



DWD

A M T L I C H E S G U T A C H T E N

zum Klima und den klimatischen Auswirkungen eines geplanten
Gipsabbaus im Raum Lüthorst - Ravensberg

Auftraggeber: Ingenieurbüro Völker, 06548 Uftrungen

Deutscher Wetterdienst

Geschäftsfeld

Klima- und Umweltberatung

RGB-Hannover, den 04.09.2003; Az.: KBHN/0993/03

DEUTSCHER WETTERDIENST

Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung

AMTLICHES GUTACHTEN

zum Klima und den klimatischen Auswirkungen eines geplanten
Gipsabbaus im Raum Lüthorst-Ravensberg

Auftraggeber: Ingenieurbüro Völker
An der Heimkehle 1
06548 Uftrungen

Anzahl der Seiten (gesamt) : 48
Anzahl der Tabellen : 7
Anzahl der Abbildungen : 10

Wissenschaftliche Bearbeitung: Dipl.-Met. J.-P. Moldenhauer
Dr. Uwe Wienert

Hannover, den 04. September 2003
Im Auftrag

J.-P. Moldenhauer

Dipl.-Met. J.-P. Moldenhauer
Leiter des Regionalen Gutachtenbüros



Dieses Gutachten ist urheberrechtlich geschützt; außerhalb der mit dem Auftraggeber vertraglich vereinbarten Nutzungsrechte ist seine Vervielfältigung oder Weitergabe an Dritte sowie der Mitteilung seines Inhaltes, auch auszugsweise, nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Deutschen Wetterdienstes gestattet.

EDV-Kennung: 226-37627-09 0993

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung, Aufgabenstellung, Lösungsweg	2
2. Lagebeschreibung	3
3. Verwendetes Datenmaterial	4
4. Allgemeine Erläuterungen zum Klima	4
4.1 Kaltluft	4
4.2 Die atmosphärische Grenzschicht	7
5. Klimatische Verhältnisse im Planungsraum	8
5.1 Allgemeine klimatische Verhältnisse	8
5.2 Regionale / lokalklimatische Verhältnisse im Raum Lüthorst-Ravensberg	10
5.2.1 Lufttemperatur und Wärmebelastung	10
5.2.2 Luftfeuchtigkeit und Niederschlag	11
5.2.3 Wind	12
5.2.4 Sonnenschein	13
5.2.5 Nebel	13
5.2.6 Kaltluft-/Frischluftsituation	14
5.3 Qualifizierte Prüfung der Übertragbarkeit einer Ausbreitungsklassenstatistik	15
6. Klimatische Auswirkungen des Planungsvorhabens	21
6.1 Regionalklima	21
6.2 Kaltluft	21
6.3 Lokale Klimaänderungen durch den Gipsabbau	22
6.3.1 Lufttemperatur und Wärmebelastung	22
6.3.2 Luftfeuchtigkeit und Niederschlag	26
6.3.4 Wind	27
6.3.5 Nebel und Sonnenschein	28
7. Zusammenfassung des Gutachtens	29
8. Literaturverzeichnis	31
9. Glossar	33
10. Abbildungen und Tabellen	35

1. Einleitung, Aufgabenstellung, Lösungsweg

Das Ingenieurbüro Völker in 06548 Uftungen beauftragte den Deutschen Wetterdienst, Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung Hannover, mit der Erstellung eines klimatologischen Gutachtens zum Klima im Raum Lüthorst-Ravensberg sowie zu den lokalklimatischen Auswirkungen eines dort auf derzeit landwirtschaftlich genutzten Flächen geplanten ca. 14 ha großen Gipsabbaus.

Das vorliegende Gutachten behandelt auftragsgemäß folgende Themenkomplexe:

- Aussagen zum Klima im Raum Lüthorst-Ravensberg (langjährige mittlere Verhältnisse bezüglich Niederschlag, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Nebelhäufigkeit) einschließlich einer kurzen bioklimatologischen Abschätzung der Wärmebelastung im Untersuchungsgebiet
- Qualifizierte Prüfung der Übertragbarkeit einer Ausbreitungsklassenstatistik (u.a. zur Abschätzung der derzeitigen Windverteilung im Bereich der Abbaufäche)
- Qualitative Bewertung der dortigen Kaltluftsituation in windschwachen, wolkenarmen Nächten (Kaltluftflüsse / Erreichen Kaltluftflüsse aus dem Bereich des geplanten Gipsabbaus umliegende Ortschaften?)
- Abschätzung der Häufigkeit windschwacher, wolkenarmer Nächte im Untersuchungsgebiet, um die Häufigkeit von Kaltluftflüssen zu bewerten
- Qualitative Bewertung der möglichen klimatischen / lokalklimatischen Änderungen durch das Vorhaben, insbesondere in Bezug auf Nebelhäufigkeit, Sonnenscheindauer, Lufttemperatur und -feuchte, Kaltluftflüsse, Wärmebelastung und Windverteilung

Angaben zur Ausbreitung und Konzentration von Stäuben sind nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

Im Kapitel 1 werden die Aufgabenstellung sowie die Vorgehensweise erläutert. Im Kapitel 2 erfolgt eine kurze Beschreibung des Planungsraumes. Im folgenden Kapitel 3 werden die Datenquellen dargestellt, aus denen die verwendeten Mess- und Beobachtungsdaten stammen. Das Kapitel 4 enthält einige grundsätzliche Anmerkungen zu Phänomenen, die im Rahmen der behandelten Thematik von Bedeutung sind. Die regionalen und lokalklimatischen Verhältnisse im Gebiet Lüthorst-Ravensberg werden im Kapitel 5 anhand relevanter Parameter wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Wind, Sonnenschein, Bewölkung und Nebel beschrieben. Außerdem wird kurz auf die Wärmebelastung eingegangen.

Die durch das Vorhaben möglichen klimatischen Auswirkungen des Planungsvorhabens werden im Kapitel 6 bewertet. Hier liegt der Schwerpunkt auf der Abschätzung möglicher Modifikationen der wesentlichen Klimatelemente wie Lufttemperatur, -feuchte, Sonnenschein, Wind und Nebelhäufigkeit. Außerdem wird abgeschätzt, inwiefern sich Veränderungen bei der Wärmebelastung ergeben können. Kapitel 7 und 8 bestehen aus der Zusammenfassung des Gutachtens sowie dem Literaturverzeichnis. Im Glossar im Kapitel 9 sind Fachausdrücke erläutert, soweit sie nicht bereits im Text erklärt sind. Die Tabellen und Abbildungen sind, soweit nicht im Text aufgeführt, im Kapitel 10 zusammengefasst.

Für dieses Gutachten wurden vom Auftraggeber folgende Unterlagen geliefert:

- Topographische Karte 1:25.000 Gipsabbau Lüthorst-Ravensberg
- Karte zur Gestalt der geplanten Abbaustätte Lüthorst-Ravensberg
- Darstellung des Vorhabens (Auszüge aus den Antragsunterlagen S. 5 bis 15)

Das Gutachten stützt sich im wesentlichen auf die vorhandenen langjährigen Klimadaten von Stationen des Deutschen Wetterdienstes aus dem Raum Lüthorst-Ravensberg, die Erkenntnisse der ausführlichen Ortsbesichtigung vom 03. Juni 2003 sowie auf die Fachliteratur.

2. Lagebeschreibung

Die geographische Lage des geplanten Gipsabbaus Lüthorst-Ravensberg ist in **Abb.1** enthalten. Das Abbaugelände befindet sich im Landkreis Northeim in der Gemarkung Lüthorst. Der Gipsabbau soll auf einer ca. 14 ha großen, derzeit landwirtschaftlich genutzten Fläche, erfolgen. Die Planung erstreckt sich auf ein untertägiges und auf ein übertägiges Abbaufeld, wie in **Abb. 1** markiert. Die größte Erstreckung vom nordwestlichsten bis zum südöstlichsten Punkt des geplanten Abbaugeländes beträgt ca. 840 m. Die größte horizontale Erstreckung der Abbaufeldfläche von Südsüdwest nach Nordnordost erreicht ca. 330 m. Die Geländehöhen variieren im Bereich des Abbaufeldes zwischen ca. 210 m über NN und 235 m über NN. Insgesamt weist das Gelände hier ein von Westnordwest nach Ostsüdost gerichtetes Gefälle auf. Die Geländeneigung beträgt ca. 3°.

Die Abbaugrube wird voraussichtlich Tiefen von 30 m bis 35 m erreichen, wobei eine Abbau-dauer von ca. 15 bis 20 Jahren vorgesehen ist. Die abzuräumende etwa 15 m starke Deckschicht wird zu einem 5 m breiten Wall entlang der Zufahrtstraße in Richtung Haus „Wildwiese“ aufgeschüttet. Am östlichen Ende des Abbaugeländes in Richtung Portenhagen soll ein Wall mit einer Höhe von etwa 15 m entstehen.

Im Osten und Süden des geplanten Abbaugeländes liegen in jeweils etwa 1000 m Entfernung die Ortschaften Portenhagen und Lüthorst. Etwa 200 m nördlich des projektierten Gipsabbaus befindet sich das Haus „Wildwiese“. Im übrigen ist das Gelände in der näheren Umgebung des Untersuchungsraumes nicht weiter besiedelt.

Nach der naturräumlichen Gliederung ist das betreffende Gelände im Übergangsbereich zwischen dem Solling-Vorland im Westen und der südöstlich anschließenden Leine-Ilmenau-Senke positioniert. Im engeren Sinne handelt es sich um das Elfas-Umland. Der Höhenzug des Elfas erstreckt sich von Westnordwest nach Ostsüdost am nördlichen Rand des Untersuchungsgebietes. Dabei steigen die Geländehöhen bis auf 409,6 m über NN im Bereich des Helleberges, ca. 2 km nordöstlich des geplanten Abbaugeländes, an. An der Südflanke des Elfas verläuft das Bachtal der Bever zunächst von Nord nach Süd und biegt auf Höhe des Hauses „Waldwiese“, ca. 250 m nördlich der projektierten Abbaufeldfläche, in eine ostsüdöstliche Richtung um. Das ökologisch wertvolle Bewertal (zitiert auf Seite 15 der Antragsunterlagen) wird hier durch die flache Erhebung des Ravensberges mit Höhen um etwa 250 m über NN vom vorgesehenen Abbaugelände getrennt.

Weitere Erhebungen werden mit dem Aulsberg (269,6 m über NN), ca. 600 m westsüdwestlich und mit dem Steinberg (245,5 m über NN), ca. 200 m südlich des zu untersuchenden Areals angetroffen. Weiter im Südwesten erheben sich die Amtsberge, die mit dem Belzer Berg, ca. 3 km vom geplanten Gipsabbau entfernt, eine maximale Geländehöhe von 392,1 m über NN erreichen. Die Rücken der größeren Höhenzüge sind mit Mischwald bestanden, während die Hänge und Niederungen meist landwirtschaftlich genutzt sind.

3. Verwendetes Datenmaterial

Das Klima im Untersuchungsraum wird durch langjährige Mittelwerte beschrieben, die aus den Messdaten der Klimastation Einbeck (51° 50' N / 09° 53' E) in 135 m über NN, ca. 12 km ost-südöstlich, und den Messdaten der Niederschlagsstation Eimen-Vorwohle (51° 53' N / 09° 44' E) in 265 m über NN, ca. 3 km nördlich des Untersuchungsgebietes, stammen.

Gemäß internationaler Vereinbarung der WMO (World Meteorological Organization) gilt zur Zeit als Klimanormalperiode der dreißigjährige Zeitraum 1961 bis 1990. Bezüglich Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer beziehen sich die langjährigen Mittelwerte auf diese Klimanormalperiode. Die Klimastation Einbeck wurde zum 30.11.1989 aufgelöst, d.h. von dort liegt keine ganz vollständige 30-jährige Messreihe 1961 bis 1990 vor. In diesem Fall wurden die vorhandenen Messreihen mit statistisch-mathematischen Methoden auf die 30-jährige Klimanormalperiode umgerechnet.

Einige Parameter (Niederschlag, Nebel, Wind) zeigen eine ausgeprägte räumliche Variabilität oder werden an den vorhandenen Stationen nicht registriert. Zur Abschätzung dieser Werte wurden auch Felddarstellungen aus dem **KLIMAATLAS BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1999)**, der Veröffentlichung des DWD über das Klima der Bundesrepublik Deutschland von **KALB & SCHIRMER (1992)** und dem **STATISTISCHEN WINDFELDMODELL DES DWD (1999)** herangezogen. Die genannten Felddarstellungen wurden auch dazu verwendet, um die räumliche Repräsentanz der in diesem Gutachten bewerteten Parameter abzuschätzen.

Insbesondere zur Bewertung der Windverhältnisse fehlen in der Nähe des Untersuchungsgebietes entsprechende Messstellen. Die nächstgelegenen Windmessstationen des DWD werden in Göttingen (51° 30' / 09° 57'), ca. 43 km südsüdöstlich, in Hameln (52° 07' N / 09° 20' E), ca. 40 km nordwestlich, und in Northeim-Stöckheim (51° 45' N / 09° 56' E), ca. 19 km ost-südöstlich des geplanten Gipsabbaus Lüthorst-Ravensberg, unterhalten. In diesem Zusammenhang sei auf Kapitel 5.3 verwiesen, in dem eine Qualifizierte Prüfung der Übertragbarkeit einer Ausbreitungsklassenstatistik vorgenommen wird. Dort werden auch die verwendeten Daten und die anzunehmenden Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet eingehend beschrieben und bewertet.

4. Allgemeine Erläuterungen zum Klima

4.1 Kaltluft

Der großräumige Ablauf der Witterung wird durch den Wechsel unterschiedlicher Luftmassen charakterisiert. In Norddeutschland und somit auch im Untersuchungsraum prägen häufig Westwetterlagen das Wettergeschehen. Dabei überqueren in die großräumige Zirkulation eingebettete Fronten mit ihren Schlechtwettergebieten und - damit vielfach gekoppelt - kräftigen Winden Niedersachsen ostwärts. Diese Verhältnisse, die kennzeichnen das allochthone (fremdbürtige) Klima, behindern die Entwicklung eines lokalen Klimas, vielfach wird es sogar vollständig unterbunden. Damit können dann lokalklimatische Besonderheiten kaum oder gar nicht hervortreten.

Lokalklimatische Besonderheiten treten im allgemeinen bei windschwachen, wolkenarmen Wetterlagen auf. Das hier gegebene autochthone (eigenbürtige) Klima wird dann durch die lokalen Faktoren geprägt. Diese lokalen Faktoren sind teils natürlichen Ursprungs (Geländeform, Bewuchs etc.), teils aber auch anthropogen bedingt (Bebauung, Rodung etc.). Die Beeinflussung durch die lokalen Faktoren ist umso größer, je geringer Bewölkung und Windgeschwindigkeit sind.

Bei derartigen windschwachen "Strahlungswetterlagen" prägen die Sonneneinstrahlung tagsüber sowie die nächtliche langwellige Ausstrahlung der Erdoberfläche die Elemente Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit etc. in Abhängigkeit der genannten natürlichen und anthropogenen Faktoren. Besonders stark treten die Unterschiede im lokalen Bereich in den windschwachen "Strahlungsnächten" auf. In diesen windschwachen, wolkenarmen Nächten wird, bedingt durch die Energieverluste infolge der langwelligen Ausstrahlung, die Auskühlung der Erdoberfläche in Abhängigkeit von ihrer Beschaffenheit (Nutzung) bestimmt. Wenn die Wärmeleitung aus dem Erdboden in Richtung Erdoberfläche reduziert ist, wie z.B. bei frisch gepflügtem Ackerland, Grün- und Ödland, kann eine besonders starke Abkühlung der Erdoberfläche und der ihr aufliegenden Luftschicht erfolgen. Diese Flächen werden kaltluftproduzierende Flächen genannt.

Zur Kaltluftproduktionsfähigkeit unterschiedlicher natürlicher Oberflächen existieren in der Literatur sehr differierende Angaben. In umfangreichen Untersuchungen hat **KING (1973)** über kurzgehaltenen Wiesenflächen Kaltluftproduktionsraten von $12 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ermittelt. Demgegenüber haben **HAUF & WITTE (1985)** für eine Tallage mit einer Neigung der angrenzenden Hänge von 15° und einer aus Wald und Wiesen bestehenden Landnutzung Kaltluftproduktionsraten von $32 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ festgestellt. Modellrechnungen von **GROSS (1989)** ergaben Kaltluftproduktionsraten von $11 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ für Weide- und $13 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ für Waldflächen. **DÜTEMEYER (2000)** gibt für Freiflächen (überwiegend Wiesen, Acker, Brachland) Kaltluftproduktionsraten von $15 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ an.

Dicht bebaute Siedlungsgebiete, Gewerbe- und Industriegebiete und allgemein versiegelte Flächen liefern dagegen keinen oder nur einen geringen Beitrag zur Kaltluftbildung. Im Gegenteil, sie sind in derartigen Nächten wärmer als das Umland. Ursachen sind neben einer geänderten Energiebilanz der Erdoberfläche (z.B. durch Beton, Asphalt, Steine etc.) die Abwärme infolge Hausbrand, Verkehr und Industrie (**BALTRUSCH & SCHÜTZ, 1988**). Gewässer liefern im Mittel ebenfalls keinen Beitrag zur Kaltluftbildung.

Bereits über gering geneigten Freiflächen mit einem Gefälle von mindestens etwa 1° entsteht in windschwachen Strahlungsnächten ein hangabwärts gerichteter Kaltluftfluss. Derartige Kaltluftflüsse entwickeln sich, wenn die bodennahe Luftschicht aufgrund langwelliger Ausstrahlung abkühlt und sich infolge ihrer höheren Dichte im Vergleich zur umgebenden Luft der Geländeneigung folgend in Bewegung setzt.

Nach **LAWRENCE (1954)** zitiert in **GROSS (1987)** kann die charakteristische Geschwindigkeit des Kaltluftflusses mit der Beziehung (1) abgeschätzt werden:

$$(1) \quad u = \sqrt{2 \cdot g \cdot l \cdot \sin(\alpha) \cdot \frac{T'}{T}}$$

mit:

u : Geschwindigkeit des Kaltluftabflusses in m/s

g : Erdbeschleunigung (ca. $9,8 \text{ m/s}^2$)

l : Länge des Hanges in m

α : Geländeneigung in Winkelgrad

T' : Temperaturdifferenz zur Umgebungsluft in K (Kelvin)

T : Temperatur der Kaltluft in K

Die Fließgeschwindigkeit der Kaltluft ist danach neben der Hangneigung und der Länge der Gefällestrecke auch von der Temperaturdifferenz zur Umgebung abhängig. Die Kaltluftflüsse erreichen je nach Hangneigung typischerweise Geschwindigkeiten von ca. 0,5 bis 2 m/s. Aus (1) wird auch ersichtlich, dass schon relativ geringe Temperaturunterschiede von T' gegenüber

der Umgebungsluft in der Größenordnung um 1 K bei größeren Hangneigungen ausreichen, um Kaltluftflüsse auszulösen. Beispielsweise beträgt nach (1) auf einem 200 m langen 5° geneigten Hang bei einer Umgebungstemperatur von 10 °C ($T=283,15$ K) und einer 1 K kälteren Kaltluftmasse die Geschwindigkeit des Kaltluftflusses 1,0 m/s.

Die vertikale Mächtigkeit der Kaltluftabflüsse ist meistens auf wenige Meter beschränkt. Ein weiterer wesentlicher Einflussparameter auf die Fließgeschwindigkeit der Kaltluft ist durch die aerodynamische Rauigkeit der Erdoberfläche gegeben, der in (1) nicht berücksichtigt wurde. Geländehindernisse natürlicher (Wälder, Hügel etc.) oder anthropogener Art (Straßendämme, Lärmschutzwände oder Lärmschutzwälle, Siedlungen) können Kaltluftströme abbremsen oder sogar unterbrechen. Sofern das Hindernis nicht umströmt werden kann, kommt es zum Kaltluftstau; die Kaltluft staut sich bis zur Hindernishöhe auf und überströmt, wenn genügend Kaltluft nachfließt, das Hindernis.

Der Kaltluftabfluss erfolgt in der Regel nicht kontinuierlich, sondern schubweise. Die Andauer der Fließperioden kann zwischen etwa 5 und 75 Minuten (TYSON 1968; DORAN & HORST 1981) variieren. Die Länge der Perioden wird durch die Geländeneigung und die thermische Schichtung bestimmt. Die Ursache für die periodischen Kaltluftabflüsse kann im thermisch bedingten Luftdruckgradienten gesucht werden. Das Abfließen der kalten Luft bewirkt ein Heranführen wärmerer Luftmassen aus höheren Atmosphärenschichten, was eine Verringerung der horizontalen Luftdruckgegensätze und damit eine Abschwächung des Kaltluftflusses bewirkt. Erst wenn durch die Strahlungsabkühlung die Lufttemperatur wieder abgesunken ist, nimmt der Luftdruckgradient zu und ein Abfluss der Kaltluft kann wieder beginnen.

Untersuchungen haben gezeigt, dass der Kaltluftfluss bereits kurz vor Sonnenuntergang beginnen kann. Er endet, wenn ein Tal oder eine Mulde vollständig mit Kaltluft gefüllt ist. Bei guten Abflussmöglichkeiten kann ein Kaltluftfluss die ganze Nacht andauern und erst zur Zeit des Sonnenaufgangs versiegen.

Bei der Bewertung eines Raumes nach bioklimatischen Gesichtspunkten haben Kaltluftflüsse eine besondere Bedeutung, da sie z. B. an Tagen mit hoher Wärmebelastung eine rasche abendliche Abkühlung bewirken.

Ob es sich bei der Kaltluft um Frischluft handelt oder nicht, hängt entscheidend vom Kaltlufteinzugsgebiet sowie von den Transportbahnen der Kaltluft ab. Ist die Kaltluft schadstofffrei oder schadstoffarm, so handelt es sich um Frischluft, die aus lufthygienischer Sicht eine hohe Bedeutung besitzt. Erreicht sie z.B. als Frischluft ein Siedlungsgebiet, so kann sie mit ihrer Eigenschaft die dortigen Schadstoffkonzentrationen reduzieren. Überstreicht die Frischluft auf ihrem Weg in den Wirkungsraum - z.B. in eine Siedlung - bodennahe Emissionsquellen (Trassen vielbefahrener Straßen, Mülldeponien etc.), so kann innerhalb der ehemaligen Frischluft eine Schadstoffanreicherung und ein Transport der Luftverunreinigungen erfolgen. Vor allem in Mulden und vor Hindernissen reichert sich dann die Luft mit Schadstoffen an, so dass die Kaltluft keinesfalls mehr Frischluft ist.

Ansammlungen von Kaltluft in Mulden führen zur Bildung von Kaltluftseen. Umfasst die Kaltluft ein größeres Gebiet, in dem sich vor Ort produzierte Kaltluft und/oder aus der Umgebung hertransportierte Kaltluft, z.B. durch Kaltluftflüsse, sammelt, so wird von einem Kaltluftsammelgebiet gesprochen. Die Obergrenze von Kaltluftsammelgebieten ist identisch mit der Obergrenze der morgendlichen Bodeninversion (Inversion = Temperaturumkehrschicht), die sich in Strahlungsnächten bildet. Ein Kaltluftsammelgebiet kann im Gegensatz zum meist kleinräumigen Kaltluftsee aufgrund der größeren vertikalen Mächtigkeit der Kaltluft auch ausgedehnte Siedlungsgebiete überdecken. Liegen bodennahe Emissionsquellen in einem Kaltluftsee bzw. -sammelgebiet oder in einem Kaltluftstau, so kann sich - je nach Art und Anzahl dieser Quellen - eine beträchtliche Anreicherung der Luft mit Schadstoffen ergeben, da in Strahlungsnächten wegen der geringen Windgeschwindigkeiten der horizontale Luftaustausch stark eingeschränkt ist, und da infolge der stabilen Schichtung der Kaltluft (meist nimmt die Temperatur in den bo-

dennahen Schichten innerhalb der Kaltluft mit der Höhe zu) auch der vertikale Luftaustausch stark behindert wird.

Innerhalb eines Kaltluftstaugebietes bzw. -sammelgebietes oder eines Kaltluftsees treten wegen der stagnierenden Kaltluft niedrigere nächtliche Temperaturminima auf als in der Umgebung. Als Folge ergibt sich auch eine höhere relative Luftfeuchtigkeit (die Wasserdampfaufnahmefähigkeit der Luft ist temperaturabhängig: je höher die Temperatur ist, desto mehr Wasserdampf kann die Luft aufnehmen). Somit resultiert für Kaltluftseen oder Kaltluftstaugebiete eine höhere Frost- und Glättegefahr als in der Umgebung, sowie für ausreichend große Gebiete eine größere Nebelanfälligkeit.

4.2 Die atmosphärische Grenzschicht

Die atmosphärische Grenzschicht ist die unterste Luftschicht der Atmosphäre, in der aufgrund der Rauigkeit der Erdoberfläche (Hügel, Wälder, Gebäude etc.) und der daraus resultierenden Reibung Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten vorherrschen, die sich wesentlich von denen der Grundströmung in der freien Atmosphäre unterscheiden. Je nach der Beschaffenheit der Erdoberfläche und des vertikalen Temperaturverlaufs hat sie im Mittel eine Mächtigkeit von 500 bis 1000 m.

Die vertikale Temperaturverteilung in der atmosphärischen Grenzschicht wird tagsüber von der solaren kurzwelligen Einstrahlung und nachts von der langwelligen Ausstrahlung der Erdoberfläche gesteuert. Die Temperaturverteilung spielt eine entscheidende Rolle für die Austauschvorgänge in der atmosphärischen Grenzschicht.

Im Mittel wird die Atmosphäre durch eine Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe charakterisiert, die zwischen 0,6 K und 1,0 K pro 100 m liegt (Temperaturdifferenzen werden in K = Kelvin angegeben, sie entsprechen der Angabe in °C). Um Lufttemperaturdifferenzen zwischen zwei beliebigen Höhen beurteilen zu können, werden sie auf die übliche Einheitshöhe von 100 m bezogen. Damit sind die Temperaturgradienten vergleichbar. Sie haben die physikalische Einheit K/100 m. Ein positiver Temperaturgradient bedeutet eine Zunahme der Lufttemperatur mit der Höhe. Letztere nennt man auch Inversion. Unter Isothermie versteht man das Gleichbleiben der Lufttemperatur mit zunehmender Höhe.

Die Einteilung der Temperaturgradienten (γ) entspricht der atmosphärischen Schichtung in folgender Weise:

	$\gamma \leq -1,0 \text{ K/100 m}$	sehr labil
$-0,9 \text{ K/100 m} \leq$	$\gamma \leq -0,7 \text{ K/100 m}$	leicht labil
$-0,6 \text{ K/100 m} \leq$	$\gamma \leq -0,1 \text{ K/100 m}$	leicht stabil
	$\gamma \geq 0,0 \text{ K/100 m}$	sehr stabil

Eine labile bodennahe Schichtung bildet sich durch starkes Aufheizen des Untergrundes bzw. der Erdoberfläche aus. Sie wird deshalb besonders tagsüber im Sommer bei starker Einstrahlung angetroffen und ist mit Konvektion und erhöhter Turbulenz verbunden. Sichtbare Zeichen starker Konvektion sind Quellwolken, Schauer und Gewitter. Aufgrund der Turbulenz findet hier ein guter vertikaler Austausch statt. Deshalb können bei labiler Schichtung Luftverunreinigungen besser verteilt bzw. verdünnt werden.

Eine stabile Schichtung bildet sich bei windschwachem und wolkenarmem Wetter (sogenannte Strahlungswetterlage) durch starke nächtliche Ausstrahlung des Erdbodens oder durch großräumige Absinkbewegungen der Luftmassen in Hochdruckgebieten aus. Dementsprechend wird zwischen Strahlungsinversionen und Absinkinversionen unterschieden. Inversionen sind Sperrschichten gegenüber vertikaler Luftbewegung. In stabiler Schichtung verringern sich die

Durchmischungsvorgänge erheblich, so dass sich dort verstärkt Luftverunreinigungen anreichern können.

Neben der Windgeschwindigkeit beeinflusst die Bewölkung die oben beschriebenen vertikalen Temperaturverteilungen. Mit zunehmender Bewölkung verringert sich tags die Erwärmung der Erdoberfläche und damit die Labilisierung der bodennahen Luftschicht. Nachts wirkt die Rückstrahlung von der Wolkenuntergrenze der Abkühlung der Erdoberfläche und damit dem Aufbau einer Bodeninversion entgegen.

5. Klimatische Verhältnisse im Planungsraum

5.1 Allgemeine klimatische Verhältnisse

Das Klima im Raum Lüthorst-Ravensberg wird überwiegend durch atlantische Luftmassen beeinflusst, die für einen wechselhaften Witterungsverlauf sorgen. Dabei äußert sich die eher maritime Klimakomponente in der Dämpfung der jahreszeitlichen Temperaturamplitude. Die Sommer sind meist nur mäßig warm, die Winter bezogen auf die geographische Breite vergleichsweise mild. Niederschlag tritt über das Jahr verteilt recht oft auf, wobei im Winter in tieferen Lagen der Niederschlag vergleichsweise selten als Schnee fällt. Zeitweise können sich aber auch kontinentale Klimazüge durchsetzen, und zwar bei anhaltend antizyklonal geprägter Luftzufuhr aus östlichen Richtungen und bei mitteleuropäischen Hochdrucklagen. Im Sommer sind dann, wie im Sommer 2003, sonnenscheinreiche und u.U. heiße Witterungsperioden die Folge, während im Winter es vielfach zu Dauerfrost kommt, der je nach Wetterlage mit geringer Bewölkung oder auch anhaltendem Nebel bzw. Hochnebel verbunden ist.

Über den derzeitigen landwirtschaftlich genutzten Freiflächen im Untersuchungsraum wird in wolkenarmen windschwachen Nächten (sog. windschwachen Strahlungsnächten) Kaltluft produziert. Über ausreichend geneigten Flächen (Geländeneigung mindestens ca. 1°) besteht die Möglichkeit, dass die Kaltluft der Geländeneigung folgend abfließt. Entsprechende Kaltluftflüsse treten daher vor allem an den Hängen des Elfes und der Amtsberge sowie von Auls- und Steinberg auf. Auch oberhalb des Kronenbereiches der dicht bewaldeten Hangflächen des Elfes sind Kaltluftflüsse möglich. Der gesamte Untersuchungsraum liegt, mit Ausnahme der Kammlagen der Höhenzüge, im Bereich eines umfangreichen Kaltluftsammlgebietes.

Wegen der geringen Größe der Siedlungen Lüthorst und Portenhagen wird nicht angenommen, dass zwischen diesen Siedlungen und dem Umland ein thermisch angetriebenes, lokales Windsystem (Flurwindsystem) existiert. Aus der Fachliteratur ergibt sich, dass entsprechende Flurwindsysteme erst für größere Städte nachgewiesen werden konnten, z.B. **KUTTLER (1993)** oder **DÜTEMEYER (2000)**. Die sich in windschwachen Strahlungsnächten im Untersuchungsraum sammelnde Kaltluft kann sich im Bereich von Ortschaften mit Emissionen des Straßenverkehrs und vor allem im Winter auch mit Emissionen der Gebäudeheizung anreichern. Demgegenüber weisen die an den Hängen von Elfes, Amtsberge, Auls- und Steinberg auftretenden Kaltluftflüsse sehr wahrscheinlich Frischluftcharakter auf.

Um repräsentative Aussagen über die Häufigkeit des Vorkommens der genannten Phänomene treffen zu können, ist es notwendig, die mittlere Häufigkeit der windschwachen Strahlungsnächte im Planungsraum anzugeben. Repräsentative Wetterstationen mit stündlichen Bewölkungs- und Windregistrierungen, mit denen die Zahl windschwacher Strahlungsnächte ermittelt wird, existieren im Untersuchungsgebiet nicht. Aufgrund interner Untersuchungen des DWD, die auf dem bundesweiten Netz von Wetterstationen basieren, wird abgeschätzt, dass die mittlere relative Häufigkeit entsprechender Wettersituationen im Raum Lüthorst-Ravensberg bei 20% bis 25 % der Nächte im Jahr liegt.

In absoluten Zahlen wären dies größenordnungsmäßig etwa 70 bis 90 Nächte im Jahr. Das Maximum der Häufigkeit windschwacher Strahlungsnächte tritt im Sommerhalbjahr von April bis

September auf, während in den Monaten November bis Januar entsprechende Wettersituationen am seltensten vorkommen. In erster Abschätzung ist im Sommerhalbjahr mit etwa der dreifachen Häufigkeit von windschwachen wolkenarmen Nächten im Vergleich zu den Monaten November bis Januar zu rechnen.

Folgende Teilräume im Untersuchungsgebiet weisen bei gleichen Wetterlagen ähnliche klimatische Eigenschaften auf:

1. Die landwirtschaftlich genutzten Freiflächen :

Insbesondere an sonnenscheinreichen Tagen in der warmen Jahreszeit sind hier hohe Lufttemperaturen, in windschwachen Strahlungsnächten bodennahe Kaltluftbildung mit vergleichsweise niedrigen Lufttemperaturen zu erwarten. Bei ausreichender Geländeneigung von mindestens 1° sind nächtliche Kaltluftflüsse anzunehmen. Insbesondere über den Hangflächen von Elfas, Auls- und Stein-Berg treten entsprechende Kaltluftflüsse auf. Soweit nicht unmittelbar innerhalb der Kaltluft Schadstoffemittenten vorhanden sind, handelt sich hier um Frischluft. Allerdings kann die Kaltluft durch Schadstoffeinträge aus der Umgebung (Gebäudeheizung, Kraftfahrzeugverkehr, Industrie) ihren ursprünglichen Frischluftcharakter verlieren.

2. Die Waldgebiete auf den Hangflächen des Elfas

Gegenüber Freiflächen werden hier im dichten Bestand verminderte Temperaturamplituden im Tagesgang verzeichnet. Bei Strahlungswetterlagen ist es tagsüber meist kühler und nachts wärmer als im Freiland mit einer in der Regel tagsüber höheren und nachts geringeren relativen Luftfeuchtigkeit als im Freiland. Die Windgeschwindigkeiten sind im Bestand deutlich niedriger als im Freiland. Die sich vor allem oberhalb des Kronenraumes in windschwachen, wolkenarmen Nächten bildende Kaltluft kann hangabwärts fließen. Die Waldgebiete besitzen eine hohe bioklimatische Bedeutung u. a. aufgrund der Luftreinheit, da der Wald als Schadstofffilter wirkt. Waldgebiete sind Regenerationszonen für die Luft und Erholungsräume des Menschen.

3. Siedlungsbereiche mit insgesamt geringem Versiegelungsgrad (Lüthorst, Portenhagen)

Die mittleren Windgeschwindigkeiten werden reduziert, die Böigkeit erhöht. In windschwachen Strahlungswetterlagen sind vor allem nachts die Lufttemperaturen gegenüber der Umgebung erhöht. Die relative Luftfeuchte zeigt dann meist geringere Werte als über den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen.

4. Gewässer

Derzeit sind im Untersuchungsraum mit dem Bachlauf der Bewer und dem „Erdpfuhl“ nur einzelne kleine Wasserflächen vorhanden. Über den Wasserflächen und in der Uferzone ist die Temperaturamplitude im Tagesgang gegenüber Freiflächen gedämpft, wobei ein vergleichsweise hohes Feuchteangebot herrscht. Die Lufttemperaturen sind im Spätherbst und im Winter, insbesondere bei windschwachen Strahlungswetterlagen, meist höher, im weiteren Frühjahr und im Sommer dagegen in der Regel niedriger als im Umland. Aufgrund der geringen Ausdehnung der Gewässer sind hier aber keine relevanten lokalklimatischen Auswirkungen anzunehmen.

5.2 Regionale/lokalklimatische Verhältnisse im Raum Lüthorst-Ravensberg

Nachfolgend werden die Klimaverhältnisse im Untersuchungsraum des geplanten Gipsabbaus Lüthorst-Ravensberg mittels der langjährigen Daten der bereits erwähnten Niederschlags- und Klimastationen des DWD in Einbeck und Eimen-Vorwohle (Periode 1961 -1990) sowie spezieller Felddarstellungen [KLIMAATLAS BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1999), KALB & SCHIRMER (1992), STATISTISCHES WINDFELDMODELL DES DWD (1999)] aufgezeigt.

5.2.1 Lufttemperatur und Wärmebelastung

In diesem Kapitel werden die Temperaturverhältnisse im Untersuchungsraum mit einigen wesentlichen Parametern beschrieben. Die Angaben basieren auf langjährigen Mittelwerten (Periode 1961-90) der Klimastation Einbeck. Die Temperaturmessungen erfolgen im Deutschen Wetterdienst strahlungsgeschützt in einer Messhütte in 2 m über Grund.

Gemäß dem KLIMAATLAS BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, DWD (1999) ist im Planungsraum im Jahresmittel bezogen auf die Klimaperiode 1961 bis 1990 mit Lufttemperaturen zwischen 8,0 °C und 9,0 °C zu rechnen. An der Klimastation Einbeck beträgt das langjährige Jahresmittel der Lufttemperatur 8,8 °C und liegt innerhalb der Erwartungsspanne. Die wärmsten Monate des Jahres sind im Gebiet Lüthorst-Ravensberg im Mittel der Juli und der August mit monatlichen Mitteltemperaturen um 17 °C. Die niedrigsten monatlichen Lufttemperaturen werden im langjährigen Mittel im Januar mit Werten um 0 °C erreicht. Die Variationsspanne der Monatsmitteltemperaturen ist in den Wintermonaten deutlich größer als im Sommer.

Das mittlere tägliche Temperaturmaximum liegt im Januar bei Werten um +2 °C, während im Juli und August Werte zwischen 22 °C und 23 °C erreicht werden. Die mittleren täglichen Tiefsttemperaturen variieren im Planungsraum zwischen minus 2 °C und minus 3 °C im Winter (Januar, Februar) und knapp 12 °C im Juli und August. Der Jahresgang der mittleren monatlichen Lufttemperaturen ist in Abb. 2 enthalten.

Sommertage, das sind Tage, an denen die Höchsttemperatur mindestens 25 °C beträgt, werden im Untersuchungsraum von Mai bis September, in seltenen Fällen auch schon im April oder noch im Oktober beobachtet. Im langjährigen Mittel kann mit bis zu 32 Sommertagen gerechnet werden, wovon allein 26 auf die Monate Juni bis August entfallen. Tageshöchsttemperaturen von mindestens 30 °C treten pro Jahr im langjährigen Mittel an ca. 5 Tagen auf. Diese Tage werden auch als heiße Tage bezeichnet.

Frosttage, das sind Tage mit einer Tiefsttemperatur unter 0 °C, kommen im Mittel von Oktober bis April, in seltenen Fällen aber auch noch im Mai oder schon im September vor. Ihre mittlere Anzahl beträgt im Untersuchungsraum nach den vorliegenden Daten pro Jahr etwa 76. Die Frostgefahr ist in den Frühjahrsmonaten März bis Mai deutlich größer als in den Herbstmonaten September bis November. Die bodennahe Minimumtemperatur ist in der Regel niedriger als die in 2 m über Grund gemessene Lufttemperatur, so dass Tage mit einem Temperaturminimum in Erdbodennähe (gemessen in 5 cm über Grund) unter 0 °C häufiger vorkommen. Im langjährigen Mittel gibt es an etwa 93 Tagen Bodenfrost. Dabei kann es in seltenen Fällen schon im September und sogar noch im Juni Bodenfrost geben. Die Bodenfrostgefahr ist in den Frühjahrsmonaten März bis Mai deutlich größer als in den Herbstmonaten September bis November.

Dauerfrost (Höchsttemperatur unter 0 °C) tritt im langjährigen Durchschnitt an etwa 21 Tagen auf. Tage mit Dauerfrost werden auch als Eistage bezeichnet. Ihre Häufigkeit konzentriert sich auf die Wintermonate Dezember bis Februar. Allein in dieser Zeitspanne ist mit etwa 19 Eistagen zu rechnen. Allerdings kann in Einzelfällen auch schon im November oder noch im März

Dauerfrost vorkommen. Der mittlere jährliche Verlauf der monatlichen Anzahl von Frost-, Bodenfrost- und Eistagen an der Klimastation Einbeck kann **Abb. 3** entnommen werden.

In den Sommermonaten kann es gelegentlich zu einer Wärmebelastung des Menschen kommen. Die derzeitige Wärmebelastungssituation im Untersuchungsraum wurde mittels Modellrechnungen bestimmt.

Über dieses Rechenmodell, dem "Klima-Michel-Modell" (JENDRITZKY; 1982, 1984), das den Wärmehaushalt des Menschen beschreibt, wird die derzeitige Wärmebelastung für den Raum Lüthorst-Ravensberg berechnet. In dieses Modell gehen die wesentlichen Faktoren wie geographische Länge und Breite, Höhe über NN und die Geländeform ein. Es verknüpft dabei unter Berücksichtigung der Wärmeisolation der Kleidung die meteorologischen Größen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit sowie die kurz- und langwelligen Strahlungseinflüsse mit der inneren Wärmeproduktion des Menschen in geeigneter Art und Weise. In diesem Modell wird davon ausgegangen, dass der Mensch sich seinen thermischen Umgebungsbedingungen durch die Wahl seiner Bekleidung anpasst.

Eine mögliche Wärmebelastung wird für 16.00 Uhr berechnet, der Zeit zur der im Sommerhalbjahr an windschwachen, wolkenarmen Tagen in der Regel die Tageshöchsttemperatur zu erwarten ist. Eine Wärmebelastung tritt dann für den Menschen ein, wenn trotz Sommerbekleidung ein bestimmter Schwellenwert überschritten wird. Sie ist definiert als eine rechnerische Abweichung einer ausgeglichenen Wärmebilanz von $60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ und einem Energieumsatz von $116 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($\text{W} = \text{Watt}$). Für den Menschen stellen sich wärmebelastende Situationen bei Strahlungswetterlagen mit Windstille oder sehr schwacher Luftbewegung ein.

In **Abb. 4** ist die nach dem obigen "Klima-Michel-Modell" erfolgte Berechnung der Wärmebelastung im Jahresgang dargestellt. Danach ist im Planungsraum lediglich an knapp 9 Tagen im Jahr eine Wärmebelastung gegeben. Damit liegt der Raum Lüthorst-Ravensberg weit unter dem Grenzwert für Kurorte, der sogar 20 Tage mit Wärmebelastung pro Jahr beträgt.

Das Modell ermittelt routinemäßig neben der Wärmebelastungssituation auch die Kältereize (s. **Abb. 4**). Bei den hier vorliegenden klimatologischen Fragestellungen sind Kältereize jedoch ohne Relevanz.

5.2.2 Luftfeuchtigkeit und Niederschlag

Zur Beschreibung der Luftfeuchtigkeit existieren mehrere Parameter. Den allgemein bekanntesten stellt die relative Luftfeuchte dar. Dabei handelt es sich um das prozentuale Verhältnis zwischen dem aktuellen und dem bei gegebener Lufttemperatur maximal möglichen Dampfdruck (Sättigungsdampfdruck). Der Dampfdruck steht für den durch den in der Atmosphäre vorhandenen gasförmigen Wasserdampf ausgeübten Partialdruck. Der Dampfdruck eignet sich zur Bewertung des tatsächlichen Wasserdampfgehaltes.

Mit zunehmender Temperatur steigt die Aufnahmekapazität der Luft für Wasserdampf. So beträgt der Sättigungsdampfdruck (100% relative Luftfeuchte) bei 0°C $6,1 \text{ hPa}$, bei 20°C dagegen $23,4 \text{ hPa}$. Dies entspricht fast einer Vervierfachung des Dampfdruckes bei einer Temperaturzunahme von 0 auf 20°C . Aus dem Beispiel wird auch ersichtlich, dass die relative Luftfeuchte keine Aussage zum tatsächlichen Wasserdampfgehalt ermöglicht, denn im Fall des Sättigungsdampfdruckes herrscht sowohl bei einer Lufttemperatur von 0°C als auch von 20°C eine relative Feuchte von 100%. Zur Charakterisierung der Luftfeuchtigkeitsverhältnisse wurde daher hier auch der Dampfdruck zusätzlich bewertet.

Der mittlere monatliche Jahresgang der relativen Feuchte zeigt einen zum Jahresgang der Lufttemperatur inversen Verlauf. Der Grund liegt in der temperaturabhängigen Wasser-

dampfaufnahme der Luft, nach der bei gleichbleibendem Wasserdampfgehalt die relative Feuchte mit zunehmender Temperatur abnimmt. Als Jahresmittelwert ist im Gebiet Lüthorst-Ravensberg eine relative Feuchte von 78 %, mit dem Minimum in den Monaten Mai bis Juli (72 %) und dem Maximum im Dezember und Januar (84 %) anzunehmen.

Die höchsten Werte der relativen Luftfeuchtigkeit ergeben sich im Mittel in den Morgenstunden, meist zur Zeit der täglichen Tiefsttemperatur. Mit steigenden Tagestemperaturen sinkt, unter der Voraussetzung, dass kein Luftmassenwechsel erfolgt, die relative Feuchte. Mit abnehmendem Sonnenstand und damit zurückgehenden Temperaturen steigt sie dann wieder an. Diese Verhältnisse spiegeln sich auch in **Abb. 5** wider, in der neben dem mittleren Tagesmittel auch die Werte der relativen Feuchte zu den Beobachtungsterminen um 07 Uhr und 14 Uhr MOZ aufgeführt sind. MOZ steht für die mittlere Ortszeit, wobei für den Raum Lüthorst-Ravensberg 07 Uhr MOZ etwa 07:21 Uhr MEZ bzw. 14 Uhr MOZ etwa 14:21 Uhr MEZ [Mitteleuropäische (Winter-)zeit] entspricht.

Im Vergleich zum Jahresgang der relativen Feuchte weist der Dampfdruck die höchsten Werte in den Sommermonaten auf. Die geringsten Monatsmittelwerte des Dampfdrucks treten im Januar und Februar mit 5,1 hPa bzw. 5,4 hPa und die höchsten im August mit 15,1 hPa auf. Bezüglich des absoluten Wasserdampfgehaltes der Luft bedeutet dies eine Zunahme von 4,0 g Wasserdampf pro 1 m³ Luft im Januar auf 11,3 g Wasserdampf pro 1 m³ Luft im August.

Im Untersuchungsgebiet Lüthorst-Ravensberg sind dem **KLIMAATLAS BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1999)** zufolge mittlere jährliche Niederschlagssummen zwischen 800 mm und 900 mm anzunehmen. In dieser Spanne liegt auch die mittlere Jahresniederschlagssumme (Klimanormalperiode 1961 bis 1990) der Niederschlagsstation Eimen-Vorwohle. Es wird somit davon ausgegangen, dass deren Niederschlagsdaten sehr wahrscheinlich hinreichend repräsentativ für das Gebiet des geplanten Gipsabbaus sind.

Die charakteristischen Angaben zum Niederschlag sind in **Tabelle 1** enthalten. Danach beträgt die mittlere Jahresniederschlagshöhe (1961 bis 1990) im Untersuchungsgebiet 845 mm. Die regenreichsten Monate sind in der Regel die Monate Dezember sowie Juni und Juli. Im Mittel fallen in diesen Monaten 87,1 mm (Dezember) bzw. 82,1 mm (Juni, Juli) Niederschlag. Dagegen sind der Februar und der Oktober mit einer mittleren Niederschlagshöhe von 55 mm bzw. 56 mm die trockensten Monate. In trockenen bzw. nassen Monaten sind jedoch erhebliche Abweichungen möglich. In extremen Fällen können an einem Tag Niederschlagshöhen fallen, die die mittleren Monatshöhen erreichen bzw. überschreiten.

Im Mittel ist im Raum Lüthorst-Ravensberg an 199 Tagen im Jahr mit messbarem Niederschlag (Tagesniederschlagshöhe mindestens 0,1 mm) zu rechnen. Hier liegen die Maxima in den Monaten Dezember und Januar mit fast 20 Tagen und das Minimum im Oktober mit 14 Tagen, an denen messbarer Niederschlag fällt (s. **Tabelle 1**). Bei der Zahl der Tage mit größeren Tageshöhen des Niederschlages (von mindestens 10 mm) treten neben dem Monat Dezember die Monate Mai bis August mit jeweils 2 bis 3 Tagen hervor. Das ist eine Folge der in der warmen Jahreszeit häufigeren konvektiven Wettererscheinungen (Schauer, Gewitter), während im Dezember atlantische Tiefdruckgebiete vermehrt für ergiebige Niederschläge sorgen.

5.2.3 Wind

Die großräumige Luftdruckverteilung bestimmt die mittlere Richtung des Höhenwindes in einer Region. Im Jahresmittel ergibt sich hieraus für Norddeutschland das Vorherrschen einer westlichen bis südwestlichen Richtungskomponente. Das Geländere Relief hat jedoch einen erheblichen Einfluss sowohl auf die Windrichtung infolge von Ablenkung oder Kanalisierung als auch auf die Windgeschwindigkeit durch Effekte der Windabschattung oder Düsenwirkung. Außerdem modifiziert die Beschaffenheit des Untergrundes (Freiflächen, Wald, Be-

bauung, Wasserflächen) die lokale Windgeschwindigkeit, in geringerem Maße aber auch die lokale Windrichtung infolge unterschiedlicher Bodenrauigkeit.

Insgesamt werden aufgrund der Topographie mit dem von Westnordwest nach Ost-südost ausgerichteten Höhenzug des Elfas westliche bis westnordwestliche Komponenten als Hauptwindrichtung im Untersuchungsraum erwartet. Als sekundäres Windrichtungsmaximum sollten östliche bis ost-südöstliche Komponenten auftreten. Am seltensten dürften nördliche Windrichtungen vorkommen. Nach **CHRISTOFFER & EISSING (1989)** sowie **STATISTISCHES WINDFELD-MODELL (1999)** ist im Untersuchungsraum im langjährigen Mittel mit Windgeschwindigkeiten zwischen 3,1 m/s und 3,7 m/s zu rechnen. Detaillierte Darstellungen zu den Windverhältnissen im Bereich Lüthorst-Ravensberg sind im Abschnitt 5.3 mit der Qualifizierten Prüfung der Übertragbarkeit einer Ausbreitungsklassenstatistik enthalten.

5.2.4 Sonnenschein

Im Raum Lüthorst-Ravensberg sind im langjährigen Mittel (**KLIMAAATLAS BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, 1999**) ca. 1300 bis 1400 Stunden Sonnenschein pro Jahr zu erwarten. Die mittlere jährliche Sonnenscheindauer (1961 bis 1990) beträgt an der Klimastation Einbeck 1318 Stunden und liegt somit im Bereich der Erwartungswerte. Die höchsten monatlichen Werte der Sonnenscheindauer treten in den Monaten Juni und August mit jeweils 175 Stunden auf. Am wenigsten Sonnenschein weist der Monat Dezember auf mit einer mittleren monatlichen Sonnenscheindauer von etwa 30 Stunden.

5.2.5 Nebel

Eine exakte Angabe der Zahl der Tage mit Nebel ist nicht möglich. Dies liegt daran, dass in der Nähe des Planungsraumes allein Stationen liegen, die für den Deutschen Wetterdienst von Mitarbeitern ehrenamtlich betreut werden. Somit werden hier nicht, wie z. B. an Verkehrsflughäfen, 24 - stündig Nebelbeobachtungen (durch DWD - Personal) durchgeführt.

Ferner können sich bei ehrenamtlichen Stationen wegen des Fehlens geeigneter Sichtmarken Schwierigkeiten für den Beobachter bei der exakten Sichtweitenbestimmung ergeben. Bereits das **kurzzeitige** Unterschreiten der horizontalen Sichtweite von 1000 m reicht aus, dass der Tag als "Tag mit Nebel" in die Statistik eingeht. Dies sollte bei den folgenden Betrachtungen berücksichtigt werden.

Die mittlere jährliche Zahl der Tage mit Nebel im Planungsraum wird anhand der Daten vergleichbarer Stationen sowie des Nebelatlas nach **KALB & SCHIRMER (1992)** abgeschätzt. Danach wäre im Bereich Lüthorst-Ravensberg im Jahresmittel mit etwa 40 bis 60 Nebeltagen zu rechnen. Die größte Zahl der Tage mit Nebel wird in den Herbst- und Wintermonaten von Oktober bis Januar, die geringste Zahl in den Sommermonaten Juni bis August mit zusammen kaum 10 auftreten.

Der Nebel ist im Sommer normalerweise von deutlich kürzerer Dauer als in den anderen Jahreszeiten und wird meist zu Sonnenaufgang beobachtet. Dagegen können Nebelereignisse im Winterhalbjahr über viele Stunden andauern. Zu dieser Jahreszeit bildet sich Nebel bereits vielfach in den Abendstunden oder in der ersten Nachthälfte und dauert zum Teil bis in den nächsten Vormittag hinein an. Allerdings treten Nebelandauezeiten in der Größenordnung von mindestens einem Tag selten auf.

5.2.6 Kaltluft-/Frischluftsituation

Wie bereits in Kapitel 5.1 kurz dargestellt wird über den derzeitigen landwirtschaftlich genutzten Freiflächen im Untersuchungsraum in wolkenarmen windschwachen Nächten (sog. windschwachen Strahlungsnächten) Kaltluft produziert. Schon bei relativ gering geneigten Flächen (Geländeneigung mindestens ca. 1°) besteht die Möglichkeit, dass die Kaltluft der Geländeneigung folgend abfließt. Entsprechende Kaltluftflüsse treten daher vor allem an den Hängen des Elfes und der Amtsberge sowie von Auls- und Stein-Berg auf. Auch oberhalb des Kronenbereiches der dicht bewaldeten Hangflächen des Elfes sind Kaltluftflüsse zu erwarten.

Der gesamte Untersuchungsraum liegt im Bereich eines umfangreichen Kaltluftsammelgebietes. Bei einer Nachtdauer von 12 Stunden unter Annahme einer konstanten Kaltluftproduktionsrate von $12 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ würde sich theoretisch eine Höhe der bodennahen Kaltluft von 144 m ergeben. Dies entspricht der Obergrenze der morgendlichen Bodeninversion aus der noch die Kammlagen des Elfes und der Amtsberge herausragen.

Eine qualitative Abschätzung der Kaltluftflüsse in windschwachen, wolkenarmen Nächten im Gebiet Lüthorst-Ravensberg ist in Abb. 6 dargestellt. Es handelt sich hier um eine Abschätzung aufgrund der anlässlich der Ortsbesichtigung gewonnenen Erkenntnisse. Quantitative Angaben zu Kaltluftbildung und Kaltluftflüssen sind nur anhand von Modellrechnungen möglich, die aber in dieser Untersuchung auftragsgemäß nicht durchgeführt werden sollten.

Sowohl die über den derzeit landwirtschaftlich genutzten Flächen des geplanten Gipsabbaus gebildete Kaltluft als auch die von den Hängen des Ravensberges abfließende Kaltluft bewegt sich der Geländeneigung folgend in ost-südöstliche Richtung und erreicht in einer Entfernung von etwa 1 km vom östlichen Rand des projektierten Tagebaus das Bewertal. Das zwischen dem Ravensberg und dem Elfashang nördlich des Planungsgebietes von Westnordwest nach Ost-südost verlaufende Bewertal biegt ca. 400 m westlich von Portenhagen nach Süden bzw. Südwesten um. Die von den Elfashängen abfließende Kaltluft sowie die über den Wiesenflächen im Bewertal selbst produzierte Kaltluft folgt dem Talverlauf (vergl. Abb.6).

Weitere Kaltluftflüsse über den Freihängen vom Aulsberg und Steinberg erreichen das projektierte Abbaugelände nicht. Insbesondere die von den Südwest- und Westhängen des Aulsberges abfließende Kaltluft sammelt sich im Bereich des Reißbachtals. Auch von den Hangflächen der Amtsberge im Westen fließt Kaltluft in Richtung des Reißbachtals. Entlang der Talführung des Reißbaches wird diese Kaltluft dann in Richtung Lüthorst geleitet. Vom Südhang des Steinberges abfließende Kaltluft erreicht ebenfalls die Ortschaft Lüthorst.

Die Ortschaft Portenhagen am Fuße des Elfes erhält im wesentlichen Kaltluft durch Kaltluftflüsse über der nördlich angrenzenden Hangfläche (s. Abb.6). Ein direkter Kaltluftzufluss aus dem Bereich des geplanten Gipsabbaugeländes ist für Portenhagen aufgrund der Geländestruktur sehr wahrscheinlich nicht gegeben.

Bei der über den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen abseits von Verkehrswegen und Ansiedlungen produzierten sowie über den Waldflächen des Elfes abfließenden Kaltluft handelt es sich sehr wahrscheinlich um Frischluft, die einen Beitrag zur Frischluftversorgung angrenzender Ortschaften wie Lüthorst und Portenhagen liefern kann. In Ortsnähe besteht jedoch die Möglichkeit der Anreicherung der Kaltluft mit dort produzierten Schadstoffen insbesondere durch Kfz-Verkehr und Hausbrand, so dass der Frischluftcharakter zumindest teilweise verloren geht. Ähnliches gilt für die dem Bewer- und Reißbachtal folgende Kaltluft, die wegen der dort verlaufenden Verkehrswege nicht mehr ohne weiteres als Frischluft bezeichnet werden kann.

5.3 Qualifizierte Prüfung der Übertragbarkeit einer Ausbreitungsklassenstatistik

Zur Ermittlung einer auf den Standort in Lüthorst-Ravensberg übertragbaren Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) bzw. einer meteorologischen Zeitreihe der Ausbreitungsklassen (AK-Term) für Ausbreitungsrechnungen nach der Technischen Anleitung Luft (TA LUFT, 2002) wird nachfolgend eine entsprechende Prüfung durchgeführt. Diese Prüfung erfolgt mittels eines vom DWD standardisierten Verfahrens.

Im vorliegenden Fall liegen die Quellhöhen, d.h. die Höhen, in denen Luftbeimengungen freigesetzt werden, in Bodennähe unterhalb von 10 m über Grund. Zur Bewertung der Windverhältnisse wird eine Höhe von 10 m über Grund bezogen auf offenes Gelände angenommen. Die Koordinaten des Standortes bezogen auf das Zentrum des geplanten Abbauareals sind in Tabelle 2 enthalten.

Tabelle 2: Gauß-Krüger-Koordinaten des Standortes

Rechtswert	Hochwert	Höhe über Grund	Höhe über NN
35 50 259	57 47 481	10 m	225 m

Es wurden folgende Unterlagen verwendet:

- 1) Amtliche Topographische Karten des Landesvermessungsamtes Niedersachsen:
 - a) CD-Rom Topographie 1:50.000, Stand 1997
 - b) Karte Naturräumliche Gliederung 1:200.000 Blatt 99 Göttingen
 - c) Topographische Karten 1:25.000
 - Blatt Nr.: 4124 Dassel
 - Blatt Nr.: 4123 Stadtoldendorf
 - Blatt Nr.: 4125 Einbeck
- 2) Windstatistiken der Windmessstellen Göttingen, Hameln und Northeim-Stöckheim
- 3) Regionale statistische Erwartungswerte für Windparameter im Bereich des Standortes **CHRISTOFFER & EISSING (1989)** und **STATISTISCHES WINDFELDMODELL DES DWD (1999)**

Für die QPR werden nachstehende Beurteilungskriterien herangezogen:

- a) Abschätzung der markanten Windrichtungen am Standort;
- b) Vergleich der markanten Windrichtungen an den verfügbaren, ausgewählten Bezugswindstationen und Abschätzung ihrer räumlichen Repräsentanz;
- c) Vergleich des mittleren Jahresmittels der Windgeschwindigkeit (\bar{v}) und Häufigkeiten der Windgeschwindigkeit < 1 m/s an den verfügbaren, ausgewählten Bezugswindstationen und der Sollwerte am Standort einschl. Schwachwindlagen (TA LUFT (2002), Anhang 3, Kapitel 12)
- d) Abschätzung der lokalen topografischen Einflüsse auf das Windfeld am Standort.

Die topographische Einordnung des geplanten Gipsabbaus war bereits in Kapitel 2 ausführlicher beschrieben worden. An dieser Stelle werden noch einmal die wesentlichen topographischen Merkmale in der Nähe des Standortes zusammengefasst.

Das projektierte Gipsabbauareal liegt in einem flachen von Westnordwest nach Ostsüdost verlaufenden Tal. Der höchste Geländepunkt im westlichen Bereich des betreffenden Areals beträgt ca. 236 m über NN. Die tiefste Stelle am östlichen Rand der Abbaufäche weist eine Geländehöhe von etwa 210 m über NN auf. Die Neigung der Talsohle beträgt ca. 2° bis 3°. Begrenzt wird das Tal im Süden von Auls-Berg und Stein-Berg mit Höhen von 269,6 m über NN bzw. 245,4 m über NN.

Nach Norden zu begrenzt der Ravensberg (Geländehöhen um etwa 250 m über NN) die Tallage mit dem geplanten Gipsabbaugelände. Der Ravensberg bildet einen flachen Ausläufer am Südhang des Elfes. Der von Westnordwest nach Ostsüdost verlaufende Höhenzug des Elfes erreicht Kammlagen bis zu 409,6 m im Bereich des Helleberges, ca. 2 km nordöstlich des Planungsgebietes. Zwischen dem Ravensberg und dem Geländeanstieg zum Elfe verläuft das Bewertal ebenfalls von westnordwestlicher in ostsüdöstliche Richtung und biegt, ca. 700 m östlich des Planungsgebietes nach Süden um.

In der unmittelbaren Umgebung des Standortes wird offenes, unbebautes und landwirtschaftlich genutztes Gelände angetroffen. Die Waldflächen, bestehend aus Mischwald, des Elfes beginnen etwa 250 m bis 400 m nördlich der geplanten Abbaufäche. Die Bebauungsränder der Ortschaften Lüthorst und Portenhagen liegen etwa 1 km südlich bzw. etwa 1 km östlich des projektierten Gipsabbaugeländes.

Für Ausbreitungsrechnungen, z.B. mit AUSTAL 2000, ist es erforderlich, ein Rechenggebiet festzulegen. Gemäß **TA LUFT (2002)**, Anhang 3 entspricht das Rechenggebiet mindestens einem Kreis mit einem Radius, der das 50-fache der Quellhöhe, mindestens aber 1 km beträgt. Alternativ kann das Rechenggebiet aber auch eine rechteckige oder quadratische Form einnehmen. Im vorliegenden Fall wäre von einer Mindestgröße des Rechenggebietes von 2 km im Durchmesser auszugehen. Um jedoch die Orographie ausreichend berücksichtigen zu können, ist hier ein größeres Rechenggebiet anzuwenden. Der Durchmesser des Rechenggebietes wird auf 4 km erweitert, um die möglichen Einflüsse der Höhenzüge, insbesondere des Elfes, auf die Luftströmung in die Ausbreitungsberechnung einzubeziehen.

In Abb. 7 ist das Rechenggebiet mit dem zu bewertenden Standort (Zentrum des geplanten Gipsabbaugeländes) eingetragen. Der das Rechenggebiet charakterisierende Kreis in Abb. 7 hat seinen Mittelpunkt am Zentrum der projektierten Abbaufäche (Gauß-Krüger Koordinaten: Hochwert: 57 47 481 / Rechtswert: 35 50 259). Der Aufpunkt für den eine repräsentative Ausbreitungsklassenstatistik zu finden ist, hat folgende Gauß-Krüger-Koordinaten: Rechtswert: 35 50 006 / Hochwert: 57 47 649.

Bereits im Abschnitt 5.2.3 waren einige grundsätzliche Aussagen zu den Windverhältnissen im Planungsraum erfolgt, die nachfolgend nochmals kurz wiederholt und ergänzt werden.

Die großräumige Luftdruckverteilung bestimmt die mittlere Richtung des Höhenwindes in einer Region. Im Jahresmittel ergibt sich hieraus für Norddeutschland das Vorherrschen einer westlichen bis südwestlichen Richtungskomponente. Das Geländere relief hat jedoch einen erheblichen Einfluss sowohl auf die Windrichtung infolge von Ablenkung oder Kanalisierung als auch auf die Windgeschwindigkeit durch Effekte der Windabschattung oder Düsenwirkung. Außerdem modifiziert die Beschaffenheit des Untergrundes (Freiflächen, Wald, Bebauung, Wasserflächen) die lokale Windgeschwindigkeit, in geringerem Maße aber auch die lokale Windrichtung infolge unterschiedlicher Bodenrauigkeit.

Bei windschwachem und wolkenarmem Wetter können wegen der unterschiedlichen Erwärmung und Abkühlung der Erdoberflächen auch thermisch induzierte Zirkulationssysteme wie z.B. Berg- und Talwinde entstehen. Besonders bedeutsam ist die Bildung von Kaltluft, die nachts bei klarem und windschwachem Wetter als Folge der Ausstrahlung vorzugsweise an Wiesenhängen, aber auch über dem Kronenraum dichter Waldgebiete, entsteht und dem Geländegefälle folgend – je nach seiner Steigung und aerodynamischen Rauigkeit mehr

oder weniger langsam – abfließt. Diese Kaltluftflüsse haben in der Regel nur eine geringe vertikale Erstreckung und sammeln sich an Geländetiefpunkten zu Kaltluftseen an. Solche lokalen Windsysteme können im allgemeinen nur durch Messungen am Standort erkundet, im Falle von nächtlichen Kaltluftflüssen aber auch durch Modellrechnungen, die auftragsgemäß nicht durchzuführen waren, erfasst werden.

Die in Norddeutschland vorherrschenden westlichen bis südwestlichen Windrichtungen erfahren durch die Leitwirkung der Höhenzüge an der nördlichen Mittelgebirgsschwelle eine Bündelung und Richtungsänderung. Am Standort resultieren daher sehr wahrscheinlich Windrichtungen aus West bis Westnordwest (s. Tabelle 2) als primäres Richtungsmaximum. Aufgrund der Topografie sind als sekundäres Richtungsmaximum am Standort östliche bis ostsüdöstliche Windrichtungen zu erwarten. Klimatisch treten nördliche bis nordnordöstliche Windrichtungen am seltensten auf. Dies gilt sehr wahrscheinlich auch für den hier zu bewertenden Standort im Bereich Lüthorst-Ravensberg.

Tabelle 3: Lage der erwarteten Häufigkeitsmaxima und -minima der Windrichtung der Region des Standortes (Richtungsangaben in 30°-Sektoren)

Höhe über Grund	Richtungsmaximum	Sekundäres Maximum	Richtungsminimum
10 m	W bis WNW	E bis ESE	N bis NNE

Erläuterung: W := West (260° bis 280°), WNW := Westnordwest (290° bis 310°)

E := Ost (80° bis 100°), ESE := Ostsüdost (110° bis 130°)

N := Nord (350° bis 10°), NNE := Nordnordost (20° bis 40°)

Die Angaben in Klammern beziehen sich auf die 360°-Einteilung der Windrose, die mit den Zuordnungen der Windrichtungen in Abb. 8 enthalten ist

In Tabelle 4 sind ausgewählte Angaben zu den verwendeten Windmessstationen (Vergleichsstationen) enthalten. Die auf langjährigen stündlichen Daten von Windrichtung und -geschwindigkeit basierenden Windverteilungen dieser Stationen wurden dahingehend bewertet, inwieweit sie mit den am Aufpunkt (siehe Abb. 7) anzunehmenden Windverhältnissen übereinstimmen

Tabelle 4: Ausgewählte Angaben zu den verwendeten Windmessstationen (Vergleichsstationen)

Station	Stationshöhe über NN	Windgeberhöhe über Grund	Entfernung vom Standort	Datenmaterial u. Zeitraum
Göttingen ¹⁾	179	10	ca. 43 km SSE*)	1994-2002
Hameln ²⁾	67	10	ca. 40 km NW*)	1988-1994 und 2001-2002
Northeim-Stöckheim	109	10	ca. 19 km ESE*)	1993-2002

1) Die Station Göttingen wurde im Jahr 1993 aus dem Stadtgebiet an ihrem jetzigen Standort am südlichen Standrand verlegt. Daher ist noch keine homogene zehnjährige Messreihe vorhanden.

2) Die Station Hameln wurde 1987 verlegt. Im Zeitraum von 1995 bis Anfang 2000 konnte die Messung aus technischen Gründen nicht durchgeführt werden.

**) SSE := südsüdöstlich, NW := nordwestlich, ESE := ostsüdöstlich des Standortes

Mehrjährige Windmessreihen (7 Jahre bis 10 Jahre) sind von den Vergleichsstationen (siehe Tabelle 4) vorhanden. Mit diesen Messreihen wird die jeweils für den Standort der Station charakteristische mittlere Windverteilung bezüglich Windrichtung und –geschwindigkeit sehr wahrscheinlich ausreichend repräsentiert. Nachfolgend wird die Prüfung der Struktur der mittleren Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung vorgenommen.

In Tabelle 5 sind die Maxima und Minima der Hauptwindrichtungen stationsbezogen aufgeführt.

Tabelle 5: Häufigkeitsmaxima und –minimum der Windrichtung (Richtungsangaben in 30 Grad - Sektoren) an den Vergleichsstationen

Station	Hauptwindrichtungen (Lage und Häufigkeit in % der Jahresstunden)		
	Primäres Maximum	Sekundäres Maximum	Minimum
Göttingen	E – ESE (26,4%) davon: ESE (15,9%)	SSW (12,6%)	NNE (2,0%)
Hameln	W – NNW (37,8%) davon: WNW (15,5 %)	E – ESE (30,1%) davon E (18,2%)	NNE (1,5%)
Northeim-Stöckheim	SSE – S (30,4%) davon: SSE (16,6%)	WNW – NNW (21,4%) davon: NNW (11,4%)	ENE (1,8%)

Windrichtungen: S := Süd, W := West, N := Nord, E := Ost

Die Stationen Göttingen und Northeim-Stöckheim befinden sich im Leinetal und werden durch die Topographie hinsichtlich der jeweiligen Windrichtungsverteilung beeinflusst. An der Station Göttingen führt die Lage der Windmessstelle am Rande des Leinetales zusammen mit den begrenzenden Randhöhen aufgrund lokaler Windsysteme zu einem Windrichtungsmaximum aus östlichen Richtungen, während die zweithäufigste Windrichtung SSW den Verlauf des Leinetales selbst widerspiegelt. Die Windrichtungsverteilung an der Station Northeim-Stöckheim orientiert sich im wesentlichen am dortigen Verlauf des Leinetales von Süd-südost nach Nordnordwest. Beide Stationen, sowohl Göttingen als auch Northeim-Stöckheim sind damit nicht für die am Standort zu erwartende Windrichtungsverteilung (vergl. Tabelle 3 und Tabelle 5) repräsentativ.

Die für die Windmessstation in Hameln vorliegende mittlere jährliche Windrichtungsverteilung zeichnet im wesentlichen den dortigen Verlauf des Wesertales nach und weist ein Richtungsmaximum aus westlichen bis nordwestlichen Richtungen auf, während östliche und ostsüdöstliche Richtungen am zweithäufigsten vorkommen. Die in Tabelle 5 aufgeführten Windrichtungsverhältnisse beziehen sich für die Station Hameln auf die Messperiode 1988 bis 1994, da aufgrund von Messausfällen (siehe Tabelle 4) von 1995 bis 2000 keine Windmessungen von dort verfügbar sind. Ein Vergleich der aktuellen Windverteilung aus allerdings nur zwei Jahren von 2001 bis 2002 zeigt, obwohl aufgrund der Kürze der Messreihe zeitlich noch nicht ausreichend repräsentativ, bereits eine ähnliche Windrichtungsverteilung,

wie in Tabelle 5 dargestellt. Windrichtungen aus West bis Nordnordwest kommen in 38,4 % der Jahresstunden und Windrichtungen aus Ost bis Ostsüdost in 34,0 % der Jahresstunden vor.

Die aufgrund der Topographie im Bereich des geplanten Gipsabbaus Lüthorst-Ravensberg anzunehmende Windrichtungsverteilung (siehe Tabelle 3) ähnelt derjenigen an der Station Hameln. Somit wird als Fazit angenommen, dass die Windrichtungsstrukturen an der Vergleichsstation Hameln sehr wahrscheinlich am ehesten die Erwartungswerte am Standort erfüllen.

In Tabelle 6 werden Sollwerte der Windgeschwindigkeit für den Bereich des Standortes mit Istwerten der Vergleichsstationen verglichen. Die Sollwerte in 10 m über Grund beziehen sich auf ein einigermaßen ebenes Gelände in freier Lage.

Tabelle 6: Vergleich der Sollwerte des Jahresmittelwertes der Windgeschwindigkeit für den Standortbereich und der Schwachwindhäufigkeit mit den Istwerten der Vergleichsstationen

Kennwerte der Windgeschwindigkeit ff	Sollwerte für Standortbereich 10 m über Grund bzw. Verdrängungshöhe	Istwerte Stationen		
		Göttingen	Hameln	Norheim- Stöckheim
Mittlerer Jahresmittelwert [m/s]	3,1–3,7 m/s (s. Kap. 5.2.3)	3,3	3,1	3,1
Häufigkeit [%] für ff < 1 m/s (TA-Luft 2000, Anhang 3, Punkt 12)	8% bis 13%	< 18%	< 16%	< 21%

Sollwerte aus: CHRISTOFFER & EISSING (1989) sowie STATISTISCHES WINDFELDMODELL (1999)

Die mittlere Jahreswindgeschwindigkeiten an den Vergleichsstationen Göttingen, Hameln und Norheim-Stöckheim liegen noch im Bereich der Erwartungswerte (vergl. Tabelle 6). In diesem Zusammenhang zeigen die entsprechenden Daten der Stationen Hameln und Norheim-Stöckheim mit 3,1 m/s die geringsten Werte am unteren Rand des Erwartungsintervalls. Bezüglich der am Standort anzunehmenden Schwachwindhäufigkeit zeigen alle Vergleichsstationen zu hohe Werte.

Allerdings weist die Station Hameln von allen hier bewerteten Windmessstationen noch die geringste Schwachwindhäufigkeit auf. Da die Windrichtung das primäre Merkmal im Zusammenhang mit Ausbreitungsrechnungen darstellt, ist davon auszugehen, dass eine mit den Daten der Station Hameln berechnete Ausbreitungsklassenstatistik sehr wahrscheinlich am ehesten auf den Standort Lüthorst-Ravensberg übertragbar ist.

Der prozentuale Anteil der Schwachwindfälle nimmt in der Regel mit zunehmender mittlerer Jahreswindgeschwindigkeit ab. Eine hohe prozentuale Häufigkeit von windschwachen Situationen ist bei Ausbreitungsbetrachtungen gesondert zu berücksichtigen (vergl. hierzu diesbezügliche Festlegungen der **TA LUFT (2002)**, Anhang 3, Punkt 12). Da der prozentuale Anteil für Schwachwindhäufigkeiten deutlich unter dem kritischen Wert von 20 % der Jahresstunden erwartet wird (siehe Tabelle 6), kann für die Durchführung einer Ausbreitungsrechnung außer einer Zeitreihe (AKTerm) auch eine Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) verwendet

werden.

Bei Rechnungen nach **TA LUFT (2002)** in orographisch gegliedertem Gelände (**TA LUFT (2002)**, Anh. 3, Kap. 11), z.B. mit AUSTAL-2000 bzw. AUSTAL-View wird das Windfeld in der Regel mit einem diagnostischen Strömungsmodell anhand der Winddaten der Bezugsstation für das gesamte Rechengebiet bereitgestellt. Die notwendigen Informationen zur Anpassung der Bezugswindwerte – an ggf. unterschiedliche mittlere aerodynamische Rauigkeiten zwischen der Windmessung und der Ausbreitungsrechnung – werden durch die Angabe von 9 Anemometerhöhen gegeben (siehe „Dateikopfformat AKTerm Formate des DWD“, und „Handbuch, AUSTAL 2000, Kapitel „Rechnen mit Zeitreihen“).

Aufgrund der Lage des Standortes in freiem, unbebautem Gelände wird dort in windschwachen, wolkenarmen Nächten bodennah Kaltluft gebildet. Insbesondere vom nördlich angrenzenden Ravensberg sowie vom Aulsberg im Westen sind dann Kaltluftflüsse zu erwarten. Neben der direkt im Bereich des Standortes gebildeten Kaltluft, wird sich die von den angrenzenden Hängen des Ravens- und Aulsberges abfließende Kaltluft weiter entlang der Talachse von Westnordwest nach Ostsüdost bewegen. Insgesamt wird dadurch die aufgrund der Topographie zu erwartende Hauptwindrichtung aus Westnordwest weiter gestützt. Weitergehende quantitative Aussagen zur Modifikation der mittleren jährlichen Windverteilung aufgrund lokaler Kaltluftflüsse sind nur im Rahmen weiterer Untersuchungen möglich.

Gemäß **TA LUFT (2002)** sind Unebenheiten des Geländes zu berücksichtigen, falls innerhalb des Rechengebietes Höhendifferenzen zum Emissionsort von mehr als dem 0,7-fachen der Quellhöhe und Steigungen von mehr als 1:20 auftreten. Für die hier anzunehmenden bodennahen Quellhöhen unter 10 m über Grund ergibt sich damit eine Höhendifferenz von weniger als 7 m. Die im Rechengebiet auftretende maximale Geländehöhe liegt bei 350 m über NN. Die Differenz zur Geländehöhe am Standort (ca. 210 m über NN) erreicht damit 140 m und überschreitet somit den kritischen Höhenunterschied von 7 m deutlich.

Im empfohlenen Rechengebiet (s. Abb. 7.) überschreiten die maximalen Geländeneigungen den Wert von 1:20 bezogen auf Distanzen, die dem 2-fachen der Emissionshöhe (ca. 20 m) entsprechen. Selbst maximale Geländeneigungen von mehr als 1:5 bezogen auf die zweifache Emissionshöhe sind im Rechengebiet vorhanden, z.B. am Hang des Elfas zum Bewertal hin mit ca. 22°. Die Einflüsse der Orographie auf das Windfeld sind daher mit Hilfe eines mesoskaligen prognostischen Windfeldmodells zu berücksichtigen (**TA LUFT (2002)**, Anhang 3, Kapitel 11).

Anhand der durchgeführten Auswertungen wird empfohlen für den Standortbereich die Bezugsstation Hameln heranzuziehen. Die Station weist langjährige Windmessungen auf. Ein repräsentatives Jahr kann aus den vorliegenden Daten ermittelt werden. Die Windrichtungsstruktur erfüllt in erster Näherung die Erwartungswerte am Standort. Als Zielort der AKTerm (Anemometerstandort der Ausbreitungsrechnung im Rechengebiet) hat der Aufpunkt folgende Gauß-Krüger-Koordinaten: Rechtswert: 35 50 006 / Hochwert: 57 47 649. Dies entspricht dem Wegekreuz am Nordrand des geplanten Tagebaus (s. Abb. 7).

Es wird weiter empfohlen, dass Rechengebiet mit einem Radius von 2 km um den Standort (Bezugspunkt im Zentrum des projektierten Tagesbaugeländes) entsprechend der Lage in Abb. 7 zu wählen, damit die Orographie in der Umgebung ausreichend berücksichtigt werden kann. Aufgrund des gegliederten Geländes ist der Einfluss der Orographie auf das Windfeld mit einem prognostischen Windfeldmodell zu bewerten. Aussagen zu den Windverhältnissen innerhalb der entstehenden Tagebaugrube sind mit der angewandten Methodik nicht möglich, aber für die Umgebung der Abbaufäche auch nicht von Bedeutung.

6. Klimatische Auswirkungen des Planungsvorhabens

6.1 Regionalklima

Das Klima eines größeren Gebietes, z. B. des Solling-Vorlandes oder der Leine-Ilmenau-Senke, wird allein durch die großräumige Zirkulation bestimmt. Darunter werden die ganze Kontinente und Ozeane überstreichenden Luftströmungen verstanden, die im wesentlichen von den Temperaturunterschieden zwischen den polaren und den subtropischen/tropischen Regionen angetrieben und von der Land - Meer - Verteilung und der Erddrehung abgewandelt werden.

Die Anlage einer etwa 12 ha großen Tagebaugrube zur Gipsgewinnung reicht bei weitem nicht aus, um das dortige Regionalklima zu verändern.

6.2 Kaltluft

Im derzeitigen Zustand bildet sich über den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen im Bereich des geplanten Gipstagebaus in windschwachen wolkenarmen Nächten bodennah Kaltluft. Der Geländeneigung folgend fließt diese Kaltluft in ost-südöstliche Richtung und mündet nach ca. 700 m bezogen auf den östlichen Rand des vorgesehenen Abbaugeländes in den entlang der Bewer-Niederung von Nordnordost nach Südsüdwest gerichteten Kaltluftfluss. Die vom Gelände der projektierten Tagebaugrube derzeit ausgehenden Kaltluftflüsse erreichen die Ortschaft Portenhagen sehr wahrscheinlich nicht. Nähere Aussagen zur derzeitigen Kaltluft-/Frischluftsituation sind dem Kapitel 5.2.6. zu entnehmen.

In der entstehenden Tagebaugrube werden sich aufgrund freiliegender Gesteinsflächen die Lufttemperaturverhältnisse in Bodennähe insbesondere gegenüber den vegetationsbestandenen landwirtschaftlichen Nutzflächen ändern. Vor allem im Sommerhalbjahr ist tagsüber in wolkenarmen, windschwachen Wittersituationen, soweit besonnt, eine stärkere Erwärmung im Bereich der Abbaugrube relativ zu den umgebenden Acker- und Wiesenflächen zu erwarten. Demgegenüber kühlen sich die Gesteinsflächen nachts langsamer ab, so dass hier dann keine bodennahe Kaltluft mehr gebildet wird.

Zumindest teilweise kann sich im Laufe windschwacher Strahlungsnächte die Abbaugrube mit seitlich von den Hängen des Ravensberges und Aulsberges abfließender Kaltluft angefüllt werden. Im Sommerhalbjahr ist aber anzunehmen, dass sich die einfließende Kaltluft vom relativ warmen Boden des Tagebaus wieder erwärmt. Anders sieht die Situation im Winterhalbjahr aus. Aufgrund einer niedrig stehenden Sonne, werden tagsüber u.U. nicht alle Bereiche der Abbaugrube von der Sonnenstrahlung erreicht. In windschwachen, wolkenarmen Nächten von den Seiten einfließende Kaltluft sammelt sich dann in der Abbaugrube in Form eines Kaltluftsees und kann dort weiter abkühlen.

Insgesamt kann die Intensität des derzeit aus dem Gebiet des geplanten Abbaugeländes gespeisten Kaltluftflusses besonders im Sommerhalbjahr abnehmen. Betrachtet man das Einzugsgebiet für diesen Kaltluftfluss, so erhält man in der derzeitigen Situation eine kaltluftproduzierende Fläche von etwa 62 ha. Nach Anlage des Gipstagebaus mit einer Ausdehnung von ca. 12 ha verbleibt eine kaltluftproduzierende Fläche von ca. 50 ha, d.h. die kaltluftproduzierende Fläche reduziert sich um knapp 20%.

Somit bleibt der überwiegende Teil der im derzeitigen Zustand auftretenden nächtlichen Kaltluftflüsse im Tal zwischen Ravensberg und Steinberg mit der geplanten Abbaufäche sehr wahrscheinlich erhalten.

Da die Kaltluft-/Frischlufversorgung der Ortschaft Portenhagen während wolkenarmer, windschwacher Nächte im wesentlichen von den nördlich angrenzenden Hangflächen des Elfes

erfolgt (siehe Abb. 6), ist eine Beeinträchtigung der Kaltluft-/Frischluftsituation durch die Anlage des geplanten Gips-Tagebaus mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht gegeben.

Betrachtet man die gesamte für den Raum Lüthorst-Ravensberg und die für die angrenzenden Orte Lüthorst und Portenhagen relevante kaltluftproduzierende Fläche, aus der auftretende nächtliche Kaltluftflüsse gespeist werden, so erhält man ein ca. 13 km² umfassendes Areal, wie in Abb. 9 dargestellt. Davon nimmt die projektierte Tagebaufläche mit 12 ha knapp 1% ein. Eine Verschlechterung der Kaltluft-/Frischluftsituation ist auch im Bereich der Ortschaft Lüthorst durch den geplanten Gipsabbau mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht gegeben, da hier die Kaltluftflüsse von den Hängen der umgebenden Höhenzüge (Amtsberge, Aulsberg, Steinberg u.a.) sowie aus dem Reißbach- und Bewertal von Bedeutung sind. Ein direkter Kaltluftzufluss aus dem geplanten Abbaugelände existiert nicht.

6.3 Lokale Klimaänderungen durch den Gipsabbau

Nachfolgend werden auftragsgemäß die möglichen lokalklimatischen Modifikationen durch die geplante Entstehung einer Tagebaugrube im Rahmen des vorgesehenen Gipsabbaus qualitativ abgeschätzt.

6.3.1 Lokale Klimaänderungen durch den Gipsabbau

Die Energiebilanz an der Erdoberfläche bestimmt in windschwachen Strahlungswetterlagen die Temperatur der Erdoberfläche selbst sowie die Temperatur der angrenzenden Luftschicht. In vereinfachter Form kann die Energiebilanz an der Erdoberfläche mit (2) beschrieben werden:

$$(2) \quad Q = H + L + B \quad \text{mit:} \quad Q = (1 - \alpha) \cdot G + \varepsilon \cdot (A - E)$$

mit:

- Q: Strahlungsbilanz in W/m²
- H: Strom fühlbarer Wärme in W/m²
- L: latenter Wärmestrom (Verdunstung, Kondensation) in W/m²
- B: Bodenwärmestrom in W/m²
- α: Albedo (Reflektionsvermögen der Erdoberfläche für die Sonnenstrahlung)
- G: Globalstrahlung (direkte und diffuse Sonnenstrahlung) in W/m²
- ε: Emissionsvermögen der Erdoberfläche für langwellige Wärmestrahlung
- A: Gegenstrahlung (langwellige Wärmestrahlung von Atmosphäre und Wolken) in W/m²
- E: langwellige Wärmeabstrahlung der Erdoberfläche in W/m²

Die Energiebilanz gemäß (2) hängt des weiteren von den jeweiligen physikalischen Eigenschaften der Erdoberfläche ab. Das wird zum Beispiel bereits an der Strahlungsbilanz Q deutlich. So entscheidet die Albedo der Oberfläche, wie groß der von der Erdoberfläche absorbierte Anteil der eingestrahnten Sonnenenergie in Form der Globalstrahlung (G) ausfällt, d.h. helle Oberflächen mit hoher Albedo absorbieren weniger Sonnenstrahlung als dunkle Oberflächen mit einer geringen Albedo.

Auch die Umsetzung der empfangenen Strahlungsenergie in fühlbare Wärme und Verdunstung hängt stark von der Beschaffenheit der Erdoberfläche ab. Wird tagsüber die Strahlungsbilanz positiv, d.h. empfängt die Erdoberfläche mehr Energie durch die Sonneneinstrahlung als dass sie durch langwellige Wärmeabstrahlung verliert, so erfolgt je nach Beschaffenheit der Erdoberfläche eine unterschiedliche Umsetzung dieser Energie in Wärmetransporte und Verdunstung. Bei einer feuchten mit Vegetation bestandenen Erdoberfläche wird ein mehr oder weniger großer Anteil der Strahlungsenergie in Verdunstung entsprechend dem latenten Wärmestrom L in (2) umgesetzt. Damit bleibt der fühlbare Wärmestrom geringer, so dass die Erhöhung der Temperatur in der bodennahen Luftschicht gedämpft wird.

Anders sehen die Verhältnisse über unbewachsenen trockenen Oberflächen, im Extremfall über Gesteinsflächen, aus. Dann wird ein großer Teil der tagsüber empfangenen Strahlungsenergie in Form des fühlbaren Wärmestromes umgesetzt, d.h. die Oberfläche erwärmt sich intensiv und gibt diese Wärme an die angrenzende Luftschicht ab, so dass die bodennahen Lufttemperaturen deutlich über denen einer feuchten, vegetationsbestandenen Fläche liegen.

In windschwachen, wolkenarmen Nächten dominiert die langwellige Wärmeabstrahlung der Erdoberfläche. Aufgrund dieses Energieverlustes setzt eine Abnahme der Oberflächentemperatur ein, deren Ausmaß aber wieder von der Beschaffenheit der Erdoberfläche selbst abhängt. Über feuchten, vegetationsbestandenen Flächen wird ein geringerer Teil des Energieverlustes durch Kondensation, z.B. in Form von Tau, und der dabei freigesetzten Wärme ausgeglichen. Andererseits bleibt der aus dem Boden zur Oberfläche gerichtete Bodenwärmestrom wenig effektiv, zumal eine Luftschicht zwischen der Vegetation wärmeisolierend wirkt. Somit ist der Strom fühlbarer Wärme aus der angrenzenden Luftschicht zum Erdboden gerichtet, was zu einer Abnahme der Lufttemperatur führt.

Über Gesteinsflächen dominiert vor allem zu Beginn der Nacht der Bodenwärmestrom, d.h. die vom Gestein tagsüber empfangene Wärmeenergie wird an seine Oberfläche abgegeben. Dies verhindert eine rasche Abkühlung der angrenzenden Luftschicht. Gegenüber bewachsenen Oberflächen wird über Gesteinsflächen i.a. nachts eine geringere und auch zeitlich verzögerte Abkühlung beobachtet. In diesem Sinne sind Gesteinsflächen keine Kaltluftproduzenten. Ein ähnlicher Effekt tritt im Bereich bebauter und versiegelter Areale von Ortschaften auf.

Beim Strömen der Luft über die Erdoberfläche wird die Lufttemperatur von der Temperatur der Erdoberfläche selbst beeinflusst und umgekehrt. Dabei sind die Temperaturänderungen abhängig von:

- der Differenz zwischen Oberflächentemperatur und der Lufttemperatur
- der Windgeschwindigkeit
- der Größe der betrachteten Oberfläche bzw. der Länge des Überströmungsweges
- der Höhe eines Luftpartikels über der Erdoberfläche
- der thermischen Schichtung der Luft.

Die Änderung der Temperaturdifferenz zwischen Erdoberfläche und der Luft ($\Delta T = T_L(z) - T_o$) entlang des Überströmungsweges läßt sich gemäß (2) nach **HALTINER & MARTIN (1957)** aus **DOMMERMUTH & TRAMPF (1983)** abschätzen:

$$(3) \quad \frac{\delta(\Delta T)}{\delta s(z)} = \frac{KA \cdot \delta^2(\Delta T)}{v \cdot \delta s(z)^2} \quad \text{mit } \Delta T = T_L(z) - T_o$$

mit:

ΔT : Differenz Luft- Erdoberflächentemperatur in K

$T_L(z)$: Lufttemperatur in K (°C) in der Höhe z in m über der Erdoberfläche

T_o : Erdoberflächentemperatur in K (°C)

$s(z)$: Überströmungsweglänge in m in der Höhe z in m über der Erdoberfläche

KA: turbulenter Austauschkoeffizient in m²/s

v: Strömungs- (Wind-)geschwindigkeit in m/s

Der turbulente Austauschkoeffizient (KA) ist ein Maß dafür, in welchem Umfang Eigenschaften der Luft (z.B. Temperatur, Feuchte u.a.) vertikal weitergegeben werden. Bei einer stabilen, d.h. den vertikalen Austausch dämpfenden Luftschichtung fällt der Wert für KA wesentlich geringer

aus als bei einer labilen Schichtung. Als für eine stabile Schichtung typischen Wert kann von $KA \approx 0,1 \text{ m}^2/\text{s}$ ausgegangen werden, während bei einer labilen Schichtung Werte von $KA \geq 1 \text{ m}^2/\text{s}$ möglich sind.

Die Variation des Austauschkoeffizienten KA in (3) zeigt, dass die Anpassung der Lufttemperatur an die Erdoberflächentemperatur entlang des Strömungsweges s bei labiler Schichtung mit hohen Werten von KA rascher erfolgt als bei stabiler Schichtung mit niedrigen Werten von KA . Die Strömungsgeschwindigkeit v der Luft stellt ebenfalls einen entscheidenden Faktor bei der Anpassung der Luft- an die Erdoberflächentemperatur dar. Aus (3) geht hervor, dass sich mit zunehmender Überströmungsgeschwindigkeit die Anpassung der Lufttemperatur an die Temperaturverhältnisse der Erdoberfläche immer mehr verzögert. Demnach erfolgt eine Angleichung der Lufttemperatur an die Oberflächentemperatur bei labiler Schichtung und geringen Windgeschwindigkeiten sehr viel schneller als bei einer stabilen Schichtung und höheren Windgeschwindigkeiten.

Im vorliegenden Fall wird zu Beginn des geplanten Tagebaus die etwa 15 m mächtige Deckschicht abgetragen. Aufgrund der unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der freigelegten Gesteinsflächen im Bereich des Tagebaus und der angrenzenden weiterhin landwirtschaftlichen Nutzflächen resultieren gemäß obigen Aussagen Unterschiede zwischen der Temperatur der bodennahen Luftschicht über den Gesteinsflächen des Tagebaus und derjenigen über der vegetationsbestandenen Umgebung. Vor allem im Sommerhalbjahr werden die bodennahen Lufttemperaturen über dem Tagebaugelände über denen der Umgebung liegen. Von **VÖLKSCH et al. (1994)** werden ebenfalls Erhöhungen der Lufttemperatur im Bereich von Tagebauen erwähnt.

Im Winterhalbjahr besteht aber auch die Möglichkeit, dass sich die Tagebaugrube mit aus der Umgebung einfließender Kaltluft füllt, die sich aufgrund der fehlenden Sonneneinstrahlung weiter abkühlt und einen Kaltluftsee bildet, d.h. die bodennahen Lufttemperaturen in der Tagebaugrube liegen u.U. niedriger als in der Umgebung. Unter bodennaher Lufttemperatur werden hier die Temperaturverhältnisse in 2 m über Grund verstanden. Diese Höhe repräsentiert auch die im DWD gemessenen Lufttemperaturen.

Lokale Unterschiede der Lufttemperatur bilden sich vor allem bei windschwachen, wolkenarmen Wettersituationen, sog. windschwachen Strahlungswetterlagen aus. Nachfolgend wird daher der Einfluss des Tagebaugeländes auf die Lufttemperatur für windschwache Situationen mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 3 m/s im Stundenmittel bewertet.

Der längste Überströmungsweg des Tagebaugeländes von ca. 620 m ergibt sich von Nordwest nach Südost bzw. von Südost nach Nordwest, d.h. bei nordwestlichen und südöstlichen Windrichtungen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Tagebaufläche zu Beginn des Gipsabbaus bis zu ca. 15 m unter dem umgebenden Gelände liegt. Ein Luftpartikel in 2 m über dem umgebenden Gelände weist beim Überströmen des Tagesbaus daher eine Höhe von 15 m im Vergleich zur in 2 m über dem Abbauareal herrschenden Lufttemperatur auf. Bis zum Ende der Abbautätigkeit erreicht der Tagebau eine Tiefe von bis zu etwa 30 m unterhalb des umgebenden Geländes. In den nachfolgenden Bewertungen des Einflusses des geplanten Tagebaus auf die Lufttemperaturverhältnisse in der Umgebung wurden die unterschiedlichen Tiefen der Tagebaugrube mit berücksichtigt.

Mit (3) wurde nun das Ausmaß der Lufttemperaturveränderung im 2 m über Grund in der Umgebung des Tagebaus abgeschätzt, und zwar für eine Tiefe der Abbaugrube von 15 m zu Beginn und von 30 m zum Ende der Abbautätigkeiten. Dabei wurden extreme Lufttemperaturunterschiede zwischen der bodennahen Luftschicht über der Tagebaufläche von 10 K und 15 K und derjenigen über den umgebenden Landwirtschaftlichen Flächen angenommen. Beim Überströmen des Tagebaus erfolgt zunächst im gewissen Umfang eine Anpassung an die dort herrschenden Lufttemperaturen. Bei Erreichen des angrenzenden Geländes passt sich die Lufttemperatur wieder den Temperaturverhältnissen über den landwirtschaftlichen Nutzflächen an. In Tabelle 7

ist die relative Anpassung der bodennahen Lufttemperatur nach Überströmen des Gipstagebaus gemäß der Abschätzung nach (3) aufgeführt.

Die relative Anpassung der Lufttemperatur nach Überströmung des Tagebaugeländes an die bodennahen Lufttemperaturverhältnisse der Umgebung wird mit (4) ermittelt.

$$(4) \quad rA = \left(1 - \frac{TL(z) - To}{Ta(z) - To} \right) \cdot 100$$

mit:

rA: relative Anpassung in %

TL(z): Lufttemperatur in der Höhe z über der Erdoberfläche

To : bodennahe Lufttemperatur der umgebenden Landwirtschaftsflächen (2 m über Grund)

Ta(z): Lufttemperatur unmittelbar nach Überströmung des Tagesbaus in der Höhe z

Je länger die Luft über die den Tagebau umgebenden Landwirtschaftsflächen strömt, je mehr wird sich ihre Lufttemperatur [TL(z)] an die dort herrschenden bodennahen Lufttemperaturen (To) annähern. Bei vollständiger Anpassung gilt: TL(z) = To, womit (4) eine relative Anpassung von 100% liefert.

In Tabelle 7 wurde noch unterschieden zwischen einer labilen, den vertikalen Luftaustausch begünstigenden Schichtung, und einer stabilen, den vertikalen Luftaustausch behindernden Schichtung. Eine labile Schichtung ist typisch für die Verhältnisse tagsüber in windschwachen, wolkenarmen Wettersituationen im Sommerhalbjahr mit der wärmsten Luft in Bodennähe. Demgegenüber herrscht bei entsprechenden Wetterlagen nachts und im Winter teilweise auch tagsüber eine stabile Schichtung vor, da die kälteste Luft nun in Bodennähe auftritt.

Aus Tabelle 7 wird ersichtlich, dass sich bis in eine Entfernung von 200 m von der Abbaugrube bei einer Grubentiefe von 15 m die ursprünglichen bodennahen Lufttemperaturverhältnisse (Bezugshöhe 2 m über Grund) über den ungestörten landwirtschaftlichen Nutzflächen nahezu wiederhergestellt haben mit einer relativen Anpassung von mindestens 94% bei einer angenommenen Tiefe der Abbaugrube von 15 m. Geht man beispielsweise von einer extremen Differenz der Lufttemperatur zwischen Abbaugrube und Umgebung von 15 K aus, so ist nach Überströmen des Tagebaugeländes die ursprüngliche Temperaturdifferenz in einer Entfernung von 200 m vom Rand der Abbaugrube entfernt bis zu 94% entsprechend 14,1 K wiederhergestellt.

Im Abstand von 200 m vom Abbaugelände (Tiefe der Abbaugrube 15 m) beträgt in diesem Fall der Einfluss auf die bodennahe Lufttemperatur 0,9 K. Bei einer Lufttemperaturdifferenz in Bodennähe von 10 K zwischen Abbaugelände und umgebenden Landwirtschaftsflächen erreicht in 200 m von der Tagebaugrube entfernt der Einfluss auf die Lufttemperatur noch 0,6 K. Damit betrüge nach Überströmung der Tagebaugrube in einer Entfernung von 200 m bezogen auf den Rand der 15 m tiefen Abbaugrube die maximale Abweichung zu den „ungestörten“ Lufttemperaturen über den umgebenden Flächen weniger als 1 K.

Noch geringer fällt der Einfluss des Tagebaus bei einer Abbautiefe von 30 m aus. Hier beträgt die Anpassung an die ursprünglichen Lufttemperaturen in einer Entfernung von 200 m vom Rand der Abbaugrube mindestens 97% (siehe Tabelle 7). Selbst bei extremen Unterschieden der bodennahen Lufttemperatur von 15 K erreicht nach 200 m von der Abbaugrube entfernt die Lufttemperatur nach Überströmung des Tagebaus bis auf fast 0,4 K wieder ihren ursprünglichen Wert. Bei einer stabilen, den vertikalen Luftaustausch dämpfenden Schichtung ist bereits 100 m von der Tagebaugrube entfernt kein Temperatureinfluss durch das Abbaugelände mehr zu erkennen.

Die durchgeführten Auswertungen lassen erkennen, dass sich die wesentlichen durch den geplanten Tagebau bedingten Temperaturänderungen in der bodennahen Luftschicht (Bezugshöhe 2 m über Grund) sehr wahrscheinlich bis zu etwa 200 m vom Abbaugelände entfernt manifestieren. Ein Einfluss des projektierten Gipsabbaus auf die Lufttemperaturverhältnisse der Ortschaften Lüthorst und Portenhagen ist mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht gegeben. Eine Veränderung der derzeitigen Wärmebelastungssituation im Bereich der genannten Orte ist daher ebenfalls mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auszuschließen. Eine mögliche Zunahme der Wärmebelastung wird sich sehr wahrscheinlich auf das unmittelbare Tagebaugelände im Umkreis von weniger als 200 m beschränken.

Bepflanzungen, Dämme und Bebauung behindern den horizontalen Luftaustausch, und so verkürzen sie auch die Reichweiten des Einflusses der Abbaugrube auf die bodennahen Lufttemperaturen. Dies gilt ebenfalls im vorliegenden Fall bezüglich der Aufschüttung eines 15 m hohen Walles am östlichen Rand des Abbaugeländes in Richtung Portenhagen. Damit wird sich der Einfluss des Tagebaus auf die bodennahen Lufttemperaturen der Umgebung sehr wahrscheinlich weiter verringern.

Im übrigen ist anzumerken, dass es sich bei den mit der Beziehung (3) berechneten Modifikationen der bodennahen Lufttemperaturen um eine erste Abschätzung handelt. So lassen sich beispielsweise Einflüsse durch Strömungshindernisse wie Dämme nur mit Klimamodellrechnungen bewerten.

6.3.2 Luftfeuchtigkeit und Niederschlag

Solange keine Sättigung erreicht ist, wird von einer Oberfläche mittels der Verdunstungsprozesse Wasserdampf an die Luft abgegeben, wobei warme Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann als kalte, trockene Luft mehr als feuchte. Die Beseitigung vegetationsbestandener Areale und die Freilegung von Gesteinsflächen im Bereich des Tagebaus werden in der Regel dazu führen, dass der Wasserdampfgehalt der bodennahen Luftschicht über dem Tagebau relativ zum Umland geringer wird. Dieser Effekt ist sehr wahrscheinlich im Sommerhalbjahr am stärksten ausgeprägt.

Nach Realisierung des Vorhabens kann sich die Situation einstellen, dass ein Luftvolumen über den Gesteinsflächen des Tagebaus eine geringere absolute Feuchte aufweist als ein gleichgroßes Luftvolumen über den umgebenden landwirtschaftlichen Nutzflächen.

Beispiel: Die Temperatur über der Tagebaufläche betrage 20 °C und die relative Feuchte 50 %, über den landwirtschaftlichen Nutzflächen am Rande der Tagebaugrube sei die Temperatur 15 °C, die relative Feuchte 75 %. Damit ergibt sich über dem Tagebau eine absolute Feuchte von 8,6 g Wasserdampf pro m³ Luft, über den landwirtschaftlichen Nutzflächen am Rande des Tagebaus dagegen eine solche von 9,6 g Wasserdampf pro m³ Luft. Durch Luftbewegungen, auch geringe, wird in Abhängigkeit von der Windrichtung und -stärke absolut trockenere Luft vom Tagebau in die Randbereiche verfrachtet. Infolge von Mischungsvorgängen wird sich der Wasserdampfgehalt der bodennahen Luftschicht am Rande des Tagesbaus dann verringern bei gleichzeitiger Zunahme der Lufttemperatur. Damit geht die relative Luftfeuchtigkeit zurück. Beispiel: Bei einer Zunahme der Lufttemperatur um 1 K von 15 °C auf 16 °C in der bodennahen Luftschicht über den Randbereichen des Tagebaus und einer Abnahme des absoluten Wasserdampfgehaltes von 9,6 g/m³ auf 9,0 g/m³ ergibt sich eine Verringerung der relativen Luftfeuchtigkeit von 75% auf 67%.

Es handelt sich hier um kleinräumige, komplizierte Prozesse, die ohne Klimamodellrechnungen, die nicht Auftragsbestandteil waren, nur andeutungsweise beschrieben werden können.

Die Wärme- und Wasserdampftransporte variieren mit der Wetterlage. Die größten Feuchtedifferenzen zwischen dem Tagebaugelände und den umgebenden landwirtschaftlichen Nutzflä-

chen sind an warmen, windschwachen und wolkenarmen Sommertagen zu erwarten. Wie bei den Temperaturänderungen verkürzen Hindernisse wie Dämme, Baumreihen und Gebäude die Reichweite der Feuchteänderungen.

Näherungsweise kann der turbulente Austauschkoeffizient für Wasserdampf demjenigen für die Temperatureigenschaften in (3) gleichgesetzt werden (STULL, 1988). Im vorliegenden Fall wird daher abgeschätzt, dass die Reichweite der Feuchteänderungen etwa denen der im vorigen Kapitel 6.3.1 beschriebenen Temperaturänderungen ähnelt. Die Anpassung der Wasserdampfverhältnisse (z.B. relative Luftfeuchte) an die jeweilige Umgebung entspricht somit der für die Lufttemperatur gefundenen Angleichung gemäß den Angaben in **Tabelle 7**, d. h. eine mögliche Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit vom Tagebau her wird sich sehr wahrscheinlich auf eine etwa 200 m breite Randzone beschränken. In Richtungen von Pflanzungen, Dämmen oder Bebauung werden diese Reichweiten durch die schon beschriebene Hinderniswirkung noch geringer sein.

Infolge der stärkeren Erwärmung der bodennahen Luftschichten über dem Tagebaugelände relativ zum Umland ist dort vor allen im Sommerhalbjahr eine Intensivierung der Konvektion möglich. Durch Einbeziehung feuchterer Luftmassen am Rande des Tagebaus in die aufsteigende Luft wäre prinzipiell die Initialisierung von Wolken- und letztlich auch von konvektiven, d.h. schauerartigen, Niederschlägen denkbar. Ähnliche Effekte werden in der Fachliteratur (z.B. **LANDSBERG, 1981; KUTTLER, 1993; SCHÜTZ, 1995**) für Stadtgebiete angenommen, die aufgrund von Versiegelung und Bebauung ebenfalls häufig eine Übertemperatur im Vergleich zum Umland aufweisen. Vermehrte und intensivere Niederschlagstätigkeit wurde dabei vielfach nicht über dem Stadtgebiet selbst, sondern über dem in Windrichtung gesehen stromaufwärts gelegenen Umland beobachtet. Allerdings sind die in km² bemessenen Flächen der Stadtgebiete um ein Vielfaches größer als die hier in Frage stehende Tagebaufäche von 12 ha.

Somit wird hier davon ausgegangen, dass aufgrund der relativ geringen Flächenausdehnung des geplanten Gipstagebaus, die Niederschlagshöhen sowie die Häufigkeit von Niederschlägen im Planungsraum durch die Realisierung des Vorhabens sehr wahrscheinlich **nicht** verändert werden. Von **VÖLKSCH et al. (1994)** werden mögliche Veränderungen des Niederschlagsregimes bei größeren Tagebaufächen von mindestens 50 ha angenommen, also deutlich ausgedehnteren Abbaufächen wie die im vorliegenden Fall vorgesehenen.

6.3.3 Wind

Durch die Absenkung des Geländes in der Tagebaugrube um bis zu etwa 30 m im Laufe des geplanten Gipsabbaus ist anzunehmen, dass sich die mittlere Windgeschwindigkeit innerhalb der Abbaugrube verringert. Demgegenüber kann es an den Rändern der Abbaugrube zu verstärkter Turbulenz kommen. Dies gilt auch für dort vorgesehene Wälle, wie denjenigen am östlichen Rand des Abbaugeländes.

Die durch Aufschüttungen und Wälle verursachte Turbulenz tritt im Lee dieser Strömungshindernisse in Form plötzlicher Windrichtungs- und -geschwindigkeitsänderungen auf, die sich im Fall der Windgeschwindigkeit auch als eine zunehmende Böigkeit äußern. Die Reichweite dieser Effekte lässt sich auf maximal etwa dem Zehnfachen, im Extremfall auf maximal etwa dem Zwanzigfachen der Hindernishöhe abschätzen. Bei der geplanten Wallhöhe von 15 m ergibt sich eine maximal etwa 150 m, im Extremfall bis zu 300 m breite Zone im Lee des Walles, in der mit erhöhter Strömungsturbulenz zu rechnen ist. Die nächstgelegenen Ortschaften Lüthorst und Portenhagen befinden sich jedoch deutlich außerhalb dieser Turbulenzzone.

Im übrigen werden sich die bodennahen Windrichtungs- und -geschwindigkeitsverhältnisse außerhalb des Abbaugeländes und einer etwa 200 m bis 300 m breiten Randzone mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht verändern.

6.3.4 Nebel und Sonnenschein

Die Freilegung von Gesteinsflächen im Bereich des geplanten Gipstagebaus wird sehr wahrscheinlich dazu führen, dass in windschwachen, wolkenarmen Wettersituationen vor allem im Sommerhalbjahr die bodennahen Lufttemperaturen über dem Abbaugelände höher und die Luftfeuchtigkeit geringer gegenüber dem landwirtschaftlich genutzten Umland ausfällt. Wie aus den Bewertungen in Kapitel 6.3.1 und 6.3.2 hervorgeht, beschränken sich diese Effekte auf einen bis zu etwa 200 m breiten Randbereich der Abbaugrube. Die in diesem Randbereich möglicherweise verringerte nächtliche Abkühlung wird im wesentlichen einen Einfluss auf den sog. Strahlungsnebel haben.

Strahlungsnebel entsteht, wenn in windschwachen, wolkenarmen Nächten Oberflächen durch die nächtliche langwellige Ausstrahlung stark abgekühlt werden und ihrerseits die bodennahe Luftschicht bis zur Kondensation des darin enthaltenen Wasserdampfes abkühlen. Das Häufigkeitsmaximum liegt in den frühen Morgenstunden. Der Strahlungsnebel hat i. a. eine vertikale Mächtigkeit von einigen Dekametern, kann jedoch durch weiteres Anwachsen auch Höhen von 100 m oder mehr erreichen. Da die Temperaturen des Untergrundes durchaus größere örtliche Unterschiede aufweisen können, andererseits schon einige Zehntel K über das Zustandekommen des Nebels entscheiden, wird deutlich, dass Strahlungsnebel in Bezug auf lokales Auftreten, Dichte und vertikale Erstreckung auch auf engstem Raum große Unterschiede zeigt.

Da sich am Rande der Tagebaugrube die Luft in windschwachen, wolkenarmen Nächten langsamer abkühlt als im weiteren Umland und die Luftfeuchtigkeit aufgrund der Nähe zur Tagebaugrube geringer bleibt, ist zu erwarten, dass die Häufigkeit und Andauer von Strahlungsnebel hier eher abnimmt. Eine Quantifizierung der Häufigkeitsabnahme von Strahlungsnebel ist jedoch mit den vorhandenen Daten nicht möglich.

Im Winterhalbjahr besteht, wie in Kapitel 6.3.1 dargestellt, die Möglichkeit, dass sich die Tagebaugrube in einem Kaltluftsee befindet. Bei längerer Andauer windschwacher, wolkenarmer Wetterlagen kann sich die Luft in der Tagebaugrube soweit abkühlen, dass sich Nebel bildet. Dieser Nebel wird aber sehr wahrscheinlich auf den unmittelbaren Bereich des Tagebaugeländes begrenzt sein.

Eine Veränderung der Nebelhäufigkeit außerhalb einer bis zu etwa 200 m breiten Randzone um den projektierten Gipstagebau ist mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auszuschließen.

Die Bewölkung kann nur in bestimmten Fällen durch Eigenschaften des Untergrundes (z.B. ausgedehnte Waldflächen, sehr große Seen) beeinflusst werden. Durch die Realisierung des Tagebaugeländes in der geplanten Größenordnung werden die Bewölkungsverhältnisse mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht verändert. Dabei wird aber auch die Sonnenscheindauer im wesentlichen unverändert bleiben. Denkbar wäre allein eine mögliche geringfügige Veränderung der Sonnenscheindauer durch ein verringertes Auftreten von Strahlungsnebel im nahen Randbereich des Tagebaus oder durch zusätzliche winterliche Nebelsituationen in der Tagebaugrube selbst, wie bereits oben diskutiert.

7. Zusammenfassung des Gutachtens

Im Rahmen eines geplanten Gipsabbaus im Raum Lüthorst-Ravensberg wurde der Deutsche Wetterdienst, Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung in Hannover vom Ingenieurbüro Völker in 06548 Ufrungen mit der Erstellung eines Gutachtens zu möglichen lokalklimatischen Auswirkungen des Vorhabens beauftragt

Das vorliegende Gutachten behandelt auftragsgemäß folgende Themenkomplexe:

1. Aussagen zum Klima im Raum Lüthorst-Ravensberg (langjährige mittlere Verhältnisse bezüglich Niederschlag, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Nebelhäufigkeit) einschließlich einer kurzen bioklimatologischen Abschätzung der Wärmebelastung im Untersuchungsgebiet
2. Qualifizierte Prüfung der Übertragbarkeit einer Ausbreitungsklassenstatistik (u.a. zur Angabe der derzeitigen Windverteilung im Bereich der Abbaufäche)
3. Qualitative Bewertung der dortigen Kaltluftsituation in windschwachen, wolkenarmen Nächten (Kaltluftflüsse / Erreichen Kaltluftflüsse aus dem Bereich des geplanten Gipsabbaus umliegende Ortschaften?)
4. Abschätzung der Häufigkeit windschwacher, wolkenarmer Nächte im Untersuchungsgebiet, um die Häufigkeit von Kaltluftflüssen zu bewerten
5. Qualitative Bewertung der möglichen klimatischen / lokalklimatischen Änderungen durch das Vorhaben, insbesondere in Bezug auf Nebelhäufigkeit, Sonnenscheindauer, Lufttemperatur und -feuchte, Kaltluftflüsse, Wärmebelastung und Windverteilung

Angaben zur Ausbreitung und Konzentration von Stäuben sind nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

zu 1: Das Klima im Untersuchungsraum wird überwiegend von atlantischen Luftmassen beeinflusst, die für einen wechselhaften Witterungscharakter sorgen. Die Sommer sind meist mäßig warm, die Winter bezogen auf die geographische Breitenlage vergleichsweise mild. Im langjährigen Mittel, auf Basis der Klimanormalperiode 1961 bis 1990, liegen die Jahresmitteltemperaturen zwischen 8,0 °C und 9,0 °C, die Jahresniederschlagshöhe bei 800 mm bis 900 mm und die Jahressonnenscheindauer zwischen 1300 und 1400 Stunden. Die mittlere monatliche relative Luftfeuchte variiert zwischen minimal etwa 72% von Mai bis Juli und maximal etwa 84% im Dezember und Januar. Die Hauptwindrichtungen sind sehr wahrscheinlich West bis Westnordwest (primäres Häufigkeitsmaximum) und Ost bis Ostsüdost (sekundäres Häufigkeitsmaximum). Die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten werden im Untersuchungsraum auf etwa 3,1 m/s bis 3,7 m/s abgeschätzt. Eine für den Menschen belastende Wärmesituation tritt im Mittel an knapp 9 Tagen im Jahr auf

zu 2: Im Gutachten wurde mittels einer Qualifizierten Prüfung zur Übertragbarkeit einer Ausbreitungsklassenstatistik (QPR) bewertet, ob und wenn ja, welche Winddaten einer Windmessstation des DWD aus der Umgebung des Planungsraumes und die daraus abgeleitete Ausbreitungsklassenstatistik für das Gebiet des geplanten Gipsabbaus repräsentativ sind. Die Untersuchung der Ausbreitung von Luftbeimengungen war nicht Gegenstand dieses Gutachtens. Die im Gebiet des projektierten Gipsabbaus zu erwartenden Hauptwindrichtungen West bis Westnordwest und Ost bis Ostsüdost bei mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten von 3,1 m/s bis 3,7 m/s werden sehr wahrscheinlich am ehesten durch die Winddaten der Vergleichsstation Hameln repräsentiert.

- zu 3:** Über den derzeit landwirtschaftlichen Freiflächen und den dicht bewaldeten Arealen des Elfas wird in wolkenarmen, windschwachen Nächten Kaltluft produziert. Der Raum Lüthorst-Ravensberg liegt im Bereich eines umfangreichen Kaltluftsammelgebietes. Entsprechend der Geländeneigung entstehen hangabwärts gerichtete Kaltluftflüsse. Die von den Hängen des Ravensberges das Gebiet des geplanten Abbaugeländes erreichende sowie die dort selbst gebildete Kaltluft bewegt sich weiter in ost-südöstliche Richtung. Unmittelbar aus dem vorgesehenen Abbaugelände abfließende Kaltluft erreicht aber sehr wahrscheinlich nicht die nahegelegenen Ortschaften Lüthorst und Portenhagen. Die Kaltluft-/Frischluferversorgung der Ortschaft Portenhagen erfolgt im wesentlichen vom Elfas-Hang am Nordrand des Ortes. Das Gebiet der Ortschaft Lüthorst bezieht die Kaltluft-/Frischluf vorwiegend aus dem Bereich der Hänge der Amtsberge, des Auls- und des Steinberges sowie aus dem Beyer- und Reißbachtal.
- zu 4:** Aufgrund interner Untersuchungen des DWD, die auf dem bundesweiten Netz von Wetterstationen mit stündlichen Bewölkungs- und Windregistrierungen wird abgeschätzt, dass die mittlere relative Häufigkeit wolkenarmer, windschwacher Nächte im Raum Lüthorst-Ravensberg bei etwa 20% bis 25% der Nächte im Jahr liegt. Das Maximum der Häufigkeit windschwacher Strahlungswetterlagen tritt im Sommerhalbjahr von April bis September auf. In erster Näherung kann im Sommerhalbjahr mit etwa der dreifachen Häufigkeit von windschwachen, wolkenarmen Nächten im Vergleich zu den Monaten November bis Januar gerechnet werden.
- zu 5:** Änderungen der bodennahen Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse werden sich sehr wahrscheinlich auf die nächste Umgebung des geplanten Tagebaus im Umkreis bis zu maximal etwa 200 m beschränken. Durch die Freilegung von Gesteinsflächen sind hier eine Zunahme der Lufttemperatur und eine Abnahme der Luftfeuchtigkeit zu erwarten. Abgesehen von einer möglichen geringfügigen Abnahme der Nebelhäufigkeit im unmittelbaren Tagebaubereich bis zu ca. 200 m Entfernung ergeben sich mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit keine Einflüsse auf Bewölkung, Sonnenscheindauer und Niederschlag im Raum Lüthorst-Ravensberg durch die Realisierung des Vorhabens. Windrichtung und -geschwindigkeit bleiben sehr wahrscheinlich ebenfalls weitgehend unbeeinflusst durch den vorgesehenen Tagebau mit Ausnahme der Tagebaugrube selbst und den Randbereichen, insbesondere den dort zum Teil vorgesehenen Wällen, die zu einer Zunahme der Strömungsturbulenz (Böigkeit) führen können. Die maximale Reichweite dieser Effekte auf das Windfeld wird auf etwa 150 m bis höchstens 300 m vom Rand des Tagesbaus entfernt abgeschätzt. Die Ortsbereiche von Lüthorst und Portenhagen sind durch lokalklimatische Modifikationen der bodennahen Luftschicht durch das Vorhaben mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht betroffen.

8. Literaturverzeichnis

BALTRUSCH, M. & G. SCHÜTZ, 1988:

Klimatische Phänomene, Wärmeinsel, in: Stadtklima und Luftreinhaltung, Hrsg.: VDI - Kommission Reinhaltung der Luft. Springer - Verlag Berlin, Heidelberg.

CHRISTOFFER, J. & M. ULBRICHT - EISSING, 1989:

Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland. Ber. Deutscher Wetterdienst Nr. 147, Offenbach.

KLIMAATLAS BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, 1999

Teil 1, Deutscher Wetterdienst, Offenbach a.M.

DOMMERMUTH, H. & W. TRAMPF, 1983:

Der Einfluss der Gewässer auf Strahlung, Lufttemperatur und -feuchte in deren Umgebung. Beiträge zur Agrarmeteorologie 5, Offenbach.

DORAN, J.C. & T.W. HORST, 1981:

Velocity and temperature oscillations in drainage winds.
J. Applied Meteorology, 20, 361-354.

DÜTEMEYER, D., 2000:

Urban-geographische Bodenwindssysteme in der städtischen Peripherie Kölns.
Essener Ökologische Schriften, Band 12, Westarp Wissenschaften.

GROSS, G., 1987:

Fallstudie eines nächtlichen Windsystems.
Meteorologische Rundschau 38, 33-42.

GROSS, G., 1989:

Numerical simulation of the nocturnal flow systems in the Freiburg area für different topographies.
Beiträge Phys. Atmosph., 62, 57-72.

HALTINER, G.S. & F.L. MARTIN, 1957:

Dynamical and Physical Meteorology. McGraw-Hill, New York, Toronto, London

HAUFF, F. & N. WITTE, 1985:

Fallstudie eines nächtlichen Windsystems, Meteorologische Rundschau 38, 33-42.

JENDRITZKY, G., 1982:

Zum thermischen Wirkungskomplex des Menschen. Promet 3/4.

JENDRITZKY, G., 1984:

Die Bewertung der thermischen Reizstärke in Kurorten, Z. phys. Med. Baln. Med. Klim. 1.

KALB, M. & H. SCHIRMER, 1992

Das Klima der Bundesrepublik Deutschland. Lieferung 4: Mittlere Nebelhäufigkeit und Nebelstruktur. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a. Main

KING, E., 1973:

Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten. Ber. Deutscher Wetterdienst Nr. 130, Offenbach/Main

KUTTLER, W., 1993:

Stadtklima. – In: Stadtökologie, SUKOPP, H. & R. WITTIG, [Hrsg.], Gustav Fischer, Stuttgart, 113-153.

LANDSBERG, H.E., 1981:

The Urban Climate.

Int. Geophys. Ser. Vol. 28 (Academic Press) New York, 275 S.

LAWRENCE, E.N., 1954:

Nocturnal winds. Prof. Notes. Met. Office (London) 7 (III), 1-13.

SCHÜTZ, M., 1995:

Anthropogene Niederschlagsmodifikationen im komplex-urbanen Raum am Beispiel des Ruhrgebietes.

Dissertation der Univ. GH Essen.

STULL, R.B., 1988

An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Atmospheric Sciences Library, Kluwer Academic Publishers.

STATISTISCHES WINDFELDMODELL DES DWD, 1999:

Windgeschwindigkeit in der Bundesrepublik Deutschland.

Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung, Offenbach

TA-LUFT 2002, 2002:

Erste Allg. Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA-Luft) vom 24.07.2002 (GMBI, 511 S.)

TYSON, P.D., 1968:

Velocity fluctuations in the mountain wind.

J. Atmospheric Sciences, 25, 381-384.

VÖLKSCH, G.; R. BUCHHOLZ & K. HUK, 1994:

Klimatische Aspekte im Zusammenhang mit Gipsabbau.

Vortrag anlässlich der 13. Tagung des Arbeitskreises Klima in Bonn

9. Glossar

Ausbreitungsklassen: als Berechnungsgrundlage für die Ausbreitung von Luftbeimengungen dienende einfache Einteilung der möglichen Turbulenzzustände der bodennahen Atmosphäre in wenige Klassen, die aus leicht zu ermittelnden meteorologischen (Windgeschwindigkeit, **Bedeckungsgrad**) und astronomischen Daten (Tages-, Jahreszeit) bestimmt werden können.

Ausbreitungsklassenstatistik: die Darstellung der mittleren Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen basierend auf stündlicher Basis über einen längeren Zeitraum von in der Regel mehreren Jahren (meist 10 Jahre).

Ausstrahlung: die vorwiegend langwellige Wärmestrahlung der Erde und der Atmosphäre in Richtung Weltraum. Der Energieverlust führt zu einem Absinken der Lufttemperatur.

Austausch: allgemeine Bezeichnung für die Gesamtheit der turbulenten Vorgänge in der Atmosphäre. Dadurch können Lufteigenschaften wie z.B. Temperatur, Schadstoffgehalt etc. sowohl horizontal als auch vertikal weitergegeben werden.

Bedeckungsgrad: Der Bedeckungsgrad des Himmels mit Wolken wird in Achteln der Himmelsfläche angegeben. Dabei steht die Angabe 0 Achtel für einen völlig wolkenlosen, die Angabe 8 Achtel für einen vollständig mit Wolken bedeckten Himmel

Bodeninversion → Inversion

Flurwind: thermisch bedingte kleinräumige Ausgleichsströmung; entsteht durch horizontale Temperaturdifferenzen zwischen benachbarten Gebiete, z.B. Stadt/Umland; allg. schwach ausgeprägt und zum wärmeren Gebiet (Stadt) hin gerichtet. Die Strömung erfolgt meist schubweise mit einer vertikalen Mächtigkeit von einigen Metern vor allem in den Abend- und Nachtstunden.

Grundströmung: längeranhaltende durch die großräumige Luftdruckverteilung vorgegebene Luftströmung.

Inversion: Als I. bezeichnet man eine Schicht in der Atmosphäre, in der die Temperatur mit der Höhe zunimmt - im Gegensatz zu der im Mittel geltenden Abnahme der Temperatur mit der Höhe. **Bodeninversionen** liegen unmittelbar auf der Erdoberfläche auf, **Höheninversionen** oder **abgehobene Inversionen** sind durch eine Schicht vertikaler Temperaturabnahme vom Boden getrennt.

K: Einheitenzeichen für **Kelvin**, eine vom britischen Physiker Kelvin vorgeschlagene Temperaturskala, die beim absoluten Nullpunkt beginnt, d.h. $0\text{ K} = -273,15\text{ °C}$. Die Einheit K wird auch benutzt, um Temperaturdifferenzen von Lufttemperaturen zu unterscheiden.

Konvektion: In der Meteorologie das lokal begrenzte Aufsteigen erwärmter Luft bei gleichzeitigem Absinken kälterer Luft in der Umgebung. Konvektion setzt eine labile → **thermische Schichtung** der Atmosphäre voraus. Ursache ist zumeist die Erwärmung der Erdoberfläche und der bodennahen Luftschicht durch Sonneneinstrahlung.

Luftdruckgradient: das Gefälle des Luftdrucks pro Längeneinheit. I.a. wird unter dem Druckgradienten nur seine *Horizontalkomponente* verstanden, die die maßgebliche Antriebskraft für den Wind darstellt.

Rauhigkeit: Ausdruck für die Unebenheit der Erdoberfläche aufgrund von Landschaftsform, Bewuchs und Bebauung. Durch die Rauhigkeit wird die bodennahe Luftströmung abgebremst, und zwar umso stärker je dichter und je höher die Strömungshindernisse (z.B. Gebäude, Bäume, Gebirge etc.) ausfallen.

Schichtung → thermische Schichtung**Strahlungsnächte → windschwache Strahlungsnächte**

Strahlungswetterlage: Wetterlage, die im wesentlichen durch Strahlungsvorgänge geprägt ist; typisch hierfür sind Hochdruckgebiete. Am Tag erwärmt sich die Luft bei ungehinderter Sonneneinstrahlung sehr stark (Temperaturmaximum etwa 2 Stunden nach Sonnenhöchststand). Nachts kühlt die Luft durch Wärmeausstrahlung des Bodens gegen den wolkenlosen Himmel kräftig ab. (Temperaturminimum bei Sonnenaufgang). Die Luftbewegung ist im allgemeinen schwach, lebt tagsüber durch Konvektion vorübergehend auf.

thermische Schichtung: Die **thermische Sch.** beschreibt die vertikale Verteilung der Lufttemperatur. Sie bestimmt, wie die Luftpartikel auf vertikale Auslenkung reagieren. Die Sch. heißt **stabil**, wenn ein aus seiner ursprünglichen Lage verschobenes Luftquantum stets eine rücktreibende Kraft erfährt, weil es schwerer (bei Auslenkung nach oben) bzw. leichter (bei Auslenkung nach unten) als seine jeweilige neue Umgebung ist. Bei **labiler Sch.** dagegen treten Kräfte auf, die das ausgelenkte Luftpartikel noch weiter aus seiner Ursprungslage zu entfernen trachten. **Neutrale oder indifferente Sch.** liegt vor, wenn ein vertikal verschobenes Luftteilchen stets dieselbe Dichte aufweist wie seine neue Umgebung. Bei ungesättigter Luft ist die Sch. *stabil* (trockenstabil), wenn die vertikale Temperaturabnahme geringer als der adiabatische Temperaturgradient von ca. 1 K pro 100 m Höhendifferenz ist. Bei gesättigter Luft liegt die Stabilitätsgrenze niedriger und ist zudem temperaturabhängig (ca. 0.4 K pro 100 m bei hohen Lufttemperaturen, bei tiefen Temperaturen Annäherung an den trockenen Grenzwert von 1 K pro 100 m).

Wärmebelastung tritt ein, wenn die Thermoregulation des menschlichen Körpers trotz angepassten Verhaltens nicht mehr ausreicht, um Behaglichkeit herzustellen.

windschwache Strahlungsnächte (Definition): von einer windschwachen Strahlungsnacht wird dann ausgegangen, wenn die Windgeschwindigkeit im Stundenmittel höchstens 2,6 m/s und der **Bedeckungsgrad** des Himmels mit Wolken höchstens 4 Achtel beträgt (s. auch **Strahlungswetterlage**).

Zeitreihe der Ausbreitungsklassenstatistik: stündliche Aufstellung von Ausbreitungsklassen über den Zeitraum eines Jahres. Dabei wird als Jahr dasjenige gewählt, dessen mittlere Verteilung von Windrichtung und -geschwindigkeit mit den entsprechenden langjährigen, in der Regel mindestens zehnjährigen, mittleren Windverhältnissen am besten übereinstimmt. Diese Jahr wird auch als repräsentatives Jahr bezeichnet.

10. Abbildungen und Tabellen

- Abb. 1:** Lage des geplanten Gipsabbaus Lüthorst-Ravensberg
- Abb. 2:** Mittlere Monatsmitteltemperaturen in °C an der Klimastation Einbeck 1961-1990
- Abb. 3:** Mittlere Zahl der Tage bestimmter Temperaturschwellenwerte der Klimastation Einbeck 1961-1990
- Abb. 4:** Mittlere Zahl der Tage mit Wärmebelastung in Lüthorst/Ravensberg
- Abb. 5:** Langjährige Mittelwerte der relativen Luftfeuchte in % an der Klimastation Einbeck (1961-1990) im Tagesgang
- Abb. 6:** Qualitative Abschätzung der Kaltluftflüsse in windschwachen, wolkenarmen Nächten im Raum Lüthorst-Ravensberg
- Abb. 7:** Lage des Rechengebietes für die Ausbreitungsrechnung nach TA-Luft 2002
- Abb. 8:** 360°-Einteilung der Windrose
- Abb. 9:** Kaltluft produzierende Flächen im Raum Lüthorst-Ravensberg
- Abb. 10:** Mögliche Einflusszone auf das Lokalklima bezüglich Lufttemperatur und –feuchte
- Tabelle 1:** Mittlere Monatshöhen und Zahl der Tage bestimmter Schwellenwerte des Niederschlags
- Tabelle 2:** Gauß-Krüger-Koordinaten des Standortes (im Text Seite 15)
- Tabelle 3:** Lage der erwarteten Häufigkeitsmaxima und –minima der Windrichtung in der Region des Standortes (Richtungsangaben in 30°-Sektoren) (im Text Seite 17)
- Tabelle 4:** Ausgewählte Angaben zu den verwendeten Windmessstationen (Vergleichsstationen) (im Text Seite 17)
- Tabelle 5:** Häufigkeitsmaxima und –minimum (Richtungsangaben in 30 Grad-Sektoren) an den Vergleichsstationen (im Text Seite 18)
- Tabelle 6:** Vergleich der Sollwerte des Jahresmittelwertes der Windgeschwindigkeit für den Standortbereich und der Schwachwindhäufigkeit mit den Istwerten der Vergleichsstationen (im Text Seite 19)
- Tabelle 7:** Relative Anpassung der bodennahen Lufttemperatur nach Überströmung des Gipstagebaus bei labiler und stabiler Schichtung

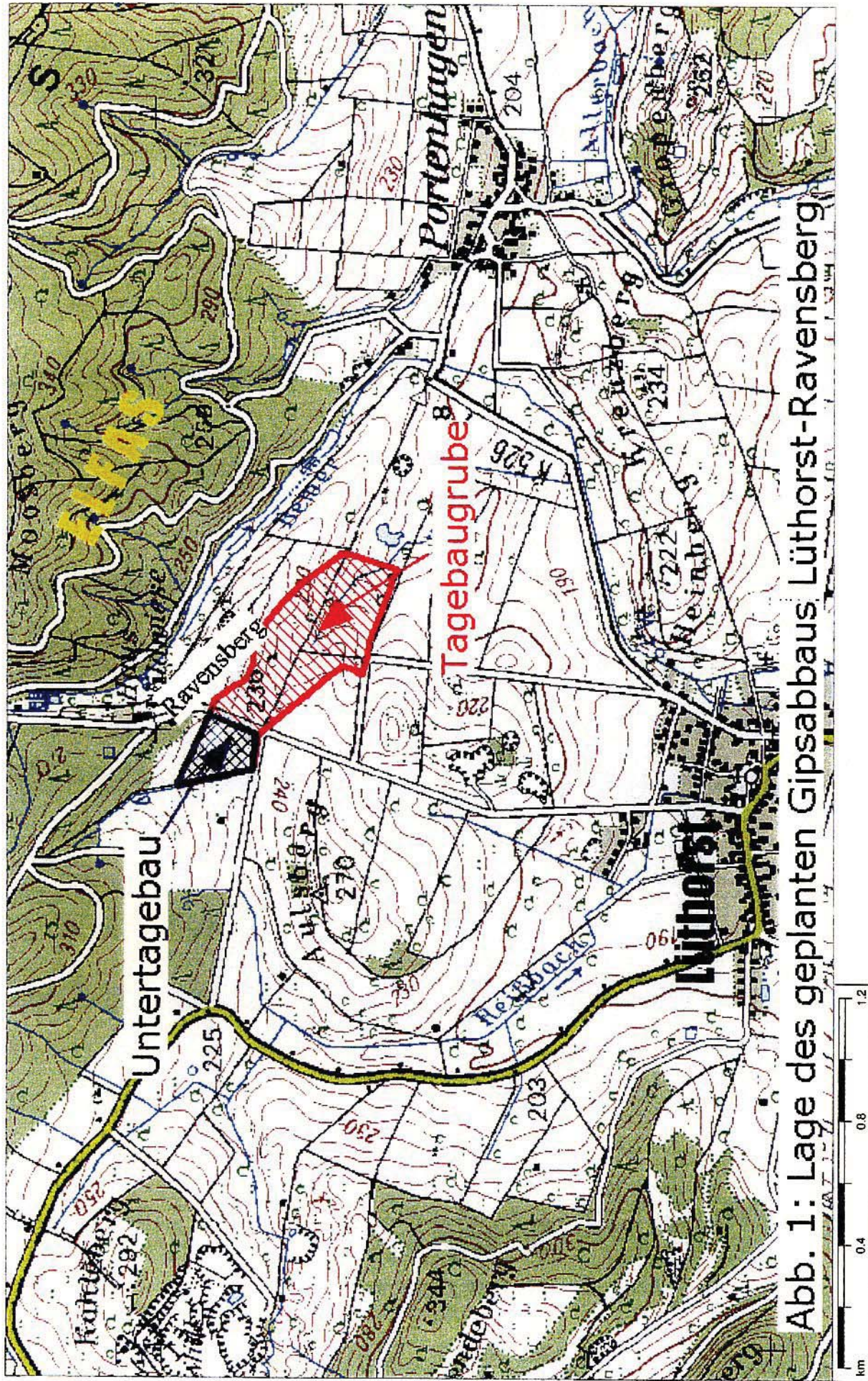


Abb. 1: Lage des geplanten Gipsabbaus Luthorst-Ravensberg

Abb. 2: Mittlere Monatsmitteltemperaturen an der Klimastation Einbeck 1961-1990

	Jan.	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oktober	Nov	Dez	Jahr
mittl. Tagesmittel	-0,1	0,6	3,8	8,1	12,7	16,0	17,4	17,0	13,9	9,5	4,8	1,5	8,8
mittl. Tagesmaximum	2,3	2,8	7,8	13,0	17,0	21,1	22,6	22,8	19,3	13,9	7,6	3,2	12,8
mittl. Tagesminimum	-2,8	-2,5	0,2	3,2	7,2	10,4	11,9	11,6	9,2	5,8	2,2	-1,0	4,6

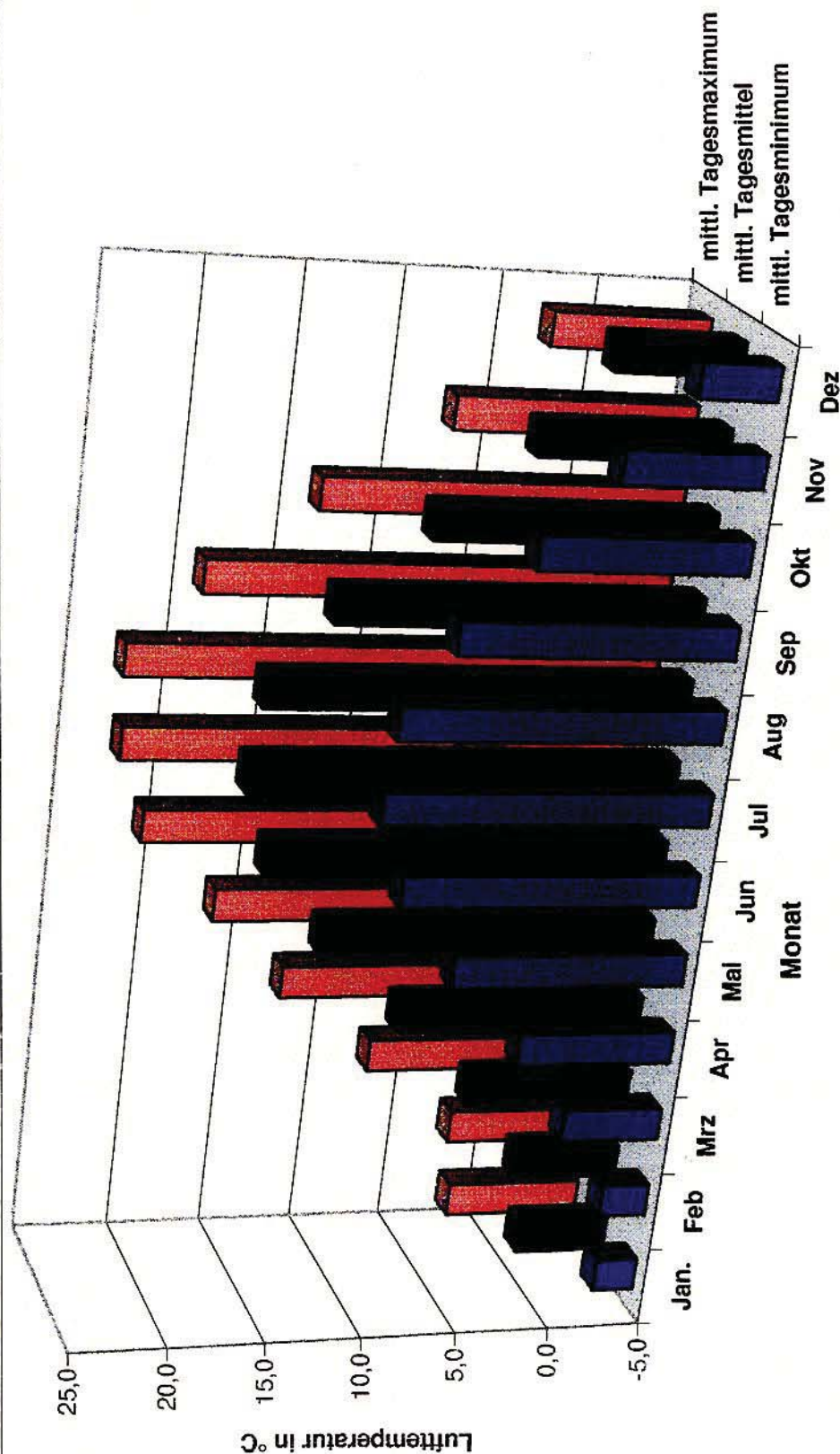
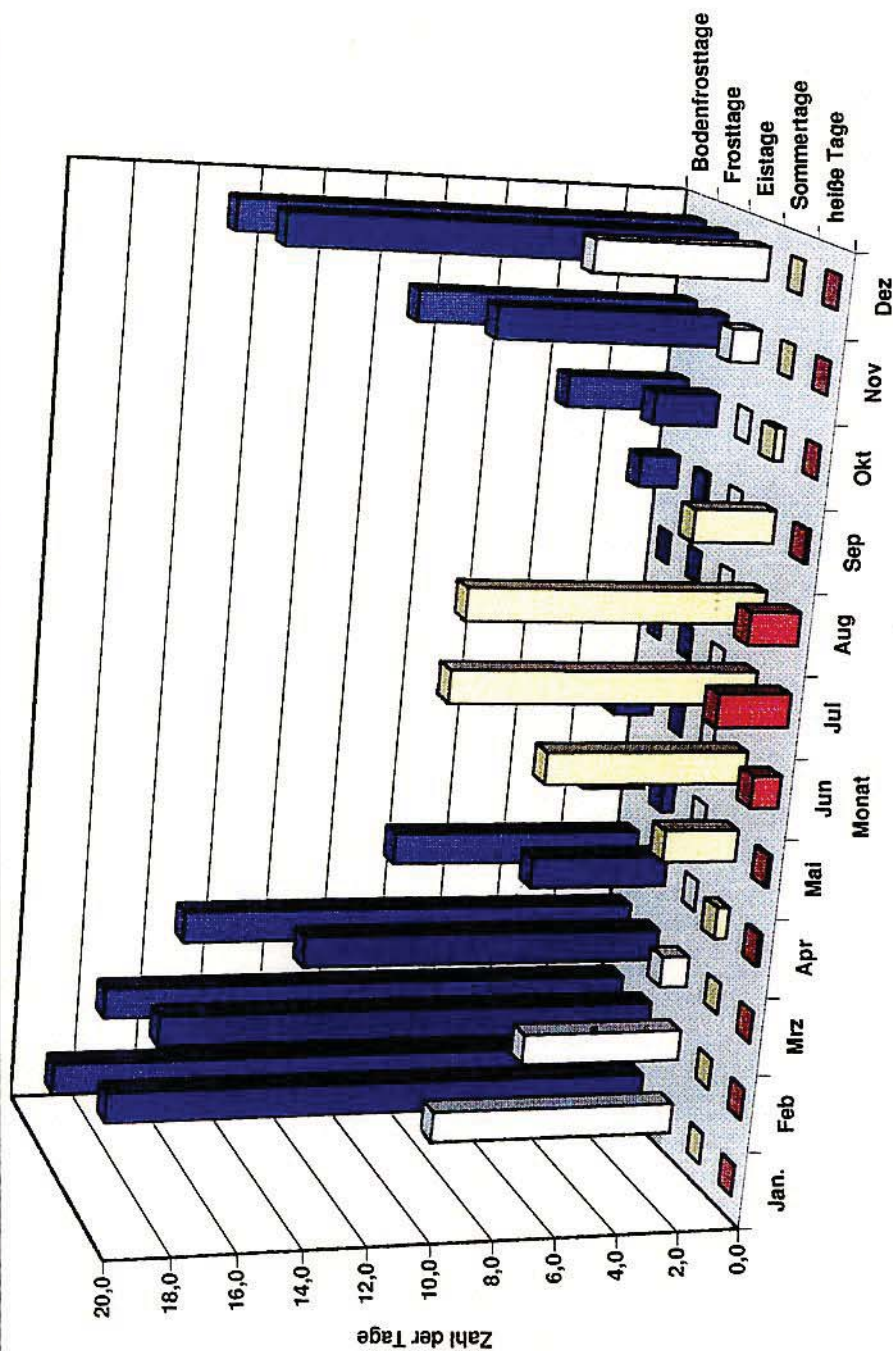
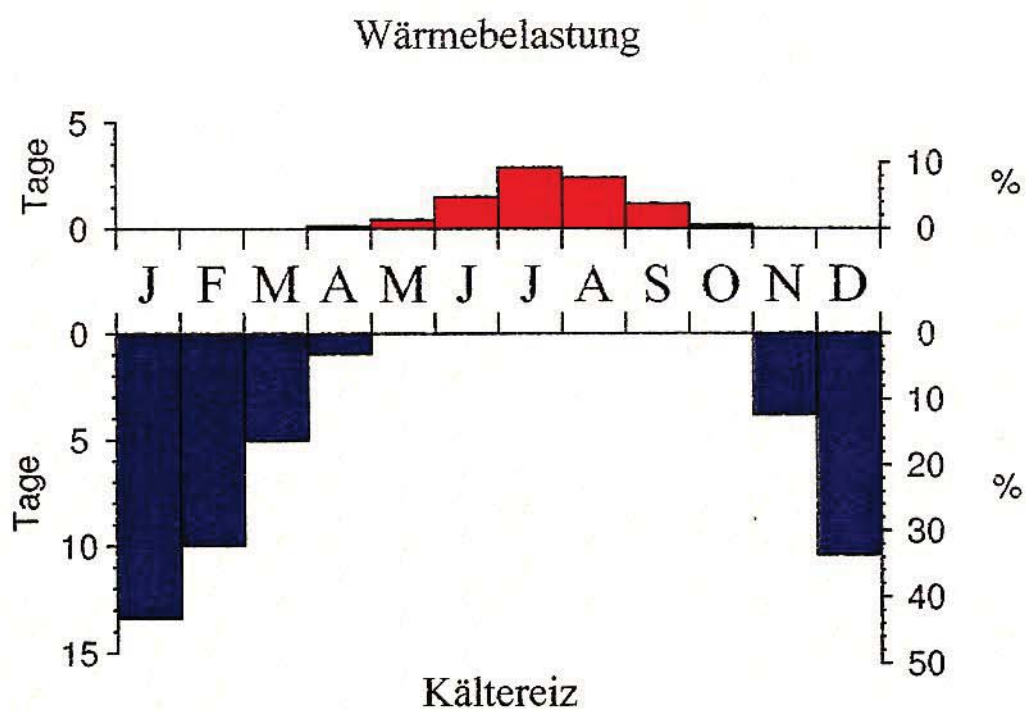


Abb. 3: Mittlere Zahl der Tage bestimmter Temperaturschwellenwerte der Klimastation Einbeck 1961-1990

	Jan.	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Sommertage	0,0	0,0	0,0	0,4	2,4	6,5	9,8	9,5	2,6	0,3	0,0	0,0	31,5
heiße Tage	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,9	2,3	1,6	0,1	0,0	0,0	0,0	5,1
Frosttage	18,0	16,5	12,0	4,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	2,1	7,5	14,4	75,6
Eistage	8,1	5,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	5,6	20,8
Bodenfrostage	19,1	17,6	15,2	8,4	2,1	1,3	0,0	0,0	1,3	4,0	9,2	15,2	93,4





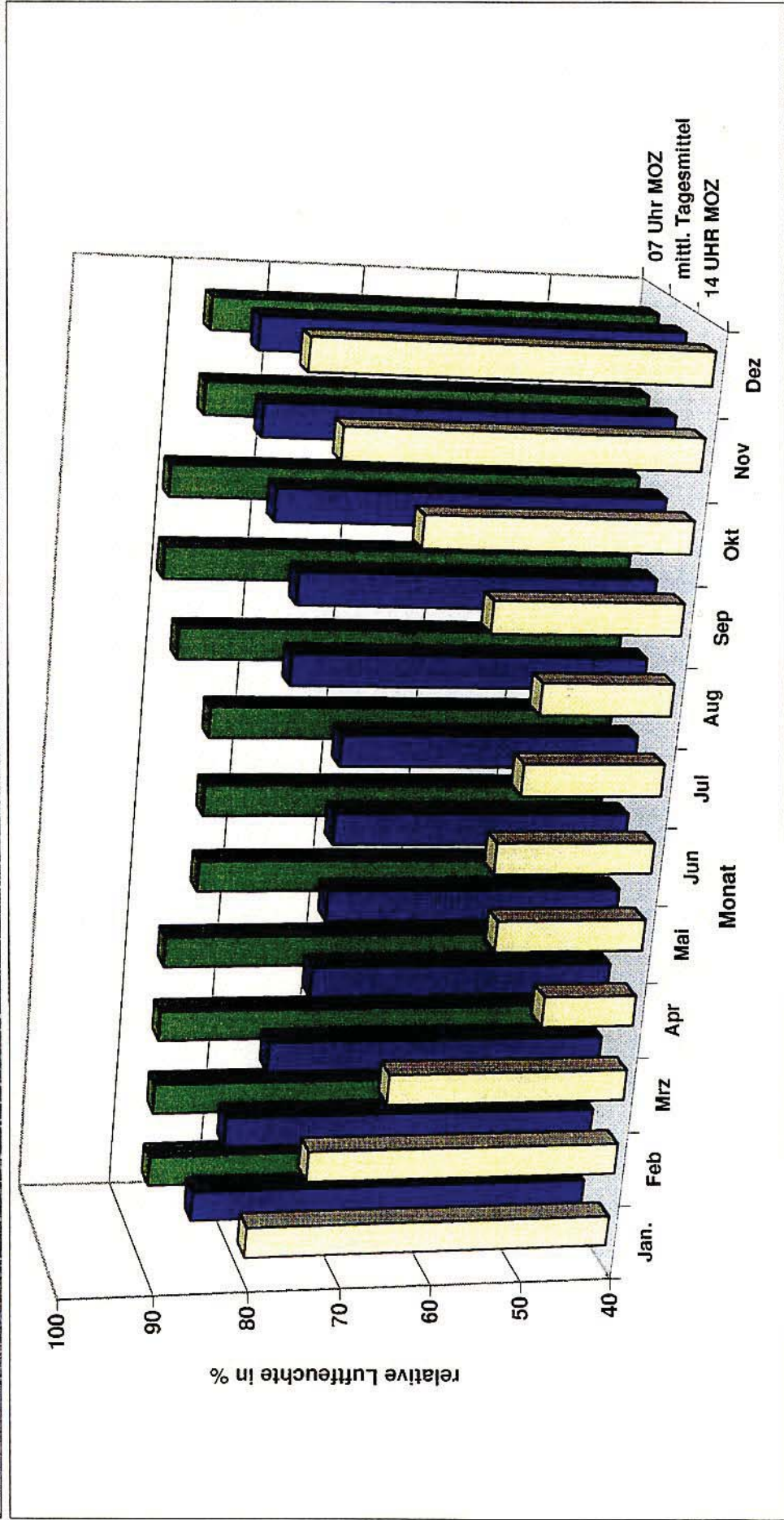
Lüthorst/Ravensberg
236 m über NN

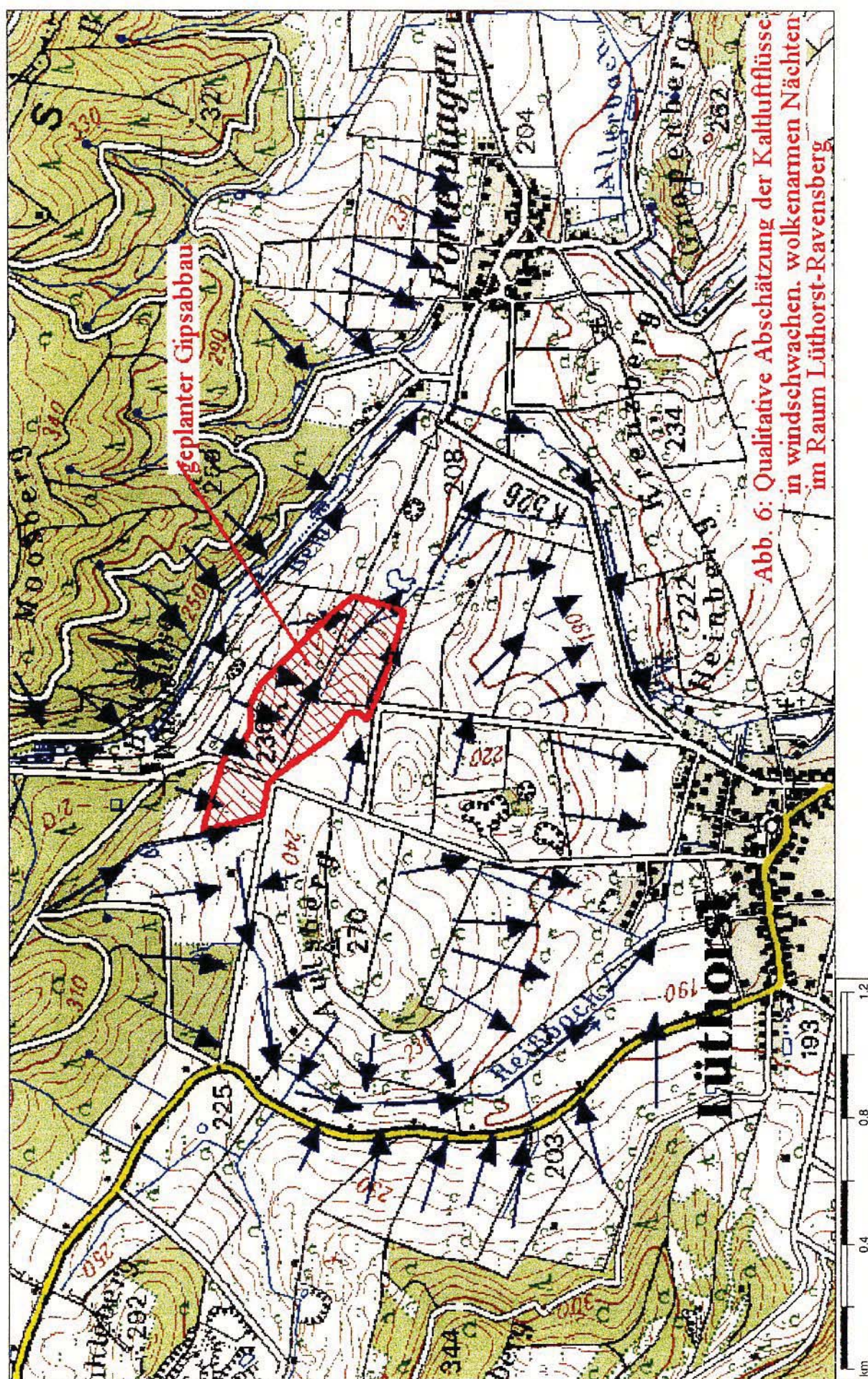
Gesamttag Wärmebelastung : 8.7

Abb.: 4 Zahl der Tage mit Wärmebelastung in Lüthorst/Ravensberg

Abb.5: Langjährige Mittelwerte der relativen Luftfeuchte an der Klimastation Einbeck (1961 bis 1990) im Tagesgang

	Jan.	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
mittl. Tagesmittel	84	81	77	73	72	72	72	78	78	81	83	84	78
07 Uhr MOZ	87	87	87	87	84	84	84	88	90	90	87	87	87
14 UHR MOZ	80	74	66	50	56	57	55	54	60	68	77	81	65
21 Uhr MOZ	85	82	78	82	76	75	77	92	84	85	85	84	82





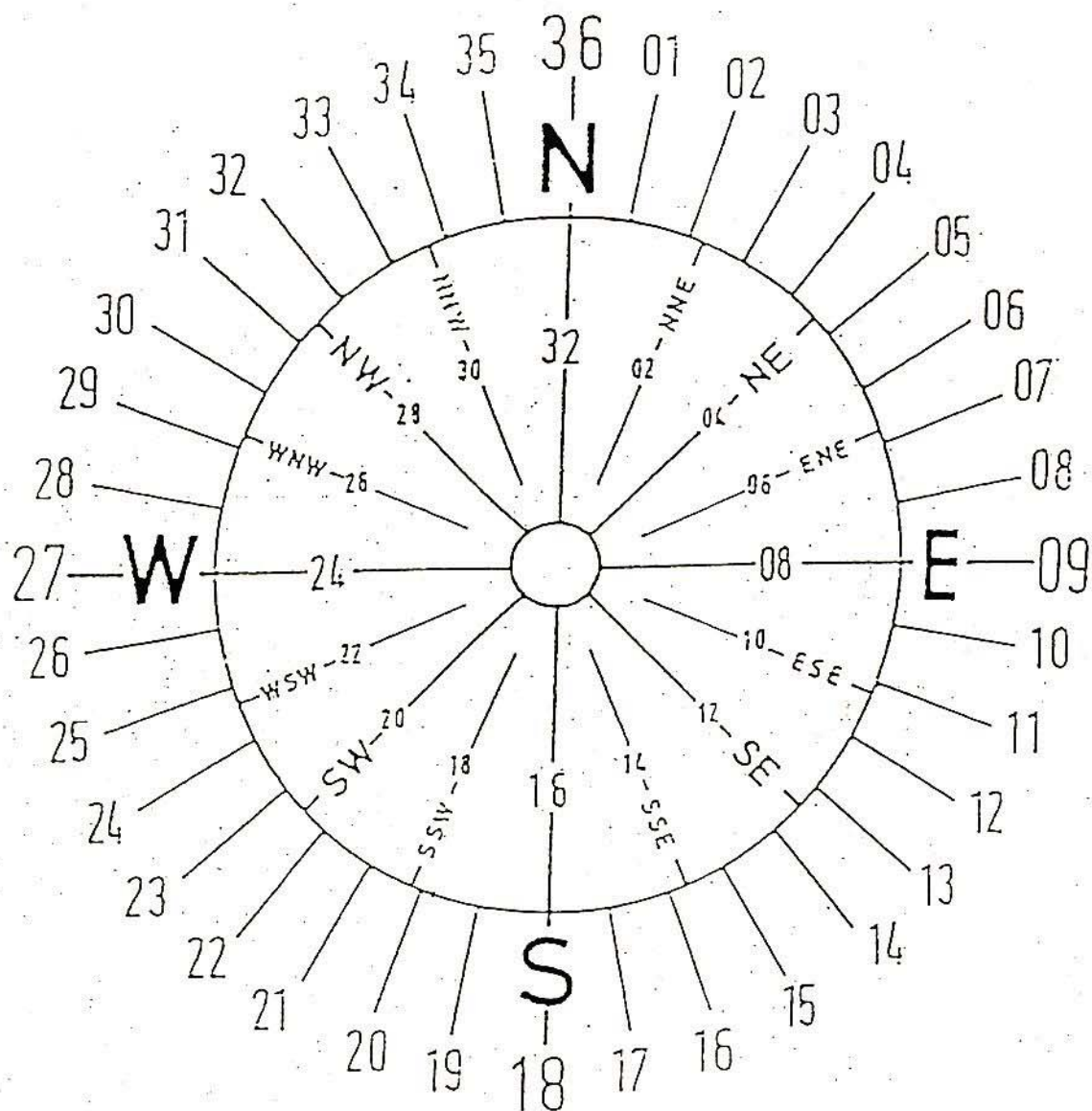
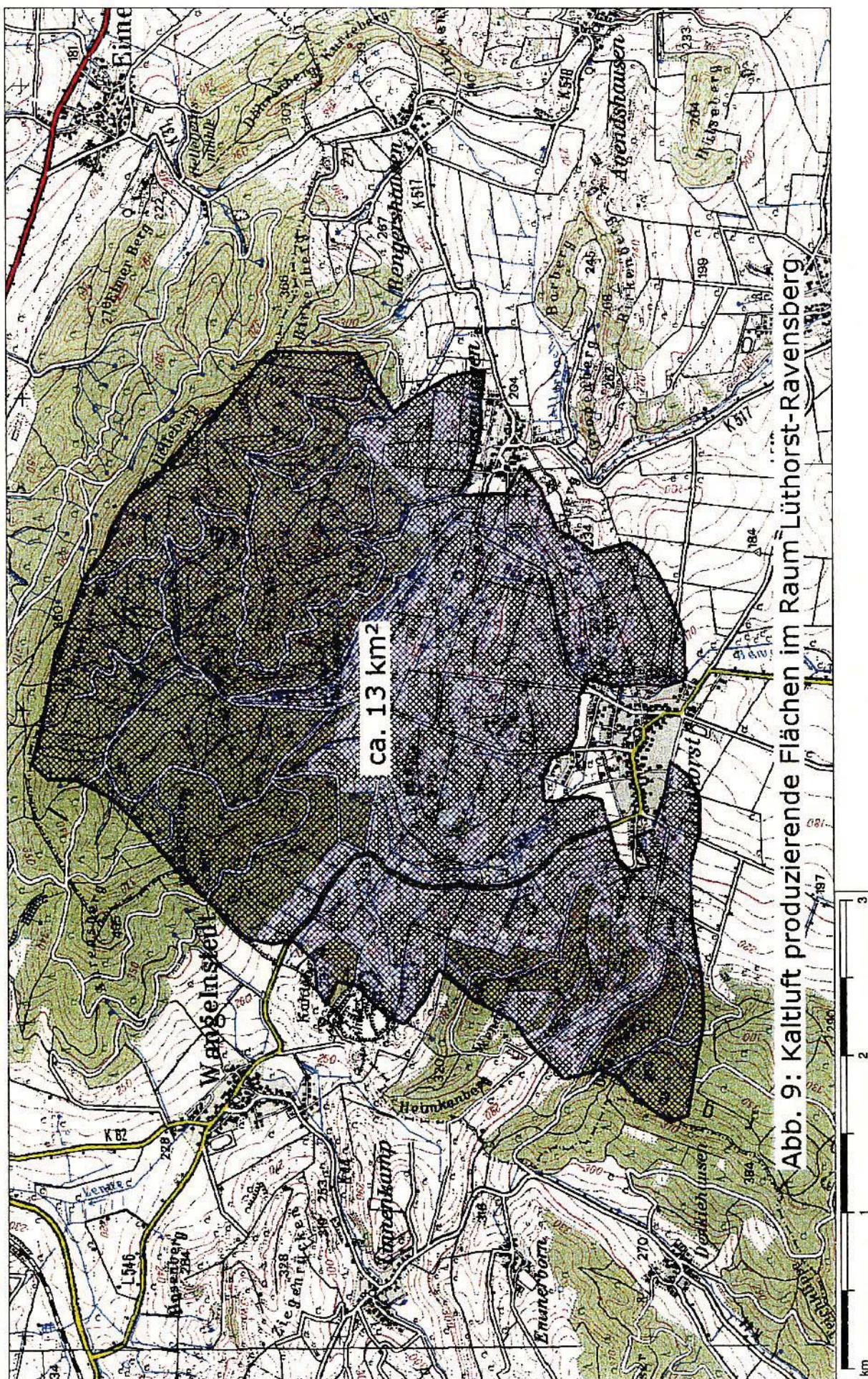


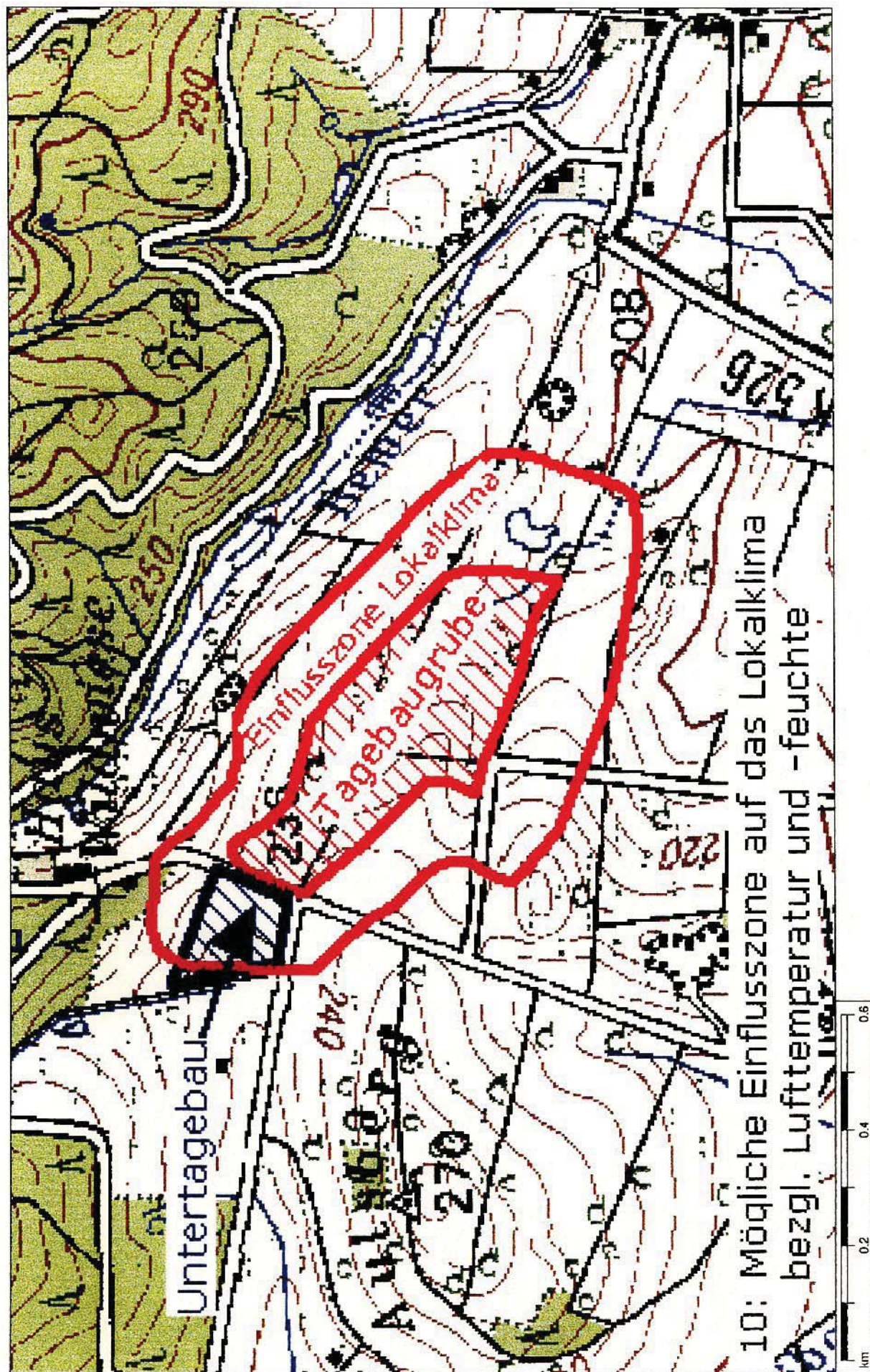
Abb. 8:

360°-Einteilung der Windrose

Richtungsangaben in Dekagrad (z.B. 18 := 180°)

N := Nord / E := Ost / S := Süd / W := West





10: Mögliche Einflusszone auf das Lokalklima
bezgl. Lufttemperatur und -feuchte

Tabelle 1 Mittlere Monatshöhen und Zahl der Tage bestimmter Schwellenwerte des Niederschlags

Station: Eimen-Vorwohle

Zeitraum: 1961 bis 1990

Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
RRm in mm	70,8	55,1	63,4	65,0	73,7	82,1	82,1	73,3	64,7	56,2	71,2	87,1	844,7
Z.d.T.>=0,1	19,5	15,6	17,9	16,8	15,9	15,6	15,8	14,8	15,0	14,3	18,3	19,7	199,2
Z.d.T.>1,0	13,3	10,0	11,7	12,2	11,8	11,5	12,0	10,9	10,5	10,4	13,5	14,0	141,8
Z.d.T.>10	1,9	1,1	1,5	1,6	2,0	2,5	2,5	2,3	1,6	1,4	1,7	2,5	22,6

Erläuterungen:

RRm

:= mittlere monatliche Niederschlagshöhe in mm (l/m²)

Z.d.T.>=0,1

:= mittlere Zahl der Tage mit einer Niederschlagshöhe von mindestens 0,1 mm

Z.d.T.>=1,0

:= mittlere Zahl der Tage mit einer Niederschlagshöhe von mindestens 1,0 mm

Z.d.T.>=10

:= mittlere Zahl der Tage mit einer Niederschlagshöhe von mindestens 10,0 mm

Die Tabelle 2 bis 6 befinden sich im Text in Kapitel 5.3

Tabelle 7: Relative Anpassung der bodennahen Lufttemperatur nach Überströmung des Gipstagebaus bei labiler und stabiler Schichtung
Bezugshöhe: 2 m über der Landoberfläche ab Rand des Abbaugeländes

Oberflächentemperaturdifferenz: 10 K

Ort	Abbaufäche 15 m unter Geländeoberkante			Abbaufäche 30 m unter Geländeoberkante		
	v=1 m/s			v=1 m/s		
	rA in % (labil)	rA in % (stabil)	rA in % (stabil)	rA in % (labil)	rA in % (stabil)	rA in % (stabil)
100 m vom Abbaugelände entfernt	94	92	96	96	98	100
200 m vom Abbaugelände entfernt	96	94	97	97	99	100

Oberflächentemperaturdifferenz 15 K

Ort	Abbaufäche 15 m unter Geländeoberkante			Wasseroberfläche 30 m unter Geländeneiveau		
	v=1 m/s			v=1 m/s		
	rA in % (labil)	rA in % (stabil)	rA in % (stabil)	rA in % (labil)	rA in % (stabil)	rA in % (stabil)
100 m vom Abbaugelände entfernt	94	91	96	95	98	100
200 m vom Abbaugelände entfernt	96	94	97	97	99	100

rA := relative Anpassung an die über der luvseitigen Landfläche in 2 m über Grund herrschenden Lufttemperatur nach Überströmen des Tagebaus und einer 100 m bzw. 200 m breiten Zone ab Oberkante Abbaugrube
v := Windgeschwindigkeit in m/s