s" ausgeschrieben.
78 TMT: Dateien erstellt von AUSTAL2000_2.6.11-WI-x.
79 TQL: Berechnung von Kurzzeit-Mittelwerten für "no2"
80 TQL: Datei "d:/m56-1_3/no2-s18z" ausgeschrieben.
81 TQL: Datei "d:/m56-1_3/no2-s00z" ausgeschrieben.
82 =====
83
84 Auswertung der Ergebnisse:
85 =====
86
87 DEP: Jahresmittel der Deposition
88 J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
89 Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
90 Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
91
92 Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m
93 =====
94 NOX J00 : 1.8 µg/m³ (+/- 1.3%) bei x= 328 m, y= 8 m ( 84, 64)
95 NO2 J00 : 0.2 µg/m³ (+/- 1.5%) bei x= 232 m, y= -56 m ( 78, 60)
96 NO2 S18 : 6 µg/m³ (+/- ? %) bei x= -984 m, y= -72 m ( 2, 59) RANDGEBIET!
97 NO2 S00 : 29 µg/m³ (+/- ? %) bei x= -792 m, y= 344 m ( 14, 85)
98 =====
99
100 2017-03-14 15:34:57 AUSTAL2000 beendet.
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
```

Abbildung 9: Zweiter Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 1, Teil 2, Fortsetzung aus vorheriger Seite.

Anhang C.2 Beispiel 2

Dieses Beispiel soll in erster Linie den Ansatz verschiedener Quellarten (Punktquelle, Flächenquelle) mit unterschiedlichen Quellhöhen verdeutlichen. Zudem wird hier die interne automatische Festsetzung eines geschachtelten Rechengitters gezeigt.

Aufgabenstellung:

Berechnet wird die SO_2 -Zusatzbelastung für 3 Quellen („Q1“, „Q2“ und „Q3“) mit **unterschiedlichen Quellhöhen** (12 m, 36 m 60 m). Das Gelände ist eben. Die Quellen „Q2“ und „Q3“ werden als Punktquellen mit Abluffahnenüberhöhung, analog zu Beispiel 1, und die **Quelle „Q1“ als Flächenquelle** ohne Abluffahnenüberhöhung berücksichtigt.

Die Emissionsmassenströme an Schwefeldioxygen betragen 10,00 g/s für die Flächenquelle und jeweils 2,08 g/s für die Punktquellen.

Hinweis:

In diesem Beispiel wurde idealisiert ohne Berücksichtigung von Gebäuden gearbeitet. Dieses Beispiel soll nur dazu dienen, die anzugebenden Parameter einer Flächenquelle in dem Modell zu zeigen. Bei einem realen Fall ist zu erwarten, dass Gebäudeeinflüsse zu berücksichtigen wären, so dass die hier gewählte Vorgehensweise nicht TA Luft-konform wäre.

Erklärungen zu der Protokolldatei (Abb. 10, 11):

In diesem und den nachfolgenden Beispielen werden nicht mehr alle Zeilen der Protokolldatei, sondern nur noch relevante Änderungen beschrieben.

Gitter

Z. 19 der Protokolldatei gibt an, dass ein intern erzeugtes geschachteltes Gitter genutzt werden soll, d.h. in größerer Quellentfernung ist die horizontale Auflösung des Gitters größer. Das resultierende Gitter ist Z. 40-45 zu entnehmen: Es ist 5-fach geschachtelt mit Maschenweiten von 16 m bis 128 m.

Quellenangaben

Die Quellhöhen nach Aufgabenstellung werden in Z. 24 angegeben. In Z. 25-26 stehen die Ausmaße der Flächenquelle (aq , bq) und in Z. 28 die Information, dass sie gegenüber Nord um 60° gedreht ist (wq).

Die Angaben zu den Quellen sind in jeder Zeile in der gleichen Reihenfolge, d. h. als erstes steht die Flächenquelle „Q1“, dann die erste Punktquelle „Q2“ mit Quellhöhe 36 m und als drittes die zweite Punktquelle „Q3“ mit Quellhöhe 60 m.

Die Angaben zur Abluffahnenüberhöhung stehen in den Zeilen 29-32, wobei diese für die Punktquellen analog zu Beispiel 1 zu bestimmen sind. Für die Flächenquelle ist ohne Überhöhung zu rechnen, daher sind für diese Quellen die angegebenen Werte gleich Null.

```
1 2017-03-28 08:42:19 -----
2 TalServer:d:/m56-2_3
3
4 Ausbreitungsmodell AUSTAL2000, Version 2.6.11-WI-x
5 Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2014
6 Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2014
7
8 Arbeitsverzeichnis: d:/m56-2_3
9
10 Erstellungsdatum des Programms: 2014-09-02 09:08:52
11 Das Programm läuft auf dem Rechner "ZTHUERLI".
12
13 ===== Beginn der Eingabe =====
14 > ti "Beispiel2" 'Projekt-Titel
15 > ux xxxxxx 'X-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
16 > uy xxxxxx 'Y-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
17 > qs 0 'Qualitätsstufe
18 > ha 7.4 'Höhe des Anemometers wird hier explizit angegeben
19 > os NESTING
20 > as "anonym.aks" 'AKS-Datei
21 > z0 0.1
22 > xq 0.0 30.0 60.0 'Spalte 1 -> Quelle 1, Spalte 2 -> Quelle 2,...
23 > yq 0.0 -50.0 0.0
24 > hq 12.00 36.0 60.0
25 > aq 2.00 0.0 0.0 'Flächenhafte Ausdehnung der Quelle in x-Richtung
26 > bq 5.00 0.0 0.0 'Flächenhafte Ausdehnung der Quelle in y-Richtung
27 > cq 0.00 0.0 0.0
28 > wq 60.00 0.0 0.0
29 > vq 0.00 20.44 20.44
30 > dq 0.00 0.5 0.5
31 > qq 0.00 0.61 0.61
32 > sq 0.00 0.00 0.00
33 > lq 0.0000 0.0000 0.0000
34 > rq 0.00 0.0 0.0
35 > tq 0.00 0.0 0.0
36 > so2 10.0 2.08 2.08
37 ===== Ende der Eingabe =====
38
39 Festlegung des Rechnernetzes:
40 dd 16 32 64 128
41 x0 -384 -768 -1536 -3072
42 nx 48 48 48 48
43 y0 -384 -768 -1536 -3072
44 ny 48 48 48 48
45 nz 19 19 19 19
46 -----
47
48 1: ANONYM
49 2: 01.10.1995 - 31.12.1999
50 3: KLUG/MANIER (TA-LUFT)
51 4: JAHR
52 5: ALLE FAELLE
53 In Klasse 1: Summe=8751
54 In Klasse 2: Summe=21099
55 In Klasse 3: Summe=45347
56 In Klasse 4: Summe=13547
57 In Klasse 5: Summe=7725
58 In Klasse 6: Summe=3554
59 Statistik "anonym.aks" mit Summe=100023.0000 normiert.
60
```

Abbildung 10: Erster Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 2, Teil 1, Fortsetzung nächste Seite.

```
61 Prüfsumme AUSTAL 524c519f
62 Prüfsumme TALDIA 6a50af80
63 Prüfsumme VDISP 3d55c8b9
64 Prüfsumme SETTINGS fdd2774f
65 Prüfsumme AKS 3efe376
66
67 =====
68
69 TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "so2"
70 TMT: Datei "d:/m56-2_3/so2-j00z01" ausgeschrieben.
71 TMT: Datei "d:/m56-2_3/so2-j00s01" ausgeschrieben.
72 TMT: Datei "d:/m56-2_3/so2-j00z02" ausgeschrieben.
73 TMT: Datei "d:/m56-2_3/so2-j00s02" ausgeschrieben.
74 TMT: Datei "d:/m56-2_3/so2-j00z03" ausgeschrieben.
75 TMT: Datei "d:/m56-2_3/so2-j00s03" ausgeschrieben.
76 TMT: Datei "d:/m56-2_3/so2-j00z04" ausgeschrieben.
77 TMT: Datei "d:/m56-2_3/so2-j00s04" ausgeschrieben.
78 TMT: Dateien erstellt von AUSTAL2000_2.6.11-WI-x.
79 TQL: Berechnung von Kurzzeit-Mittelwerten für "so2"
80 TQL: Datei "d:/m56-2_3/so2-s24z01" ausgeschrieben.
81 TQL: Datei "d:/m56-2_3/so2-s00z01" ausgeschrieben.
82 TQL: Datei "d:/m56-2_3/so2-s24z02" ausgeschrieben.
83 TQL: Datei "d:/m56-2_3/so2-s00z02" ausgeschrieben.
84 TQL: Datei "d:/m56-2_3/so2-s24z03" ausgeschrieben.
85 TQL: Datei "d:/m56-2_3/so2-s00z03" ausgeschrieben.
86 TQL: Datei "d:/m56-2_3/so2-s24z04" ausgeschrieben.
87 TQL: Datei "d:/m56-2_3/so2-s00z04" ausgeschrieben.
88 =====
89
90 Auswertung der Ergebnisse:
91 =====
92
93 DEP: Jahresmittel der Deposition
94 J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
95 Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
96 Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
97
98 Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m
99 =====
100 SO2 J00 : 191.7 µg/m³ (+/- 0.5%) bei x= 104 m, y= -8 m (1: 31, 24)
101 SO2 T03 : n.v.
102 SO2 T00 : n.v.
103 SO2 S24 : 5195 µg/m³ (+/- ? %) bei x= -200 m, y= -40 m (1: 12, 22)
104 SO2 S00 : 12697 µg/m³ (+/- ? %) bei x= 152 m, y= -88 m (1: 34, 19)
105 =====
106
107 2017-03-28 09:27:36 AUSTAL2000 beendet.
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
```

Abbildung 11: Zweiter Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 2, Teil 2, Fortsetzung aus vorheriger Seite.

Anhang C.3 Beispiel 3

Dieses Beispiel verdeutlicht den Ansatz von Geruchsemissionen, die Gebäudeberücksichtigung über vertikale Ersatzquellen sowie die Vorgabe eines Rechengitters. Zudem wird ein Beurteilungspunkt festgelegt.

Aufgabenstellung:

Berechnet werden soll die Geruchsimmissionszusatzbelastung für eine bestehende Tierhaltungsanlage mit 1500 Mastschweineplätzen²⁰. Die Abluftführung erfolgt über 6 gleichartige Kamine mit einer Bauhöhe von 8 m über Grund. Die Bauhöhe der Stallanlage beträgt 6,5 m. Die Emissionsquellen werden zur Berücksichtigung der Gebäudeeinflüsse als **vertikale Linienquellen** von 4 bis 8 m modelliert. Da die Quellhöhe weniger als 10 m beträgt, wird keine Abluftfahrenüberhöhung angesetzt. Die Geruchsemissionen von insgesamt 11250 GE/s sollen gleichmäßig auf die 6 Kamine verteilt erfolgen. Es wird ein geschachteltes **Rechengitter** explizit vorgegeben. Die Geruchsbelastungen werden zusätzlich an einem **Beurteilungspunkt ermittelt**.

Erklärungen zu der Protokolldatei (Abb. 12, 13):

Besonderheiten Geruch

Bei Geruchsimmissionen muss die Ausbreitungsrechnung mindestens mit der Qualitätsstufe $q_s + 2$ durchgeführt werden (Z. 17).

Es wird ein Wichtungsfaktor von 0,75 angesetzt (Mastschweine < 5000), d. h. die Emissionen werden für den Stoff *odor_075* (Z. 39) angegeben.

Gitter

In Z. 20-24 sind die Informationen zum geschachtelten Rechengitter angegeben.

Quellen

Die Linienquellen beginnen bei 4 m Höhe (h_q , Z. 27) und erstrecken sich über 4 m (cq , Z. 30), so dass die Oberkante der Quellen bei 8 m über Grund liegt.

Beurteilungspunkt

Die Koordinaten und die Höhe des Beurteilungspunkts finden sich in den Z. 40-42.

Ergebnisse

Im Ergebnis zeigt sich für den Beurteilungspunkt (Z. 118) eine gewichtete Zusatzbelastung von 2.0 %. Das entspricht einer GIRL-konformen Häufigkeit von 0,02 (2 %) der Jahresstunden.

²⁰ Allgemein werden für die Immissionsprognose die genehmigten Tierplätze angenommen und nicht die Anzahl der vorhandenen Tiere im Stall.

```
1 2017-03-14 14:06:31 -----
2 TalServer:d:/m56-3_4
3
4 Ausbreitungsmodell AUSTAL2000, Version 2.6.11-WI-x
5 Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2014
6 Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2014
7
8 Arbeitsverzeichnis: d:/m56-3_4
9
10 Erstellungsdatum des Programms: 2014-09-02 09:08:52
11 Das Programm läuft auf dem Rechner "ZTHUERLI".
12
13 ===== Beginn der Eingabe =====
14 > ti "Beispiel3" 'Projekt-Titel
15 > ux xxxxxx 'X-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
16 > uy xxxxxx 'Y-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
17 > qs 2 'Erforderliche Qualitätsstufe bei Geruch
18 > as "anonym.aks" 'AKS-Datei
19 > ha 7.4 'Höhe des Anemometers wird hier explizit angegeben
20 > dd 16 32 64 'Zellengröße (m)
21 > x0 -352 -704 -1024 'X-Koordinate der l.u. Ecke des Gitters
22 > nx 46 46 32 'Anzahl Gitterzellen in X-Richtung
23 > y0 -352 -704 -1024 'Y-Koordinate der l.u. Ecke des Gitters
24 > ny 46 46 32 'Anzahl Gitterzellen in Y-Richtung
25 > xq 0.00 10.00 20.00 0.00 10.00 20.00
26 > yq 0.00 0.00 0.00 0.00 10.00 10.00
27 > hq 4.00 4.00 4.00 4.00 4.00 4.00 'Quellhöhe Unterkante
28 > aq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
29 > bq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
30 > cq 4.00 4.00 4.00 4.00 4.00 4.00 'Ausdehnung der Quelle in z-Richtung
31 > wq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
32 > vq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
33 > dq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
34 > qq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
35 > sq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
36 > lq 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
37 > rq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
38 > tq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
39 > odor_075 1875 1875 1875 1875 1875 1875
40 > xp 57.74
41 > yp 651.91
42 > hp 1.50
43 ===== Ende der Eingabe =====
44
45 Die Höhe hq der Quelle 1 beträgt weniger als 10 m.
46 Die Höhe hq der Quelle 2 beträgt weniger als 10 m.
47 Die Höhe hq der Quelle 3 beträgt weniger als 10 m.
48 Die Höhe hq der Quelle 4 beträgt weniger als 10 m.
49 Die Höhe hq der Quelle 5 beträgt weniger als 10 m.
50 Die Höhe hq der Quelle 6 beträgt weniger als 10 m.
51
52 Standard-Kataster z0-utm.dmna (7e0adae7) wird verwendet.
53 Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 0.143 m.
54 Der Wert von z0 wird auf 0.10 m gerundet.
55
56 1: ANONYM
57 2: 01.10.1995 - 31.12.1999
58 3: KLUG/MANIER (TA-LUFT)
59 4: JAHR
60 5: ALLE FAELLE
```

Abbildung 12: Erster Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 3, Teil 1, Fortsetzung nächste Seite.

```

61 In Klasse 1: Summe=8751
62 In Klasse 2: Summe=21099
63 In Klasse 3: Summe=45347
64 In Klasse 4: Summe=13547
65 In Klasse 5: Summe=7725
66 In Klasse 6: Summe=3554
67 Statistik "anonym.aks" mit Summe=100023.0000 normiert.
68
69 Prüfsumme AUSTAL 524c519f
70 Prüfsumme TALDIA 6a50af80
71 Prüfsumme VDISP 3d55c8b9
72 Prüfsumme SETTINGS fdd2774f
73 Prüfsumme AKS 3fe376
74
75 =====
76 TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "odor"
77 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor-j00z01" ausgeschrieben.
78 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor-j00s01" ausgeschrieben.
79 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor-j00z02" ausgeschrieben.
80 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor-j00s02" ausgeschrieben.
81 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor-j00z03" ausgeschrieben.
82 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor-j00s03" ausgeschrieben.
83 TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für „odor_075“
84 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor_075-j00z01" ausgeschrieben.
85 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor_075-j00s01" ausgeschrieben.
86 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor_075-j00z02" ausgeschrieben.
87 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor_075-j00s02" ausgeschrieben.
88 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor_075-j00z03" ausgeschrieben.
89 TMT: Datei "d:/m56-3_4/odor_075-j00s03" ausgeschrieben.
90 TMT: Dateien erstellt von AUSTAL2000_2.6.11-WI-x.
91 =====
92 Auswertung der Ergebnisse:
93 =====
94 DEP: Jahresmittel der Deposition
95 J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
96 Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
97 Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
98
99 WARNUNG: Eine oder mehrere Quellen sind niedriger als 10 m.
100 Die im folgenden ausgewiesenen Maximalwerte sind daher
101 möglicherweise nicht relevant für eine Beurteilung!
102
103 Maximalwert der Geruchsstundenhäufigkeit bei z=1.5 m
104 =====
105 ODOR J00 : 97.8 % (+/- 0.0 ) bei x= 8 m, y= 8 m (1: 23, 23)
106 ODOR_075 J00 : 97.8 % (+/- 0.0 ) bei x= 8 m, y= 8 m (1: 23, 23)
107 ODOR_MOD J00 : 73.4 % (+/- ? ) bei x= 8 m, y= 8 m (1: 23, 23)
108 =====
109 Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung
110 =====
111 PUNKT 01
112 xp 58
113 yp 652
114 hp 1.5
115 -----+-----
116 ODOR J00 2.7 0.0 %
117 ODOR_075 J00 2.7 0.0 %
118 ODOR_MOD J00 2.0 -- %
119 =====
120 2017-03-14 17:02:37 AUSTAL2000 beendet.

```

Abbildung 13: Zweiter Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 3, Teil 2,
Fortsetzung aus vorheriger Seite.
Zur besseren Übersicht wurden auf dieser Seite einige Leerzeilen entfernt.

Anhang C.4 Beispiel 4

Dieses Beispiel soll die Berücksichtigung von Geländeunebenheiten zeigen.

Aufgabenstellung:

Die gleiche Tierhaltungsanlage wie in Beispiel 3 wird für ein Gebiet gerechnet, in dem die Geländesteigungen über 1:20, aber unter 1:5 liegen und somit **Geländeunebenheiten** mittels des diagnostischen Windfeldmodells TALdia des Programmpakets AUSTAL2000 berücksichtigt werden. Hierbei muss der **Anemometerstandort** vorgegeben werden. In diesem Fall soll die Ammoniakzusatzbelastung ermittelt werden.

Erklärungen zu der Protokolldatei (Abb. 14, 15):

Geländeinformationen

Die verwendete Geländedatei ist in Z. 23 angegeben.

AUSTAL2000 bestimmt die maximale Steilheit im Rechengebiet automatisch und gibt diese in der Protokolldatei aus (Z. 56-58).

Meteorologie

Die Angaben zum Anemometerstandort (xa, ya) sind in den Z. 19-21 vermerkt.

Ergebnis

Als Ergebnis ist in Z. 117 die Ammoniakzusatzbelastung und in Z. 112 die Ammoniakdeposition angegeben.

```
1 2017-03-28 08:42:50 -----
2 TalServer:d:/m56-4_4
3
4 Ausbreitungsmodell AUSTAL2000, Version 2.6.11-WI-x
5 Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2014
6 Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2014
7
8 Arbeitsverzeichnis: d:/m56-4_4
9
10 Erstellungsdatum des Programms: 2014-09-02 09:08:52
11 Das Programm läuft auf dem Rechner "ZTHUERLI".
12
13 ===== Beginn der Eingabe =====
14 > ti "Beispiel4" 'Projekt-Titel
15 > ux xxxxxx 'X-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
16 > uy xxxxxx 'Y-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
17 > qs 0 'Qualitätsstufe
18 > as "anonym.aks" 'AKS-Datei
19 > xa 982.56 'X-Koordinate des Anemometers
20 > ya -351.50 'Y-Koordinate des Anemometers
21 > ha 19.3 'Höhe des Anemometers wird hier explizit angegeben
22 > os +NESTING
23 > gh "Gelaende.grid" 'Gelände-Datei
24 > z0 0.1
25 > xq 0.00 10.00 20.00 0.00 10.00 20.00
26 > yq 0.00 0.00 0.00 10.00 10.00 10.00
27 > hq 4.00 4.00 4.00 4.00 4.00 4.00
28 > aq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
29 > bq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
30 > cq 4.00 4.00 4.00 4.00 4.00 4.00
31 > wq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
32 > vq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
33 > dq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
34 > qq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
35 > sq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
36 > lq 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
37 > rq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
38 > tq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
39 > nh3 0.02886 0.2886 0.02886 0.02886 0.02886 0.02886
40 ===== Ende der Eingabe =====
41
42 Die Höhe hq der Quelle 1 beträgt weniger als 10 m.
43 Die Höhe hq der Quelle 2 beträgt weniger als 10 m.
44 Die Höhe hq der Quelle 3 beträgt weniger als 10 m.
45 Die Höhe hq der Quelle 4 beträgt weniger als 10 m.
46 Die Höhe hq der Quelle 5 beträgt weniger als 10 m.
47 Die Höhe hq der Quelle 6 beträgt weniger als 10 m.
48 Festlegung des Rechnernetzes:
49 dd 16 32 64
50 x0 -352 -704 -1024
51 nx 46 46 32
52 y0 -352 -704 -1024
53 ny 46 46 32
54 nz 19 19 19
55 -----
56 Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.09 (0.09).
57 Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.13 (0.13).
58 Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.16 (0.15).
59 Existierende Geländedateien zg0*.dmna werden verwendet.
60
```

Abbildung 14: Erster Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 4, Teil 1, Fortsetzung nächste Seite.

```
61 1: ANONYM
62 2: 01.10.1995 - 31.12.1999
63 3: KLUG/MANIER (TA-LUFT)
64 4: JAHR
65 5: ALLE FAELLE
66 In Klasse 1: Summe=8751
67 In Klasse 2: Summe=21099
68 In Klasse 3: Summe=45347
69 In Klasse 4: Summe=13547
70 In Klasse 5: Summe=7725
71 In Klasse 6: Summe=3554
72 Statistik "anonym.aks" mit Summe=100023.0000 normiert.
73
74 Prüfsumme AUSTAL 524c519f
75 Prüfsumme TALDIA 6a50af80
76 Prüfsumme VDISP 3d55c8b9
77 Prüfsumme SETTINGS fdd2774f
78 Prüfsumme AKS 3fefe376
79
80 =====
81
82 TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "nh3"
83 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-j00z01" ausgeschrieben.
84 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-j00s01" ausgeschrieben.
85 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-depz01" ausgeschrieben.
86 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-deps01" ausgeschrieben.
87 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-j00z02" ausgeschrieben.
88 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-j00s02" ausgeschrieben.
89 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-depz02" ausgeschrieben.
90 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-deps02" ausgeschrieben.
91 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-j00z03" ausgeschrieben.
92 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-j00s03" ausgeschrieben.
93 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-depz03" ausgeschrieben.
94 TMT: Datei "d:/m56-4_4/nh3-deps03" ausgeschrieben.
95 TMT: Dateien erstellt von AUSTAL2000_2.6.11-WI-x.
96 =====
97
98 Auswertung der Ergebnisse:
99 =====
100
101 DEP: Jahresmittel der Deposition
102 J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
103 Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
104 Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
105
106 WARNUNG: Eine oder mehrere Quellen sind niedriger als 10 m.
107 Die im folgenden ausgewiesenen Maximalwerte sind daher
108 möglicherweise nicht relevant für eine Beurteilung!
109
110 Maximalwerte, Deposition
111 =====
112 NH3 DEP : 151.92 kg/(ha*a) (+/- 0.4%) bei x= 56 m, y= -8 m (1: 26, 22)
113 =====
114
115 Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m
116 =====
117 NH3 J00 : 90.37 µg/m³ (+/- 0.2%) bei x= 40 m, y= -8 m (1: 25, 22)
118 =====
119
120 2017-03-28 11:42:16 AUSTAL2000 beendet.
```

Abbildung 15: Zweiter Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 4, Teil 2,
Fortsetzung aus vorheriger Seite.
Zur besseren Übersicht wurden auf dieser Seite einige Leerzeilen entfernt.

Anhang C.5 Beispiel 5

Dieses Beispiel zeigt die Berücksichtigung von Gebäudeeinflüssen mit dem diagnostischen Windfeldmodell.

Aufgabenstellung:

Berechnet werden soll, wie in Beispiel 4, die Ammoniakimmissionszusatzbelastung für eine 1500 Mastschweine-Anlage. Die Abluftführung erfolgt in diesem Fall über 6 Kamine mit einer Bauhöhe von 10 m über Grund und 3 m über First. Das Verhältnis von Kaminbauhöhe zu Gebäudebauhöhe beträgt 1,43. Der Einfluss des **Gebäudes** kann somit mit dem diagnostischen Windfeldmodell des Programmpakets von AUSTAL2000 berücksichtigt werden. Das Gelände ist eben.

Erklärungen zu der Protokolldatei (Abb. 16, 17):

Gebäudeinformationen

In Z. 34 ist qb angegeben, die Qualitätsstufe für die Gebäudeauflösung und damit die Festlegung der Rechenetze und des Vertikalrasters bei Rechnungen mit Gebäuden. Der Standardwert für qb ist 0.

In Z. 35-40 sind die Gebäudedaten des Stalls angegeben, auf dem sich die sechs Kamine befinden. Dabei stehen die Koordinaten des Stalls (xb , yb) in Z. 35 und 36, die horizontale Ausdehnung (ab , bb) in Z. 37 und 38, die Gebäudehöhe (cb) in Z. 39 und der Drehwinkel (wb) in Z. 40.

In Z. 41 wird durch AUSTAL2000 die maximale Gebäudehöhe ausgegeben. Diese Information erlaubt die Überprüfung des Verhältnisses Quellhöhe zu Gebäudehöhe und ist vor allem bei Ausbreitungsrechnungen mit vielen Gebäuden hilfreich.

```

1 2017-03-15 08:48:39 -----
2 TalServer:d:/m56-5_2
3 Ausbreitungsmodell AUSTAL2000, Version 2.6.11-WI-x
4 Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2014
5 Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2014
6 Arbeitsverzeichnis: d:/m56-5_2
7 Erstellungsdatum des Programms: 2014-09-02 09:08:52
8 Das Programm läuft auf dem Rechner "ZTHUERLI".
9 ===== Beginn der Eingabe =====
10 > ti "Beispiel5" 'Projekt-Titel
11 > ux xxxxxx 'X-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
12 > uy xxxxxx 'Y-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
13 > qs 0 'Qualitätsstufe
14 > as "anonym.aks" 'AKS-Datei
15 > xa 518.63 'X-Koordinate des Anemometers
16 > ya 262.52 'Y-Koordinate des Anemometers
17 > ha 7.4 'Höhe des Anemometers wird hier explizit angegeben
18 > os +NESTING
19 > xq 0.00 10.00 20.00 0.00 10.00 20.00
20 > yq 0.00 0.00 0.00 10.00 10.00 10.00
21 > hq 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00
22 > aq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
23 > bq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
24 > cq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
25 > wq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
26 > vq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
27 > dq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
28 > qq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
29 > sq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
30 > lq 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
31 > rq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
32 > tq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
33 > nh3 0.02886 0.2886 0.02886 0.02886 0.02886 0.02886
34 > qb 0 'Qualitätsstufe
35 > xb -19.82
36 > yb 21.49
37 > ab 35.94
38 > bb 70.38
39 > cb 7.00
40 > wb 270.59
41 ===== Ende der Eingabe =====
42 Die maximale Gebäudehöhe beträgt 7.0 m.
43 Festlegung des Vertikalrasters:
44 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 25.0 40.0 65.0
45 100.0 150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 1000.0
46 1200.0 1500.0
47 -----
48 Festlegung des Rechnernetzes:
49 dd 4 8 16 32 64
50 x0 -72 -112 -352 -704 -1024
51 nx 44 32 46 46 32
52 y0 -80 -128 -352 -704 -1024
53 ny 42 34 46 46 32
54 nz 5 21 21 21 21
55 -----
56 Standard-Kataster z0-utm.dmna (7e0adae7) wird verwendet.
57 Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 0.143 m.
58 Der Wert von z0 wird auf 0.10 m gerundet.
59 1: ANONYM
60 2: 01.10.1995 - 31.12.1999

```

Abbildung 16: Erster Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 5, Teil 1,
Fortsetzung nächste Seite.

```
61 3: KLUG/MANIER (TA-LUFT)
62 4: JAHR
63 5: ALLE FAELLE
64 In Klasse 1: Summe=8751
65 In Klasse 2: Summe=21099
66 In Klasse 3: Summe=45347
67 In Klasse 4: Summe=13547
68 In Klasse 5: Summe=7725
69 In Klasse 6: Summe=3554
70 Statistik "anonym.aks" mit Summe=100023.0000 normiert.
71
72 Prüfsumme AUSTAL 524c519f
73 Prüfsumme TALDIA 6a50af80
74 Prüfsumme VDISP 3d55c8b9
75 Prüfsumme SETTINGS fdd2774f
76 Prüfsumme AKS 3fefe376
77
78 Bibliotheksfelder "zusätzliches K" werden verwendet (Netze 1,2).
79 Bibliotheksfelder "zusätzliche Sigmas" werden verwendet (Netze 1,2).
80 =====
81 TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "nh3"
82 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-j00z01" ausgeschrieben.
83 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-j00s01" ausgeschrieben.
84 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-depz01" ausgeschrieben.
85 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-deps01" ausgeschrieben.
86 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-j00z02" ausgeschrieben.
87 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-j00s02" ausgeschrieben.
88 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-depz02" ausgeschrieben.
89 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-deps02" ausgeschrieben.
90 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-j00z03" ausgeschrieben.
91 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-j00s03" ausgeschrieben.
92 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-depz03" ausgeschrieben.
93 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-deps03" ausgeschrieben.
94 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-j00z04" ausgeschrieben.
95 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-j00s04" ausgeschrieben.
96 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-depz04" ausgeschrieben.
97 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-deps04" ausgeschrieben.
98 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-j00z05" ausgeschrieben.
99 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-j00s05" ausgeschrieben.
100 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-depz05" ausgeschrieben.
101 TMT: Datei "d:/m56-5_2/nh3-deps05" ausgeschrieben.
102 TMT: Dateien erstellt von AUSTAL2000_2.6.11-WI-x.
103 =====
104 Auswertung der Ergebnisse:
105 =====
106 DEP: Jahresmittel der Deposition
107 J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
108 Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
109 Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
110
111 Maximalwerte, Deposition
112 =====
113 NH3 DEP : 118.03 kg/(ha*a) (+/- 1.1%) bei x= 46 m, y= -18 m (1: 30, 16)
114 =====
115
116 Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m
117 =====
118 NH3 J00 : 44.50 µg/m³ (+/- 0.5%) bei x= 46 m, y= -18 m (1: 30, 16)
119 =====
120 2017-03-15 11:40:12 AUSTAL2000 beendet.
```

Abbildung 17: Zweiter Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 5, Teil 2,
Fortsetzung aus vorheriger Seite.
Zur besseren Übersicht wurden auf dieser Seite einige Leerzeilen entfernt.

Anhang C.6 Beispiel 6

Dieses Beispiel soll den Ansatz einer zeitabhängigen Emission verdeutlichen.

Aufgabenstellung:

Berechnet werden soll wieder die NO₂-Immissionszusatzbelastung wie in Beispiel 1. Allerdings sollen die Emissionen nicht konstant, sondern nur während der Betriebszeiten, die als Montag bis Samstag von 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr angenommen werden, stattfinden. Alle anderen Angaben bleiben gleich.

Erklärungen zu der Protokolldatei (Abb. 19, 20):

Für dieses Beispiel wurde eine Zeitreihe extern erstellt. Diese muss als Datei `zeitreihe.dmna` im Hauptverzeichnis (gleiches Verzeichnis wie die Datei `austal2000.txt`) stehen. Die Datei `zeitreihe.dmna` enthält zum einen die meteorologischen Daten der Ausbreitungsklassenzeitreihe (hier: `anno95.akterm`), zum anderen die zeitabhängig angesetzten Emissionen.

Informationen zur Datei `zeitreihe.dmna`

Abb. 18 zeigt einen Ausschnitt aus der verwendeten `dmna`-Datei. Sie enthält Angaben für alle Jahresstunden, d. h. 8760 Zeilen mit Meteorologie- und Emissionsinformationen (ab Z. 14). Zusätzlich enthält sie in den Zeilen 1 bis 12 allgemeine Informationen, die von AUSTAL2000 eingelesen und ausgewertet werden. Diese werden hier nicht weiter erläutert. Das Format von `dmna`-Dateien wird ausführlich in der Programmdokumentation von AUSTAL2000 dargestellt.

Für jede Stunde sind in diesem Fall 7 Spalten mit Informationen enthalten. Aus Z. 1 in Abbildung 18 kann abgelesen werden, welcher Parameter mit welchem (software-internen) Format in der jeweiligen Spalte steht. Die ersten vier Spalten enthalten die Informationen aus der meteorologischen Datei: Zeitangabe (Datum und Uhrzeit) *te*, Windrichtung *ra*, Windgeschwindigkeit *ua* und Obukhov-Länge *lm*. Danach folgen die Spalten mit Emissionsdaten, jeweils mit Angabe der Nummer der Quelle (hier: 01, da nur eine Quelle) und des emittierten Stoffes (hier: NO_x, NO₂ und NO).

In Z. 14 bis Z. 42 (und wieder ab Z. 59) sind die Emissionen jeweils 0,0 g/s. Von Null verschiedene Emissionen erfolgen am 2.1. zwischen 6 Uhr und 22 Uhr, d. h. von Z. 43 bis Z. 58. Diese Emissionsmassenströme sind identisch zu Beispiel 1.

Informationen zur Protokolldatei:

Meteorologie

Bei Verwendung einer Ausbreitungsklassenzeitreihe wird die Meteorologiedatei mit dem Parameter *az* gekennzeichnet und nicht wie in den anderen Beispielen mit *as* (siehe Z. 18). Wenn der Parameter *as* gesetzt wird, erwartet AUSTAL2000 eine Ausbreitungsklassenstatistik (*.aks), bei Verwendung des Parameters *az* eine Ausbreitungsklassenzeitreihe (z. B. *.akterm).

Da eine Ausbreitungsklassenzeitreihe verwendet wurde, in der die rauigkeitslängenabhängigen Anemometerhöhen enthalten sind, ist keine Angabe der Anemometerhöhe *ha* notwendig. In Z. 50 der Protokolldatei ist zu erkennen, dass automatisch vom Modell die Anemometerhöhe 7,4 m ermittelt und verwendet wurde.

Zeitabhängigkeit

In diesem Fall stehen in Z. 32 – 34 keine Emissionswerte, sondern Fragezeichen. Dies bedeutet für das Modell AUSTAL2000, dass die Emissionen nicht konstant sind, sondern die Werte aus der Datei zeitreihe.dmna auszulesen sind.

Ergebnisse:

Der maximale Jahresmittelwert für NO_x beträgt mit 1,2 µg/m³ (siehe Z. 87) nur 2/3 des Wertes aus Aufgabe 1, was daran liegt, dass die Anlage zu etwa 2/3 des Jahres in emittiert.

```

1 form "te%20lt" "ra%5.0f" "ua%5.1f" "lm%7.1f" "01.nox%10.3e" "01.no2%10.3e" "01.no%10.3e"
2 locl "C"
3 mode "text"
4 ha 3.2 4.1 5.7 7.4 9.8 14.4 20.0 24.4 28.3
5 z0 0.20
6 d0 1.20
7 artp "ZA"
8 sequ "i"
9 dims 1
10 size 32
11 lowb 1
12 hghb 8760
13 *
14 1995-01-01.01:00:00 206 5.6 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
15 1995-01-01.02:00:00 216 6.4 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
16 1995-01-01.03:00:00 255 6.8 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
17 1995-01-01.04:00:00 271 6.5 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
18 1995-01-01.05:00:00 251 6.4 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
19 1995-01-01.06:00:00 250 6.4 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
20 1995-01-01.07:00:00 247 7.0 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
21 1995-01-01.08:00:00 252 6.4 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
22 1995-01-01.09:00:00 264 6.9 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
23 1995-01-01.10:00:00 264 7.4 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
24 1995-01-01.11:00:00 261 7.4 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
25 1995-01-01.12:00:00 264 8.4 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
26 1995-01-01.13:00:00 270 8.9 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
27 1995-01-01.14:00:00 271 8.9 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
28 1995-01-01.15:00:00 265 9.0 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
29 1995-01-01.16:00:00 250 8.6 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
30 1995-01-01.17:00:00 252 9.5 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
31 1995-01-01.18:00:00 260 8.7 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
32 1995-01-01.19:00:00 251 7.9 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
33 1995-01-01.20:00:00 253 7.8 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
34 1995-01-01.21:00:00 243 6.9 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
35 1995-01-01.22:00:00 236 7.1 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
36 1995-01-01.23:00:00 251 7.0 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
37 1995-01-02.00:00:00 243 7.4 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
38 1995-01-02.01:00:00 249 5.5 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
39 1995-01-02.02:00:00 244 6.0 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
40 1995-01-02.03:00:00 238 5.0 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
41 1995-01-02.04:00:00 237 5.0 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
42 1995-01-02.05:00:00 237 5.1 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
43 1995-01-02.06:00:00 245 5.2 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
44 1995-01-02.07:00:00 230 3.9 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
45 1995-01-02.08:00:00 220 3.7 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
46 1995-01-02.09:00:00 247 2.5 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
47 1995-01-02.10:00:00 295 2.1 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
48 1995-01-02.11:00:00 264 1.3 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
49 1995-01-02.12:00:00 284 1.4 -81.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
50 1995-01-02.13:00:00 299 1.9 -81.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
51 1995-01-02.14:00:00 315 3.0 -81.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
52 1995-01-02.15:00:00 302 5.1 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
53 1995-01-02.16:00:00 296 4.5 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
54 1995-01-02.17:00:00 300 4.4 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
55 1995-01-02.18:00:00 312 3.8 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
56 1995-01-02.19:00:00 335 3.6 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
57 1995-01-02.20:00:00 325 3.5 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
58 1995-01-02.21:00:00 336 3.6 99999.0 1.172e+000 1.170e-001 6.890e-001
59 1995-01-02.22:00:00 340 3.3 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
60 1995-01-02.23:00:00 335 3.4 99999.0 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000

```

Abbildung 18: Auszug aus der zeitreihe.dmn-Datei zu Beispiel 6. (Anfang der Datei, es folgen noch 8713 weitere Zeilen mit Emissionsdaten der restlichen Jahressstunden.)

```
1 2017-03-17 09:42:45 -----
2 TalServer:d:/m56-6_2
3
4   Ausbreitungsmodell AUSTAL2000, Version 2.6.11-WI-x
5   Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2014
6   Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2014
7
8   Arbeitsverzeichnis: d:/m56-6_2
9
10  Erstellungsdatum des Programms: 2014-09-02 09:08:52
11  Das Programm läuft auf dem Rechner "ZTHUERLI".
12
13  ===== Beginn der Eingabe =====
14  > ti "Beispiel6"           'Projekt-Titel
15  > ux xxxxxx               'X-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
16  > uy xxxxxx               'Y-Koordinate des Bezugspunktes im UTM-Format
17  > qs 0                    'Qualitätsstufe
18  > az "anno95.akterm"      'AKTERM-Datei
19  > xq 0.0
20  > yq 0.0
21  > hq 12.00                'Quellhöhe
22  > aq 0.00
23  > bq 0.00
24  > cq 0.00
25  > wq 0.00
26  > vq 20.44                'Austrittsgeschwindigkeit
27  > dq 0.50                 'Durchmesser der Quelle
28  > qq 0.61                 'Wärmestrom
29  > lq 0.0000
30  > rq 0.00
31  > tq 0.00
32  > NO ?
33  > NO2 ?
34  > NOx ?
35  ===== Ende der Eingabe =====
36
37  Festlegung des Rechnernetzes:
38  dd 16
39  x0 -1008
40  nx 126
41  y0 -1008
42  ny 126
43  nz 19
44  -----
45
46  Standard-Kataster z0-utm.dmna (7e0adae7) wird verwendet.
47  Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 0.146 m.
48  Der Wert von z0 wird auf 0.10 m gerundet.
49  Die Zeitreihen-Datei "d:/m56-6_2/zeitreihe.dmna" wird verwendet.
50  Es wird die Anemometerhöhe ha=7.4 m verwendet.
51  Die Angabe "az anno95.akterm" wird ignoriert.
52
53  Prüfsumme AUSTAL 524c519f
54  Prüfsumme TALDIA 6a50af80
55  Prüfsumme VDISP 3d55c8b9
56  Prüfsumme SETTINGS fdd2774f
57  Prüfsumme SERIES a10c67cd
58
59  =====
60
```

Abbildung 19: Erster Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 6, Teil 1,
Fortsetzung nächste Seite.

```
61 TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "nox"
62 TMT: 365 Tagesmittel (davon ungültig: 0)
63 TMT: Datei "d:/m56-6_2/nox-j00z" ausgeschrieben.
64 TMT: Datei "d:/m56-6_2/nox-j00s" ausgeschrieben.
65 TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "no2"
66 TMT: 365 Tagesmittel (davon ungültig: 0)
67 TMT: Datei "d:/m56-6_2/no2-j00z" ausgeschrieben.
68 TMT: Datei "d:/m56-6_2/no2-j00s" ausgeschrieben.
69 TMT: Dateien erstellt von AUSTAL2000_2.6.11-WI-x.
70 TQL: Berechnung von Kurzzeit-Mittelwerten für "no2"
71 TQL: Datei "d:/m56-6_2/no2-s18z" ausgeschrieben.
72 TQL: Datei "d:/m56-6_2/no2-s18s" ausgeschrieben.
73 TQL: Datei "d:/m56-6_2/no2-s00z" ausgeschrieben.
74 TQL: Datei "d:/m56-6_2/no2-s00s" ausgeschrieben.
75 =====
76
77 Auswertung der Ergebnisse:
78 =====
79
80 DEP: Jahresmittel der Deposition
81 J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
82 Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
83 Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
84
85 Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m
86 =====
87 NOX J00 : 1.2 µg/m³ (+/- 1.4%) bei x= 312 m, y= -8 m ( 83, 63)
88 NO2 J00 : 0.1 µg/m³ (+/- 6.7%) bei x=-1000 m, y= -232 m ( 1, 49) RANDGEBIET!
89 NO2 S18 : 6 µg/m³ (+/- 41.7%) bei x= -936 m, y= 72 m ( 5, 68)
90 NO2 S00 : 53 µg/m³ (+/- 67.6%) bei x= -408 m, y= -424 m ( 38, 37)
91 =====
92
93 2017-03-17 10:09:47 AUSTAL2000 beendet.
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
```

Abbildung 20: Zweiter Teil der AUSTAL2000.log-Datei zu Beispiel 6, Teil 2, Fortsetzung aus vorheriger Seite.

Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de