

DWD

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

über die lokalklimatische Auswirkungen der
geplanten Erweiterung des Diabassteinbruchs Rimlasgrund/Bad Berneck

Abbaubereich Schafberg

Deutscher Wetterdienst



München
Oktober 2015

DEUTSCHER WETTERDIENST

Abteilung Klima- und Umweltberatung



AMTLICHES GUTACHTEN

über die lokalklimatische Auswirkungen der
geplanten Erweiterung des Diabassteinbruchs Rimlasgrund/Bad Berneck

Abbaubereich Schafberg

Auftraggeber:


Hartsteinwerke Schicker OHG
Rimlasgrund 36
95444 Bad Berneck

wissenschaftliche Bearbeitung: Dipl.-Met. Uta Zimmermann

München, den 12.10.2015


.....
Dipl.-Met. Gudrun Mühlbacher
Leiterin Regionales Klimabüro München




.....
Dipl.-Met. Uta Zimmermann
Gutachterin

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

Inhalt	Seite	
1	Vorbemerkung	3
2	Einleitung und Aufgabenstellung	3
3	Untersuchungsgebiet	4
3.1	Lage- und Ortsbeschreibung	4
3.2	Geplante Veränderungen	6
4	Klimatische Verhältnisse	8
4.1	Allgemeine Erläuterungen	8
4.2	Klima im Untersuchungsgebiet	9
4.2.1	Lufttemperatur	9
4.2.2	Niederschlag	10
4.2.3	Luftfeuchte und Nebel	11
4.2.4	Wind	11
4.2.5	Sonnenschein	12
5	Lokalklimatische Besonderheiten	13
5.1	Allgemeine Erläuterungen	13
5.1.1	Autochtones Klima	13
5.1.2	Häufigkeit von Strahlungsnächten	13
5.1.3	Kaltluftentstehung	14
5.1.4	Kaltluftflüsse und Lokalwindzirkulation	15
5.1.5	Auswirkungen von Hindernissen und Dämmen	16
5.1.6	Besonderheiten von Gruben und Steinbrüchen	17
5.2	Verhältnisse im Steinbruch Rimlasgrund (IST-Zustand)	19
6	Lokalklimatische Auswirkungen des Planungsvorhabens (SOLL)	21
7	Zusammenfassung	22
8	Literatur	25
9	Glossar	27
10	Abbildungsverzeichnis	33
11	Tabellenverzeichnis	34
12	Anhang	35

1 Vorbemerkung

Das vorliegende amtliche Gutachten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) wurde in dessen Abteilung Klima- und Umweltberatung erstellt. Für die Gutachtenerstellung und als Ansprechpartner für den Auftraggeber war dabei das Regionale Klimabüro (RKB) München zuständig, das mit dem Schreiben vom 30.07.2015 durch die Hartsteinwerke Schicker OHG, Werk Bad Berneck mit der Gutachtenerstellung beauftragt wurde.

2 Einleitung und Aufgabenstellung

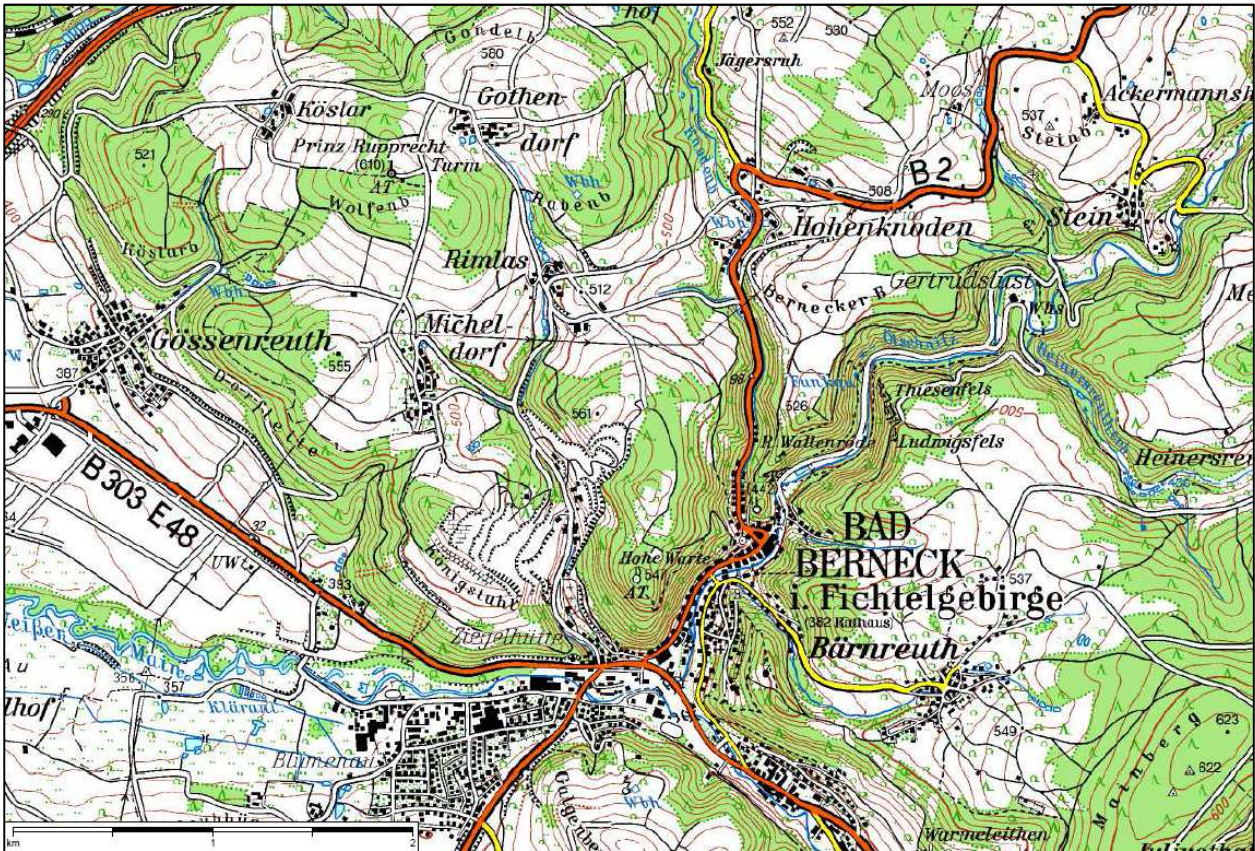
Die Hartsteinwerke Schicker beabsichtigen den bestehenden Diasbassteinbruch im Rimlasgrund bei Bad Berneck, Abbaubereich Schafberg in östlicher Richtung zu erweitern. Dabei geht es zum einen um eine Erweiterung des Abbaus auf die Erweiterungsfläche Nordost (NO), zum anderen soll im Bereich der Erweiterungsfläche Südost (SO) (Haldenfläche) die geplante an die bestehende Halde angeschlossen werden. Dadurch soll die Lagerstätte optimal genutzt und weiter kontinuierlich abgebaut werden, um so eine Zersplitterung der Abbaustellen zu vermeiden und den Landschaftsverbrauch zu minimieren (PIEWAK & PARTNER, 2014).

Die geplante Maßnahme stellt einen Eingriff in Natur und Landschaft dar (OPUS, 2014). Mit der Erweiterung des Steinbruchbetriebs werden sowohl das Relief (Höhe über NN, Geländeform und Geländeneigung), als auch die Oberflächeneigenschaften/Flächennutzung (Bewuchs, Bodenart, Bodenbeschaffenheit usw.) verändert. Da Wetter und Klima im großen Maße auch durch die Oberflächeneigenschaften der Erdoberfläche geprägt werden, können sie durch die geplanten Maßnahmen beeinflusst werden. Auf Grund der Größenordnung des Steinbruchs sind mögliche Auswirkungen vor allem im lokalen Maßstab zu erwarten. Daher soll im Folgenden insbesondere untersucht werden, ob und in welchem Umfang lokalklimatische Veränderungen durch die geplante Steinbrucherweiterung zu erwarten sind. Das spielt auch im Hinblick auf den nahen Kurort Bad Berneck eine Rolle. Dazu werden zunächst die allgemeinen orographischen und klimatischen Bedingungen im Raum Bad Berneck/Rimlasgrund beschrieben. In Abhängigkeit von der Topographie werden dann die lokalklimatischen Besonderheiten (IST-Zustand) beleuchtet und mögliche Auswirkungen der geplanten Steinbrucherweiterung abgeschätzt (SOLL- bzw. Planungszustand).

Zur Beschreibung der allgemeinen klimatischen Verhältnisse wurden relevante Messungen, Registrierungen und Beobachtungsergebnisse aus den umfangreichen Mess- und Beobachtungsnetz des Deutschen Wetterdienstes herangezogen. Zusätzlich zu stationsbezogenen Daten liegen für Deutschland auch daraus abgeleitete flächenhafte Informationen (Rasterdaten) für langjährige Mittelwerte der wichtigsten Klimatelemente im 1 km x 1 km - Raster vor. Es wurde der Zeitraum 1981-2010 betrachtet. Für die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit liegen für das Intervall 1981-2000 Daten mit einer horizontalen Auflösung von 200 Metern vor.

Die Einschätzung der lokalen Situation basiert neben topographischen Informationen aus Karten des Landesamtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern (DVD-Version Top10 und Top50) sowie vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen vor allem auf

einer eingehenden Ortsbesichtigung und ausführlichen Besprechung gemeinsam mit dem Auftraggeber, vertreten durch Herrn Michael Weidmann, am 23.03.2015. Bezüglich der verwendeten meteorologischen Fachausdrücke wird auf das Glossar am Ende dieses Gutachtens verwiesen.



© Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2006
Top. Karte 1:50000 Bayern (Maßstab in der Darstellung verändert)

Abbildung 1: Lage des Steinbruchs und der Stadt Bad Berneck

3 Untersuchungsgebiet

3.1 Lage- und Ortsbeschreibung

Das Untersuchungsgebiet des Steinbruchs Rimlasgrund liegt im Gemeindegebiet der Stadt Bad Berneck im Fichtelgebirge etwa 400 bis 800 Meter westlich bis nordwestlich bzw. 300 Meter nördlich der bebauten Bereiche der Stadt. Es befindet sich, wie die Stadt, in Oberfranken im nördlichen Teil des Landkreises Bayreuth. Von der naturräumlichen Gliederung gehen hier mehrere Naturräume ineinander über. Gegen kalte Ostwinde ist der Bereich durch das nach Osten hin angrenzende Hohe Fichtelgebirge geschützt mit seinen Erhebungen von etwa 1.000 bis 1.050 m über NN (Ochsenkopf und Schneeberg), die vom Steinbruch etwa 10 bis 14 Kilometer entfernt

sind. Im Gegenzug kommt es bei Tiefdruckeinfluss mit westlichen bis südwestlichen Windkomponenten zu Stauwirkungen und einer Verstärkung der Niederschläge mit zunehmender Annäherung an die Gebirgskämme.

Große Teile des Gemeindegebiets von Bad Berneck - einschließlich des Untersuchungsgebietes - gehören zur „Münchberger Hochfläche“ als Teil des Naturraums „Thüringisch-Fränkische Mittelgebirge“ (LFU, 2015). Diese Hochfläche ist ein flachhügeliges Hochplateau zwischen Hohem Fichtelgebirge und Frankenwald, in das sich Bachtäler zum Teil tief eingeschnitten haben. Im Bereich von Bad Berneck sind das aus Nordosten kommend die Ölschnitz mit den Seitentälern von Heinersreuthbach und Knodenbach sowie aus Norden der Rimlasgrundbach mit dem gleichnamigen Steinbruch. Diese Seitentäler münden in das südost-nordwest-orientierte Haupttal des Weißen Mains. Nach Südwesten hin schließt sich hier der Naturraum des „Obermainischen Hügellands“ an (LFU, 2015).

Der Ortskern von Bad Berneck liegt im engen Ölschnitztal in etwa 380 m über NN und wird im Westen durch den bewaldeten Höhenzug von Hoher Warte und Kirchleite (knapp 550 m über NN) vom Steinbruchbereich getrennt, im Osten steigt das Gelände zur Reichswarte an (auf ca. 520 m über NN). Die bebauten Bereiche von Bad Berneck ziehen sich auch im Haupttal des Weißen Mains entlang vom Ortsteil Blumenau in Richtung Frankenhammer.

Nur etwa 300 Meter westlich des Ölschnitztals mündet der Rimlasgrund in das Haupttal. Nach einer Engstelle zwischen Hoher Warte und Königstuhl weitet sich der Talgrund im Bereich des Steinbruchs. Zwischen den Resten des Königstuhls im Westen und der Talsohle befindet sich der Zottaschenbruch, nordöstlich davon der Abbaubereich Schafberg. Im Übergangsbereich zwischen beiden liegen die Verwaltungsgebäude und die Brechanlage in der Talsohle in ca. 410 m über NN.



Abbildung 2: Steinbruch Rimlasgrund, Bad Berneck, Abbaubereich Schafberg, Blick Richtung Westnordwest (Foto DWD 2015)

Im Steinbruch wird das Diabasgestein abgebaut. Die derzeitige Abbaukante im Schafbergbruch liegt im Kammbereich des Schafbergs bei etwa 540 m über NN und damit im Bereich der Wasserscheide zum Knodenbach. Der sich nach Süden hin anschließende bewaldete Höhenzug von Kirchleite und Hoher Warte (bis 548 m über NN) trennt den Steinbruch vom Ortskern von Bad Berneck im Ölschnitz- bzw. Knodenbachtal.

Nach Nordwesten ist das Gelände zum Rimlasgrundbach, nach Nordosten zum Knodenbach hin geneigt. Dazwischen fällt es zu einem Sattel südöstlich von Rimlas auf etwa 510 m über NN ab, bevor es zum Rabenberg wieder ansteigt. Kirchleite und Hohe Warte sind großflächig bewaldet. Auch die steileren Hänge der Täler sind häufig bewaldet, sonst überwiegen landwirtschaftliche Nutzflächen und Wiesen. Vom Steinbruch aus im Nordosten liegen das Gewerbegebiet Hohenknonten (etwa 450 m über NN) in ca. 700 Metern und die Wohnbebauung des Ortsteils in etwa einem Kilometer Entfernung. Die kleinen Ortsteile Rimlas (rund 490 m über NN) im Norden und Micheldorf (etwa 510 m über NN) im Nordwesten sind ungefähr 500 Meter weit weg.

Nördlich von Rimlas und Micheldorf überragt die Landschaft die Oberkante des Steinbruchs noch um einige Dekameter. Im Bereich von Wolfen-, Gondel- und Rabenberg werden rund 600 m über NN erreicht (s. Abb. 1).

3.2 Geplante Veränderungen

Der Steinbruch Rimlasgrund/Bad Berneck soll im Abbaubereich Schafberg erweitert werden. Dabei erfolgt die Erweiterung des Abbaufeldes in zwei Teilflächen, dem größeren Erweiterungsfeld Nordost mit einer Fläche von 9,6 ha und dem kleineren Erweiterungsfeld Südost (Haldenfläche) mit einer Fläche von 3,0 ha. Im Wesentlichen ist nur das Erweiterungsfeld Nordost zum Abbau vorgesehen. Nach Abtragung von ca. 5 Meter Abraum erfolgt der Abbau auf insgesamt 8 Sohlen von etwa 12 bis 18 Meter Höhe und 6 bis 12 Meter Breite. Die Höhe der tiefsten Sohle beträgt 410 m über NN, die maximale Abbautiefe 130 Meter (PIEWAK & PARTNER, 2014).

Mit der Verschiebung der Kammlinie durch den Abbau kehrt sich die Hangneigung um und weist dann in das Steinbruchinnere. In der Abbauphase können noch nicht abgebaute Bereiche dagegen vorübergehend in die entgegengesetzte Richtung (also nach außen) weisen.

Die bisherige Nutzung durch Acker, Intensiv-Grünland und Laubmischwald (OPUS, 2014) ändert sich radikal. Diese werden ersetzt durch Felsgestein des Diabas und Erd- bzw. Abraumflächen. Damit wechseln bewachsene in unbewachsene Flächen und auch die Bodenart- und Bodenbeschaffenheit ändern sich stärker. Für das lokale Klima spielen hier vor allem die hohe Wärmeleitfähigkeit von Diabas und die geringe Albedo der Felsflächen eine Rolle, die in wolkenarmen, windschwachen Strahlungsnächten zu geringeren Kaltluftproduktionsraten führt. Auch entstehen durch den stufenweisen Abbau steile Felshänge, die zu einer Änderung des Kleinklimas führen können.

Einzelheiten zu der geplanten Erweiterung können den Abbildungen 4-8 im Anhang entnommen werden. Durch die halbkreisförmige Erweiterung vergrößern sich die Hangflächen etwas. Die

Hangneigung kann je nach Abbaufortschritt schwanken. In der Endphase werden die Steinbruchwände quasi nach außen verschoben. Dadurch vergrößert sich auch die Grundfläche des Talkessels (s. Anhang Abb. 6-8).

An der geplanten Grenze der Erweiterung soll noch vor Abbaubeginn ein mindestens 10 Meter hoher Erdwall aus Abraum aufgeschüttet werden. In den angrenzenden Bereichen ist er aktuell teilweise schon vorhanden (vgl. Abb. 17, 18 im Anhang). Dadurch setzt der Erdwall quasi die Kammlinie von Hoher Warte im Bogen zunächst nach Norden, dann nach Westen fort, so dass in diesem Bereich bodennahe Luftströmungen innerhalb des Steinbruchs nach innen, außerhalb nach außen gerichtet sind. Das Rimlasgrundbachtal stellt dadurch eine Öffnung des Talkessels nach Norden und nach Süden dar.

Das Erweiterungsfeld Südost soll vor allem der Erweiterung und Verlängerung der bereits bestehenden Abraumhalde dienen. Auch hier ändern sich Relief und Flächennutzung. Die bisherigen Wiesen-, Hecken-, Gebüsch und Laubmischwaldflächen (OPUS, 2014) werden durch zunächst unbewachsenen Abraum ersetzt, der im Laufe der Zeit wieder selbst begrünt werden soll. Bezüglich des Reliefs stellt die Abraumhalde eine Erhöhung des Randwalls des Steinbruchs dar (vgl. Abb. 8 im Anhang). Auch für die Südosterweiterung verschieben sich die Steinbruchwände etwas nach außen. Hier gelten dann ebenfalls die oben ausgeführten Aspekte.



Abbildung 2: Blick vom Rand des geplanten Erweiterungsfelds Nordost Richtung Hohenknoten (Foto DWD 2015)

Als Ausgleichsmaßnahme ist zusätzlich eine Laubwaldaufforstung von etwa 9.000 m² geplant (OPUS, 2014) auf Teilen der abgebildeten Freifläche zwischen künftigem Steinbruchrand und dem Wäldchen im Bereich eines kleinen Seitentals vor Hohenknoten.

4 Klimatische Verhältnisse

4.1 Allgemeine Erläuterungen

Unter dem Klima eines Ortes, einer Landschaft oder eines Landes wird die Gesamtheit aller meteorologischen Zustände und Vorgänge während eines längeren Zeitraumes verstanden. Dieser muss ausreichend bemessen sein, um die charakteristischen Gesamteigenschaften des Klimas widerzuspiegeln. Das heißt, unter Klima wird der "mittlere Zustand und gewöhnliche Verlauf der Witterung an einem gegebenen Ort" verstanden (KÖPPEN, 1923).

Das Klima wird durch die einzelnen Klimaelemente Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlag, Sonnenscheindauer, Bewölkung, Nebel u. a. m. geprägt. Zwischen diesen Klimaelementen, die nicht nur voneinander, sondern auch von den natürlichen Faktoren (geografische Breite, Entfernung zu Wasserflächen, Bodenart und Bewuchs, Oberflächengestalt u. a. m.) und den anthropogenen Faktoren (Dichte der Bebauung, Abholzungen und Aufforstungen, Anlage künstlicher Wasserflächen usw.) abhängen, bestehen komplexe Zusammenhänge.

Bei der Beschreibung des Klimas muss man zwischen verschiedenen atmosphärischen Größenordnungen, sogenannten Skalen (engl. scales) unterscheiden. Neben dem großräumigen Klima (Makroklima) spielt bei der Begutachtung einzelner Standorte vor allem das lokale Klima eine große Rolle. Dabei werden typische Maßstabslängen von 100 m bis 10 km betrachtet. Damit lassen sich im vorliegenden Fall die lokalklimatischen Besonderheiten des Steinbruchs und die Auswirkung des geplanten Abbauvorhabens auf die nähere Umgebung darstellen. Einige physikalische Prozesse, die die Wechselwirkung zwischen der Erdoberfläche und der bodennahen Luftschicht betreffen, sind auch noch kleinräumiger. Jedes Standort- oder Lokalklima ist in das großräumige Klima (Makroklima) eingebettet. Die Eigenschaften des Makroklimas geben dabei unter besonderer Berücksichtigung der landschaftlichen Gegebenheiten wie Relief, Bebauung und Vegetation Auskunft über die Frage, in welchem Umfang mit der Ausbildung eines eigenständigen (autochthonen) Lokalklimas zu rechnen ist.

Großklimatisch betrachtet gehört der Untersuchungsbereich entsprechend seiner Lage zur gemäßigten Klimazone Mitteleuropas. Nach der effektiven Klimaklassifikation nach KÖPPEN (1923) gehört er zum feuchtgemäßigten Klima (Cfb) mit einer mittleren Lufttemperatur des wärmsten Monats unter 22 °C und des kältesten Monats über -3 °C. Dabei müssen mindestens 4 Monate eine Mitteltemperatur über 10 °C aufweisen. Nach Köppen und Geiger (1936) gehört er zur warm-gemäßigten Klimazone mit Niederschlägen in allen Jahreszeiten. Innerhalb dieser Zone liegt die Region, wie der übrige bayerische Raum, im Übergangsbereich zwischen dem maritim geprägten Klima Westeuropas mit kühlen Sommern, relativ milden Wintern und einer hohen Luftfeuchtigkeit und dem kontinentalen Klima im Osten, das sich durch kalte Winter, warme Sommer und eine geringe Luftfeuchtigkeit auszeichnet (BAYFORKLIM, 1996). Der jeweilige Witterungscharakter wird durch die Großwetterlage bestimmt. Bei Wetterlagen mit vorherrschend westlichen Winden werden maritime Luftmassen herangeführt. Gemäßigte Temperaturen, hohe Luftfeuchtigkeit, wolkenreicher Himmel und wiederholte Niederschläge bestimmen die Witterung. Wetterlagen mit östlicher Luftströmung, meist gekoppelt mit Hochdruck-

gebieten, werden vom kontinentalen Einfluss dominiert. Dabei gibt es im Sommer höhere, im Winter niedrigere Temperaturen, trockenes und vor allem im Sommer wolkenärmeres Wetter. Langjährig gesehen überwiegt im Raum Bad Berneck der kontinentale Klimatyp etwas, wobei es in einzelnen Jahren auch deutlichere Ausprägungen des maritimen Typs geben kann.

Regional wird das Klima in Süddeutschland noch durch die orographische Gliederung und die unterschiedlichen Höhenlagen geprägt. Danach fällt das Untersuchungsgebiet in den Klimabezirk der „Thüringisch-Fränkischen-Mittelgebirge“, an den sich das Klima des „Obermaingebiets“ anschließt (BAYFORKLIM, 1996). Damit spielt hier der Mittelgebirgseinfluss eine größere Rolle. Zusätzlich werden die klimatischen Gegebenheiten durch lokale Effekte überlagert.

Lokale Modifizierungen des Klimas treten vor allem bei schwachwindigen und wolkenarmen Wetterlagen, d. h. bei Hochdruckeinfluss auf. Unter diesen Bedingungen stellt sich das „autochthone“ (eigenbürtige) Klima ein, bei dem das Geländere relief in Verbindung mit der Struktur der verschiedenen Landnutzungen (Wald, Wiese, Bebauung etc.) eine wesentliche Rolle spielt. Kleinere Landschaftsmerkmale, wie Bebauungsdichte, Bodenart und Bedeckungsgrad der Vegetation, können dann ursächlich für die räumliche Strukturierung des lokalen Klimas sein.

4.2 Klima im Untersuchungsgebiet

4.2.1 Lufttemperatur

Die großräumige Verteilung der Lufttemperatur unterliegt den verschiedensten Einflüssen wie der geographischen Breite, der Land-Meerverteilung und nicht zuletzt der durch die wechselnden Luftströmungen herangeführten Luftmassen. Für das Lokalklima spielen zusätzlich die Höhenlage über dem Meeresspiegel und die Geländeform eine Rolle, insbesondere in der stärker gegliederten Mittelgebirgslandschaft. Zusätzlich wirken sich auch die unterschiedlichen Eigenschaften der Erdoberfläche aus, die Flächennutzung sowie die lokale Beschaffenheit des Untergrundes aus. Die Erdoberfläche ist als Strahlungsfläche anzusehen, wobei die unteren Luftschichten durch die tägliche Einstrahlung erwärmt bzw. aufgrund der nächtlichen langwelligen Ausstrahlung abgekühlt werden. Dieser Effekt verschwindet bei zunehmender Entfernung von der Erdoberfläche. Im Mittel nimmt die Lufttemperatur daher innerhalb der unteren Atmosphäre um ca. 0,6 K pro 100 m Höhenzuwachs ab.

Zur Abschätzung der Verhältnisse im Gebiet Bad Berneck/Rimlasgrund wurden benachbarte Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes aus dem Raum Bayreuth sowie dem Fichtelgebirge verwendet (Tab. 1 im Anhang). Dabei liegt die Station Heinersreuth-Vollhof mit 330 bis 350 m über NN tiefer, die Station in Fichtelberg/Hüttstadl mit 654 bis 705 m über NN höher als das Untersuchungsgebiet. Bei beiden Stationen wurde der Standort im betrachteten Zeitraum kleinräumig verlegt, wegen der ähnlichen Lage aber zusammen betrachtet. Die Verhältnisse im Steinbruchbereich ordnen sich daher in etwa zwischen denen der beiden Stationen ein.

Auf der generalisierenden Grundlage der Temperaturnasterdaten (Jahresmittel der Lufttemperatur im 1 km-Raster) für den Bezugszeitraum 1981-2010 lässt sich der Jahresmittelwert der Lufttemperatur im Bereich Rimlasgrund auf rund 7,5 °C abschätzen. Die Abbildung 10 im Anhang zeigt die Unterscheidung in höhere kühlere und tiefere wärmere Bereiche. Dabei liegt die Schwankungsbreite zwischen rund 7,0 °C in den höchsten Lagen der Gemeinde Bad Berneck und bis zu 8,3 °C im Tal des Weißen Mains. Kleinräumigere Differenzierungen sind aufgrund dieser Datengrundlage (Flächenmittel von 1 km x 1 km) aber nicht möglich. Im Jahresverlauf (vgl. Tab. 1 im Anhang) ist der Januar der kälteste Monat mit durchschnittlich -1,5 °C und der Juli der wärmste Monat mit etwa 16,5-17,0 °C. Damit liegt die mittlere Jahresschwankung der Lufttemperatur (Differenz zwischen wärmsten und kältesten Monat), die als Maß für den Grad der Kontinentalität herangezogen werden kann, bei rund 18,0 bis 18,5 K.

4.2.2 Niederschlag

Die Niederschlagsmenge wird in der Regel als Niederschlagshöhe in mm angegeben. Eine Niederschlagshöhe von 1 mm entspricht dabei einer Wassermenge von einem Liter auf einer Fläche von einem Quadratmeter (l/m^2).

Die Niederschlagsverhältnisse werden u. a. stark durch die Geländeform und die Beschaffenheit des Untergrundes beeinflusst. Daher können auf engstem Raum große Unterschiede bezüglich Menge, Dauer und Intensität auftreten. Dabei werden die Bedingungen vor allem durch die Höhenlage und die Stau- oder Leewirkung an den umgebenden Bergen geprägt. Niederschläge, die durch Aufgleiten auf dichtere Luftmassen oder durch erzwungene Hebung an Gebirgen verursacht werden, sind dabei etwas gleichmäßiger auf die Fläche verteilt. Bei Konvektion, Quellwolkenbildung und dadurch ausgelösten Schauern und Gewittern sind die Effekte dagegen kleinräumiger. Hier spielen auch die örtlichen Eigenschaften des Untergrundes (Aufheizung des Bodens, Feuchteangebot u. ä.) eine Rolle. Im Raum Bad Berneck sind vor allem Staueffekte am Südrand der Münchberger Hochfläche und am östlich vorgelagerten Hohen Fichtelgebirge von Bedeutung.

Die räumliche Verteilung des Jahresniederschlags im Untersuchungsbereich ist auf der Grundlage von Rasterdaten des Deutschen Wetterdienstes (1 km x 1 km) in Abbildung 12 im Anhang dargestellt. Zusätzlich wurden zur Abschätzung der Verhältnisse in der Region die Niederschlagsstationen des Deutschen Wetterdienstes in Bad Berneck für die Verhältnisse im Tal des Weißen Mains und Bischofsgrün (Hohe Reuth) zur Abschätzung des Mittelgebirgseinflusses herangezogen. Die Verhältnisse im Bereich des Steinbruchs liegen von der Höhenlage und Stauanfälligkeit in etwa zwischen denen der beiden anderen Stationen (vgl. Tab. 2 im Anhang).

Danach ergibt sich für den Steinbruchbereich eine durchschnittliche jährliche Niederschlagssumme von ungefähr 1.000 mm Niederschlag pro Jahr. Entsprechend dem eher kontinental geprägten Charakter des Klimas tritt das Maximum der Niederschläge in den Sommermonaten auf mit etwa 90 bis 120 mm pro Monat. Ein zweites sekundäres Maximum ergibt sich aufgrund des Mittelgebirgseinflusses im Winter mit ca. 80 bis 100 mm monatlich. Am wenigsten Niederschlag fällt im April. In diesem Monat sind es im Mittel nur rund 60 mm. Nach der Kartendarstellung schwankt die Niederschlagsmenge in der Region zwischen etwa 850 mm pro Jahr im Maintal

und rund 1.000 mm in höheren Lagen. Im Hohen Fichtelgebirge sind die Staueffekte noch stärker. Die Niederschlagsmenge erreicht ca. 1.200 mm jährlich und das Wintermaximum übersteigt das Sommermaximum leicht.

4.2.3 Luftfeuchte und Nebel

Der in der Luft enthaltene Wasserdampf wird über Verdunstung und Transpiration von feuchten Oberflächen (insbesondere Gewässer und Vegetationsflächen) der Atmosphäre zugeführt. Aber auch Industrie, Hausbrand und Verkehr sind anthropogene Wasserdampfproduzenten. Die Verhältnisse im Steinbruch hängen daher auch von den gefallen Niederschlägen, der Verdunstung sowie Abfluss und Versickerung, aber auch von dem Vorhandensein von Wasserflächen bzw. der Existenz und den Eigenschaften einer Vegetationsdecke ab.

Eine wichtige Einflussgröße auf die Luftfeuchte ist auch die Lufttemperatur, da sie die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf beeinflusst. Die Luft kann umso mehr Wasserdampf aufnehmen, je wärmer es ist. Als Maß für den Wasserdampfgehalt der Luft wird häufig die relative Luftfeuchte angegeben. Sie weist einen zum Tages- und Jahresgang der Lufttemperatur inversen Verlauf auf mit einem Minimum am frühen Nachmittag und einem Maximum in den Morgen- und Abendstunden. Im Jahresverlauf sind die Werte im Herbst und Winter relativ hoch, im Sommer etwas niedriger.

In Tälern, Senken und damit auch in Steinbrüchen sammelt sich die Kaltluft vor allem in Strahlungs Nächten und im Winter bei Hochdruckwetterlagen in den Geländetiefpunkten zum Teil an und kühlt weiter ab. Dann steigt der Feuchtegehalt an und die Nebelneigung nimmt zu. Häufig bildet sich eine Inversion. Auch Luftverunreinigungen können sich dann in der Kaltluftschicht anreichern.

4.2.4 Wind

Großräumig betrachtet liegt Bayern im Einflussbereich vorherrschend südwestlicher bis westlicher Winde. Insbesondere bei Hochdruckwetterlagen kommt aber noch ein ausgeprägter Anteil an Ost- und Nordostwinden hinzu. Regional wird die **Windrichtungsverteilung** durch die unterschiedliche Ausrichtung der Höhenzüge und Täler modifiziert. Eine Windschutzwirkung gegen Ostwinde ist durch das nahe Hohe Fichtelgebirge gegeben.

Lokal wirkt sich im Untersuchungsgebiet der Verlauf der einzelnen Höhenrücken und Täler stärker aus, insbesondere von Weißem Main, Ölschnitz, Knodenbach und Rimlasgrundbach, so dass die Windverhältnisse stark vom jeweiligen Standort abhängen. Eine Rolle spielen auch die unterschiedliche Hangausrichtung und Hangneigung, da sich bei sonst windschwachen Strahlungswetterlagen lokale thermisch induzierte Windsysteme in Form Hangauf- und Hangabwinden bilden. Aber auch in den Tälern mit ausreichend Gefälle sind bei solchen Wetterlagen lokale Ausgleichströmungen in Form von Berg- und Tal-Wind-Systemen möglich.

Zur Abschätzung der Windverhältnisse in freien Lagen auf der Münchberger Hochfläche wurde die Windmessstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Lautertal-Oberlauter verwendet,

da sie die großräumige Windrichtungsverteilung besser repräsentiert als näher gelegene lokal beeinflusste Stationen. Die Auswertung bezieht sich auf den Zeitraum 2005-2011. Dabei zeigt die sogenannte Stärkewindrose die langjährige Häufigkeitsverteilung der Windrichtung für verschiedene Geschwindigkeitsbereiche auf der Basis von Stundenwerten von Windgeschwindigkeit und Windrichtung an. Die Windrichtung wird nach einer 360° Skala angegeben und besagt woher der Wind weht. In der Stärkewindrose wurden die Richtungsangaben jeweils zu 30° Sektoren zusammengefasst und die Sektormitte angegeben (s. Anhang, Abb. 15).

Die Station in Lautertal-Oberlauter (Abb. 14 im Anhang) weist große Windrichtungshäufigkeiten in den Sektoren um West und Westsüdwest (270° und 240° mit 14% bzw. 13%) auf. Ein weiteres, geringfügig höheres Maximum liegt bei Ostnordost im Sektor um 60° mit 15%. Dieses Maximum ist breit aufgefächert, denn auch die beiden benachbarten Sektoren (um 30° und um 90°) besitzen jeweils Häufigkeiten von 12%. Selten weht hier der Südostwind (bei 150° 3%). Die Station liegt in freier Lage in einem leicht hügeligen Gebiet zwischen dem sogenannten Grabfeld und dem Itz-Baunach-Hügelland. Im Untersuchungsgebiet wird die Windrichtungsverteilung auch in freie Lagen noch etwas modifiziert. Durch die Leitwirkung des Weißmaintals und des Gebirgsrandes der Münchberger Hochfläche werden zusätzlich Südostwinde begünstigt. Durch den Verlauf des Fichtelgebirges werden auch Nordostwinde bevorzugt, Ostwinde durch die Windschutzwirkung dagegen abgeschwächt.

Aufgrund der starken topographischen Gliederung weist auch die Verteilung der mittleren **Windgeschwindigkeiten** in der Region um Bad Berneck eine große Schwankungsbreite auf. Für die mittleren Windgeschwindigkeiten besitzen lokalklimatisch die unterschiedliche Höhenlage, die Geländeform, aber auch die Verteilung von Freiflächen und Waldgebieten Bedeutung. Während in freien Hochlagen die Windgeschwindigkeiten markant zunehmen, sind sie in geschützten Tälern und Mulden zum Teil deutlich herabgesetzt. Auch größere Waldgebiete verringern die Windgeschwindigkeiten stärker.

In Abbildung 13 im Anhang ist die flächenhafte Verteilung des mittleren Jahresmittels der Windgeschwindigkeit auf der Basis von Rasterdaten des Deutschen Wetterdienstes für den Zeitraum 1981-2000 dargestellt. Für das Untersuchungsgebiet ergeben sich für die Flusstäler und Senken aufgrund der Windschutzwirkung der umgebenden Randhöhen deutlich niedrigere Jahresmittelwerte (unter 2,6 m/s), für freie Hochlagen werden 3,6 m/s bis über 4,2 m/s erreicht. Das Relief des Steinbruchs ist hier nicht ausreichend berücksichtigt. In der Talsohle des Steinbruchs entsprechen die Werte aber wahrscheinlich denen der Flusstäler, im oberen Randbereich eher denen der freien Lagen.

4.2.5 Sonnenschein

Die Sonnenscheindauer an einem Ort ist - neben ihrer Abhängigkeit von der geographischen Breite – u. a. auch von der lokalen Orographie (Einfluss des Reliefs) und den Bewölkungsverhältnissen sowie der Nebelneigung abhängig. Die Abschätzung der mittleren jährlichen Sonnenscheindauer mit Rasterdaten im 1 km x 1 km ergibt für das Untersuchungsgebiet ca. 1.550 bis 1.580 Stunden pro Jahr (vgl. Anhang Abb. 16). Die Rasterdaten geben die regionalen Bedingungen wieder, sie erlauben aber keine lokalen Differenzierungen. Außerdem gelten sie für

eine Umgebung mit weitgehender Horizontfreiheit, deren natürliche Hindernisse unter einem Höhenwinkel von 5° liegen. In Bereichen mit stärkerer Horizontabschattung (d. h. bei einem Höhenwinkel der Hindernisse über 5°), insbesondere im Osten und Westen des jeweiligen Ortes, muss mit Einschränkungen der direkten Sonnenstrahlung und mit niedrigeren Globalstrahlungswerten gerechnet werden.

Im Bereich des Steinbruchs kommt es durch die steilen Wände und die daraus resultierende Horizonteinschränkung zu einer Verkürzung der Sonnenscheindauer und Verringerung der Globalstrahlung, insbesondere am Morgen und Abend sowie in Monaten mit niedrigem Sonnenstand. Die Globalstrahlung ist die Summe der Strahlungsflüsse aus direkter Sonnenstrahlung und diffuser Himmelsstrahlung auf eine horizontale Einheitsfläche.

Durch die stärkere Neigung der Steinbruchwände zur Sonne erhöht sich der Strahlungsgenuss dagegen. Das gilt insbesondere für südexponierte Steilwände.

5 Lokalklimatische Besonderheiten

5.1 Allgemeine Erläuterungen

5.1.1 Autochtones Klima

Der großräumige Ablauf der Witterung ist in unseren Breiten durch die Zufuhr verschiedener Luftmassen bestimmt. Deutschland wird häufig von Tiefausläufern überquert, die in die großräumige Zirkulation eingebettet und oftmals mit auffrischendem, zumeist westlichem Wind verbunden sind. Derartige Wetterlagen kennzeichnen die allochthone, d. h. fremdbürtige Witterung, die die Ausbildung von lokalklimatischen Besonderheiten behindert bzw. unterdrückt.

Ein eigenständiges (autochthones) Lokalklima, bei dem sich örtliche Besonderheiten ausprägen, entwickelt sich nur im Zusammenhang mit windschwachen und wolkenarmen Wetterlagen. Bei solchen Strahlungswetterlagen spielen die Bildung von bodennaher Kaltluft und die Entwicklung lokaler Windsysteme eine entscheidende Rolle. Eine Betrachtung dieser Vorgänge in den folgenden Kapiteln soll zum Verständnis lokaler Klimabesonderheiten beitragen.

5.1.2 Häufigkeit von Strahlungsnächten

Für den Planer ist die Häufigkeit solcher Situationen, bei denen sich ein eigenständiges Lokalklima ausprägen kann wichtig. Die unterschiedlichen Strahlungseigenschaften können nur dann die horizontale Verteilung der Lufttemperatur beeinflussen, wenn die Ausstrahlungsbedingungen gut und die horizontale Durchmischung gering sind. Vor allem für die Ausbildung nächtlicher Kaltluftabflüsse und lokaler thermisch induzierter Windsysteme spielen daher sogenannte windschwache Strahlungsnächte eine Rolle, die sich durch geringe Windgeschwindigkeiten und wenig Bewölkung auszeichnen.

Die mittlere jährliche Häufigkeit von Strahlungsnächten wurde aus Daten des Deutschen Wetterdienstes ermittelt. Dabei wurden aus den stündlichen Beobachtungen und Messungen der Station die Parameter Windgeschwindigkeit und Bedeckung des Himmels mit Wolken ausgewertet. Eine Nacht wurde im Berechnungsschema als windschwache Strahlungsnacht gewertet, wenn während der Nacht in mindestens 50% der Gesamtzeit zusammenhängende Stunden oder mindestens 80% nicht zusammenhängende Stunden auftraten, die das Kriterium einer Windgeschwindigkeit kleiner oder gleich 2,7 m/s und eines Bedeckungsgrades des Himmels mit Wolken kleiner oder gleich 4 Achtel erfüllten. Der Zeitraum der Nacht wurde durch die Bedingung Sonnenhöhe $<5^\circ$ festgelegt.

Die Verhältnisse im Raum Bad Berneck wurden mit Daten der Wetterwarte des Deutschen Wetterdienstes in Hof-Hohensaas abgeschätzt. Diese können näherungsweise für das Beurteilungsgebiet verwendet werden. Die Station liegt in 565 m über NN und damit in einer ähnlichen Höhe wie der obere Steinbruchrand. Danach ergibt sich ein mittlerer Wert von knapp 60 Strahlungsnächten pro Jahr (vgl. Tab. 3 im Anhang), d. h. im Durchschnitt der ausgewerteten 10 Jahre (2005 bis 2014) war etwa jede sechste bis siebte Nacht eine durch geringe Bewölkung und schwachen Wind definierte Strahlungsnacht. Die Häufigkeit solcher Nächte ist aber nicht gleichförmig auf das Jahr verteilt, sondern zeigt deutliche Maxima von April bis September. Von Jahr zu Jahr kann diese Anzahl zusätzlich erheblich schwanken.

5.1.3 Kaltluftentstehung

In klaren, windschwachen Nächten, d. h. bei autochthonen Wetterlagen, kühlen sich die Erdoberfläche und die bodennahe Luftschicht besonders gut ab. Ursache für die Abkühlung ist die effektive Ausstrahlung, welche als Differenz zwischen der Wärmeausstrahlung der aktiven Oberfläche und der (bei klarem oder gering bewölktem Himmel verminderten) langwelligen Gegenstrahlung der Atmosphäre bezeichnet wird. Letztere ist zu gering, um die langwellige Ausstrahlung zu kompensieren, so dass ein Wärmeverlust entsteht. Der Wärmetausch zwischen der sich abkühlenden aktiven Oberfläche und der Atmosphäre führt dazu, dass die abgestrahlte Wärme – wenigstens zum Teil – der bodennahen Luftschicht entzogen wird, d. h. es kommt zur Produktion von Kaltluft.

Die Menge der entstehenden Kaltluft hängt einerseits von der Jahreszeit (Andauer der Nacht) und andererseits von der Art der Landnutzung (Bewuchs und Bebauung) ab. Bei vegetationsbedecktem Boden erfolgt die Ausstrahlung hauptsächlich von den Blättern des Bewuchses, wobei der Wärmetausch mit der Atmosphäre (wegen der Größe der gesamten Blattfläche in Verbindung mit ihrer geringen Wärmekapazität) besonders gut funktioniert. Weide- und Ackerland erweisen sich deshalb als gute Kaltluftproduzenten.

Bei Waldgebieten liegen die Verhältnisse etwas komplizierter, weil die Ausstrahlung – und damit die primäre Abkühlung – nicht aus unmittelbarer Bodennähe, sondern hauptsächlich aus dem oberen Kronenbereich der Bäume erfolgt. Die dort produzierte Kaltluft sinkt ab, vermischt sich mit der wärmeren Luft des Stammraumes und wird z. T. durch die Wärmeabgabe von

Stämmen, Zweigen und Blättern sowie den Waldboden aufgezehrt, an Hängen auch abtransportiert. Dann strömt von oben her wärmere Luft nach. Die am Boden messbare Abkühlung der Atmosphäre ist deshalb im Wald – jedenfalls bei geschlossenem Bestand – meist geringer als über vegetationsbedeckten Freiflächen. In Lichtungen, die besonders windgeschützt sind und bei denen die Ausstrahlung aus niedriger Vegetation erfolgt, kann es aber auch empfindlich kalt werden.

Für praktische Zwecke wird die Stärke der Kaltluftproduktion unterschiedlicher Flächen durch empirische Kaltluftproduktionsraten charakterisiert, die in $\text{m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Kubikmeter Kaltluft pro Quadratmeter Oberfläche und pro Stunde) angegeben werden. Nach King (1973) haben Freiflächen (Wiese, Acker, Brachland etc.) eine Kaltluftproduktionsrate von ca. $12 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$. Demgegenüber liefern Gewässer, versiegelte Oberflächen und dicht bebauter Siedlungs-, Gewerbe- und Industriegebiete keinen Beitrag zur Kaltluftbildung: Die Materialien derartiger Flächen (Wasser, Beton, Asphalt etc.) speichern tagsüber große Wärmemengen, die sie nachts wieder an die Atmosphäre abgeben. Sie sind deshalb in windschwachen Strahlungsnächten wärmer als ihr Umland (Freiflächen, Wald).

5.1.4 Kaltluftflüsse und Lokalwindzirkulation

Auf unbebauten Hängen entwickelt sich bei nächtlicher Abkühlung aufgrund des höheren spezifischen Gewichtes der kälteren Luft nach Überwindung der Bodenrauigkeit ein mehr oder weniger starker, hangabwärts gerichteter Kaltluftfluss, dessen Fließgeschwindigkeit von der Hangneigung, der Bodenrauigkeit und der Größe des Kaltlufteinzugsgebietes (Gebiet, in dem die Kaltluft produziert wird) abhängt. Die Hangneigung muss erfahrungsgemäß wenigstens 1 bis 2 Grad (entsprechend etwa 1 bis 3 m Gefälle auf 100 m Strecke) betragen. Die Fließgeschwindigkeit erreicht in Gegenden mit geringer Reliefenergie meist Werte von 0,5 bis 1 m/s. Die vertikale Mächtigkeit dieser Kaltluftflüsse ist im Allgemeinen auf wenige Dekameter beschränkt. Untersuchungen haben gezeigt, dass der Kaltluftfluss bereits kurz vor Sonnenuntergang beginnt. Bei guten Abflussmöglichkeiten kann ein Kaltluftfluss die ganze Nacht andauern und erst nach dem Sonnenaufgang versiegen. Ebene Flächen produzieren gleichermaßen Kaltluft, diese kann dann aber nicht abfließen, so dass die Höhe der Kaltluftschicht rasch ansteigt.

Kaltluftstaus bilden sich im Luv von Hindernissen (Wald- und Siedlungsrand, Straßendammsperre, Talsperre u. a.). Die kalte Luft staut sich bis zur Hindernishöhe auf. Bei weiterem Nachfließen von Kaltluft wird das Hindernis schließlich überströmt. Kleinere Hindernisse werden von der abfließenden Kaltluft ohne nennenswerte Staubbildung um- oder überströmt. Kaltluftseen entstehen durch Ansammlung kalter Luftmassen in Mulden und Senken. Bedingt durch die fortdauernde Ausstrahlung und den geringen Austausch mit den höheren Luftschichten kühlen sich die (im Kaltluftstau oder Kaltluftsee) stagnierenden Luftmassen weiter ab, es ist dort - insbesondere im Frühjahr und Herbst - mit erhöhter Frost- und Nebelhäufigkeit zu rechnen.

Kaltluftproduktion und Geländere relief sind die treibenden Kräfte für lokale, thermisch bedingte Windsysteme, auch Lokalwindzirkulationen genannt. Diese entstehen bei autochthonen Wetterlagen durch horizontale Temperaturunterschiede, d. h. sie sind Folge einer unterschiedlichen Erwärmung oder Abkühlung von Luftschichten mit gleicher absoluter Höhe. Da kältere Luft (bei

gleichem Druck) schwerer ist als warme, beginnt sie abzusinken. Die Folge ist ein Druckanstieg am Boden unter dem Absinkbereich und eine Druckabnahme in der Höhe, was wiederum zu Ausgleichsströmungen mit zirkulierendem Charakter führt. Solche thermischen Windsysteme sind beispielsweise Hangauf- und Hangabwinde oder Berg- und Talwinde.

Unter Hangwinden versteht man das nächtliche Abfließen der über Bodenerhebungen abgekühlten Luft (Hangabwinde) bzw. das Aufsteigen der an einem Hang erwärmten Luft bei Tage (Hangaufwinde). Dabei bewegt sich die Luft in Richtung der Hangneigung, d. h. bei Hängen, die ein Tal seitlich begrenzen, senkrecht zur Talachse. Nach dem Zusammenfließen im Talgrund erzeugen die Hangabwinde den zum Talausgang gerichteten Bergwind oder Talabwind. Vormittags entsteht der talaufwärts gerichtete Talwind oder Talaufwind. Beide Lokalwindzirkulationen unterscheiden sich von der grundströmungsbedingten Komponente des bodennahen Windes durch den für sie typischen Tagesgang der Windrichtung.

Ob es sich bei der Kaltluft um Frischluft handelt oder nicht, hängt im Wesentlichen vom Kaltluftentstehungsgebiet und den Kaltluftabflussbahnen ab. Ist die Kaltluft schadstofffrei oder schadstoffarm, so wird sie die Immissionskonzentration im Wirkungsraum reduzieren. Überstreicht die Kaltluft auf ihrem Weg in den Wirkungsraum (z. B. eine Siedlung) bodennahe Emissionsquellen (Kfz-Emissionen, Geruchsemissionen durch Mülldeponien, Staub in Steinbrüchen u. ä.), so können eine Schadstoffanreicherung und ein Transport der Verunreinigungen stattfinden. Auch in Mulden, Senken und vor Hindernissen, in denen sich Kaltluftstau/Kaltluftseen bilden, können sich die Schadstoffe in der stagnierenden Kaltluft anreichern.

5.1.5 Auswirkungen von Hindernissen und Dämmen

Hindernisse, wie z. B. durch die Errichtung von Gebäuden und Dämmen, haben einen Einfluss auf abfließende Kaltluft. Einzelne Hindernisse werden teilweise um- oder überströmt. Sonst wird oft aber ein Kaltluftstau verursacht, der sich im Temperatur- und Feuchtefeld nachweisen lässt. Das gilt in Tälern sowohl für Dämme oder Hindernisse, die quer zur Talsohle verlaufen, als auch für solche, die hangparallel sind. Luvseitig des Hindernisses führt der Kaltluftstau zur Bildung eines Kaltluftsees mit weitgehend stagnierender Kaltluft. Die Erstreckung des Kaltluftstaus hängt dabei u. a. vom Gefälle der Talsohle oder des Hangs und von der Dammhöhe ab. Sie kann das 10fache der Dammhöhe betragen. Auf der Leeseite wird die Geschwindigkeit der darüber strömenden Kaltluft durch das Hindernis auch in einiger Entfernung noch reduziert (VDI 3787, 2003).

Über die Dynamik beim Überströmen von Hindernissen gibt es umfangreiche Untersuchungen. Bei Beobachtungen im geneigten Gelände fand King (1973), dass die abströmende Kaltluft über die in der Talmulde liegende stagnierende Kaltluft hinwegströmt. Die über dem Staubereich talabwärts fließende Kaltluft hebt vom Boden ab und kann von da an bis zur Oberkante des Hindernisses sogar bergauf fließen. Im Staubereich der Kaltluft sinkt (bei annähernder Luftruhe) die Temperatur weiter ab und führt dadurch zu erhöhter Frostgefährdung oberhalb des Hindernisses. Zahlreiche Untersuchungen, auch in ebenem Gelände zeigen, dass neben der Geländeform noch viele andere Faktoren (wie z. B. Windverteilung, Schwachwindhäufigkeit, Bewuchs

vor Ort) zu berücksichtigen sind und dass deshalb im Einzelfall Detailuntersuchungen notwendig sind.

Im Gegensatz zu Dammbauten ermöglichen Brückenöffnungen oder Durchlässe den Abfluss von Kaltluft. Bei vorgegebener Breite und Höhe hängt die Durchströmung einer Brücke in erster Linie von ihrer Tiefe ab und wird umso besser, je geringer die Tiefe des Brückenbauwerkes ist.

Künstliche Geländeeinschnitte und Muldenlagen sind in ihrer Wirkung im Gelände ähnlich. Die Veränderungen des lokalen Klimas betreffen vor allem das Wind- und das Temperaturfeld. Sie beschränken sich in der Regel auf die Einschnitte selbst und haben keine Auswirkung auf die Umgebung. Es kommt zu einer Verringerung der Windgeschwindigkeit im Geländeeinschnitt infolge des Windschutzes. Bei einschnitt-paralleler Windrichtung stellt sich eine Düsenwirkung ein. Ist der Einschnitt eine Gefällstrecke, fließt in windschwachen Strahlungsnächten Kaltluft hinab. Am Grund des Einschnittes sammelt sich nach Starkniederschlägen Regenwasser, falls es ungehindert die Böschungen herabfließen konnte. Auch die nächtlichen Tiefsttemperaturen im Geländeeinschnitt verändern sich im Zusammenwirken mehrerer Faktoren.

5.1.6 Besonderheiten von Gruben und Steinbrüchen

Gruben und Steinbrüchen stellen ebenfalls Einschnitte im Gelände dar. Die lokalklimatischen Verhältnisse sind hier aber sehr differenziert. Ursache ist vor allem die gegenläufige Wirkungsweise der herrschenden kleinklimatischen Vorgänge (s. WOLF, 1977; GEIGER, 1961 und WILMERS, 1974).

Wenn von der Umgebung her bei ausreichender Geländeneigung Kaltluft in die Grube oder den Steinbruch fließen kann, so bedingt dies hauptsächlich in Strahlungsnächten eine Temperaturerniedrigung und Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit gegenüber der Umgebung. Aber auch ohne Kaltluftflüsse von der Umgebung her wird, bedingt durch die Windabschwächung in der Grube, besonders bei entsprechendem Untergrund (z. B. Grasdecke), in wolkenarmen Nächten in einer ausreichend großen Grube aufgrund der Kaltluftproduktion selbst eine Temperaturerniedrigung und Feuchteerhöhung hervorgerufen.

Somit haben auch der Bodenzustand sowie die Vegetation der Sohle lokalklimatische Auswirkungen. Bei einer dichten Vegetationsdecke auf der Sohle (Gras, Verkräutung) wird die Wärmeleitung aus dem Boden vermindert, die Temperaturen sinken tiefer ab als bei unbewachsenem Boden. Ein gesteinsreicher Untergrund verstärkt dagegen die Überwärmung am Tage und setzt damit auch die nächtliche Kaltluftbildung auf der Sohle deutlich herab. Der gesteinsreiche Boden führt aufgrund der Wärmespeicherung, sofern die Sohle tagsüber besonnt wird, in den Abend- und Nachtstunden zu höheren Temperaturen als in der Umgebung. Sofern die Grubensohle durch Grundwasser bedeckt ist, ist die tägliche Temperaturamplitude in den unteren Grubenschichten gering und die relative Feuchte im Mittel hoch.

Die Einschränkung der Besonnung von Grube und Steinbrüchen, besonders der Sohle, durch die Horizonteinengung der meist steilen Grubenflanken übt einen wesentlichen Einfluss auf die Temperatur und die Feuchte im Grubenbereich aus. So wird besonders in der kalten Jahreszeit

bei niedrigem Sonnenstand in engen, tiefen Gruben die Besonnung gegenüber weiten, flachen Gruben stark vermindert. Je steiler die Grubenwände und je enger und tiefer die Grube ist, desto geringer ist die Besonnung. Dies kann dazu führen, dass die Grubensohle selbst im Hochsommer kaum besonnt wird. Daraus ergeben sich erhebliche Konsequenzen für die Temperatur und Luftfeuchtigkeit in der Grube. So kann tagsüber besonnter Boden Wärme speichern und nachts abgeben. Im Bereich tagsüber besonnter Böden sind im Winter erheblich geringere Frosteindringtiefen zu erwarten als im Bereich beschatteter Böden.

Besonders in engen und tiefen Gruben findet eine merkliche Reduzierung der Windgeschwindigkeit sowie eine Herabsetzung des turbulenten Luftaustausches gegenüber den Freiflächen der Umgebung statt. Das führt in der Regel bei Strahlungswetterlagen zu großen Temperaturunterschieden zwischen Tag und Nacht.

Durch die Erhöhung der Gegenstrahlung infolge Horizontabschirmung gegenüber Freiflächen und die verminderte effektive langwellige Ausstrahlung des Bodens sowie durch verstärkte Wärmezufuhr aus dem Boden der tagsüber besonnenen Grubenwände und der unbewachsenen Grubensohle wird die Absenkung der nächtlichen Temperaturen in Gruben gemindert. Das macht sich besonders in Gruben mit entsprechenden Abmessungen bezüglich der Tiefe und Breite/Länge bemerkbar.

Eine große, breite Mulde/Grube mit verhältnismäßig flachen Hängen hat nach THIERBACH (1992) ein zwar zu den verschiedenen Talseiten unterschiedliches insgesamt aber hohes Strahlungsangebot, während die natürliche, großräumige Belüftung im Muldenbereich eingeschränkt ist. Am Tage ist es dort vor allem im Sommer bei Strahlungswetterlagen, d. h. bei wolkenarmem, windschwachem Wetter, wärmer als in der Umgebung. Nachts bilden sich bei genügender Hangneigung (mindestens 1 bis 2 Grad) Kaltluftflüsse, in deren Folge es im Bereich der Mulde/Grube zur Bildung eines Kaltluftsees kommt, was zu tieferen Temperaturen, höherer relativer Feuchte sowie erhöhter Nebelneigung gegenüber der Umgebung führt. Vor allem im Sommer heizt sich die Kaltluft tagsüber jedoch schnell auf. Deshalb sind derartige Geländeformen thermisch und hygrysch extrem. Es gibt größere tägliche Temperatur- und Feuchteschwankungen als in der Umgebung. Sofern es sich um eine langgestreckte Mulde handelt, die mit ihrer Achse quer zur Hauptwindrichtung orientiert ist, werden die beschriebenen Effekte noch verstärkt.

WOLF (1977) untersuchte die klimatischen Verhältnisse in einer bis zu 100 m tiefen Grube im Rheinischen Braunkohlerevier. Die Sohle der Grube war 950 m lang und 150 m breit und nicht mit Wasser bedeckt. Seine Untersuchungen erstreckten sich über 3 Jahre. Er stellte in den drei Sommerhalbjahren in 75 % aller Messtage höhere Temperaturminima im Grubenbereich gegenüber der Umgebung fest. Die Verteilung der Temperaturmaxima ergab kein einheitliches Bild. Somit waren auch die Mitteltemperaturen insgesamt im Grubenbereich höher als in der Umgebung.

Bei wolkenarmen und windschwachen Wetterlagen wurden dagegen in der Grube, übereinstimmend mit den Untersuchungen von WILMERS (1974), tagsüber höhere Temperaturen und nachts niedrigere Temperaturen als in der Umgebung der Grube festgestellt. Der Tagesgang der Temperatur bei einer sommerlichen Strahlungswetterlage zeigte am Vormittag eine verzö-

gerte Erwärmung im Bereich der Grubensohle gegenüber dem Temperaturanstieg in der Umgebung. Ab etwa Mittag herrschten dann in der Grube höhere Temperaturen, die im Verlaufe der Nachtstunden wieder unter die der Umgebung sanken. Bei bedecktem Himmel war die nächtliche Abkühlung in der Grube geringer als im Umland.

Da der Gang der relativen Luftfeuchtigkeit einen zu dem der Temperatur umgekehrten Gang aufweist, wurde bei Strahlungswetterlagen in der Grube eine niedrigere Feuchte in den Mittags- und Nachmittagsstunden sowie eine höhere Feuchte im Laufe der Nacht- und Morgenstunden gegenüber der Umgebung verzeichnet. Im Mittel herrschte an bedeckten Tagen in der Grube eine niedrigere relative Luftfeuchtigkeit.

Starken Modifizierungen unterlag das Windfeld in der Grube. So wurden im Sommer die Windgeschwindigkeiten in der Grube um 30 bis 40 %, teilweise auch bis zu 70 %, gegenüber den Freiflächen vermindert. Erwartungsgemäß wurde ein sehr hoher Anteil umlaufender Winde beobachtet. Die Windrichtung wurde sehr stark durch den Achsenverlauf der Grube bestimmt.

Ähnliche Bedingungen, wie in Gruben, trifft man auch in Steinbrüchen an, nur das hier der Untergrund in der Regel aus Felsgestein besteht und die Wände des Steinbruchs oft steiler sind als die von Gruben. Teilweise haben sie auch einen stufen-/treppenförmigen Aufbau. Fallende Niederschläge können schlechter versickern, so dass es zu Pfützenbildung kommen kann.

5.2 Verhältnisse im Steinbruch Rimlasgrund (IST-Zustand)

Im Steinbruch der Schicker Hartsteinwerke, Werk Bad Berneck im Rimlasgrund wird Diabasgestein abgebaut. Dabei verläuft der Talgrund des Rimlasbaches in mehreren Windungen durch das Gelände hindurch in nord-südlicher Richtung und mündet etwa 300 Meter unterhalb in das Haupttal. Im Steinbruch selbst ist der Bach verrohrt. Das Tal überwindet zwischen Guthendorf (ca. 560 m über NN) im Norden und B303 (etwa 380 m über NN) an der Einmündung ins Haupttal einen Höhenunterschied von rund 180 Metern auf 2,8 Kilometer Entfernung. Südlich des Steinbruchs weist das Tal eine Engstelle auf. Eine weitere Engstelle liegt nördlich des Steinbruchs. Diese ist bewaldet und stellt ebenfalls ein Strömungshindernis dar. Der Abbau im Zottaschenbruch erstreckt sich nach Westen in den Königstuhl hinein, der Schafbergbruch dagegen nach Nordosten halbkreisförmig in den Schafberg. Mit 410 m über NN auf der Talsohle und 540 m am oberen Rand weist der Schafbergbruch eine Abbautiefe von 130 Metern auf. Die Nordost-Südwest-Erstreckung des gesamten Geländes beträgt etwa 1,2 Kilometer, die Nord-Süd-Ausdehnung ungefähr 900 Meter. Der Abbau erfolgt terrassenförmig auf Sohlen (Bermen, d. h. Stufen im Hang), so dass die Steinbruchwände vielfach eine Treppenstruktur aufweisen (s. Abb. 2).

Durch die Tiefe und die Windschutzwirkung der umgebenden Steinbruchwände kommt es im Talkessel zu einer deutlichen Windabschwächung gegenüber dem Umland. Zusätzlich ist die Talausrichtung quer zur Hauptwindrichtung. Dagegen tritt bei einer zum Rimlasgrund parallelen Windrichtung eine Kanalisierung ein. Durch größere Bodenrauigkeit der oberhalb und unterhalb an den Talhängen vorhandenen Waldflächen wird der Wind gebremst.

In windschwachen Strahlungs Nächten bildet sich durch die nächtliche Ausstrahlung bodennahe Kaltluft, die der Geländeneigung folgend von allen Richtungen in den Steinbruch hineinfließt, sich dort ansammelt und der Talachse folgend weiter bergab ins Haupttal strömt. Aufgrund der Engstelle unterhalb des Steinbruchs wird der Abfluss deutlich reduziert. Dadurch kommt es zu einem Rückstau der Kaltluft. Diese sammelt sich im Steinbruch an und kühlt sich weiter ab. Aber auch die Luft auf der Steinbruchsohle kann sich in Strahlungs Nächten durch die Windabschwächung weiter abkühlen. Insgesamt kommt es dadurch in wolkenarmen Nächten zu einer Temperaturerniedrigung und Feuchteerhöhung auf dem Grund des Steinbruchs gegenüber der Umgebung. Die steileren höheren Hangzonen oberhalb sind dagegen aufgrund der in die Senke abfließenden Kaltluft wärmer bei geringerer relativer Luftfeuchte.

Da der Steinbruch unbewachsen ist und vielfach aus Gestein besteht, heizt er sich tagsüber bei Sonneneinstrahlung stärker auf und gibt abends und nachts die gespeicherte Wärme wieder ab. Dadurch wird die nächtliche Kaltluftbildung bei gering bewölktem Himmel herabgesetzt. Bei bewölktem Himmel ist der Steinbruch dann nachts wärmer als die Umgebung. Wasserflächen dämpfen aufgrund ihrer hohen Wärmekapazität die tägliche Temperaturamplitude in den unteren Schichten und erhöhen das Feuchteangebot.

Zusätzlich zu den Effekten im Steinbruch fließt die nächtliche Kaltluft, die sich bei Strahlungsbedingungen auf der Münchberger Hochfläche im nördlichen, vielfach durch Grünland und landwirtschaftliche Nutzflächen geprägten höherem Hinterland gebildet hat, der Geländeneigung folgend in die Täler vor allem von Rimlasgrundbach und Knodenbach ab. Durch die Engstelle nördlich des Steinbruchs staut sie sich hier ebenfalls an.

In das Haupttal des Weißen Mains ergeben sich Kaltluftflüsse von der Münchberger Hochfläche und dem Fichtelgebirge herab. Es stellt sich im Maintal eine talabwärts gerichtete, östliche Luftströmung ein, die auf Höhe von Bad Berneck durch die Verengung des Haupttals kanalisiert wird. Insgesamt wächst auch im Maintal die Mächtigkeit der Kaltluftschicht im Laufe der Nacht an. Das Haupttal des Weißen Mains füllt sich mit Kaltluft auf, die sich bis in die Seitentäler zurückstaut.

Da die Abkühlung der Luft vom Boden her erfolgt, bildet sich in der Kaltluft eine stabile Schichtung und häufig auch eine Bodeninversion. Damit sind die turbulente Durchmischung und die Verdünnung von Schadstoffen deutlich eingeschränkt (VDI 3787, 2003). Emissionen aus dem Steinbruch wie Staub können sich anreichern. Die zunehmende relative Luftfeuchte bei abnehmender Temperatur führt in der Kaltluftschicht auch zu einer erhöhten Nebelneigung.

In windschwachen Strahlungs Nächten bilden sich lokale thermisch induzierte Windsysteme. Diese wehen nachts als Hangabwind die Hänge, als Talabwind zunächst die Seitentäler und dann das Haupttal herab. Im Laufe des Vormittags kehrt sich die Windrichtung dann um, die Luftströmung ist talaufwärts bzw. hangaufwärts gerichtet. Nachts weht daher vom Steinbruch ausgehend ein schwacher talabwärts gerichteter nördlicher Wind, der im Haupttal in die dortige östliche Windströmung einbezogen wird. Tagsüber gelangt die Luft und ihre Beimengungen dann stärker verdünnt mit westlichen Winden wieder zurück und weht die Seitentäler hinauf.

Durch die Steinbruchwände kommt es bezüglich der Sonnenstrahlung teilweise zu Minderung durch Horizontabschattung, auf der anderen Seite heizen sich die steilen, fast senkrechten Felswände, insbesondere wenn sie nach Süden gerichtet sind, bei Sonnenstrahlung tagsüber stärker auf.

6 Lokalklimatische Auswirkungen des Planungsvorhabens (SOLL)

Die geplante Steinbrucherweiterung hat hauptsächlich Auswirkungen auf die Verhältnisse innerhalb des Steinbruchgebietes. Außerdem wirken die geplanten Maßnahmen zum Teil gegenläufig und heben sich dadurch teilweise auf.

Durch die beabsichtigte halbkreisförmige Erweiterung des Steinbruchs im Abbaubereich Schafberg (NO) vergrößert sich die Fläche der Steinbruchwände etwas und damit die Größe des Kaltlufteinzugsgebietes. Die Menge der in wolkenarmen Strahlungsnächten produzierten Kaltluft wird dadurch etwas größer. Dabei ändert sich die Hangneigung (eigentlich die Neigung des treppenförmigen Geländes) vor allem während der Abbauphase vorübergehend. Im Endzustand ist das Randprofil wieder ähnlich wie im IST-Zustand, nur nach außen verschoben (siehe Abb. 7, 8).

Durch die Vergrößerung der Grundfläche des Steinbruchs erhöht sich die Größe des Gebietes, das durch die lokalen Besonderheiten des Steinbruchs beeinflusst wird. Es steigt aber auch das Fassungsvermögen für die von den Hängen herabfließende und sich ansammelnde Kaltluft. Dadurch wächst bei Kaltluftstau die vertikale Mächtigkeit der Kaltluftschicht langsamer. Die Engstelle südlich des Steinbruchs bleibt dagegen unverändert.

Eine große Rolle spielt auch noch die Änderung der Eigenschaften des Untergrundes. Das Felsgestein des Diabases zeichnet sich durch eine hohe Wärmeleitfähigkeit, hohe Dichte, einen geringen Feuchtegehalt und einen geringen Luftanteil aus. Es ist daher gegenüber der vorherigen Landnutzung ein schlechterer Kaltluftproduzent (VDI 3787, 2003 und Sievers, 2005). Das wirkt dem oben genannten Effekt entgegen.

Im Abbaubereich ändert sich durch Überschreitung der Kammlinie zusätzlich die Hangneigung und damit die Fließrichtung, statt nach Nordosten Richtung Knodenbach und Nordwesten Richtung Rimlasgrundbach zeigt sie stattdessen ins Steinbruchinnere (Vergrößerung des Einzugsgebietes für den Steinbruch).

Durch die Aufschüttung des Damms am oberen Steinbruchrand der Erweiterungsfläche Nordost, erhöht sich der Rand um etwa 10 Meter. Er wirkt wie eine Trennlinie, bodennahe Kaltluft außerhalb des Steinbruchs fließt nach außen – nach Nordosten zum Rimlasgrund bzw. nach Nordosten zum Tal des Knodenbachs -, innerhalb nach innen ab. Lediglich während der Abbauphase kann der Hang zwischen Steinbruchrand und Erdwall vorübergehend nach außen gerichtet sein, so dass die auf der Fläche zwischen beiden entstehende Kaltluft gegen den Erdwall strömt, sich dort anstaut und diesen eventuell auch überströmt. Das Kaltlufteinzugsgebiet in diesem schmalen Streifen ist aber gering und daher die Menge und Mächtigkeit der produzierten Kaltluft auch.

Ein Anwachsen der Höhe der Kaltluftschicht über 130 bis 140 Meter und damit über den Steinbruchrand hinaus, ist vor allem bei länger andauernden windschwachen Hochdruckwetterlagen mit austauscharmen Verhältnissen möglich. Dann sammelt sich die Kaltluft im Haupttal und den Seitentälern stärker an und staut zurück oder es ist die ganze Region mit Kaltluft unterhalb einer Inversion erfüllt.

Dass der Steinbruch von innen überlaufen kann, wird dadurch erschwert, dass der Steinbruch nicht komplett mit einem Ringwall umgeben ist. Das Rimlasgrundbachtal stellt sowohl einen Einschnitt nach Norden, als auch nach Süden dar, der deutlich niedriger ist, als der neu aufgeschüttete Randwall. Zusätzlich werden die V-förmigen Engstellen des Tals im Norden und Süden mit zunehmender Höhe über Grund breiter und damit die Stauwirkung geringer.

Die Haldenfläche im Südosten stellt ein dammförmiges Hindernis dar, das vergrößert wird. Von höher gelegenen Bereichen eventuell kommende Hangabwinde und Kaltluftflüsse können sich an diesem Hindernis stauen und es dann bei Erreichen der Hindernishöhe überströmen. Es kommt zu einem Kaltluftstau im Luv und einer Abschwächung der Strömung im Lee des Hindernisses. Allerdings ist die Kaltluftproduktionsrate stromaufwärts über den Waldflächen geringer als auf Freiflächen.

Durch die geplante Laubwaldaufforstung auf der nach Nordosten zum Knotenbachtal hin geneigten Freifläche außerhalb und unterhalb der geplanten Nordosterweiterung des Steinbruchs (s. Abb. 2) können sich Kaltluftflüsse, die auf dieser Freifläche entstehen, am Waldrand aufstauen. Teilweise wird das Waldstück um- oder überströmt.

7 Zusammenfassung

Im Rahmen der geplanten Erweiterung des Steinbruchs Rimlasgrund/Bad Berneck im Abbaubereich Schafberg beauftragte Hartsteinwerke Schicker OHG, Werk Bad Berneck den Deutschen Wetterdienst mit der Erstellung eines Gutachtens zu den lokalklimatischen Auswirkungen der geplanten Baumaßnahme. Die Untersuchung basiert auf topographischen Informationen, den Erkenntnissen der Ortsbesichtigung und den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen wie Luftbildern und Darstellungen des Planungszustandes. Danach erfolgt eine qualitative Abschätzung. Für detailliertere Aussagen sind Messungen vor Ort und/oder Modellrechnungen notwendig.

Die geographische Situation des Untersuchungsgebietes wird durch Lage am Südrand der Münchberger Hochfläche und die Nähe zum östlich vorgelagerten Hohen Fichtelgebirge geprägt. Das Temperaturniveau ist hier bereits etwas niedriger, als im Tal des Weißen Mains, die Niederschläge dagegen staubedingt etwas höher, aber noch niedriger als im Hohen Fichtelgebirge.

Die lokalklimatischen Besonderheiten infolge des Relief und der Eigenschaften der Erdoberfläche prägen sich am besten bei sogenannten windschwachen Strahlungswetterlagen aus. Hier spielen insbesondere die nächtlichen Kaltluftverhältnisse eine große Rolle, da der Wind bei sol-

chen Wetterlagen nachts noch etwas schwächer ist, als am Tage, Die Häufigkeit sogenannter windschwacher Strahlungsnächte wurde mithilfe von Daten aus dem DWD-Messnetz durchschnittlich auf etwa 60 Fälle pro Jahr abgeschätzt. Von Jahr zu Jahr gibt es größere Schwankungen. Da die Strahlungsnächte einen ausgeprägten Jahrgang (vgl. Tab. 3) mit einem Maximum von Mai bis September und einem Minimum von November bis Januar aufweisen, ist etwa jede dritte bis fünfte Sommernacht eine sogenannte Strahlungsnacht.

Durch die Windschutzwirkung der umgebenden Steinbruchwände kommt es im Talkessel des Steinbruchs zu einer deutlichen Windabschwächung gegenüber dem Umland. In windschwachen Strahlungsnächten bildet sich, begünstigt durch die geringeren Windgeschwindigkeiten und die nächtliche Ausstrahlung, bodennahe Kaltluft, die der Geländeneigung folgend von allen Richtungen in den Steinbruch hineinfließt, sich dort ansammelt und der Talachse folgend weiter bergab ins Haupttal strömt. Aufgrund der Engstelle unterhalb des Steinbruchs wird der Abfluss deutlich reduziert und die Kaltluft aufgestaut. Dadurch kommt es in wolkenarmen Nächten zu einem Anwachsen der Kaltluftschicht, einer Temperaturerniedrigung und Feuchteerhöhung auf dem Grund des Steinbruchs gegenüber der Umgebung. Auch die Nebelneigung steigt und der turbulente Luftaustausch wird herabgesetzt, so dass sich Luftverunreinigungen wie Staub anreichern können.

Der felsige Untergrund heizt sich tagsüber bei Sonne stärker auf und gibt abends und nachts die gespeicherte Wärme wieder ab. Dadurch ist es im Steinbruch tagsüber wärmer als im Umland. Nachts ist die Kaltluftproduktionsrate bei gering bewölktem Himmel gegenüber bewachsenem Untergrund herabgesetzt. Bei bewölktem Himmel ist es im Steinbruch auch nachts teilweise wärmer als in der Umgebung.

Auch die Windrichtungsverteilung wird durch den Steinbruch beeinflusst. Es bilden sich lokale Windsysteme, die nachts hangabwärts und talabwärts gerichtet sind. Sie wehen die Steinbruchwände hinab ins Innere und das Rimlasbachgrundtal hinab ins Haupttal. Tagsüber kehrt sich die Windrichtung um.

Durch die Steinbruchwände kommt es bezüglich der Sonnenstrahlung teilweise zu Minderung durch Horizontabschattung, auf der anderen Seite heizen sich die steilen, fast senkrechten Felswände, insbesondere wenn sie nach Süden gerichtet sind, bei Sonnenstrahlung tagsüber stärker auf.

Die **geplante Steinbrucherweiterung** hat hauptsächlich Auswirkungen auf die Verhältnisse innerhalb des Steinbruchs. Dabei wird das betroffene Gebiet etwas größer. Außerdem wirken die geplanten Maßnahmen zum Teil gegenläufig und heben sich dadurch teilweise auf. Die Vergrößerung des Kaltlufteinzugsgebietes (Vergrößerung der Wandfläche, Verschieben der Kammlinie) vergrößert die Menge der produzierten Kaltluft etwas. Die Änderung von bewachsenen Flächen in felsigen Untergrund mit schlechteren Kaltluftproduktionsraten wirkt ihr entgegen. Außerdem wird das Anwachsen der Kaltfluthöhe durch die größere Grundfläche des Steinbruchs und damit das bessere Fassungsvermögen verlangsamt.

Der geplante Randwall führt zu einer Erhöhung der Steinbruchwände. Bodennahe Kaltluft außerhalb des Steinbruchs fließt nach außen – nach Nordwesten zum Rimlasgrund bzw. nach

Nordosten zum Tal des Knodenbachs -, innerhalb nach innen ab. Lediglich während der Abbauphase kann der Hang zwischen Steinbruchrand und Erdwall vorübergehend nach Außen gerichtet sein, so dass die auf der Fläche zwischen beiden entstehende Kaltluft gegen den Erdwall fließt, sich dort anstaut und diesen eventuell auch überströmt.

Kaltlufthöhen, die größer sind als die vorgesehene Abbautiefe sind vor allem bei länger andauernden windschwachen Hochdruckwetterlagen mit austauscharmen Verhältnissen möglich. Dann sammelt sich die Kaltluft im Haupttal und den Seitentälern stärker an und staut zurück oder es ist die ganze Region unterhalb einer Inversion mit Kaltluft erfüllt.

Die Haldenfläche im Südosten stellt ein dammförmiges Hindernis dar, das vergrößert wird. Von höher gelegenen Bereichen kommende Hangabwinde und Kaltluftflüsse können sich an diesem Hindernis stauen und es dann bei Erreichen der Hindernishöhe überströmen. Es kommt zu einem Kaltluftstau im Luv und einer Abschwächung der Strömung im Lee des Hindernisses. Allerdings ist die Kaltluftproduktionsrate stromaufwärts über den Waldflächen geringer als auf Freiflächen.

Luftaustausch aus dem Inneren des Steinbruchs Richtung Bad Berneck ist vor allem über talabwärts gerichtete Winde entlang des Rimlasgrundbachtals möglich. Dies ist aber auch bisher schon der Fall.

Insgesamt ergeben sich lokalklimatische Auswirkungen der geplanten Steinbrucherweiterung vor allem für das Steinbruchinnere. Die Auswirkungen der geplanten Veränderungen auf Bad Berneck sind als gering einzustufen.

8 Literatur

BAYERISCHER KLIMAFORSCHUNGSVERBUND (BayFORKLIM), 1996: Klimaatlas von Bayern. Verlag Hanns Linder München.

BEINHAUER, R. und G. H. MARTENS, 1980: Kleinklimatische Geländeaufnahme zur agrarmeteorologischen Beweissicherung am Elbe-Seitenkanal. Amtliches Gutachten, Deutscher Wetterdienst.

CHRISTOFFER, J. und M. ULBRICHT-EISSING, 1989: Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland. 2. vollständig neu bearbeitete Auflage, Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 147, Offenbach am Main.

DEUTSCHER WETTERDIENST, 1997: Berechnung der Häufigkeiten windschwacher Strahlungs Nächte und windschwacher Abkühlungs Nächte. Zentrales Gutachtenbüro Offenbach am Main.

GEIGER, R., 1961: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 4. Aufl., Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig.

GERTH, W.-P. und J. CHRISTOFFER, 1994: Windkarten von Deutschland, Meteorol. Zeitschrift, NF 3, S. 67-77.

KING, E., 1973: Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefahr durch Straßenbauten. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 130, Offenbach am Main.

KÖPPEN, W., 1923: Die Klimate der Erde, Grundriss der Klimakunde. Berlin, Verlag de Gruyter.

LFU, 2015: Karte der Naturraum-Haupteinheiten und Naturraumeinheiten in Bayern. Hrsg. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). Stand 21.09.2015. http://www.lfu.bayern.de/natur/naturraume/doc/haupteinheiten_naturraum.pdf

MEYEN, E. et. al., 1953 - 1962: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung Bad Godesberg.

OPUS, 2014: Landschaftspflegerischer Begleitplan. Erweiterung des Diabassteinbruchs Rimlasgrund/Bad Berneck im Abbaubereich Schafberg. Büro Opus Bayreuth. https://www.regierung.oberfranken.bayern.de/bergamt_nordbayern/planfeststellungsverfahren/rbp_rimlasgrund.php

PIEWAK & PARTNER, 2014: Rahmenbetriebsplan mit integriertem Hauptbetriebsplan für die Erweiterung des Diabassteinbruchs Rimlasgrund/Bad Berneck der Hartsteinwerke Schicker GmbH u. Co KG. https://www.regierung.oberfranken.bayern.de/bergamt_nordbayern/planfeststellungsverfahren/rbp_rimlasgrund.php

SCHNEIDER, M, 1972: Kaltluftstau an Straßendämmen? – Nicht immer! Meteorologische Rundschau 25. Jg. H. 6.

SCULTETUS, H. R., 1964: Auswirkungen eines 12 m hohen Dammes auf das Kleinklima. Angewandte Meteorologie, H. 1-2

SIEVERS, U., 2005: Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21. Theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 227, Offenbach am Main.

TRAUP, S. und B. KRUSE, 1996: Winddaten für Windenergienutzer. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.

VDI 3787, 2003: VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5: Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Hrsg. Verein Deutscher Ingenieure. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b.

WILMERS, F., 1974: Kleinklimatische Standortuntersuchungen zur Bebauung einer Tonkuhle. Das Gartenamt 2/74.

WOLF, G. 1977: Zum Geländeklima einer Grube des Großtagebaus Fortuna im Rheinischen Braunkohlerevier. Natur und Landschaft 52, Nr. 6, Stuttgart.

9 Glossar

Anemometer: Windmessgerät. Der gebräuchlichste Anemometertyp, der auch im Windmessnetz des Deutschen Wetterdienstes eingesetzt wird, ist das Schalenkreuzanemometer, bei dem an den Enden eines drei- oder vierarmigen Sterns halbkugelförmige Hohlschalen montiert sind, die durch den → Wind in Rotation versetzt werden. Aus der Drehgeschwindigkeit des Sterns wird die Windgeschwindigkeit bestimmt. Durch eine zusätzliche Windfahne wird auch die Windrichtung erfasst.

allochthon: an anderer Stelle entstanden

antizyklonal: Drehsinn der Luftströmung um ein Gebiet hohen Luftdrucks (auf der Nordhalbkugel im Uhrzeigersinn). Außerdem Bezeichnung für eine Wetterlage mit überwiegendem Hochdruckeinfluss.

atmosphärische Grenzschicht: → Grenzschicht.

Ausstrahlung: die vorwiegend langwellige Wärmestrahlung der Erde und der Atmosphäre in Richtung Weltraum. Der Energieverlust der Erdoberfläche durch nächtliche A. wird durch die → Gegenstrahlung der Atmosphäre vermindert. Die Differenz beider Strahlungsflüsse heißt effektive Ausstrahlung.

autochthone Witterung: „eigenbürtige“, durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte Witterung, die durch ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, der Luftfeuchtigkeit und der Strahlung gekennzeichnet ist.

Bewölkung: Bedeckung des Himmels mit Wolken. Der Bedeckungs- oder Bewölkungsgrad wird unabhängig von der Art der Wolken geschätzt und in Achteln angegeben.

Böigkeit: Der → Wind weist i.A. eine → turbulente Struktur auf, d.h. der mittleren Windgeschwindigkeit sind kurzzeitige Schwankungen überlagert, deren Spitzen als Böen bezeichnet werden. Bei starken Windrichtungsschwankungen spricht man auch von Richtungsböigkeit.

Coriolis-Kraft (G.G. de Coriolis, franz. Physiker 1792-1843): eine auf die Erdrotation zurückzuführende Scheinkraft. Sie wirkt auf bewegte Körper, die auf der Nordhalbkugel stets nach rechts abgelenkt werden, wobei keine Arbeit geleistet wird.

Diffusion: Ausbreitung von Luftbeimengungen aufgrund der (vor allem → turbulenten) Durchmischung der Atmosphäre.

Druckgradient: das Gefälle des Luftdrucks pro Längeneinheit. I.A. wird unter dem Druckgradienten nur seine Horizontalkomponente verstanden, die senkrecht auf den → Isobaren steht und die maßgebliche Antriebskraft für den → Wind darstellt.

Druckgradientkraft: besitzt die Atmosphäre ein Luftdruckgefälle, so wirken auf die unterschiedlichen Seiten eines Luftvolumens unterschiedliche Druckkräfte. Die resultierende Kraft ist die Druckgradientkraft. Sie ist proportional zum → Druckgradienten.

eindimensionales Modell: vereinfachtes → numerisches Modell, bei dem die atmosphärischen Variablen (z.B. Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit) nur in vertikaler Richtung veränderlich sind, in horizontaler Richtung aber als konstant angenommen werden.

Einstrahlung: Die der Erde und ihrer Atmosphäre von der Sonne zugeführte Strahlung.

Emissionen: Ausstoß von Schadstoffen in die Außenluft.

Energiebilanz: Summe aller Energien, die einem bestimmten Luftvolumen oder einer Luftschicht zugeführt werden. Ist die E. positiv, dann erhöht sich der Energieinhalt des Volumens bzw. der Schicht, und seine Temperatur steigt, andernfalls erfolgt Temperaturerniedrigung.

Energieumsatzfläche: → aktive Oberfläche.

Evaporation, Evapotranspiration: → Verdunstung.

Feld: flächenhafte (zweidimensionales F.), manchmal auch räumliche (dreidimensionales F.) Verteilung eines ortsabhängigen meteorologischen Elements. Das Feuchtefeld z.B. beschreibt die horizontale Verteilung der Luftfeuchtigkeit, das Windfeld die Verteilung von Windrichtung und -geschwindigkeit.

Flussdichte: Die F. einer physikalischen Größe (z.B. innere Energie, sensible Wärme, Wasserdampfgehalt) beschreibt deren räumlichen Transport. Sie ist definiert als das Maß dieser Größe, das pro Zeiteinheit durch eine gedachte, senkrecht zur Transportrichtung orientierte Einheitsfläche hindurchtritt.

freie Atmosphäre: Bez. für die Schichten der Atmosphäre, die nicht mehr dem unmittelbaren Einfluss der Erdoberfläche unterliegen. Die f.A. reicht nach unten bis zur Obergrenze der → atmosphärischen Grenzschicht (im Mittel bei etwa 1000 m), nach oben ist sie offen.

Fühlbare Wärme: → Wärme.

Gegenstrahlung der Atmosphäre: die langwellige Rückstrahlung der Atmosphäre in Richtung Erdoberfläche. Sie beruht hauptsächlich auf der Wärmestrahlung der Wolken sowie der Spurengase Wasserdampf und Kohlendioxid.

geostrophischer Wind: isobarenparallel wehender Wind der → freien Atmosphäre, der (bei geradlinigem Isobarenverlauf) aus dem Gleichgewicht zwischen → Druckgradientkraft und → Corioliskraft resultiert.

Globalstrahlung: gesamte, von einer horizontalen Empfangsfläche registrierte kurzwellige → Strahlung. Sie setzt sich zusammen aus der direkten Sonnenstrahlung und der indirekten Strahlung, die durch Streuung oder Reflexion des Sonnenlichts zum Empfänger gelangt.

Gradientwind: Wind der → freien Atmosphäre, bei dem sich die → Druckgradientkraft, die → Coriolis-Kraft und die → Zentrifugalkraft die Waage halten.

Grenzschicht, auch atmosphärische oder planetarische Grenzschicht: die unterste Schicht der Atmosphäre, in der aufgrund der Rauigkeit der Erdoberfläche und der daraus resultierenden Reibung eine ungeordnete → turbulente Strömung herrscht. Je nach atmosphärischen Bedingungen ist die Grenzschicht unterschiedlich hoch, im Mittel etwa 1000 m. Die große Bedeutung

der Grenzschicht liegt darin, dass in ihr der gesamte vertikale Austausch von Wärme, Wasserdampf und Impuls zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre vor sich geht.

indifferente Schichtung: → Schichtung.

Kalmen: Windstillen

Kondensation: Übergang des atmosphärischen → Wasserdampfes in den flüssigen Aggregatzustand durch Tröpfchenbildung.

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

Lee: die dem Wind abgewandte Seite eines Gebäudes, Berges, Dammes, o.Ä.

Luv: die dem Wind zugewandte Seite eines Gebäudes, Berges, Dammes, o.Ä.

makroskalig, mesoskalig, mikroskalig: → Skala.

Modell: → numerische Modelle.

Modellgitter: Zur mathematischen Beschreibung des atmosphärischen Geschehens mit Hilfe eines → numerischen Modells wird das vom Modell erfasste Gebiet in Zellen unterteilt, innerhalb derer den atmosphärischen Variablen jeweils ein repräsentativer Punkt zugeordnet wird. Die Gesamtheit der Zellen und Gitterpunkte bildet das Modellgitter.

Modellparameter: veränderbare, mathematisch-physikalische Einstellgrößen eines → numerischen Modells. Sie ermöglichen dessen flexiblen und vielseitigen Einsatz. Mit ihrer Hilfe wird das Modell an die Gegebenheiten des jeweiligen Modellgebiets und der simulierten synoptischen Situation angepasst.

neutrale Schichtung: → Schichtung.

numerische Modelle: In der Meteorologie Systeme mathematisch-physikalischer Gleichungen zum Zweck der Wettervorhersage oder für sonstige numerische Simulationen. Die Gleichungen beschreiben die atmosphärischen Zustände und die Kausalität der Abläufe. Sie sind so weit vereinfacht, dass sie mit Hilfe von Rechenanlagen bei erträglichem Zeitaufwand gelöst werden können. Je nach dem Anwendungszweck können Art und Grad der vorgenommenen Vereinfachungen recht unterschiedlich sein, wodurch sich die große Vielfalt existierender numerischer Modelle erklärt.

Parametrisierung: in → numerischen Modellen die vereinfachte Behandlung kleinräumiger atmosphärischer Vorgänge, die im gegebenen Gitter nicht detailliert aufgelöst werden können. Man versucht damit, die Auswirkung eines Prozesses zu erfassen, ohne seine Einzelheiten zu behandeln.

potentielle Temperatur: meteorologisches Temperaturmaß, das außer der aktuellen Lufttemperatur auch die in der Atmosphäre auftretenden Druckunterschiede berücksichtigt. Die p.T. eines Luftpakets ist diejenige (hypothetische) Temperatur, die das betrachtete Paket annehmen

würde, wenn es ohne Wärmezufuhr von außen auf den Referenzdruck von 1000 hPa komprimiert bzw. entspannt wird.

Rauigkeitslänge: in Formeln zur Beschreibung des Reibungseinflusses der Erdoberfläche auf die Atmosphäre benutzter Parameter von der Dimension einer Länge. Er stellt ein Maß für die Unebenheit oder Rauigkeit der Erdoberfläche dar.

Regionalwind: Wind der durch Luftdruckgradienten auf regionaler Skala (10 km bis 100 km horizontale Entfernung) hervorgerufen wird.

relative Feuchtigkeit: Verhältnis zwischen dem aktuellen \rightarrow Wasserdampfdruck e und dem zur aktuellen Lufttemperatur gehörigen Sättigungsdampfdruck E . Die relative Feuchte wird in Prozent angegeben. Ihr Wert ergibt sich dementsprechend durch Multiplikation des Quotienten e/E mit 100.

Riegelbebauung: Anordnung von Baukörpern, die in ihrer Gesamtheit einem Riegel gleichkommen, d.h. die die Luft nicht zirkulieren lassen. Ein geschlossener Talriegel ist in der Hydrologie mit einem Staudamm vergleichbar.

Schichtung: vertikale Verteilung eines meteorologischen Elements. Die thermische Sch. insbesondere 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).

Skala (auch engl. Scale): Bezeichnung für die Größenordnung atmosphärischer Phänomene. Zur Klassifizierung der in ihrer räumlichen Erstreckung recht unterschiedlichen Bewegungsvorgänge und Erscheinungen in der Atmosphäre haben sich die Begriffe makroskalig, mesoskalig und mikroskalig eingebürgert. Phänomene, die das großräumige Wettergeschehen bestimmen wie z.B. Hoch- und Tiefdruckgebiete, gehören der Makroskala an, die auch synoptische Skala genannt wird. Typisch mesoskalig sind z.B. der Land-See-Wind, Berg- und Talwinde sowie der städtische \rightarrow Wärmeinseleffekt. Die Mikroskala umfasst Erscheinungen unterhalb etwa 2 km, z.B. die besonderen Strömungsverhältnisse im Bereich einzelner Gebäudekomplexe.

stabile Schichtung: \rightarrow Schichtung

Strahlung: In der Meteorologie die Energieübertragung zwischen Sonne, Erde und Atmosphäre durch elektromagnetische Wellen. Von fundamentaler Bedeutung ist der Wellenlängenbereich von ca. 0.3 bis etwa 100 μm . Er wird unterteilt in die von der Sonne herrührende kurzwellige S. (Wellenlängen von 0.3 bis 4 μm mit einem Maximum im sichtbaren Bereich bei 0.5 μm) und die langwellige S. der Erde und der Atmosphäre (3.5 bis 100 μm mit einem temperaturabhängigen

Maximum bei etwa 10 μm). Die langwellige S. wird auch als Wärmestrahlung oder thermische S. bezeichnet. Bei der auf die Erde auftreffenden kurzwelligigen S. ist zu unterscheiden zwischen direkter und indirekter Sonnenstrahlung, die durch Streuung oder Reflexion entsteht und die die Erde aus allen Himmelsbereichen als diffuse S. erreicht. Die Strahlungsbilanz ist die Summe der auf ein Flächenelement auftreffenden kurz- und langwelligen Strahlung abzüglich der von dem Flächenelement ausgehenden Strahlung.

Strahlungsächte: → windschwache Strahlungsächte

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.

Turbulenz: Zustand der Atmosphäre, bei dem die Luftbewegung ganz unregelmäßige und scheinbar zufällige Fluktuationen aufweist, so dass man den T.zustand sinnvoll nur durch mittlere Größen beschreiben kann. Eine wichtige Eigenschaft turbulenter Luft ist, dass Wärme und atmosphärische Beimengungen (z.B. Schadstoffe) wesentlich wirkungsvoller ausgebreitet werden als bei gleichförmiger Strömung.

Venturi-Effekt: Horizontale oder vertikale Verringerungen der Strömungsquerschnittsfläche, z.B. in Talverengungen oder bei der Um- und Überströmung von Geländeerhebungen, oder Gebäuden führen aus Kontinuitätsgründen zu einer Strömungsbeschleunigung. Umgekehrt führt eine Vergrößerung der Strömungsquerschnittsfläche zur einer Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit.

Verdunstung: Übergang des Wassers vom flüssigen in den dampfförmigen Zustand. Für den V.vorgang wird Wärme verbraucht, die der Flüssigkeit und ihrer Umgebung entzogen wird und die anschließend im entstehenden Wasserdampf in Form latenter Wärme vorhanden ist. Verdunstung ist deshalb mit Abkühlung verbunden (V.kälte). Von großer Bedeutung für den Wärmehaushalt der Erde ist, dass bei → Kondensation die dann frei werdende latente Wärme des Wasserdampfs der Atmosphäre wieder zugeführt wird. Am Boden unterscheidet man zwischen der V. lebloser Oberflächen (Erdboden, Wasserflächen), der Evaporation, und der V. lebender Objekte (Pflanzen), der biologisch gesteuerten Transpiration. Ist beides nebeneinander vorhanden, so spricht man von Evapotranspiration. Die von einer Oberfläche tatsächlich verdunstende Wassermenge heißt aktuelle V. im Gegensatz zur potentiellen V., die stets von einer optimalen Wasserversorgung der Fläche ausgeht, unabhängig davon, ob die benötigte Wassermenge tatsächlich zur Verfügung steht. Die p.V. entspricht deshalb der unter den klimatischen Gegebenheiten maximal möglichen Verdunstung.

Wahre Ortszeit (WOZ): lokale Zeit, die sich am tatsächlichen Sonnenstand orientiert. Sie ist so definiert, dass der Sonnenhöchststand am betreffenden Ort gerade um 12 Uhr mittags erreicht wird. Wegen der Neigung der Erdachse (Schiefe der Ekliptik) und der nicht ganz gleichförmigen Geschwindigkeit der Erde auf ihrer elliptischen Bahn um die Sonne weicht die wahre Ortszeit im Jahresverlauf um bis zu $\pm 16,5$ min von der gleichförmig laufenden mittleren Ortszeit (MOZ) ab.

Die Differenz zwischen WOZ und MOZ heißt Zeitgleichung Z. Die mitteleuropäische Zeit (MEZ) wiederum steht zur WOZ in der Beziehung:

$$\text{MEZ} = (\text{WOZ} - Z) + A,$$

mit A=Abweichung der MEZ von der MOZ (A=MEZ-MOZ). Diese Differenz ist konstant und allein durch die geographische Länge des Ortes bestimmt; für Frankfurt/Main z.B. gilt: A = + 25 Min.

Wärme: Energieform. In der Meteorologie unterscheidet man zwischen fühlbarer und latenter Wärme. Die fühlbare W. der Luft wird durch ihre Temperatur bestimmt, sie lässt sich direkt spüren. Die latente W. ist dagegen eine an den atmosphärischen Wasserdampf gebundene Energieform, die erst dann als spürbare Wärme freigesetzt wird, wenn der Wasserdampf kondensiert.

Wärmestrahlung: → Strahlung.

Wasserdampfdruck: Partialdruck des im atmosphärischen Gasgemisch enthaltenen Wasserdampfes. Luft kann Wasserdampf nur bis zu einem temperaturabhängigen Sättigungsdampfdruck aufnehmen, wobei warme Luft mehr Wasserdampf aufnimmt als kalte. Darüber hinaus vorhandener Dampf kondensiert zu Tropfen, so dass Wolken- oder Nebelbildung einsetzt, oder er schlägt sich an festen Oberflächen als Tau nieder.

Wind: horizontal (als Aufwind auch vertikal) bewegte atmosphärische Luft. Der Wind wird charakterisiert durch die Angabe von Windgeschwindigkeit und Windrichtung. Die Windgeschwindigkeit wird mit so genannten → Anemometern in Meter pro Sekunde (m/s), Kilometern pro Stunde (km/h) oder in Knoten (kn) gemessen. Bezüglich der exakten Umrechnung gilt: 1 kn = 0,514 m/s. Windgeschwindigkeiten in kn werden jedoch nur ganzzahlig angegeben. Bei der Umrechnung wird daher jedem Knotenwert ein sich über mehrere 1/10 m/s erstreckender Wertebereich zugeordnet, z.B. für 3 kn der Bereich von 1,3 bis 1,7 m/s. Die Windrichtung ist die Richtung, aus der der Wind weht. Sie wird im Uhrzeigersinn in Grad gegen Nord gemessen (Ost=90°). Daneben sind noch Einteilungen in 32, 16 oder 8 Abschnitte (Sektoren) in Gebrauch.

Windfeld: → Feld.

windschwache Strahlungsnächte: von einer windschwachen Strahlungsnacht wird dann ausgegangen, wenn die Windgeschwindigkeit im Stundenmittel und der → Bedeckungsgrad des Himmels mit Wolken bestimmte Schwellenwerte unterschreiten (s. auch → Strahlungswetterlage).

Zentrifugalkraft: Trägheitskraft, die auf alle Körper wirkt, welche sich auf einer gekrümmten Bahn (insbes. einer Kreisbahn) bewegen. Sie ist vom Krümmungsmittelpunkt (Kreismittelpunkt) der Bahn nach außen gerichtet, proportional der Masse des Körpers und dem Quadrat der Geschwindigkeit sowie umgekehrt proportional dem Krümmungsradius der Bahn. Damit ein Körper, der sich ohne Kraffteinwirkung von außen aufgrund der Trägheitskraft geradlinig weiter bewegen würde, auf einer Kreisbahn bleibt, muss der Zentrifugalkraft eine genau gleich große Kraft, die Zentripetalkraft, entgegenwirken.

10 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1:	Lage des Steinbruchs und der Stadt Bad Berneck	4
Abbildung 2:	Steinbruch Rimlasgrund, Bad Berneck, Abbaubereich Schafberg, Blick Richtung Westnordwest (Foto DWD 2015)	5
Abbildung 3:	Übersichtskarte (Unterlagen vom Auftraggeber)	35
Abbildung 4:	Luftbild mit geplanten Erweiterungsflächen (Unterlagen vom Auftraggeber)	36
Abbildung 5:	Luftbild mit geplanter Erweiterungsfläche Nordost (Unterlagen vom Auftraggeber)	37
Abbildung 6:	Geplanter Steinbrucherweiterung (Unterlagen vom Auftraggeber)	38
Abbildung 7:	Geplanter Steinbrucherweiterung, NO-SW-Schnitt (Unterlagen vom Auftraggeber)	39
Abbildung 8:	Geplanter Steinbrucherweiterung, NW-SO-Schnitt (Unterlagen vom Auftraggeber)	40
Abbildung 9:	Mittlere Monatsmittel der Lufttemperatur in der Region (1981-2010)	41
Abbildung 10:	Flächenhafte Verteilung der Jahresmitteltemperaturen in der Region (1981-2010) (Rasterdaten DWD, 1 km x 1 km)	42
Abbildung 11:	Diagramm - Mittleren Monatssummen des Niederschlags (1981-2010)	43
Abbildung 12:	Flächenhafte Verteilung der mittleren Jahressummen des Niederschlags in der Region, 1981-2010 (Rasterdaten DWD, 1 km x 1 km)	44
Abbildung 13:	Flächenhafte Verteilung des mittleren Jahresmittels der Windgeschwindigkeit in der Region, 1981-2000 (Rasterdaten DWD, 200 m x 200m)	45
Abbildung 14:	Mittlere Stärkewindrose der DWD-Windmessstation Lautertal-Oberlauter, Bezugszeitraum 2005-2011	46
Abbildung 15:	Einteilung der Windrichtungen	47
Abbildung 16:	Flächenhafte Verteilung der mittleren jährlichen Sonnenscheindauer in der Region, 1981-2010 (Rasterdaten DWD, 1 km x 1 km)	48
Abbildung 17:	Bereits bestehender Erdwall im Nordwesten (Foto DWD 2015)	49
Abbildung 18:	Bereits bestehender Erdwall im Osten (Foto DWD 2015)	49

Abbildung 19:	Blick vom gleichen Standort wie Abbildung 17 Richtung Ortsteil Rimlas (Foto DWD 2015)	50
Abbildung 20:	Blick vom gleichen Standort wie Abbildung 17 Richtung Ortsteil Hohenknoten (Foto DWD 2015)	50
Abbildung 21:	Schafberg-Bruch, im Hintergrund Zottaschen-Bruch (Foto DWD 2015)	51
Abbildung 22:	Bisherige Nutzung auf Teilen der künftigen Abbaufäche (Foto DWD 2015)	51

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Mittlere Monatsmittel der Lufttemperatur in der Region (1981-2010)	41
Tabelle 2:	Mittlere Monats- und Jahressummen des Niederschlags in der Region, 1981-2010	43
Tabelle 3:	Mittlere monatliche und jährliche Anzahl windschwacher Strahlungsnächte für Hof-Hohensaas (Bezugszeitraum 2005-2014)	48

12 Anhang

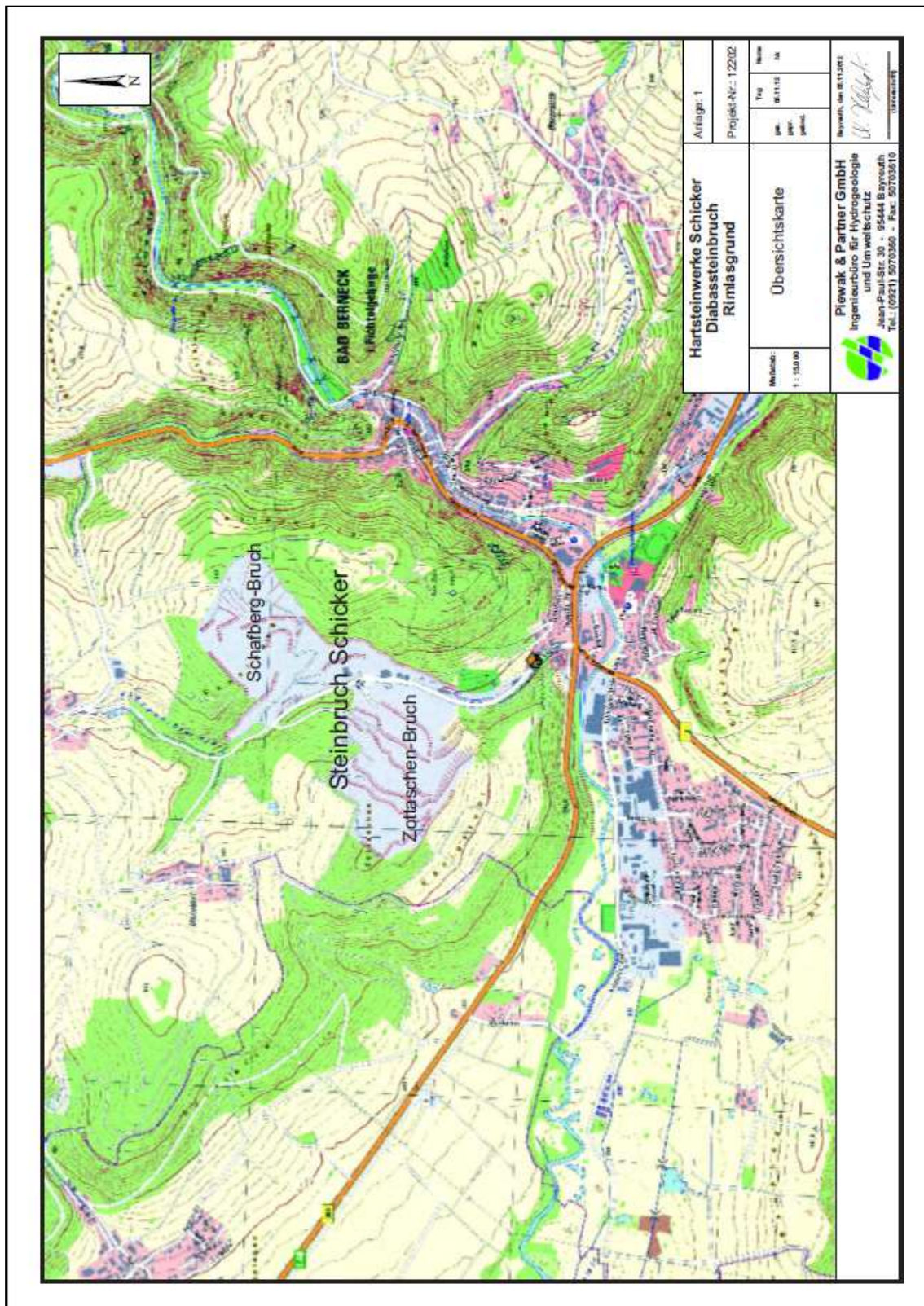


Abbildung 3: Übersichtskarte (Unterlagen vom Auftraggeber)

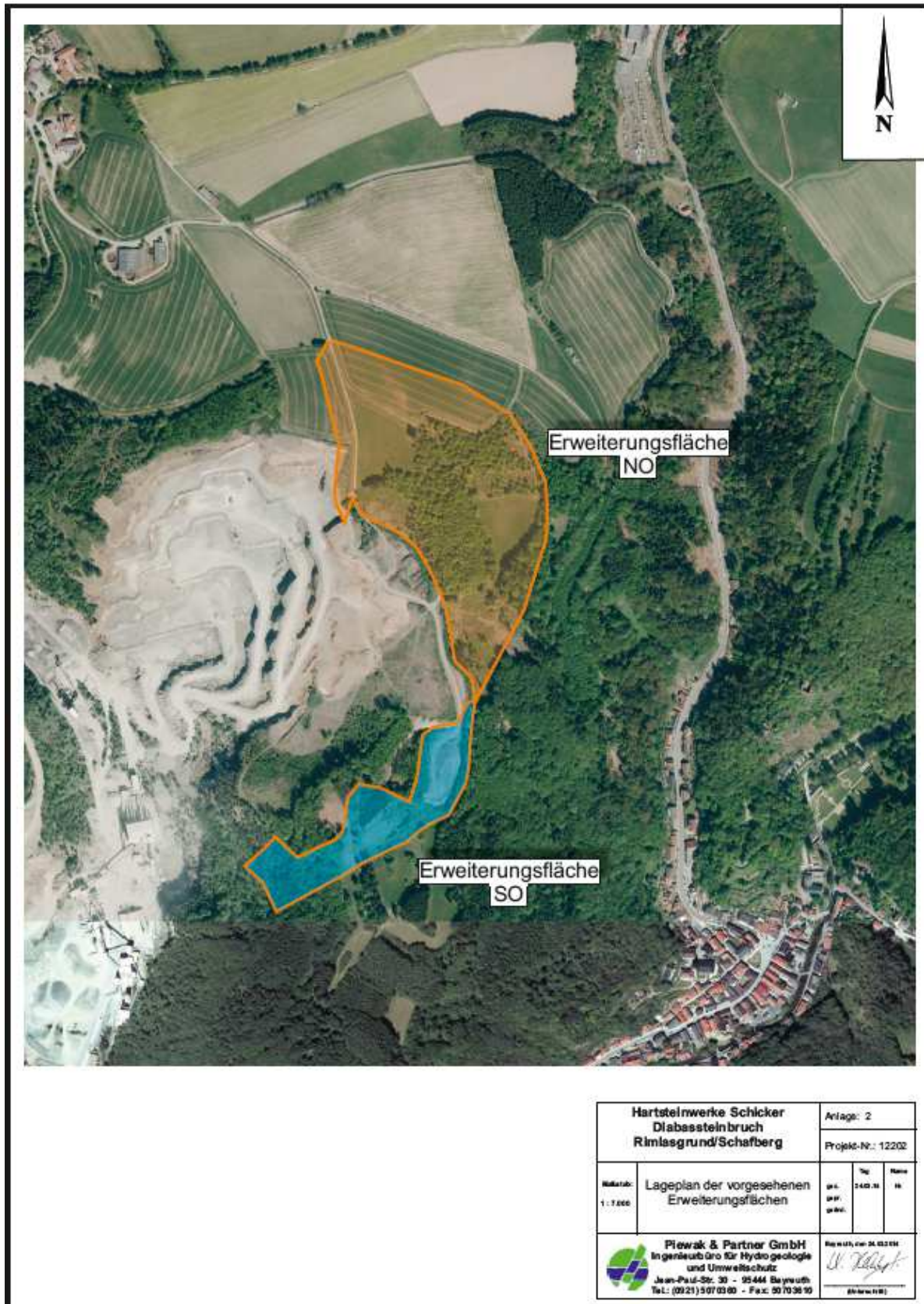


Abbildung 4: Luftbild mit geplanten Erweiterungsflächen (Unterlagen vom Auftraggeber)

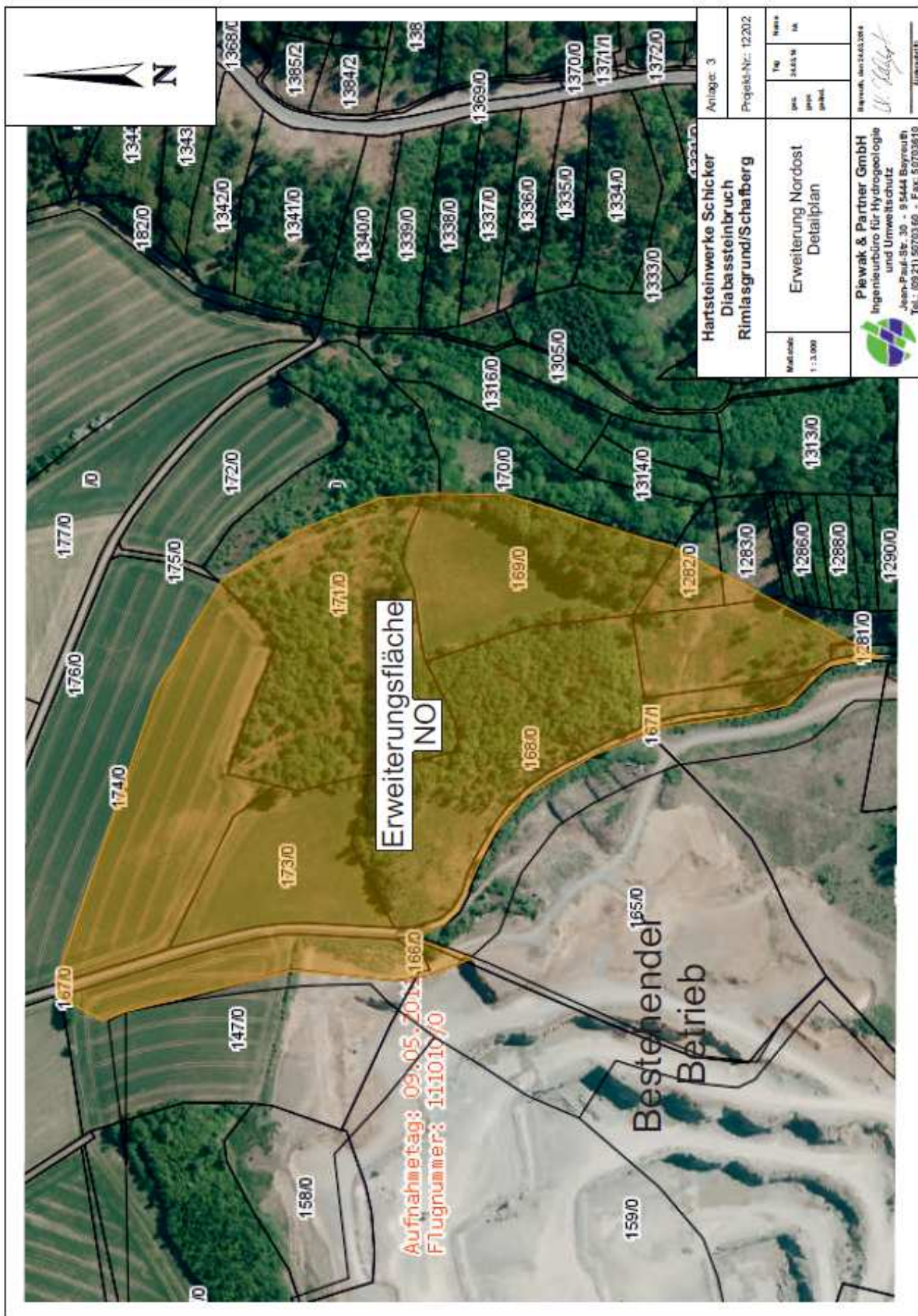


Abbildung 5: Luftbild mit geplanter Erweiterungsfläche Nordost (Unterlagen vom Auftraggeber)

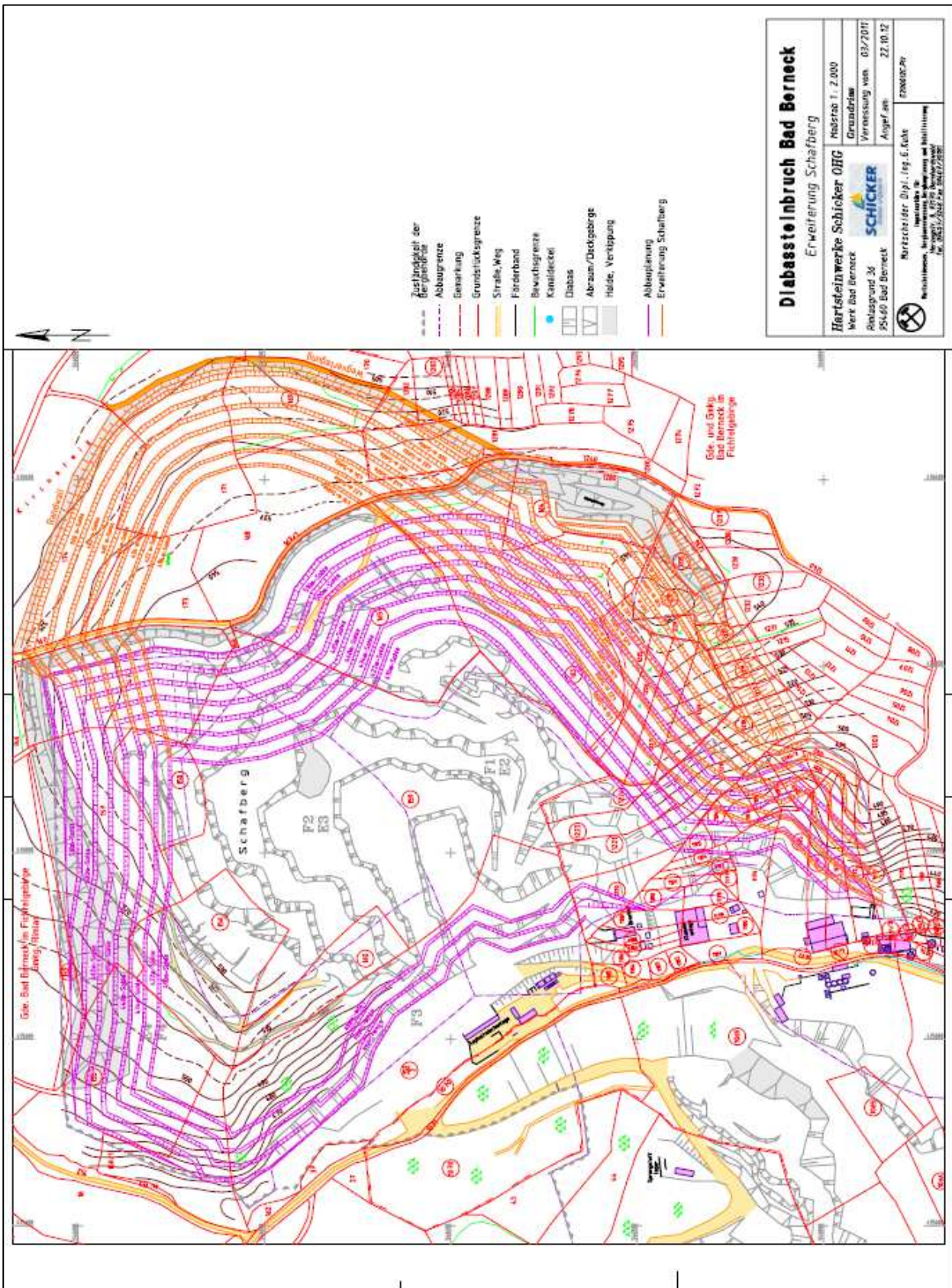


Abbildung 6: Geplanter Steinbrucherweiterung (Unterlagen vom Auftraggeber)

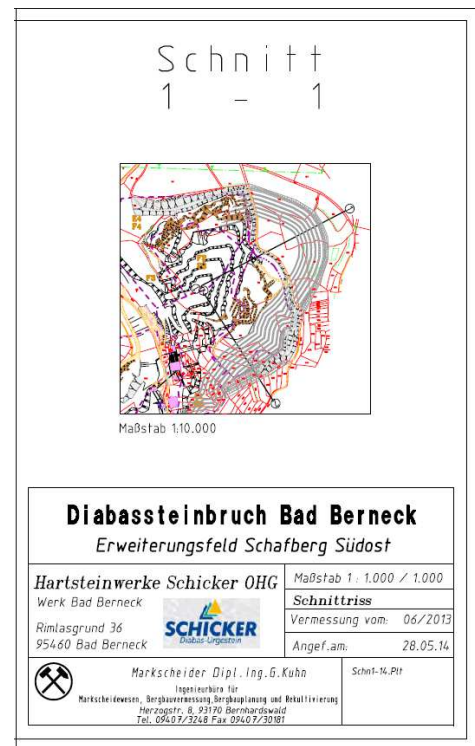
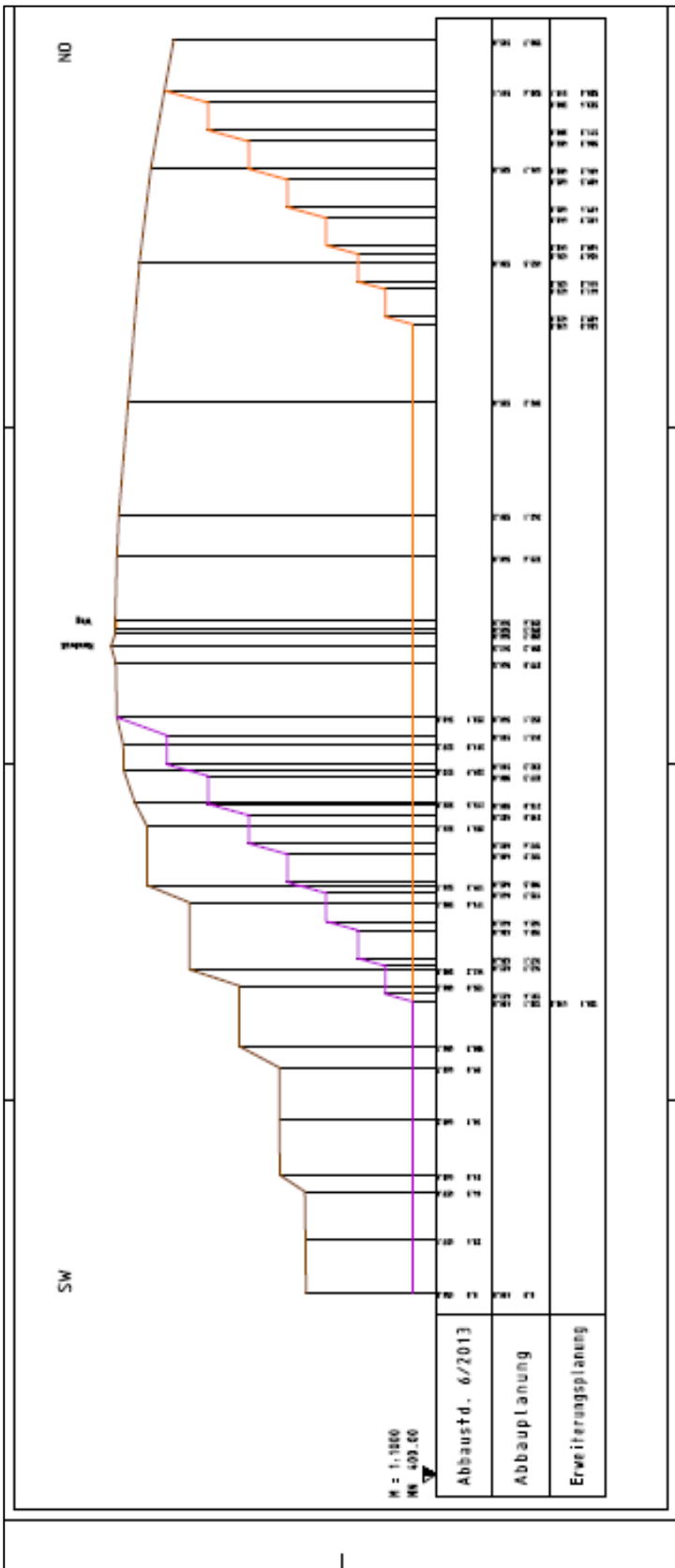


Abbildung 7: Geplanter Steinbrucherweiterung, NO-SW-Schnitt (Unterlagen vom Auftraggeber)

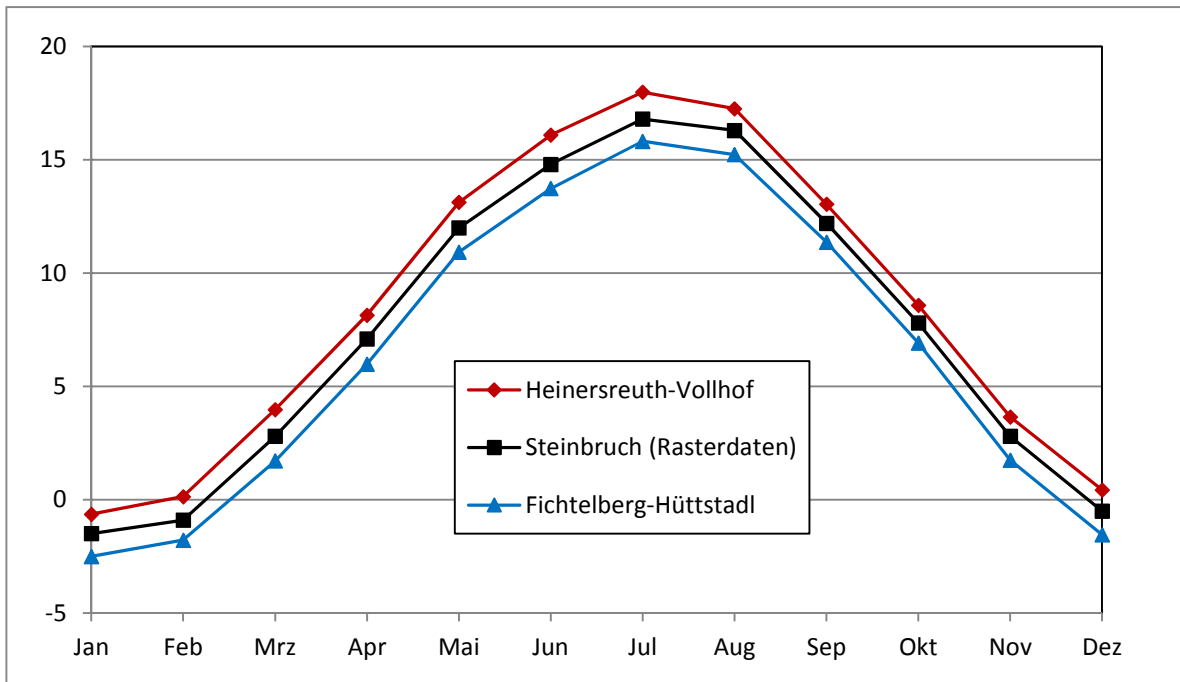


Abbildung 9: Mittlere Monatsmittel der Lufttemperatur in der Region (1981-2010)

Tabelle 1 Mittlere Monatsmittel der Lufttemperatur in der Region (1981-2010)

1981-2010	Höhe in m	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Heinersreuth-Vollhof	330-350	-0,6	0,1	4,0	8,1	13,1	16,1	18,0	17,3	13,0	8,6	3,7	0,4	8,5
Steinbruch (Rasterdaten)	410-540	-1,5	-0,9	2,8	7,1	12,0	14,8	16,8	16,3	12,2	7,8	2,8	-0,5	7,4
Fichtelberg-Hüttstadt	654-705	-2,5	-1,8	1,7	6,0	10,9	13,7	15,8	15,2	11,4	6,9	1,7	-1,5	6,5

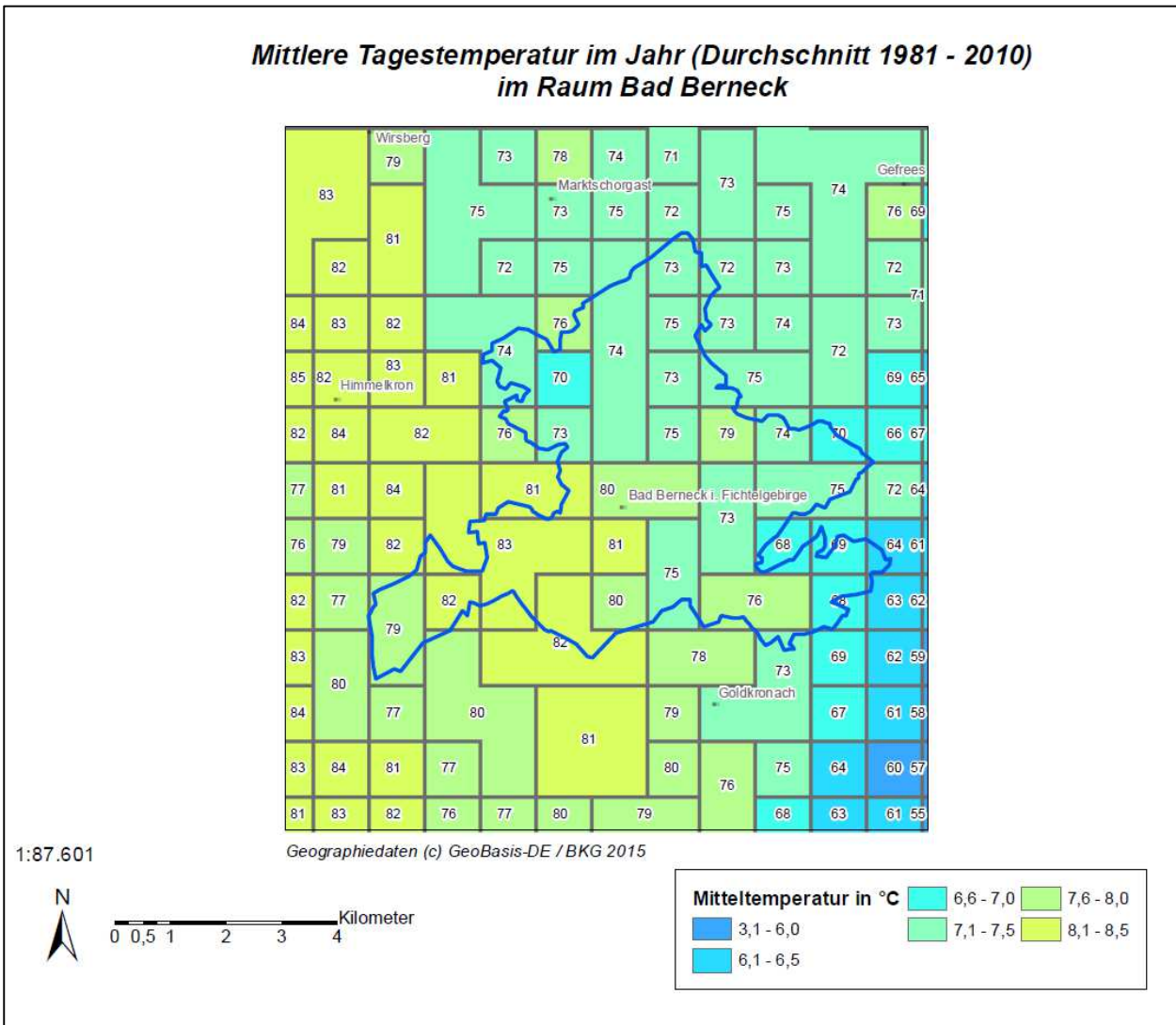


Abbildung 10: Flächenhafte Verteilung der Jahresmitteltemperaturen in der Region (1981-2010) (Rasterdaten DWD, 1 km x 1 km)

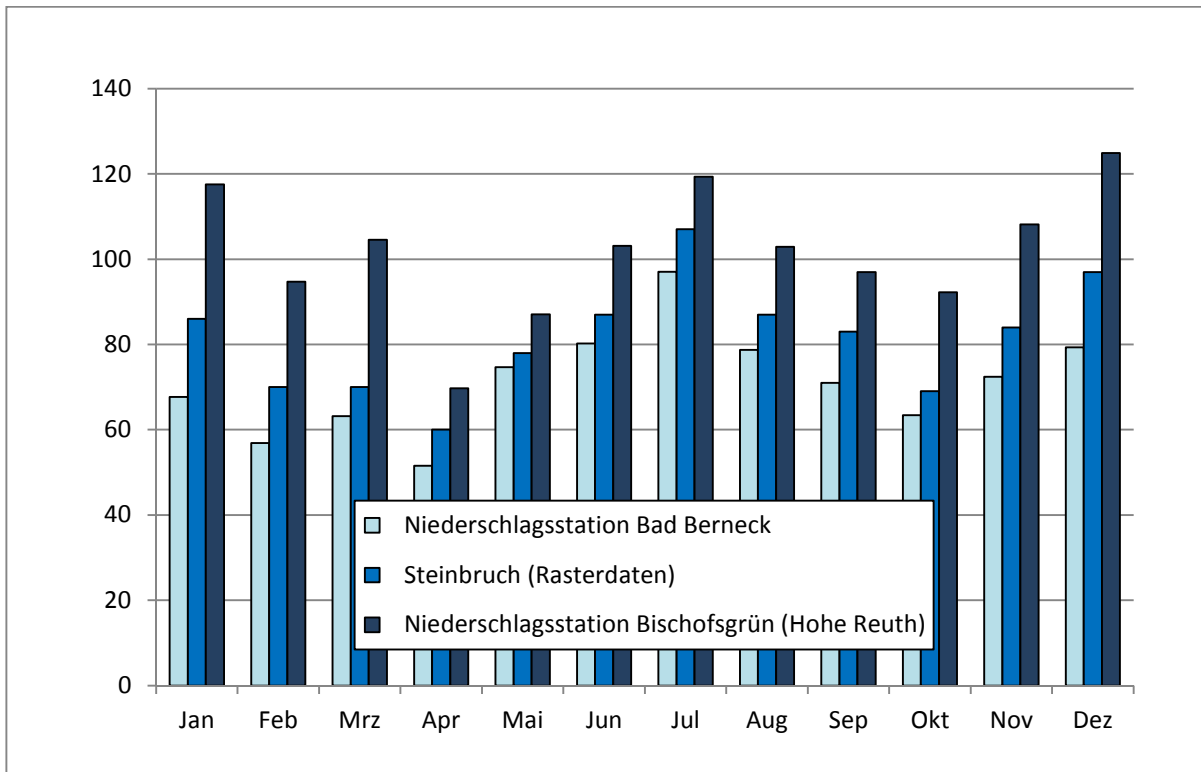


Abbildung 11: Diagramm - Mittlere Monatssummen des Niederschlags (1981-2010)

Tabelle 2 Mittlere Monats- und Jahressummen des Niederschlags in der Region, 1981-2010

1981-2010	Höhe in m	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Bad Berneck	363-388	68	57	63	52	75	80	97	79	71	63	72	79	856
Steinbruch (Rasterdaten)	410-540	86	70	70	60	78	87	107	87	83	69	84	97	993
Bischofsgrün (Hohe Reuth)	660	118	95	105	70	87	103	119	103	97	92	108	125	1221

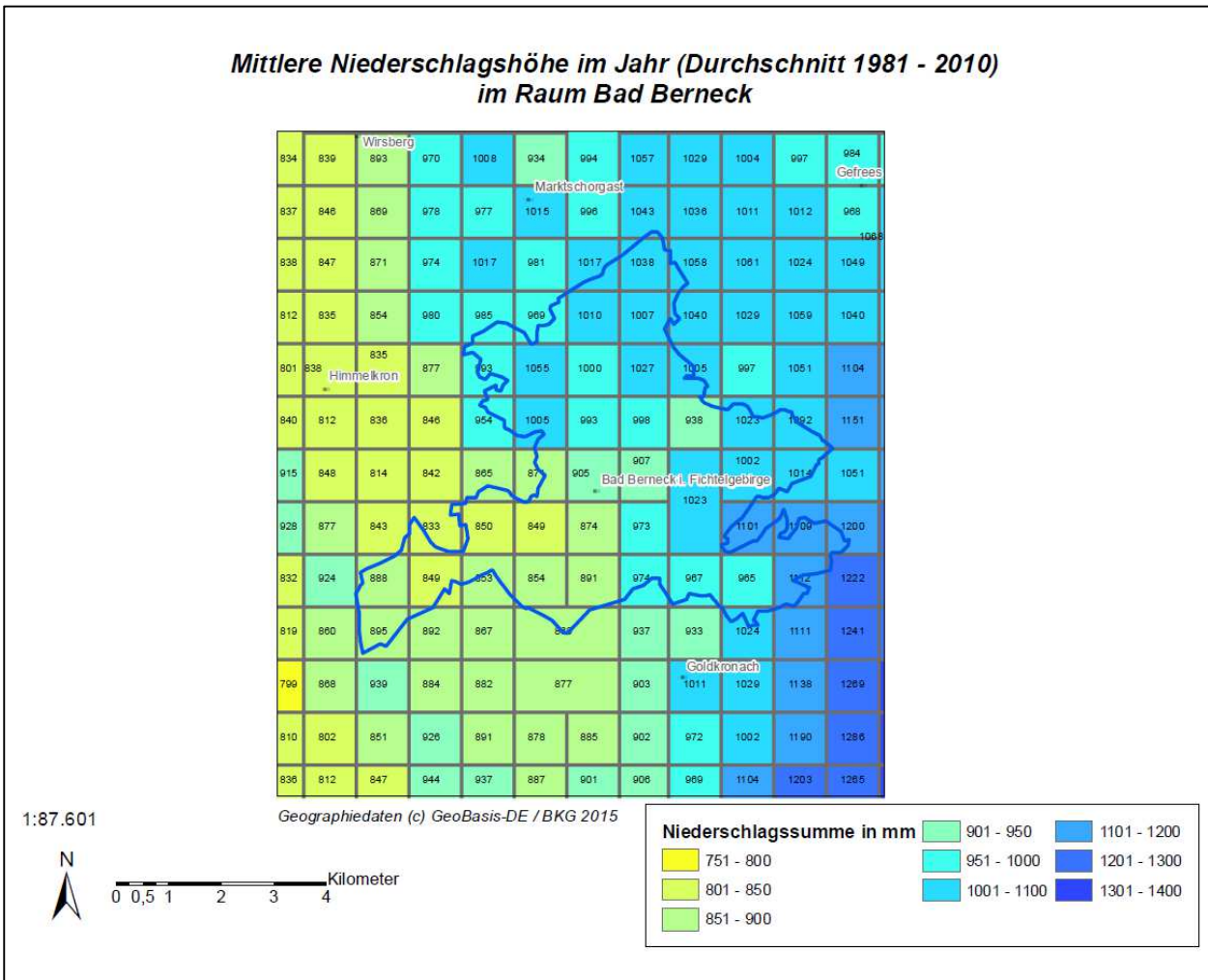


Abbildung 12: Flächenhafte Verteilung der mittleren Jahressummen des Niederschlags in der Region, 1981-2010 (Rasterdaten DWD, 1 km x 1 km)

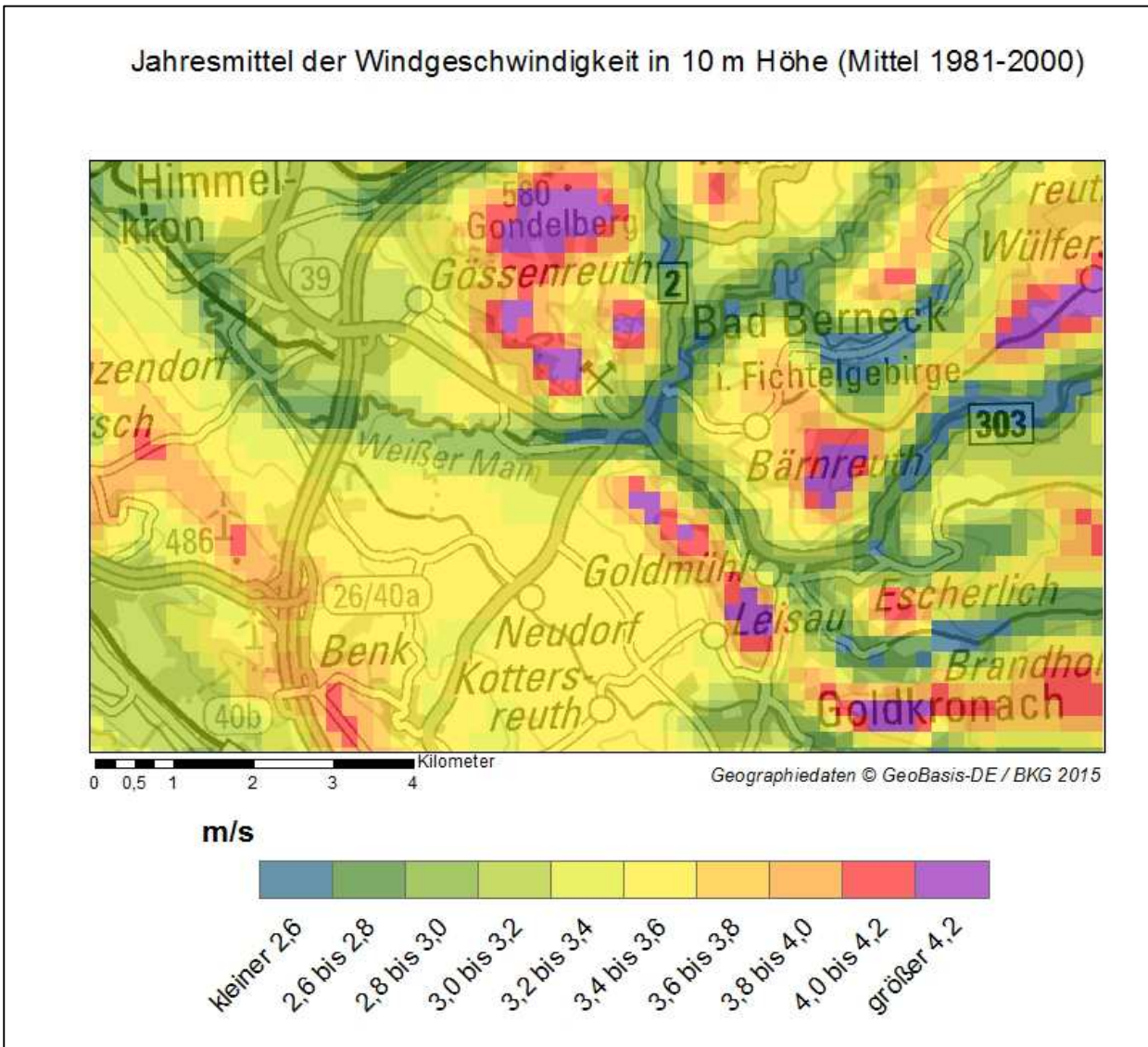


Abbildung 13 Flächenhafte Verteilung des mittleren Jahresmittels der Windgeschwindigkeit in der Region, 1981-2000 (Rasterdaten DWD, 200 m x 200m)

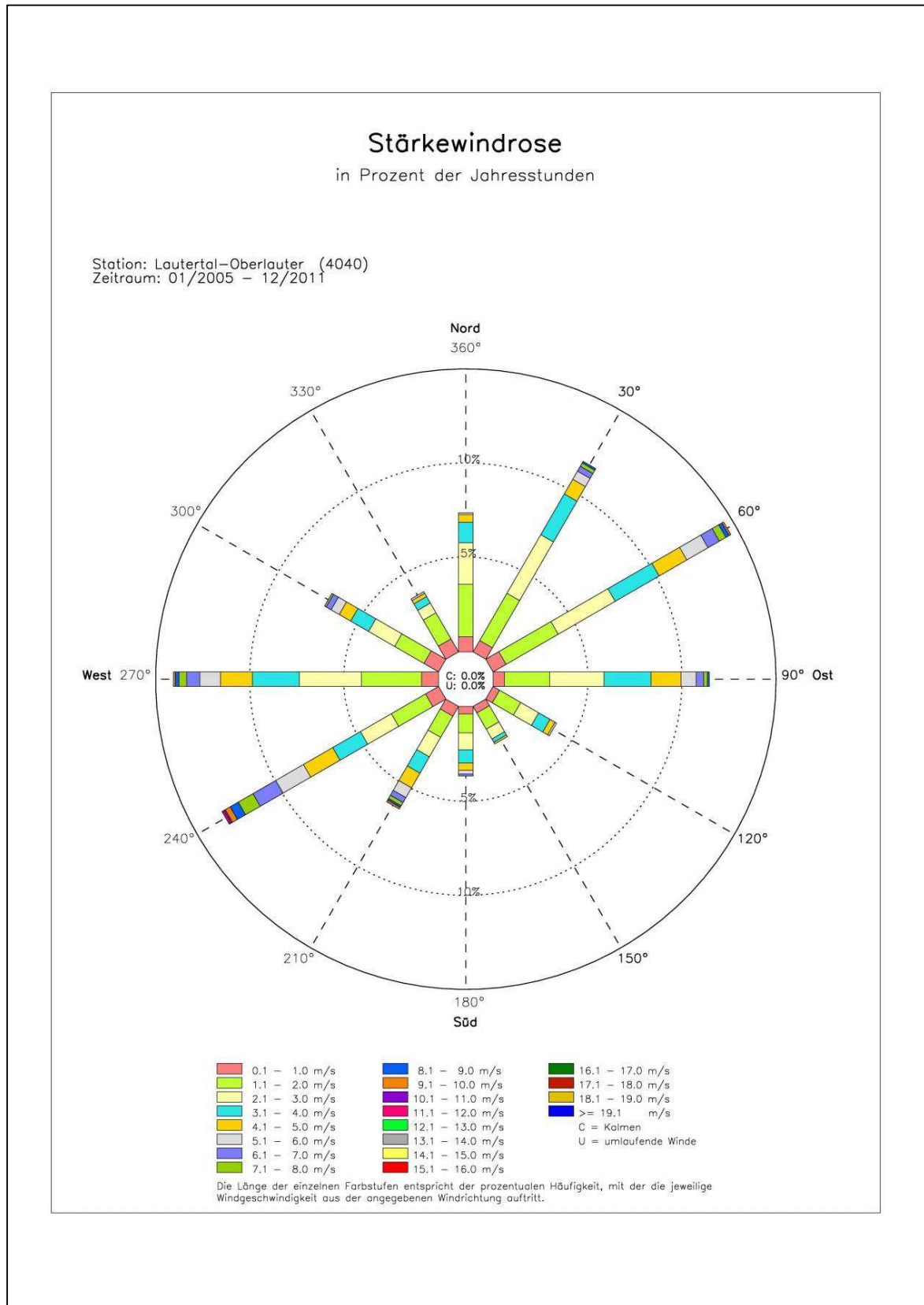
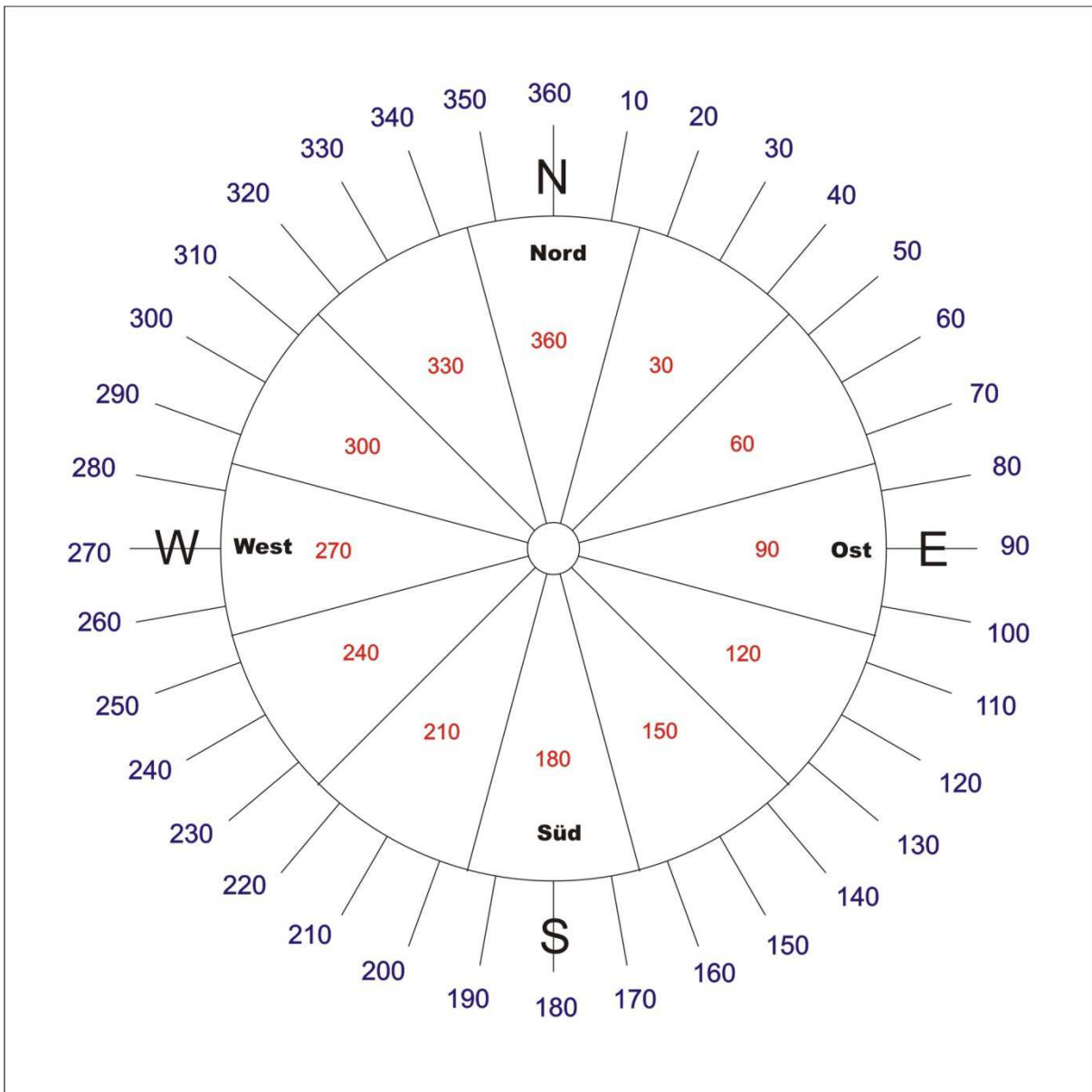


Abbildung 14: Mittlere Stärkewindrose der DWD-Windmessstation Lautertal-Oberlauter, Bezugszeitraum 2005-2011



Windtafel

Außen: 10° - Einteilung
 Innen: 30° - Sektoren

Abbildung 15: Einteilung der Windrichtungen

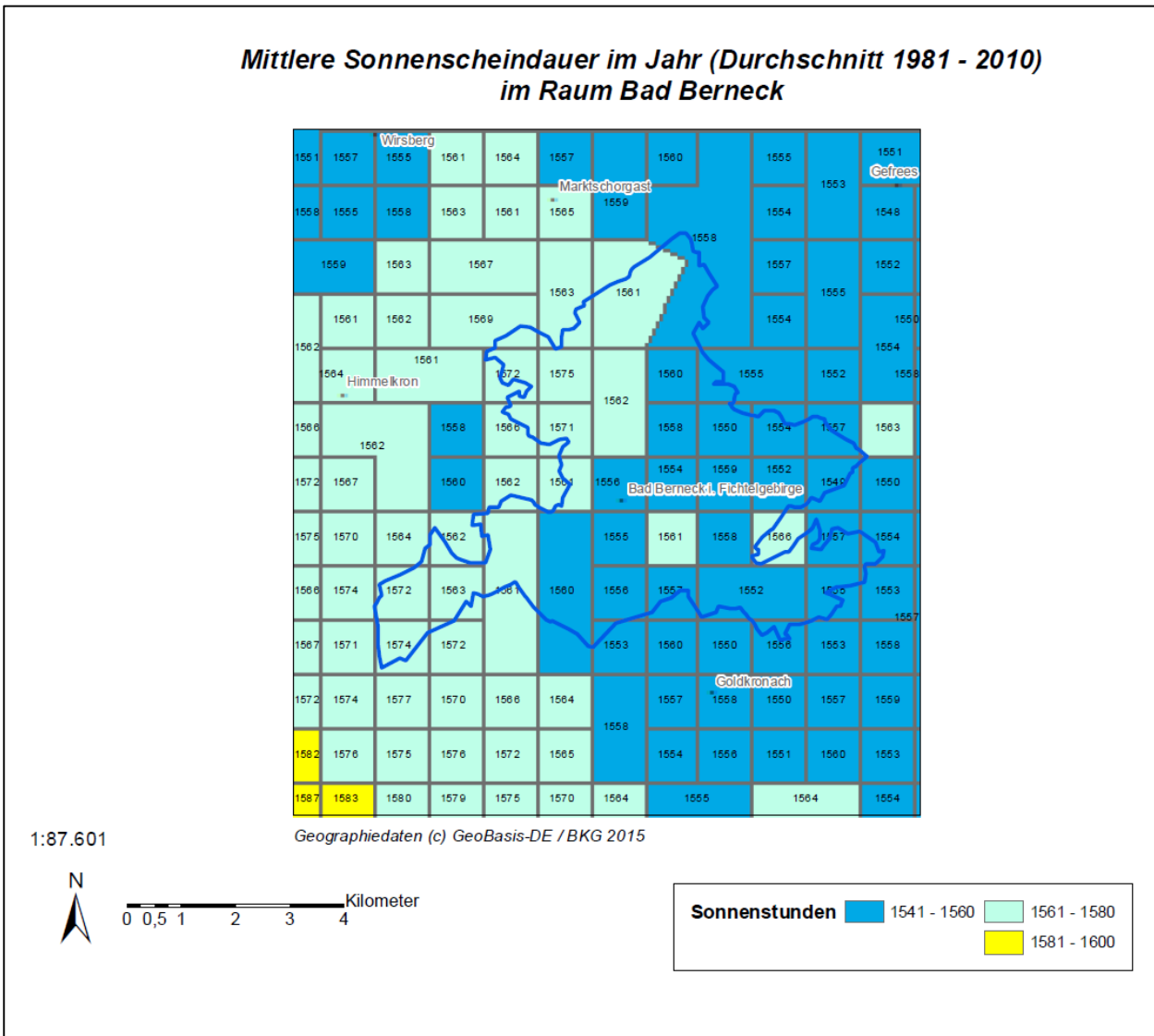


Abbildung 16 Flächenhafte Verteilung der mittleren jährlichen Sonnenscheindauer in der Region, 1981-2010 (Rasterdaten DWD, 1 km x 1 km)

Tabelle 3 Mittlere monatliche und jährliche Anzahl windschwacher Strahlungsnächte für Hof-Hohensaas (Bezugszeitraum 2005-2014)

2005-2014	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Hof-Hohensaas	1,2	1,6	4,9	7,2	7,8	8,1	8,7	6,1	6,9	3,3	0,6	0,8	57,2



Abbildung 17: Bereits bestehender Erdwall im Nordwesten (Foto DWD 2015)



Abbildung 18: Bereits bestehender Erdwall im Osten (Foto DWD 2015)



Abbildung 19: Blick vom gleichen Standort wie Abbildung 17 Richtung Ortsteil Rimlas (Foto DWD 2015)



Abbildung 20: Blick vom gleichen Standort wie Abbildung 17 Richtung Ortsteil Hohenknoten (Foto DWD 2015)



Abbildung 21: Schafberg-Bruch, im Hintergrund Zottaschen-Bruch (Foto DWD 2015)



Abbildung 22: Bisherige Nutzung auf Teilen der künftigen Abbaufäche (Foto DWD 2015)

||