

Wärmeverbund Hohfluh

Beurteilung der Kaminhöhe mit Ausbreitungsberechnung



Berichtsverfasser

Dr. Luzi Bergamin

Bericht Nr. 0238
Juni 2024

Auftraggeber

Alfred Blatter
Ahoren 981
6083 Hasliberg



Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage.....	3
2. Anlagestandort und Umgebung	3
3. Anlage und Emissionen.....	6
4. Berechnungsmodelle und Eingabedaten	8
4.1 Massgebliche Verfahren und Modelle.....	8
4.2 Windfeldmodellierung mit GRAMM.....	9
4.3 Ausbreitungsberechnung mit GRAL	11
5. Lokalmeteorologie	13
5.1 Lokale Kaltluft.....	14
5.2 Windrose des Anlagestandortes.....	19
6. Resultate der Ausbreitungsberechnung	22
6.1 Beurteilungsgrundlagen	22
6.2 Auswertung der Ausbreitungsberechnung	24
6.2.1 Belastungskarten für den Standort Ostfassade	25
6.2.2 Belastungskarten für den Standort Südecke.....	29
6.3 Gesamteinschätzung der Situation.....	31
7. Schlussfolgerungen.....	32

1. Ausgangslage

Alfred Blatter will in Hasliberg-Hohfluh einen Wärmeverbund realisieren. Dazu soll eine mit Hackschnitzeln betriebene Heizzentrale realisiert werden. Als Standort der Zentrale ist die Parzelle 804 (Ahoren 86a) vorgesehen. Aus lufthygienischer Sicht ist dieser Standort heikel. Die Zentrale steht direkt an einem Abhang, welcher zudem noch bewaldet ist. In der näheren Umgebung sind Wohnhäuser vorhanden, welche deutlich über dem Niveau der Heizzentrale liegen.

Gemäss Kaminempfehlung müsste die Kaminhöhe 35m ab Baugrund betragen, da für den Wald einen Höhenzuschlag von 30m vorgesehen ist. Ein solcher Kamin ist nicht nur schwierig zu realisieren, er wäre aus Gründen des Ortsbildschutzes (denkmalgeschützte Kirche direkt dem Anlagegebäude benachbart) auch kaum bewilligungsfähig. Aus diesem Grunde soll eine Kaminhöhenbestimmung im Einzelfall über eine Ausbreitungsberechnung vorgenommen werden. Alfred Blatter hat die ecolot GmbH mit der Ausarbeitung eines entsprechenden Berichts beauftragt. Zu diesem Zweck hat Dr. Luzi Bergamin der ecolot GmbH den Anlagestandort am 28.02.2024 besichtigt.

2. Anlagestandort und Umgebung

Die Heizzentrale soll auf der Parzelle 804 der Gemeinde Hasliberg (Dorfteil Hohfluh) realisiert werden (siehe Abbildung 1). Der Baugrund liegt auf rund 1065m ü.M.

Der Anlagestandort liegt damit rund 480m über dem Talgrund (Höhe der Aare bei der ARA Meiringen 587m ü.M.), gegen Nordosten erhebt sich die Voralpenkette bis 2'120m ü.M. (Spitze Chingstuel). Dies ergibt entlang des Louwenenbachs gemessen eine Höhendifferenz von rund 1'500m über eine Distanz von knapp 5km.

Die Lage des Standortes an der Nordflanke des Haslitals ist entscheidend für die lokalmeteorologische Situation am Standort. Mit einer Höhendifferenz von rund 1'000m bis zur Krete sind starke Kaltluftabflüsse zu erwarten, welche das Windgeschehen v.a. abends und nachts prägen. Unklar ist, bis zu welchem Grad der Standort bereits von dem typischen Windgeschehen im Tal abgekoppelt ist. Diesbezüglich sind keine Messdaten verfügbar, dies erhöht die Unsicherheiten der Beurteilung.

Im Dorfteil Hohfluh liegt die Parzelle 804 direkt an der Abzweigung der Oberdorfstrasse. Westlich (talauswärts) des Gebäudes Ahoren 86a liegt der weitgehend unüberbaute Sagenacher, einzig die Kirche liegt leicht hangaufwärts in der Nachbarschaft. Hangabwärts liegt der Wald "In Ahoren", entlang der Strasse sind im Bereich der Heizzentrale Gewerbebauten vorhanden; hangaufwärts liegen die Dorfteile "Vor der Ey" und "Oberdorf" mit einer lockeren Bebauung.

Heikel ist die Hindernissituation einzig östlich der Zentrale (vgl. dazu auch Titelbild sowie Abbildung 3 und Abbildung 4). Die Zentrale wird östlich des Gebäudes Ahoren 86a gebaut, der Kamin soll an der Ostfassade dieses Gebäudes hochgezogen werden. Mit dem Gebäude Ahoren 86a im Westen, dem stark ansteigenden, bewaldeten Terrain im Norden und Osten sowie dem Feuerwehrmagazin und der Garage Wehren im Süden ist der Standort von Hindernissen umgeben. Auch wenn der Kamin über den First des Gebäudes Ahoren 86a hinausreicht, wird er doch von den östlich gelegenen Bäumen noch deutlich überragt. Mit den beiden Gebäude Ahoren 97c und 98d liegen zudem zwei Wohnhäuser in der Nähe. Der Baugrund dieser Häuser liegt auf gut 1070m ü.M. und damit nur knapp 4m unter der Firsthöhe des Gebäude Ahoren 86a.

Insgesamt ist die Umgebung der Anlage damit nicht dicht bebaut, zudem spielen hangabwärts liegende Hindernisse (v.a. der Wald "In Ahoren") wegen des steilen Geländes kaum eine Rolle. Östlich der Anlage ist die Hindernissituation aber ziemlich komplex, ein realistischer Kamin kann hier nicht alle Hindernisse überragen.

Für die Heizzentrale selber wird oberirdisch nur eine offene Lagerhalle für die Hackschnitzel erstellt. Diese verändert an der Hindernissituation nichts Wesentliches.

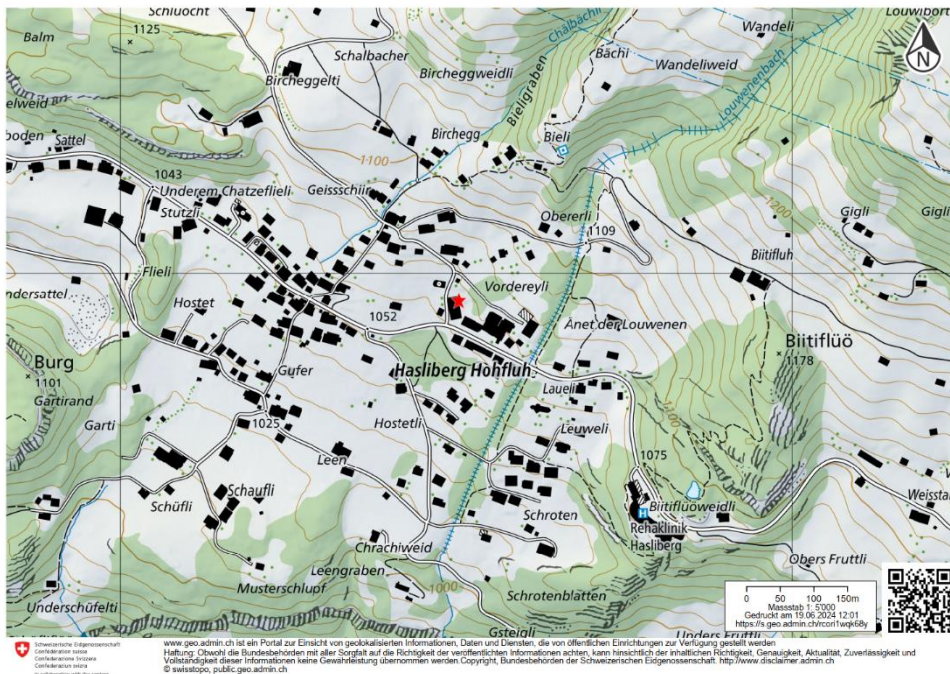


Abbildung 1: Ausschnitt der Landeskarte 1:10'000 mit dem Anlagestandort in Hasliberg-Hohfluh. Rot markiert der vom Anlagebetreiber bevorzugte Standort des Kamins. Quelle: Bundesamt für Landestopografie, swisstopo.



Abbildung 2: Ausschnitt der Landeskarte 1:50'000 mit dem Anlagestandort in Hasliberg-Hohfluh (rot markiert).
Quelle: Bundesamt für Landestopografie, swisstopo.



Abbildung 3: Blick von der Oberdorfstrasse talwärts. Rechts die Kirche, in der Mitte das Gebäude Ahoren 86a, links im Hintergrund das Flachdach der Garage Wehren. Der bevorzugte Kaminstandort ist im Bild an der linken Fassade des Anlagegebäudes Ahoren 86a.



Abbildung 4: Blick vom Dach der Garage Wehren auf den Anlagestandort mit dem Gebäude Ahoren 86a.

3. Anlage und Emissionen

Die Heizzentrale soll über zwei Holzheizkessel mit 450kW und 900kW Nennleistung verfügen. Aufgrund ihrer relativ geringen Grösse fällt die Zentrale bezüglich der Kaminbauhöhe unter Ziffer 4 der Kaminempfehlung des Bundes. Gemäss Ziffer 4.2 und Tabelle 3 dieser Empfehlung muss der Kamin das höchste Hindernis im Umkreis von 50m um mindestens 5m überragen. Die Topographie wird dabei nicht berücksichtigt. Das höchste Hindernis ist demnach der benachbarte Wald, welcher mit 30m Hindernishöhe angesetzt wird. Daher beträgt die Kaminbauhöhe nach dieser Empfehlung 35m ab Baugrund, was einer Absoluthöhe von 1'100m ü.M. entspricht.

In der Modellierung wird die Charakteristik des Anlagebaus und -betriebs soweit möglich berücksichtigt. Jeder Kessel verfügt über einen eigenen Kaminzug. Die Anlage wird ganzjährig betrieben, da sie nur Wärme produziert, ist die Auslastung in der warmen Jahreszeit aber gering. Diese schwankende Auslastung im Jahresverlauf muss in der Modellierung näherungsweise berücksichtigt werden, da sonst nicht relevante Resultate generiert werden.

Vom Anlageplaner wurde dazu eine Prognose des Wärmebedarfes für jeden Monat im Endausbau des Wärmeverbundes erstellt. Diese wurde von uns leicht vereinfacht, um die Anzahl Betriebszustände im Modell zu reduzieren. Die Abweichungen sind dabei so gering, dass sie

keinen Einfluss auf die Interpretation der Resultate haben. Die Auslastung sowie die Abgasdaten für beide Kessel sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 1: Angenommene Auslastung und Abgasdaten der beiden Kessel im Jahresverlauf.

Monat	Kessel 900kW				Kessel 450kW			
	Leistung	Norm.volstrom trocken	Betriebsvol.strom	Abgastemperatur	Leistung	Norm.volstrom trocken	Betriebsvol.strom	Abgastemperatur
		Nm ³ /h bei 11 Vol-% O ₂	m ³ /h	°C		Nm ³ /h bei 11 Vol-% O ₂	m ³ /h	°C
Januar	900	2'130	3'195	110	220	521	781	120
Februar	900	2'130	3'195	110	220	521	781	120
März	850	2'012	3'018	110		-	-	
April	550	1'302	1'953	100		-	-	
Mai		-	-		320	757	1'136	120
Juni		-	-		250	592	888	120
Juli		-	-		250	592	888	120
August		-	-		250	592	888	120
September		-	-		320	757	1'136	120
Oktober	550	1'302	1'953	110		-	-	
November	850	2'012	3'018	100		-	-	
Dezember	900	2'130	3'195	100	220	521	781	120

Der Kamindurchmesser des grossen Kessels beträgt 400mm, was einer Abgasgeschwindigkeit von 7.1m/s bei Volllast entspricht, Beim kleinen Kessel beträgt der Kamindurchmesser 300mm und somit die Abgasgeschwindigkeit 6.3m/s bei Volllast. Werden beide Kessel betrieben, dann wurden die beiden Kamine zu einer Quelle mit einem effektiven Kamindurchmesser von 560mm zusammengefasst. Dies ist im Modell zwingend, da sonst nicht die Abgasfahnenüberhöhung beider Kessel zusammen berechnet wird.

Der Normvolumenstrom trocken der Gesamtanlage beträgt 3'200Nm³/h bei 11 vol-% Rest-O₂. Gemäss Anhang 3, Ziffer 52 und Anhang 1, Ziffer 6 der LRV gelten für Anlagen dieses Typs Emissionsgrenzwerte von 250mg/Nm³ für Stickoxide, sofern die Fracht mehr als 2'500g/h beträgt, und 20mg/Nm³ für Staub. Der Bagatellmassenstrom für Stickoxide würde erst bei einer Konzentration von rund 780mg/Nm³ erreicht. Allerdings kann die Anlage gemäss Anlageplaner im realen Betrieb mit Sicherheit einen Emissionsgrenzwert von 200mg NO_x/Nm³ einhalten. In dieser Modellierung wurde mit diesem spezifischen Emissionsgrenzwert gerechnet.

Bei Volllast betragen die Stickoxidemissionen daher 640g/h, bei Staub 64g/h. Damit sind die Stickoxide klar der kaminhöhenbestimmende Schadstoff (höherer Wert Q/S), daher werden sie als Leitschadstoff der Modellierung verwendet. Damit ergeben sich die Betriebszustände und Emissionen nach Tabelle 2, die in der Modellierung berücksichtigt wurden.

Tabelle 2: Betriebszustände und NO_x-Emissionen (bei 200mg NO_x/Nm³) der Modellierung.

Betriebsmonate		Dez-Feb	März / Nov	April / Okt	Mai / Sept	Juni - Aug
Leistung [kW]	Kessel 1	900	850	550	-	-
	Kessel 2	220	-	-	320	250
Normvolumenstrom	Kessel 1	2'130	2'012	1'302	-	-
[Nm ³ /h]	Kessel 2	521	-	-	757	592
	total	2'651	2'012	1'302	757	592
Betriebsvolumenstrom	Kessel 1	3'195	3'018	1'953	-	-
[m ³ /h]	Kessel 2	781	-	-	1'136	888
	total	3'976	3'018	1'953	1'136	888
Abgastemperatur [°C]		110	110	110	120	120
eff. Kamindurchmesser [m]		0.56	0.4	0.4	0.3	0.3
Abgasgeschwindigkeit [m/s]		4.4	6.7	4.3	4.5	3.5
Emission NO _x [g/h]		530	402	260	151	118

4. Berechnungsmodelle und Eingabedaten

4.1 Massgebliche Verfahren und Modelle

Modell, AUSTAL

Die LRV schreibt für Ausbreitungsberechnungen keine fixen Modelle vor, allerdings wird für Ausbreitungsberechnungen von Schadstoffen auch in der Schweiz das Vorgehen nach Deutscher TA Luft als Standard anerkannt. Mit AUSTAL (Ausbreitung gemäss TA Luft bzw. Richtlinie VDI 3945 Blatt 3) steht auch ein Modell zur Verfügung, welches diesen Vorgaben entspricht.

Die Modellierung erfolgt über den Zeitraum eines repräsentativen Kalenderjahres mit einer Auflösung von 1 Stunde. Wesentliche Inputparameter des Modells sind neben der Charakterisierung der Quellen repräsentative Winddaten im Stundenmittel sowie Angaben zu Hindernissen und Topographie.

Anwendungseinschränkungen, weitergehende Modelle

Gemäss TA Luft gelten für AUSTAL folgende Beschränkungen bezüglich Topographie und baulichen Hindernissen:

1. Topographie: AUSTAL kann nur bis zu einer Steigung des Geländes von 1:5 angewandt werden, sofern wesentliche Einflüsse von lokalen Windsystemen oder anderen meteorologischen Besonderheiten ausgeschlossen werden können.
2. Bebauung: Die immissionsseitig relevanten Aufpunkte müssen sich ausserhalb des unmittelbaren Einflusses von quellennahen Gebäuden befinden.

Wenn diese Anwendungsbedingungen nicht erfüllt sind, muss im Einzelfall entschieden werden, wie die Modellierung vorgenommen wird. Neben AUSTAL stehen dann weitere Modelle zur Immissionsmodellierung zur Verfügung. Es sind dies insbesondere das mikroskalige Windfeldmodell MISKAM, welches zur Beurteilung komplexer Hindernissituationen AUSTAL vorgeschaltet werden kann, und das Programmpaket GRAL/GRAMM des Landes Steiermark¹. GRAMM (Graz Mesoscale Model) ist ein prognostisches, mesoskaliges Windfeldmodell und erlaubt die Berechnung von Windfeldern in ausgeprägter Topographie. Das Programm erfüllt insbesondere die VDI Richtlinie 3783 Blatt 7 „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder“. GRAL (Graz Lagrangian Model) ist wie AUSTAL ein lagrangsches Partikelmodell. Es ist mit einem prognostischen Windfeldmodell für Einzelhindernisse ausgerüstet. GRAL entspricht der österreichischen Richtlinie RVS 04.02.12 und der VDI Richtlinie 3783 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung“.

Qualitätssicherung

Grundsätzlich richtet sich die Modellierung nach den Vorgaben von Anhang 3 „Ausbreitungsrechnungen“ der TA Luft. Weiter werden die Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783 „Qualitätssicherung in der Immissionsprognose“ beachtet.

Modellierung im vorliegenden Fall

Beide der obigen Bedingungen für eine Anwendung von AUSTAL sind vorliegend verletzt:

1. Das Immissionsgebiet liegt in einem Gebiet mit ausgeprägter Topographie, lokale thermische Windsysteme spielen mit Sicherheit eine wichtige Rolle. Winddaten vom Anlagestandort sind zudem nicht vorhanden.
2. Die nächsten Immissionspunkte liegen sehr nahe beim Kamin und im direkten Einflussbereich von Hindernissen (Anlagegebäude, Nachbargebäude, Wald).

Daher wird vorliegend auf das Programmpaket GRAL/GRAMM zurückgegriffen.

4.2 Windfeldmodellierung mit GRAMM

GRAMM (Graz Mesoscale Model) ist ein prognostisches, mesoskaliges Windfeldmodell und erlaubt die Berechnung von Windfeldern in ausgeprägter Topographie. Das Programm erfüllt insbesondere die VDI Richtlinie 3783 Blatt 7 „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder“. Mit GRAMM wird vorgängig für ein grösseres Gebiet eine Bibliothek an Windfeldern berechnet, welche alle Wetterlagen abbilden. Anschliessend wird anhand von gemessenen Winddaten für jede Stunde

¹ Für eine Programmbeschreibung siehe <https://gral.tugraz.at/>

des zu berechnenden Zeitraumes der Ausbreitungsberechnung dasjenige Windfeld ausgewählt, welches am besten auf die gemessenen Daten passt. Aus dieser Auswahl der relevanten Windfelder kann dann auch für jeden Standort des Modellgebietes eine lokale Windrose erzeugt werden.

Die Parameter der Windfeldmodellierung sind:

Programm	GRAMM Version 2022
Rechengebiet	siehe Abbildung 5
West - Ost	2'630'000 – 2'760'000
Süd-Nord	1'130'000 – 1'205'000
Rasterweite horizontal	150m
Rasterweite vertikal	unterster Layer 10m, stretching 1.36, total 21 Zellen
Topographie	DHM25 von swisstopo
Landnutzung	CORINE Land Cover Version 2018
Windrose	15° Winkelauflösung, total 768 Fälle
Anzahl Windfelder	2'832 („sunrise option“)
Relaxationsparameter	0.13

Die Auswahl der Windfelder erfolgte anhand der Daten der Messstationen Meiringen (2'655'844 / 1'175'930), Giswil (2'657'323 / 1'188'976), Brienz (2'647'553 / 1'176'803) und Titlis (2'675'413 / 1'180'406) von MeteoSchweiz für das Jahr 2019 (Wetterdaten im Stundenmittel). Die Auswahl wird über einen Optimierungsprozess vorgenommen, dazu sollten immer Wetterdaten mehrerer Stationen verwendet werden. Die Einstellungen sind in Abbildung 6 ersichtlich.

Neben den Windgeschwindigkeiten werden auch Informationen über die Stabilität der atmosphärischen Schichtung benötigt. Dazu werden die Stabilitätsklassen gemäss Vorgaben von MeteoSchweiz bestimmt². Fehlende Messwerte wurden für Brienz von der Messstation Meiringen und für Giswil von der Messstation Engelberg übernommen. Für die Station Titlis wurde ein vereinfachtes Verfahren für Höhenstationen angewandt.

Insgesamt wurden für die Modellierung 1'129 Windfelder ausgewählt, das häufigste Windfeld macht 3.1% des gesamten Modellierungszeitraums aus.

² Siehe: Tercier Philippe; Climatologie de la dispersion atmosphérique, bilan du rayonnement: paramètre de stabilité atmosphérique; Arbeitsberichte der SMA Nr. 177, Mai 1994.

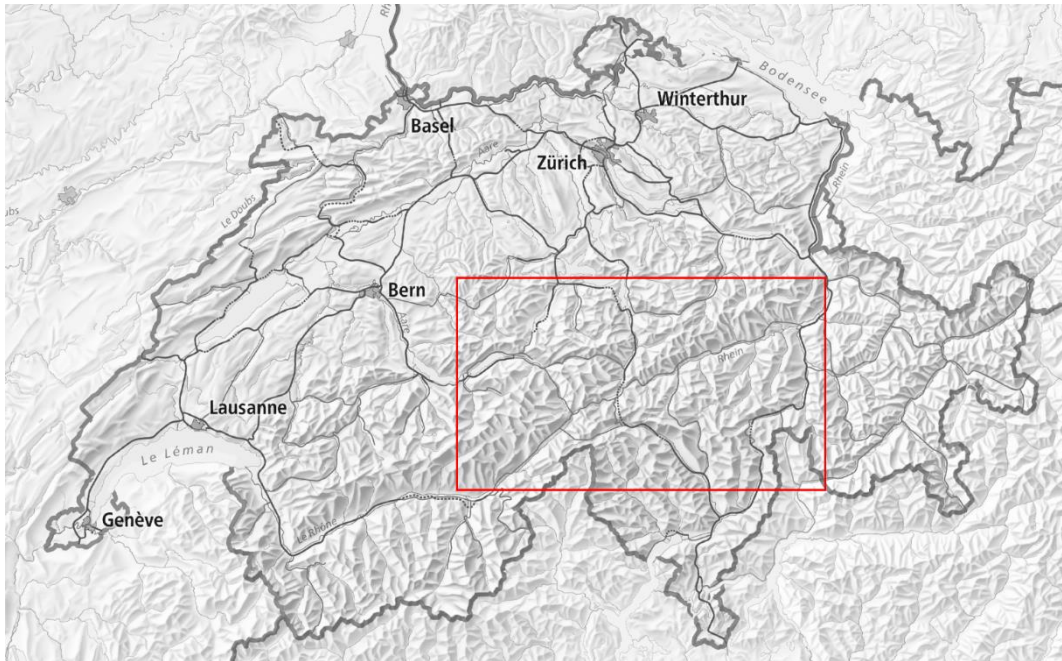


Abbildung 5: GRAMM-Modellgebiet. Quelle Hintergrund: Bundesamt für Landestopographie swisstopo.

Match GRAMM flow fields with multiple meteorological observations

The first meteo station defines the stability classes and the time span

Name	x-coord.	y-coord.	Height(m)	Start	End	Weighting Factor	Direction Factor	Auto Tuning Factor	V 10%	V 20%	V 40%	V 60%	SC 0	SC 1	
Meiringen 2019.met	655844	175930	10	01.01.2019 00:00:00	31.12.2019 00:00:00	1	1		1	1	5	21	41	56	82
Giswil 2019.met	657323	188976	10	01.01.2019 00:00:00	31.12.2019 00:00:00	1	1		1	1	5	20	41	41	70
Brienz 2019.met	647553	176803	10	01.01.2019 00:00:00	31.12.2019 00:00:00	0.5	1		1	1	4	15	30	44	71
Titlis 2019.met	675401	180400	58	01.01.2019 00:00:00	31.12.2019 00:00:00	2	4		1	1	7	26	49	27	56

Optimization settings

☐ Vectorial ☐ Remove outliers ☐ 3 x 3 average vector

☒ Components ☒ SC1/7 higher weighting

Concatenation % Reduce situations %

Used situations: 1129

Automatic Tuning

☐ V ☐ C ☐ I

Iterations Auto start

Repeat

Abbildung 6: Einstellungen in GRAMM für den MTO-Optimierungsprozess.

4.3 Ausbreitungsberechnung mit GRAL

Auf der Basis der Windfeldmodellierung wird eine Immissionsprognose mit GRAL (Graz Lagrangian Model) durchgeführt. Mit GRAL werden die Immissionen in einem feineren Raster für jedes ausgewählte Windfeld berechnet. Neben der Eingabe der Emissionen können Einzelhindernisse (Bebauung, Bewuchs) eingegeben werden. Zudem kann die Topographie im

feineren Raster von GRAL neu eingegeben werden, so dass die Diskretisierungseffekte von GRAMM gemindert werden können.

Die Eingabeparameter für die Modellierung in GRAL sind:

Programm	GRAL V23.11
Rechengebiet	Abbildung 7
West - Ost	2'656'370 – 2'656'620
Süd-Nord	1'177'820 – 1'178'070
Rasterweite horizontal	2m, 1m für interne Umströmung
Raster vertikal	Auflösung 1m bis 65m, darüber gestreckt; total 150 Zellen
Höhendaten	swissALTI3D von swisstopo
Bodennutzung	aus GRAMM übernommen
Hindernisse	siehe Abbildung 7 und Abbildung 8
Bauten	Bestehend: Grundrisse gemäss AV, Höhe gemäss LIDAR-Daten des Kantons. Ausnahme: Ahoren 97c und 98d, Höhe nach Bildmaterial abgeleitet. Neubauten nach Angaben des Auftraggebers.
Bewuchs	Laubwald mit Höhe 25m Höhe abgeleitet aus Angaben Landesforstinventar
Quellen	Siehe Tabelle 2 Kaminhöhen 1'080 bis 1'100m ü.M. in 5m-Schritten
Freisetzungsrate	Total 400 Teilchen pro Sekunde und Szenario, entspricht 1mg NO _x pro Teilchen
Berechnungsart	Zeitreihenstatistik

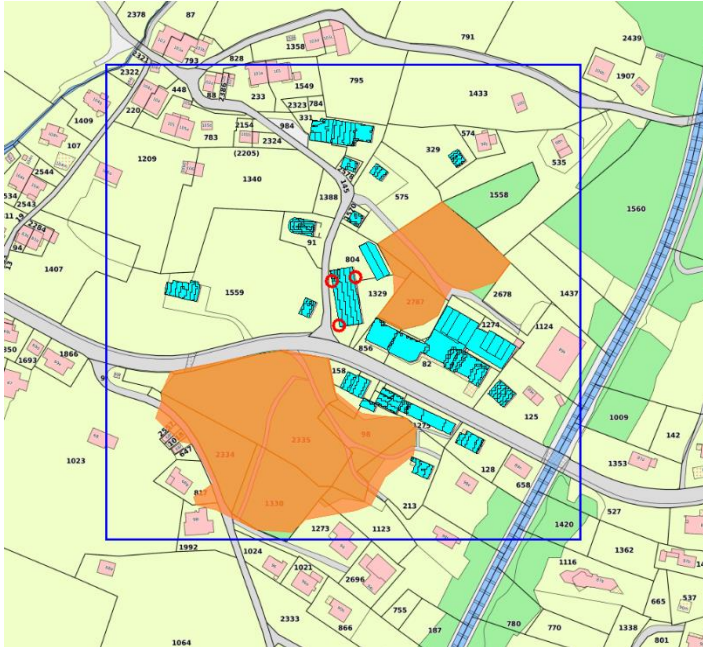


Abbildung 7: Modellgebiet von GRAL (blau umrandet) mit explizit berücksichtigten Gebäuden (hellblau), berücksichtigtem Bewuchs (orange) und Lage der drei beurteilten Kaminstandorte (rot). Quelle Hintergrund: Amtliche Vermessung Kanton Bern, geodienste.ch.



Abbildung 8: 3D-Ansicht aller explizit berücksichtigten Bauten. Quelle Hintergrund: Amtliche Vermessung Kanton Bern, geodienste.ch.

5. Lokalmeteorologie

Entscheidend für die Ausbreitungsberechnung ist eine korrekte Erfassung der lokalmeteorologischen Situation. Diese umfasst zwei Teile: erstens die Betrachtung der lokalen Kaltluft, welche oft einen dominanten Einfluss auf die Ausbreitung hat und zweitens die Erstellung einer Jahreswindrose, welche als Eingabe für die Ausbreitungsberechnung benötigt wird.

5.1 Lokale Kaltluft

Lokale Kaltluft ist ein häufiges lokalmeteorologisches Phänomen in Gebieten mit ausgeprägter Topographie. Sie entsteht an warmen und windschwachen Tagen abends oder nachts, wenn sich die bodennahen Luftschichten schneller abkühlen als die darüber liegende Luft. Die kalte Luft fliesst dann der Hangneigung folgend ins Tal, wo sie sich zu grösseren Talwinden sammeln kann oder als Kaltluftsee liegen bleibt. Kaltluftabflüsse zeichnen sich durch geringe Windgeschwindigkeiten, sehr stabile Luftschichtungen und eine nahezu ungestörte („laminare“) Strömung aus. Werden Gerüche oder Schadstoffe in einen Kaltluftabfluss eingespiessen, verdünnen sie sich in der Luft kaum und können daher über weite Distanzen höhere Immissionen verursachen.

Eine Grobbeurteilung erfolgt auf Basis einer Modellrechnung mit dem Programm KLAM_21 des DWD (Version 2.012), einem zweidimensionalen Simulationsmodell zur Bestimmung von Kaltluftflüssen und Kaltluftansammlungen³. Die wesentlichen Inputparameter sind Höhendaten und Angaben zur Flächennutzung. Als Höhendaten wird der Datensatz DHM25 von swisstopo verwendet, die Flächennutzung basiert auf dem Corine Landnutzungskataster. Unser Grobbeurteilungsmodell wird anhand von Messstationen von MeteoSchweiz validiert⁴. Landnutzung und Kaltluft sind in Abbildung 9 bis Abbildung 15 dargestellt.

Abbildung 10 bis Abbildung 13 zeigen die berechneten Flüsse in einem grösseren Ausschnitt. Deutlich sichtbar ist, wie sich an den Abhängen des Haslibergs rasch klare Kaltluftabflüsse ausbilden, welche entlang von Tobeln und Bachverläufen leicht kanalisiert werden. In bewaldeten Gebieten bleiben die berechneten Windgeschwindigkeiten relativ tief, im offenen Gelände um die Siedlungen von Hasliberg nimmt die Windgeschwindigkeit dann stark zu. Die Kaltluflhöhen bleiben gering (im offenen Gelände weniger als 10m), da die Kaltluft im steilen Gelände rasch abfliesst. Abbildung 14 und Abbildung 15 zeigen dann den Detailausschnitt von Hasliberg-Hohfluh in höherer Auflösung. Gemäss der Berechnung kommt die Kaltluft am Standort fast aus Norden.

Folgendes gilt es bei der Berechnung zu beachten:

- Ab einer Stunde nach Sonnenuntergang bleibt die Kaltluftsituation konstant, es kommt einzig noch zu einem Ansteigen der Kaltluft im Talgrund. Dies ist ein modellbedingter Effekt und entspricht nicht ganz der Realität. Im Modell verändert sich die Kaltluftproduktion im

³ Sievers, Uwe: Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21: theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells; Offenbach am Main; Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes; 2005 (Berichte des Deutschen Wetterdienstes 227).

⁴ Bergamin, Luzi und Schneider, Sina: Grobbeurteilung der Kaltluft mit dem Modell KLAM_21, KBP Bericht 4974, 2020, <http://ecolot.ch/referenzen/#publikationen>.

Verlaufe der Nacht nicht. In Wirklichkeit nimmt sie im Verlaufe der Nacht ab, da der Temperaturgradient zwischen Boden und Luft sinkt.

- Die ausgewiesenen Windgeschwindigkeiten im offenen Gelände am Hasliberg werden im Modell sehr hoch (mehrere Meter pro Sekunde). Das Modell überschätzt hier die Windgeschwindigkeiten offensichtlich. Dies liegt auch daran, dass die Kaltluftproduktion überschätzt wird. Im Modell herrscht über der Kaltluftschicht immer Windstille, was für Voralpengipfel mit Höhen bis gut 2'000m ü.M. offensichtlich keine korrekte Annahme ist. Weiter werden grosse Gebiete als "unversiegelte Freiflächen" ausgewiesen, die Rauigkeitslänge ist hier entsprechend gering. In Wirklichkeit sind hier aber lockerer Bewuchs und lockere Bebauung vorhanden, was die Kaltluftluft abbremst.

Insgesamt kann daher davon ausgegangen werden, dass die Kaltluftfliessrichtungen richtig reproduziert werden, die Windgeschwindigkeiten werden aber überschätzt, die Kaltluflhöhen dabei wohl eher unterschätzt.

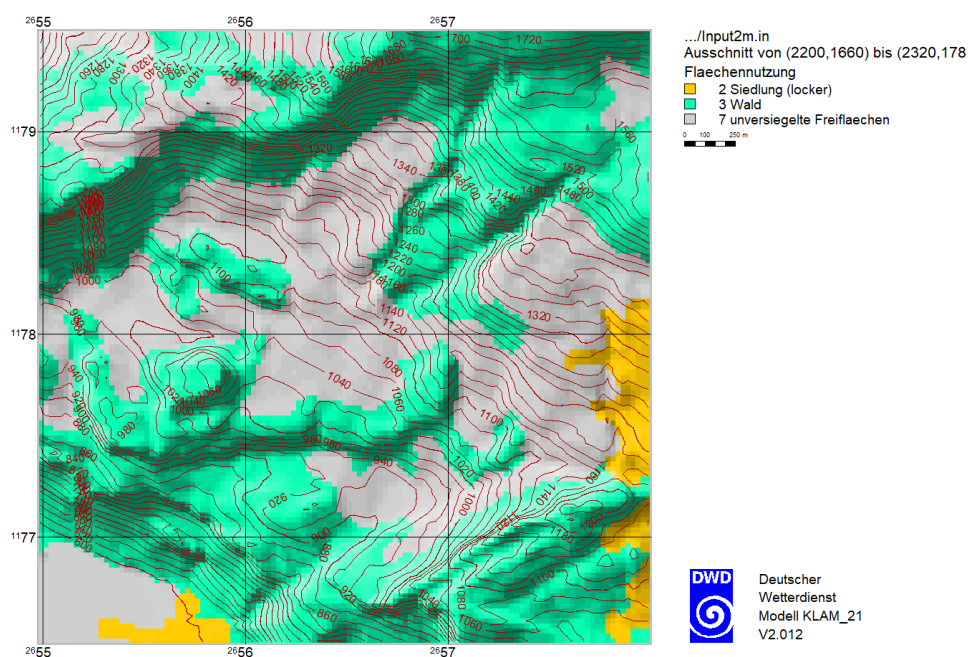


Abbildung 9: Landnutzung in KLAM_21 vom Anlagestandort (Bildmitte, Koordinaten 2'656'500 / 1'177'960) und seiner Umgebung. Achsenbeschriftung: Koordinaten CH 1903+, Bsp.: 26 57=2'657'000.

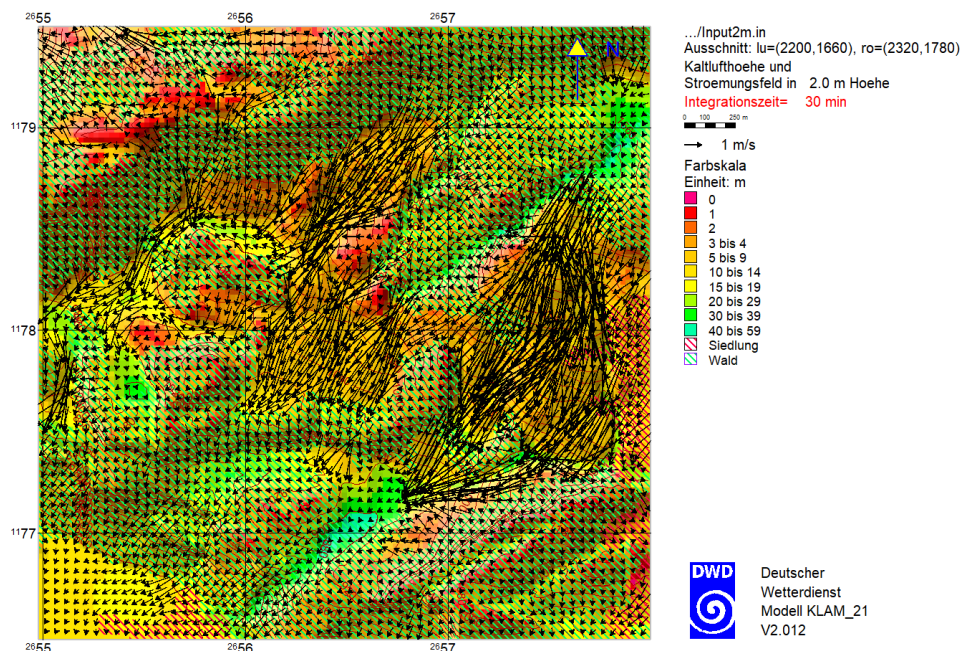


Abbildung 10: Kaltluftmodellierung vom Anlagestandort (Bildmitte) und seiner Umgebung 30 Minuten nach Sonnenuntergang. Auflösung: Pfeile 50m, Kaltluflthöhe 25m. Achsenbeschriftung: Koordinaten CH 1903+, Bsp.: 26 57=2'657'000.

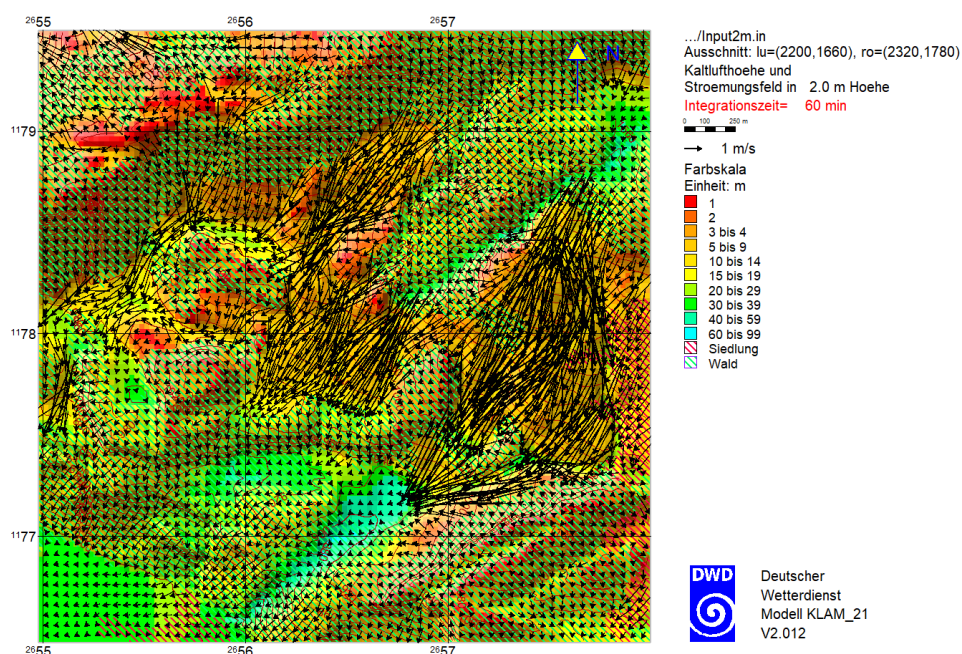


Abbildung 11: Kaltluftmodellierung vom Anlagestandort (Bildmitte) und seiner Umgebung 1 Stunde nach Sonnenuntergang. Auflösung: Pfeile 50m, Kaltluflthöhe 25m. Achsenbeschriftung: Koordinaten CH 1903+, Bsp.: 26 57=2'657'000.

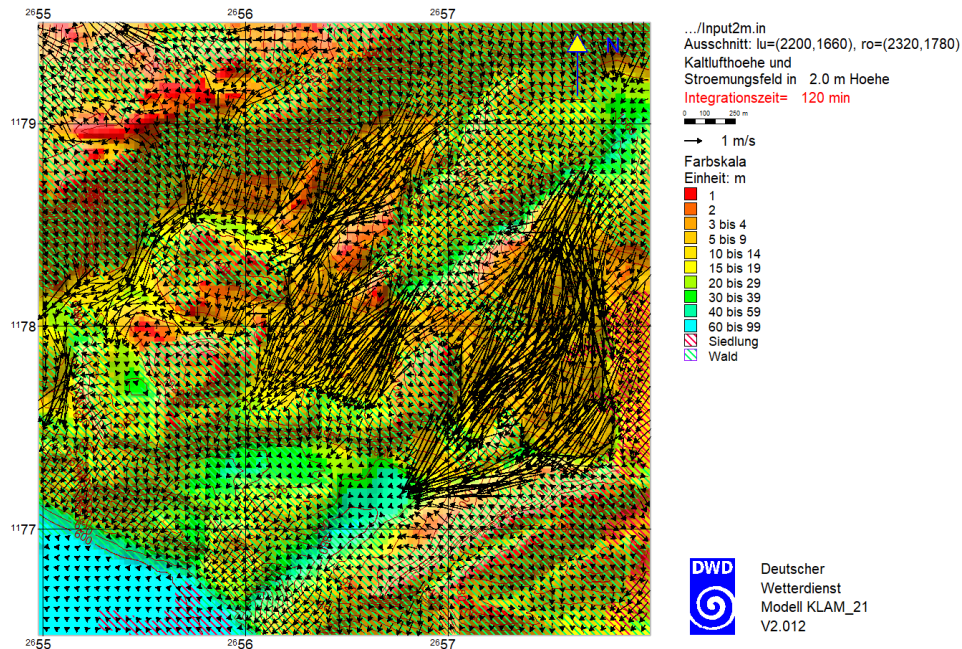


Abbildung 12: Kaltluftmodellierung vom Anlagestandort (Bildmitte) und seiner Umgebung 2 Stunden nach Sonnenuntergang. Auflösung: Pfeile 50m, Kaltfluthöhe 25m. Achsenbeschriftung: Koordinaten CH 1903+, Bsp.: 26 57=2'657'000.

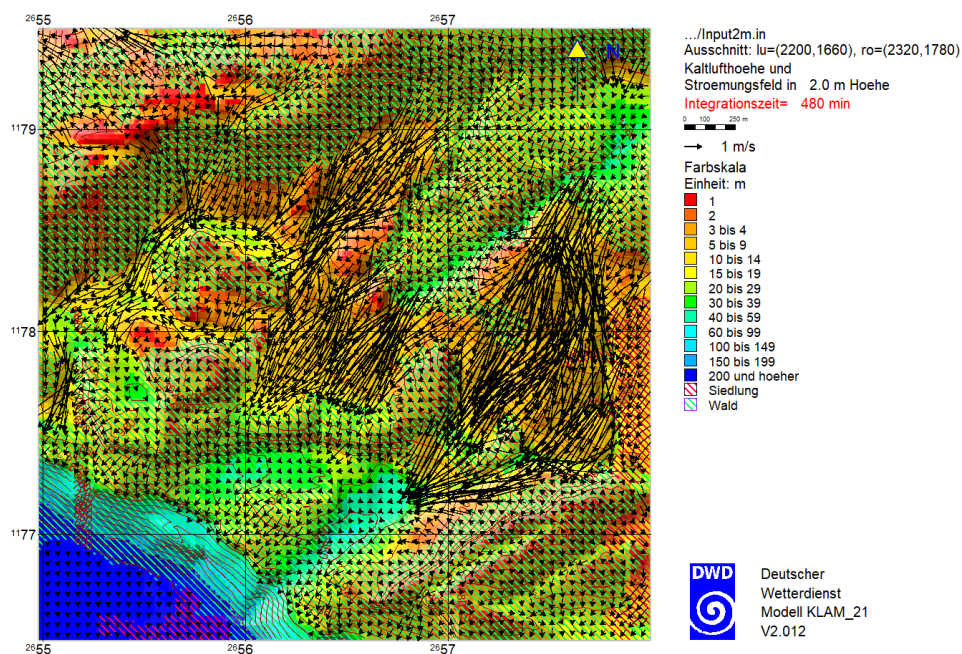


Abbildung 13: Kaltluftmodellierung vom Anlagestandort (Bildmitte) und seiner Umgebung 8 Stunden nach Sonnenuntergang. Auflösung: Pfeile 50m, Kaltfluthöhe 25m. Achsenbeschriftung: Koordinaten CH 1903+, Bsp.: 26 57=2'657'000.

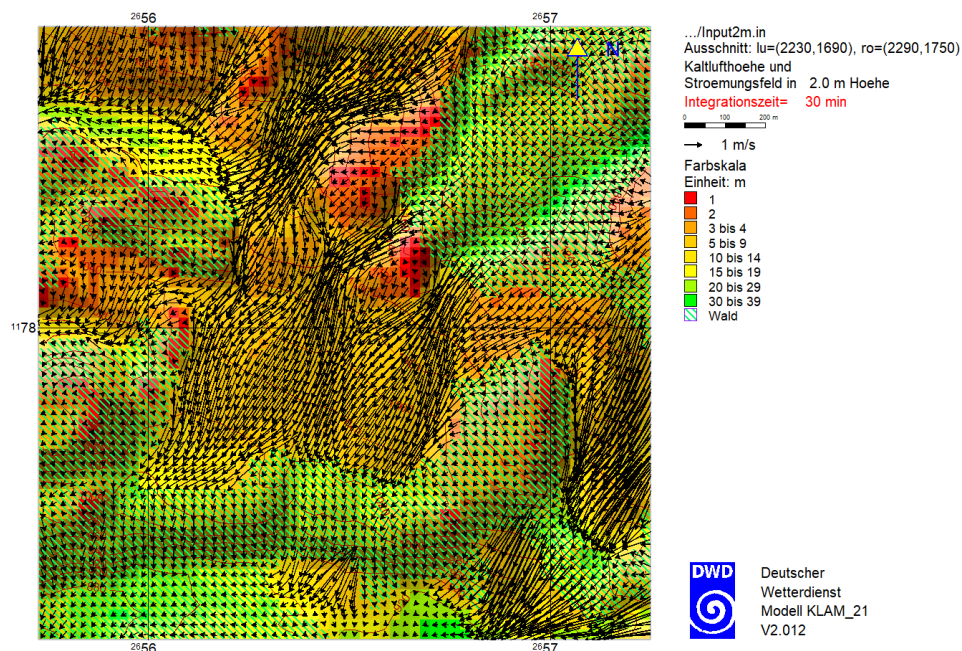


Abbildung 14: Kaltluftmodellierung vom Anlagestandort (Bildmitte) und seiner Umgebung 30 Minuten nach Sonnenuntergang. Auflösung: Pfeile und Kaltluflthöhe 25m. Achsenbeschriftung: Koordinaten CH 1903+, Bsp.: 26 57=2'657'000.

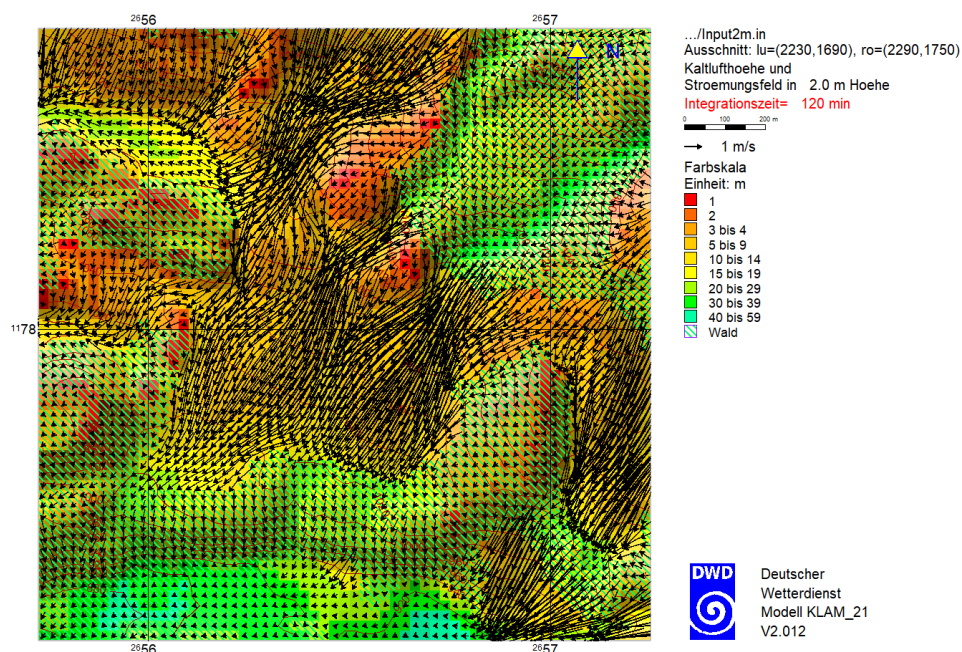


Abbildung 15: Kaltluftmodellierung vom Anlagestandort (Bildmitte) und seiner Umgebung 2 Stunden nach Sonnenuntergang. Auflösung: Pfeile und Kaltluflthöhe 25m. Achsenbeschriftung: Koordinaten CH 1903+, Bsp.: 26 57=2'657'000.

5.2 Windrose des Anlagestandortes

Die Kaltluftmodellierung zeigt einzig auf, mit welchen Verhältnissen bei ausgeprägter Kaltluftbildung zu rechnen ist. Sie macht aber keine Aussage darüber, wie häufig derartige Wetterlagen auftreten. Für die Immissionsmodellierung muss eine Windrose des Standortes gebildet werden, welche die Windverhältnisse über ein ganzes Kalenderjahr im Stundenmittel abbildet. Diese wird mit dem Modell GRAMM erstellt.

Die Standortsituation ist für Berechnung einer Windrose mit GRAMM herausfordernd. Es liegen keine Winddaten vom Anlagestandort oder einem ähnlich exponierten Standort in der Umgebung vor. Deshalb musste das Windgeschehen aus Winddaten von Talstationen (Meiringen, Brienz, Giswil) sowie der Höhenstation auf dem Titlis abgeschätzt werden. In diesen Messdaten fehlt die Information, inwiefern der Anlagestandort noch in den Einflussbereich typischen Windgeschehens im Tal gelangt. Dazu gehören einerseits die thermischen Windsysteme, andererseits aber auch der mögliche Föhneinfluss. Entsprechend ist die Modellierung mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Abbildung 16 zeigt den Vergleich der gemessenen und modellierten Windrose am Standort Meiringen. Grundsätzlich wird die Kanalisierung entlang des Talverlaufs korrekt abgebildet, allerdings ist sie im Modell etwas weniger stark als in der Messung. Zudem werden die Windgeschwindigkeiten der Talabwinde konsequent unterschätzt. Die Talabwinde enthalten im Wesentlichen zwei Komponenten: Die nächtlichen Talabwinde der Kaltluft und der Föhn.

Die Talabwinde sind im Modell in ihrer Häufigkeit gut reproduziert, die Windgeschwindigkeit ist etwas zu tief. Dies dürfte daran liegen, dass GRAMM den thermischen Einfluss von Seen nicht ausreichend reproduzieren kann. Nachts wird die Windgeschwindigkeit im Durchschnitt um weniger als 0.5m/s unterschätzt.

Der Föhn ist im Modell nur ungenügend vertreten, die hohen Windgeschwindigkeiten treten nicht auf. Hier ist das Modell offensichtlich mit einem speziellen Wetterphänomen überfordert. Entsprechend werden die Windgeschwindigkeiten tagsüber im Schnitt um gut 0.5m/s unterschätzt.

Abbildung 17 zeigt den Vergleich der gemessenen und der modellierten Windrose am Standort Titlis. Deutlich sichtbar ist, dass die Hauptwindrichtungen auf dem Titlis korrekt reproduziert werden, wobei die Kanalisierung bei Westwind zu stark ausfällt. Einzig ein kleiner Anteil von Winden aus Nordosten fehlt im Modell.

Deutlich unterschätzt werden aber die Windgeschwindigkeiten. Dies ist ein bekanntes Phänomen dieser Art von Windfeldmodellierungen, es handelt sich zum grössten Teil um einen Diskretisierungseffekt. Die Auflösung beträgt im Modell 150m horizontal, daher können steile

Berggipfel nicht korrekt reproduziert werden. Das Höhenmodell wird dadurch zu flach, die Station zu wenig exponiert. Dies führt zu einer systematischen Unterschätzung der Windgeschwindigkeiten. Die Windrose sollte daher schwergewichtig aufgrund der Windrichtungen beurteilt werden.

Auch der Anlagestandort liegt an einem steilen Hang. Für die Darstellung des modellierten Windgeschehens wurden drei Rasterflächen mit den Koordinaten (Mittelpunkte der Rasterfläche) 2'656'400 / 1'177'900, 2'656'550 / 1'177'900 und 2'656'550 / 1'178'050 ausgewertet. Diese drei Windrosen sind in Abbildung 18 (Aufteilung nach Windgeschwindigkeiten) und Abbildung 19 (Aufteilung nach Stabilitätsklassen) dargestellt.

Hauptwindrichtung am Standort sind demnach eindeutig Winde aus Norden bis Nordosten. Ein wesentlicher Teil dieser Winde wird durch die nächtliche Kaltluft verursacht, nachts kommen fast 60% der Winde aus den Sektoren N, NNE und NE. Tagsüber ist die Windrose viel breiter verteilt. Hauptwindrichtung ist dann die Bise, welche über den Brünig kommt (Sektor NW mit 14.4% Anteil), relativ häufig sind aber auch Winde aus Süd-Südwest bis West bei meist instabiler Schichtung der Atmosphäre. Dies sind die Hangaufwinde, das thermische Gegenstück zur nächtlichen Kaltluft.

Insgesamt erscheinen die Windrosen stimmig, wobei aufgrund der Daten der Messstation Meiringen klar ist, dass Winde aus Osten (Föhn) unterschätzt werden. Da die heiklen Immissionspunkte aber östlich der Anlage liegen, hat dies auf die Beurteilung kaum einen Einfluss. Insgesamt sind gegenüber Standorten in Tallage die Unsicherheiten der Windrose klar höher. Dies muss in der Beurteilung berücksichtigt werden.

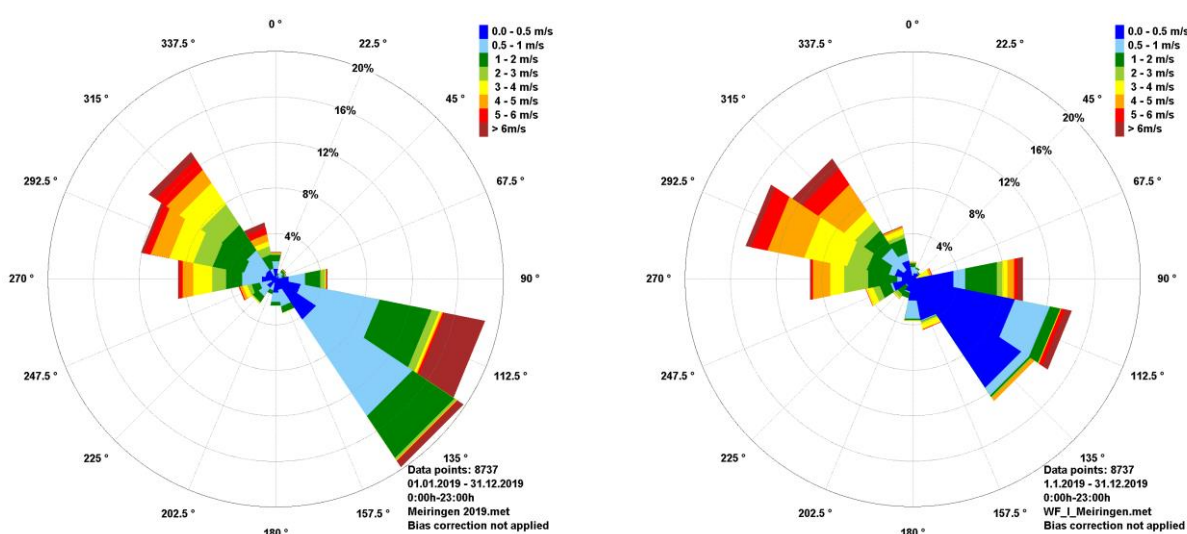


Abbildung 16: Vergleich der gemessenen (links) und modellierten (rechts) Windrose für den Messstandort Meiringen. Aufteilung nach Windgeschwindigkeit (blau niedrig, rot hoch).

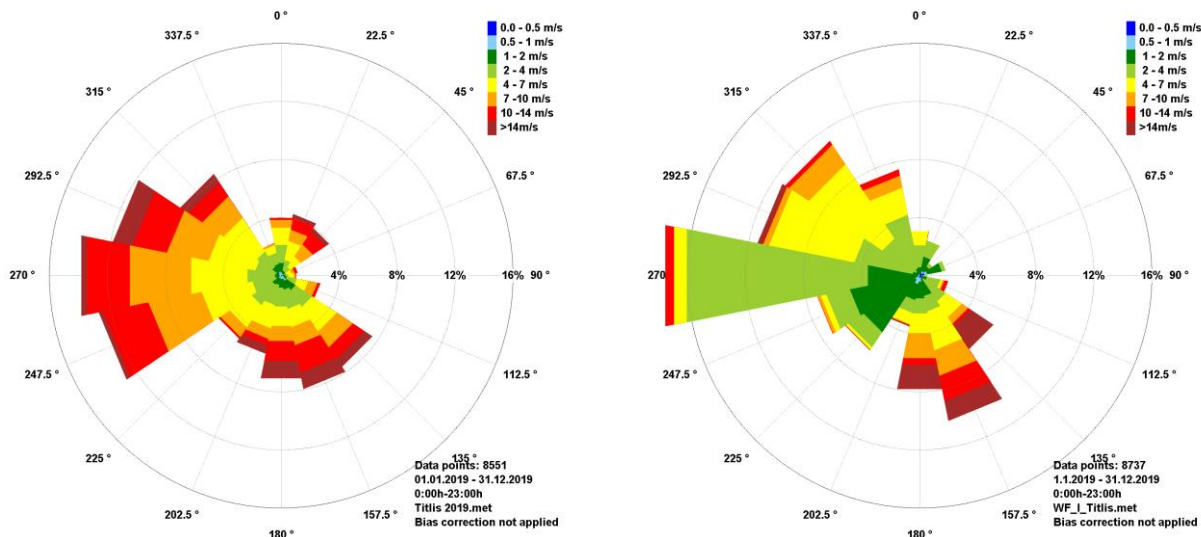


Abbildung 17: Vergleich der gemessenen (links) und modellierten (rechts) Windrose für den Messstandort Titlis. Aufteilung nach Windgeschwindigkeit (blau niedrig, rot hoch).



Abbildung 18: Windrosen auf drei benachbarten Rasterflächen von GRAMM um den Anlagestandort. Aufteilung nach Windgeschwindigkeit (blau niedrig, rot hoch). Quelle Hintergrund: Amtliche Vermessung des Kantons Bern, geodienste.ch.

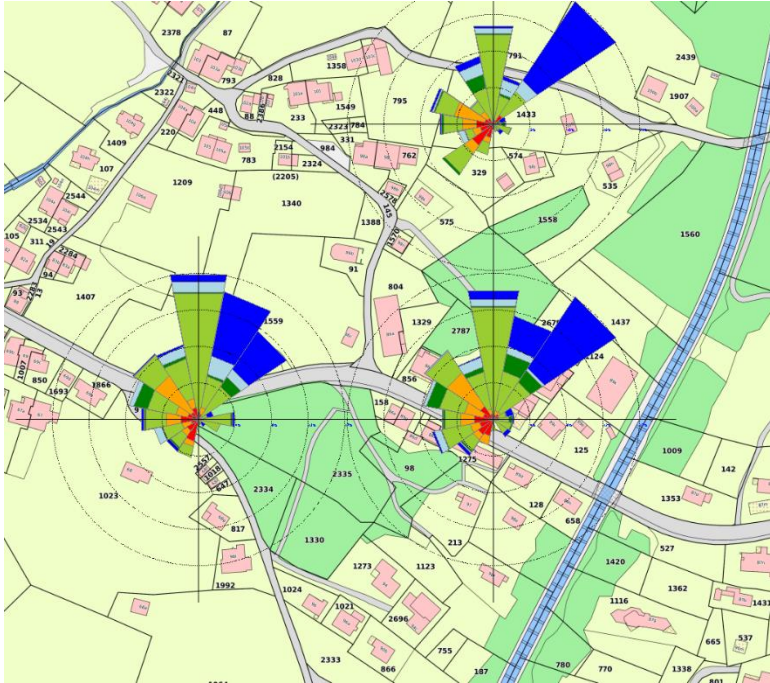


Abbildung 19: Windrosen auf drei benachbarten Rasterflächen von GRAMM um den Anlagestandort. Aufteilung nach Stabilitätsklassen (blau stabil, grün neutral, rot instabil). Quelle Hintergrund: Amtliche Vermessung des Kantons Bern, geodienste.ch.

6. Resultate der Ausbreitungsberechnung

6.1 Beurteilungsgrundlagen

Die Auswertung der Modellierung erfolgt einerseits anhand der Immissionsgrenzwerte nach Anhang 7 LRV, andererseits nach den Vorgaben der Kaminhöhenbestimmung in Anhang 6 LRV.

Die LRV definiert in Anhang 7 folgende Immissionsgrenzwerte (IGW) für Stickstoffdioxid (NO_2):

Tabelle 3: Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid nach Anhang 7 der LRV.

30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahresmittelwert
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 % der $\frac{1}{2}$ -h-Mittelwerte eines Jahres unter dem Grenzwert
80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden

Bei der Beurteilung der Ausbreitungsberechnung anhand dieser Immissionsgrenzwerte ergeben sich zwei Schwierigkeiten:

Erstens beziehen sich die IGW auf die Gesamtbelastung, beurteilt werden aber nur die Immissionen aus einer Anlage. Klar ist, dass eine einzelne Anlage keine Immissionen

verursachen darf, welche über den IGW liegen (Art. 9 LRV). Im Rahmen einer Einzelfallbeurteilung besteht aber mit Sicherheit kein Anspruch darauf, dass eine Kaminbauhöhe soweit reduziert werden kann, dass die Anlage alleine bereits den IGW ausschöpft. Zusammen mit der Hintergrundbelastung (insbesondere Strassenverkehr und andere Feuerungen in der Nähe) würden so nämlich in Summe übermässige Immissionen resultieren. Bei Anlagen mit überdurchschnittlichen Emissionen ist gemäss Bundesgericht ein solches Vorgehen explizit nicht zugelassen.

Es liesse sich argumentieren, dass die Kaminbauhöhe so gewählt werden muss, dass im konkreten Fall unter Berücksichtigung der Hintergrundbelastung keine übermässigen Immissionen auftreten. Allerdings entspricht ein solches Vorgehen kaum der Intention der LRV und der Rechtsprechung des Bundesgerichts. Es ist aber auch praktisch nicht durchführbar, da die Hintergrundbelastung nur im Jahresmittel über Messwerte von Passivsammlern und grossflächigen Modellierungen näherungsweise bekannt ist. Kurzzeitbelastungen wie das maximale Tagesmittel oder das 95-Perzentil sind am Standort schlicht nicht bekannt. Selbst wenn solche gemessen würden, dürfte die Zusatzbelastung einer neuen Anlage nicht einfach zu einem bestehenden Messwert addiert werden, ein solches Vorgehen wäre statistisch nicht korrekt.

Die LRV macht damit im konkreten Fall keine klaren Aussagen, bis zu welchem Ausmass die Immissionen der Einzelanlage toleriert werden können. Der Entscheid liegt im Ermessen der Vollzugsbehörden.

Die zweite Schwierigkeit betrifft den Schadstoff selber. Emissionsseitig werden die gesamten Stickoxide erfasst, die Immissionsgrenzwerte beziehen sich aber nur auf Stickstoffdioxid (NO_2). Feuerungen emittieren grösstenteils NO. Dieses oxidierte in der Luft zu NO_2 . Der Oxidationsvorgang ist komplex und hängt von diversen Parametern wie Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung oder Ozonbelastung ab. Die Halbwertszeit von NO beträgt je nach Umständen zwischen wenigen Minuten und mehreren Stunden. Da dieser Prozess im Modell nicht mit ausreichender Sicherheit nachgebildet werden kann, werden die gesamten Stickoxide modelliert und deren Gesamtimmission abgebildet.

Angesichts der kurzen Transmissionsdistanzen liegt im vorliegenden Fall der Anteil von NO_2 an der Gesamtimmission in den Gebieten mit hoher Zusatzbelastung sicher nahe beim Wert der Emission. Im Rauchgas liegt auf jeden Fall mehr als 90% des NO_x als NO vor. Hier wird angenommen, dass rund 10% der Immissionen als NO_2 vorliegen.

Im Gegensatz zu Anhang 7 LRV stützt sich die Kaminhöhenberechnung nach Anhang 6 LRV auf die Immissionen der gesamten Stickoxide. Hier wird für die Einzelanlage eine Kurzzeit-Immission von $100\mu\text{g NO}_x/\text{m}^3$ als maximal akzeptabler Wert definiert (S-Wert).

6.2 Auswertung der Ausbreitungsberechnung

Es wurden insgesamt drei Kaminstandorte modelliert: der vom Anlagenbetreiber bevorzugte Standort an der Ostfassade, ein Kamin genau gegenüber diesem Standort an der Westfassade sowie der aus lufthygienischer Sicht beste Standort an der Südecke des Gebäudes. Grundsätzlich wurden Kaminbauhöhen zwischen 1'080m und 1'100m ü.M. berechnet, wobei an den Alternativstandorten nicht alle Höhen ausgewertet wurden.

Für alle berechneten Szenarien und alle Auswertungsarten sind die jeweiligen Maxima im gesamten Modellierungsgebiet in Tabelle 4 zusammengestellt. Deutlich sichtbar ist, dass der Kaminstandort mittig der Westfassade gegenüber den anderen schlecht abschneidet. Wie zu erwarten, sind die Immissionen bei einem Kamin an der Südecke des Hauses am niedrigsten.

Tabelle 4: Zusammenstellung der maximalen Zusatzbelastung im Modellierungsgebiet für alle Szenarien und alle Auswertungsarten.

Kaminbauhöhe m ü.M.	Immissionen 3m über Grund [$\mu\text{g NOX}/\text{m}^3$]								
	Ostfassade			Westfassade Mitte			Westfassade Südecke		
	Mittel	Tagesmax	95 Perzentil	Mittel	Tagesmax	95 Perzentil	Mittel	Tagesmax	95 Perzentil
1080	25	97	105	22	302	133	7.9	44	40
1085	10	51	51	22	304	134	5.3	23	29
1090	5.9	31	28	9.6	49	44	3	13	16
1095	3.2	14	14						
1100	2	12	10						

Die Tabelle gibt einzig die Maximalwerte für jedes Szenario und jede Auswertungsart an. Sie sagt aber nichts darüber aus, wo diese Maxima auftreten und wie gross der Bereich ist, in welchem ähnlich hohe Immissionen zu erwarten sind. Dazu müssen die Belastungskarten dargestellt werden.

Obwohl wir davon ausgehen, dass die Immissionen bei einem Kamin an der Westfassade mittig gegenüber dem Standort Ostfassade überschätzt werden, ist doch klar, dass dieser Kaminstandort ungünstig ist. Da er auch betrieblich keine Vorteile bringt, werden davon keine Belastungskarten gezeigt.

Dargestellt werden in den Belastungskarten wie in Tabelle 4 die Immissionen der gesamten Stickoxide. Die Farbskala wird dabei immer so gewählt, dass die höchste Farbstufe erreicht wird, wenn die von der Anlage verursachte Zusatzbelastung der gesamten Stickoxide den Grenzwert nach Anhang 7 LRV für Stickstoffdioxid überschreitet. Gemäss dieser Skala sind für die Kaminbauhöhen 1'095m und 1'100m ü.M. keine nennenswerten Immissionen mehr vorhanden, diese Belastungskarten werden daher nicht gezeigt.

6.2.1 Belastungskarten für den Standort Ostfassade

Abbildung 20 bis Abbildung 25 zeigen die Zusatzbelastungen für diverse Kaminbauhöhen und Auswertungsarten bei Kaminstandort an der Ostfassade. Nicht dargestellt sind die Belastung im Jahresmittel bei Kaminbauhöhe 1'085m ü.M. sowie Jahresmittel und 95 Perzentil bei Kaminbauhöhe 1'090m ü.M., da hier nur auf vereinzelter Rasterflächen noch Immissionen ausgewiesen werden.

Die höchsten Immissionen werden durchwegs im Bereich des Flachdachs der Garage Wehren berechnet, wobei vereinzelter Rasterflächen wesentlich höhere Immissionen ausweisen als die benachbarten. Dies ist teilweise ein Diskretisierungseffekt, da das Flachdach im Modell diverse Höhenunterschiede ausweist. Zusammen mit der Auswertung, welche den Bereich 2m bis 4m über Boden (Höhe gemäss swissalti3D von swisstopo) abdeckt, führt dies zu einer von Rasterfläche zu Rasterfläche sehr unterschiedlichen Auswertung.

Folgende Aussage scheint uns bezüglich der ausgewiesenen Immissionsmaxima daher gerechtfertigt: Es muss damit gerechnet werden, dass insbesondere auf der Parzelle 82 (Ahoren 97a und 97c) Immissionen in der Höhe der ausgewiesenen Maxima nach Tabelle 4 auftreten können, dies aber lokal eng begrenzt und nicht systematisch.

Abgesehen von diesen vereinzelter hohen Immissionen ist klar sichtbar, dass bei einer Kaminbauhöhe von 1'080m ü.M. die Abgase bei Winden aus Westen in gewissen Fällen nicht gut abströmen können. Dies führt zu relativ hohen Werten beim maximalen Tagesmittel. Insgesamt sind diese Fälle im Modell aber selten, beim 95 Perzentil sind die Immissionen nördlich des Gebäudes Ahoren 97c kaum erhöht.

Gemessen am IGW wie auch am S-Wert nach Anhang 6 LRV erscheinen die Immissionen aber auch bei einer Kaminbauhöhe von 1'080m ü.M. nicht besonders hoch. Die berechneten Immissionen des 95 Perzentils liegen bis auf eine einzige Rasterfläche klar unterhalb des S-Wertes⁵ (der Wert der zweithöchsten Rasterfläche beträgt 82µg NOX/m³). Geht man angesichts der extrem kurzen Transmissionsdistanz davon aus, dass rund 10% der Immissionen als NO₂ vorliegen, dann liegen die Immissionen auch beim maximalen Tagesmittel nur auf drei Rasterflächen über 10% des IGW.

Bei einer Kaminbauhöhe von 1'085m ü.M. liegen die berechneten Immissionen bei allen Auswertungsarten auf jeden Fall klar unter 10% des IGW, der S-Wert als maximale Kurzzeitimmission im Sinne von Anhang 6 LRV wird sicher nicht erreicht.

⁵ Umfangreiche Testrechnungen haben ergeben, dass für Immissionsprognosen mit GRAL folgende Aussage als gültig betrachtet werden kann: Liegen die Immissionen beim 95 Perzentil über dem S-Wert, dann darf nicht davon ausgegangen werden, dass der S-Wert als maximale Kurzzeitimmission im Sinne von Anhang 6 LRV eingehalten wird.

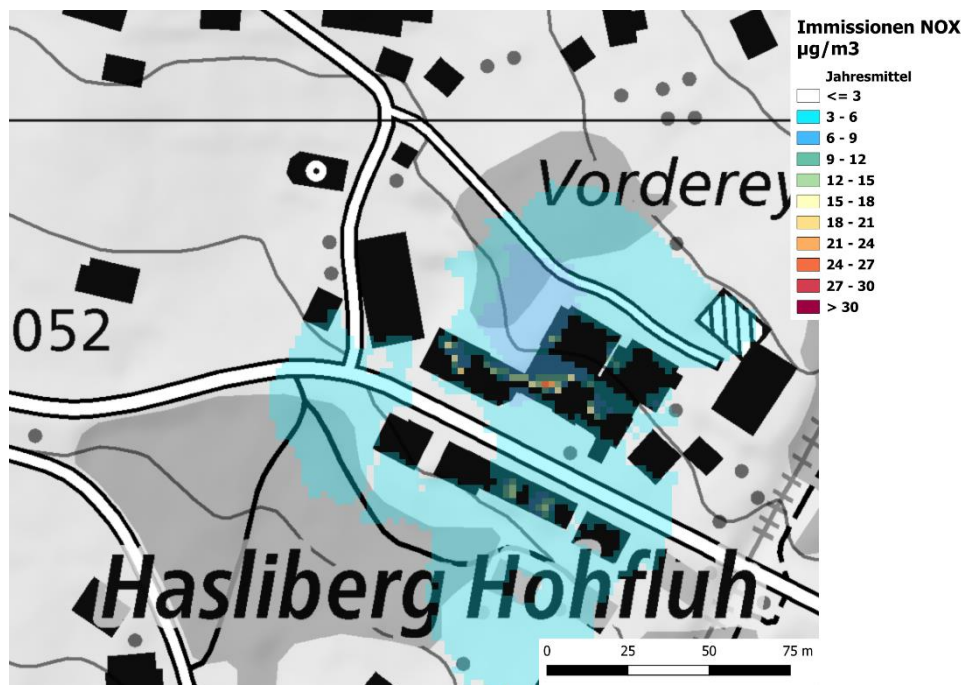


Abbildung 20: Zusatzbelastung im Jahresmittel. Kaminstandort Ostfassade, Kaminbauhöhe 1080m ü.M. Quelle Hintergrund: Bundesamt für Landestopographie, swisstopo.

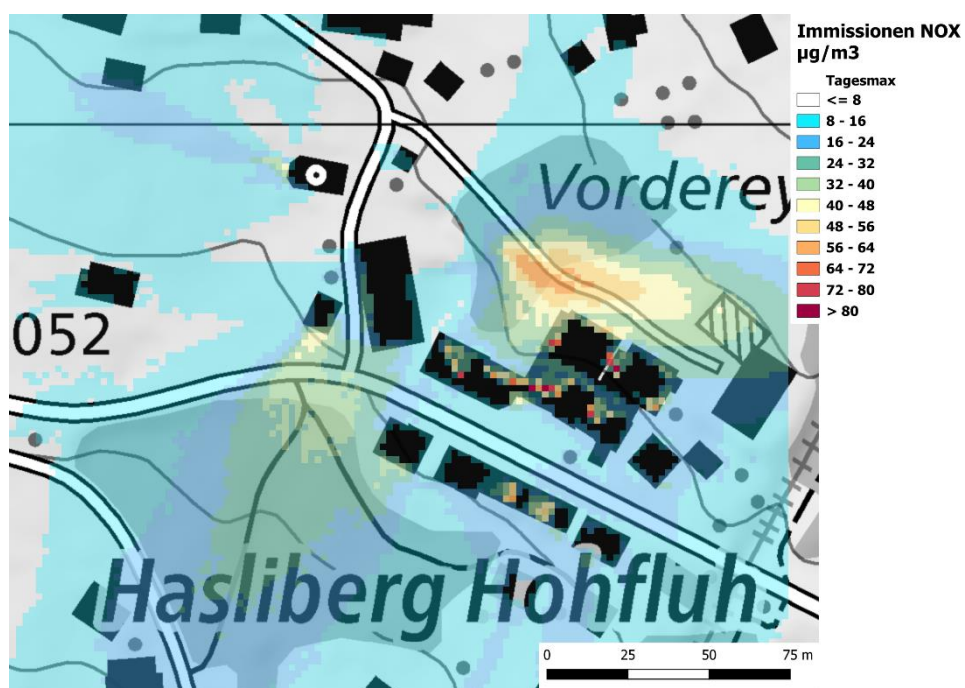


Abbildung 21: Maximales Tagesmittel der Zusatzbelastung. Kaminstandort Ostfassade, Kaminbauhöhe 1080m ü.M. Quelle Hintergrund: Bundesamt für Landestopographie, swisstopo.

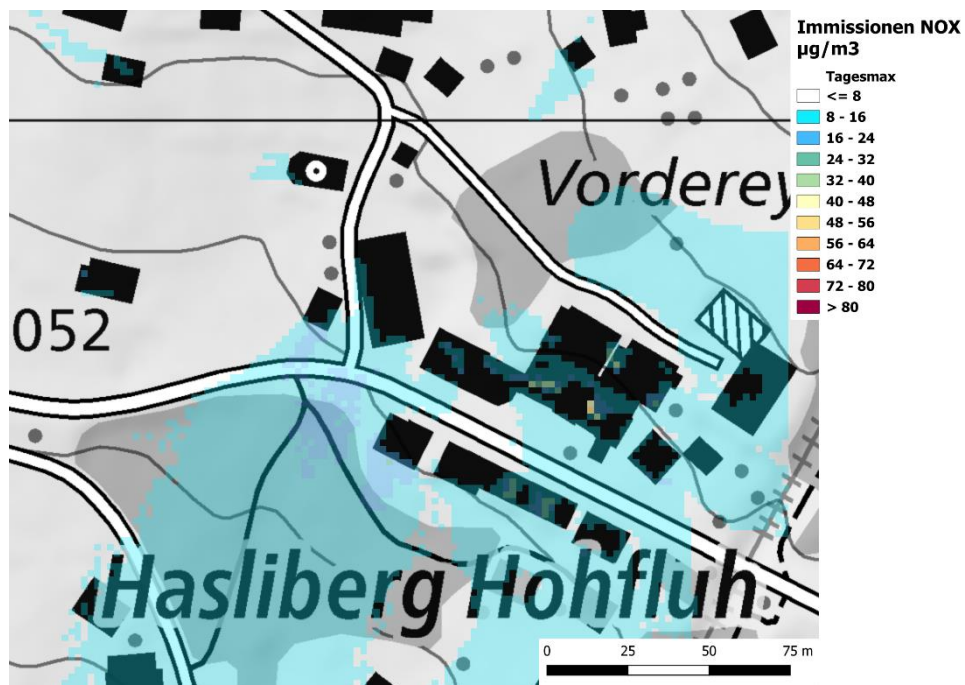


Abbildung 22: Maximales Tagesmittel der Zusatzbelastung. Kaminstandort Ostfassade, Kaminbauhöhe 1085m ü.M. Quelle Hintergrund: Bundesamt für Landestopographie, swisstopo.

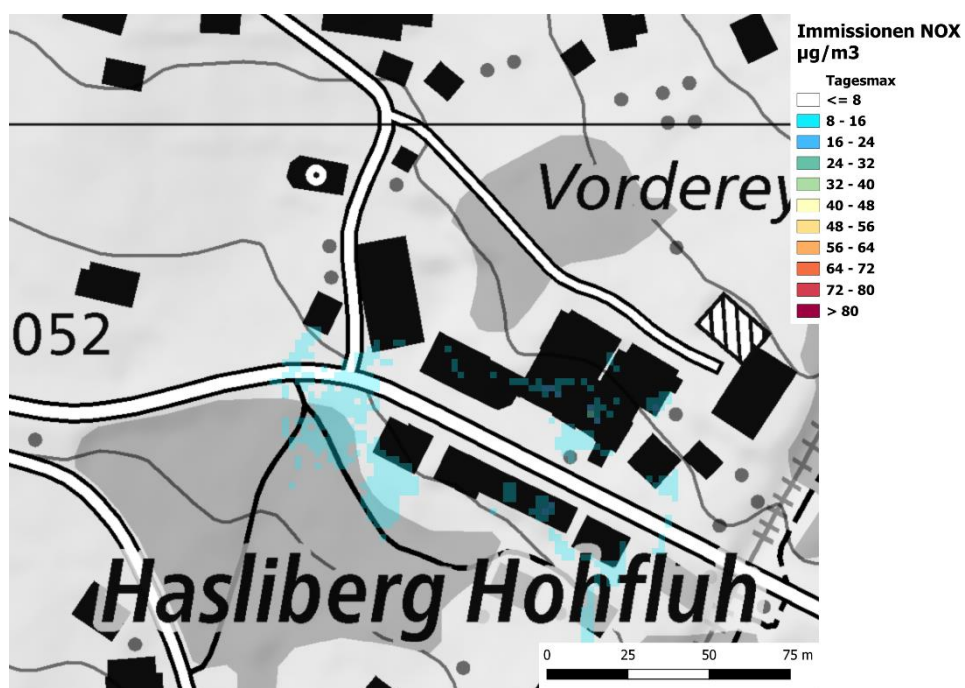


Abbildung 23: Maximales Tagesmittel der Zusatzbelastung. Kaminstandort Ostfassade, Kaminbauhöhe 1090m ü.M. Quelle Hintergrund: Bundesamt für Landestopographie, swisstopo.

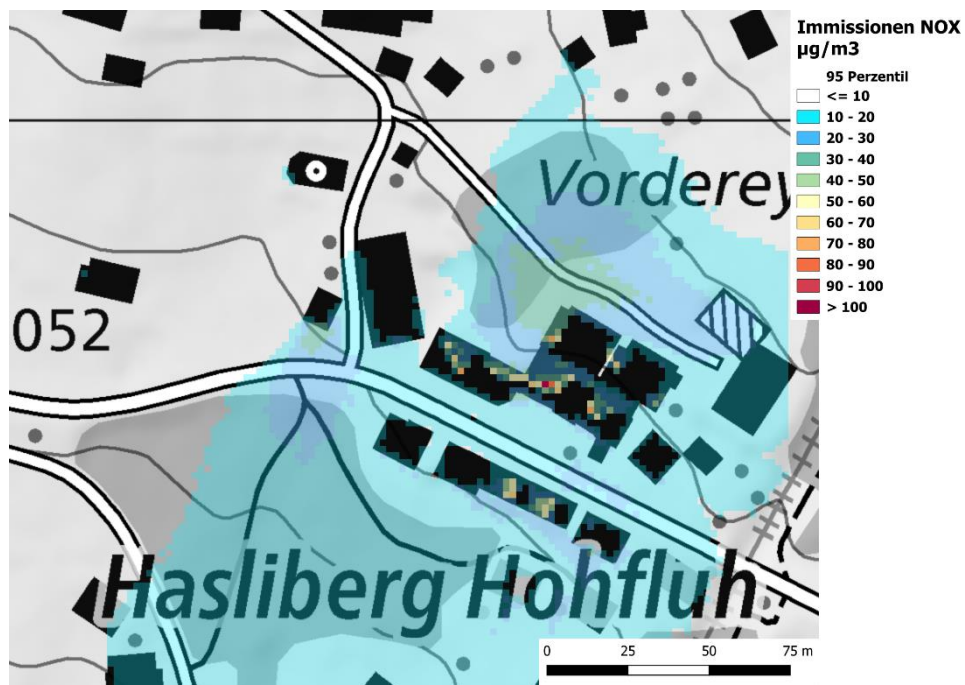


Abbildung 24: 95 Perzentil der Zusatzbelastung. Kaminstandort Ostfassade, Kaminbauhöhe 1080m ü.M. Quelle Hintergrund: Bundesamt für Landestopographie, swisstopo.

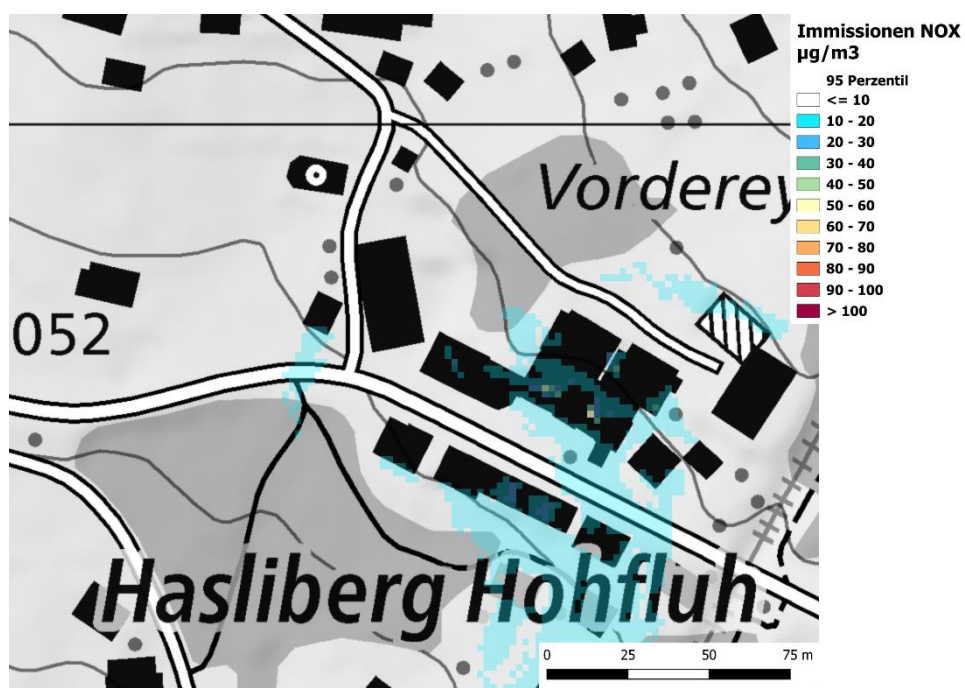


Abbildung 25: 95 Perzentil der Zusatzbelastung. Kaminstandort Ostfassade, Kaminbauhöhe 1085m ü.M. Quelle Hintergrund: Bundesamt für Landestopographie, swisstopo.

6.2.2 Belastungskarten für den Standort Südecke

Aus lufthygienischer Sicht ist dieser Standort für den Kamin optimal, die Immissionen sind hier bei gleicher Kaminbauhöhe wesentlich tiefer als am Standort an der Ostfassade. Dargestellt sind in den nachfolgenden Abbildungen die Immissionen für eine Kaminbauhöhe von 1'080m ü.M.

Die Immissionen verschieben sich etwas hangabwärts, so dass die Abgase kaum mehr in den Einflussbereich des Bewuchses nördlich des Gebäudes Ahoren 97c gelangen können. Auch hier werden die höchsten Immissionen auf vereinzelt Rasterflächen des Dachs der Garage Wehren ausgewiesen. Insgesamt liegen die berechneten Immissionen bei Kaminbauhöhe 1'080m ü.M. auf jeden Fall unter 10% des IGW, der S-Wert als maximale Kurzzeitimmission im Sinne von Anhang 6 LRV wird sicher nicht erreicht.

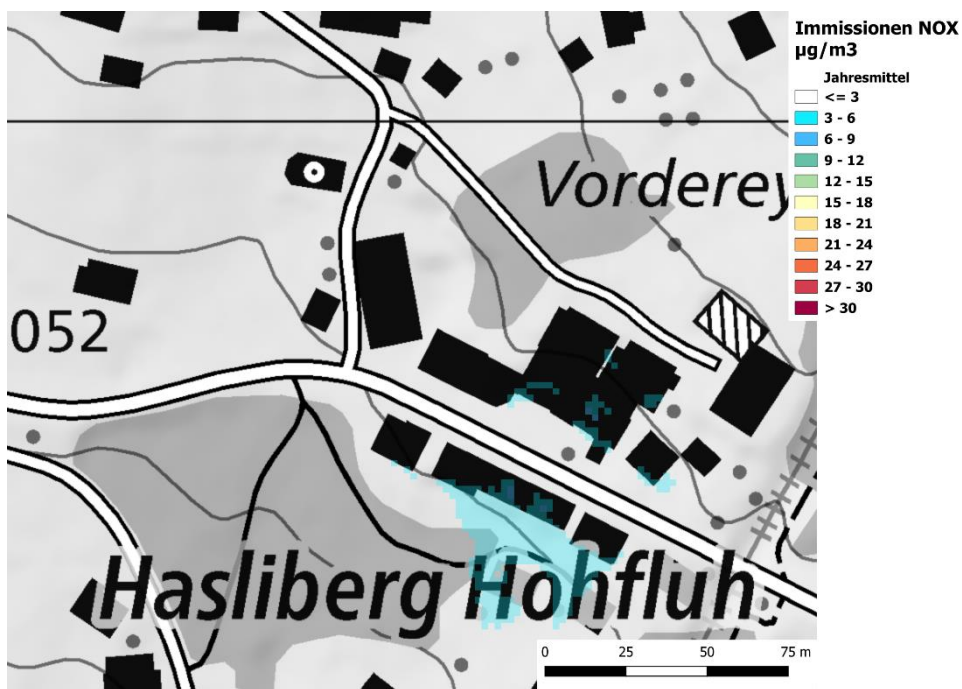


Abbildung 26: Zusatzbelastung im Jahresmittel. Kaminstandort Südecke, Kaminbauhöhe 1080m ü.M. Quelle Hintergrund: Bundesamt für Landestopographie, swisstopo.

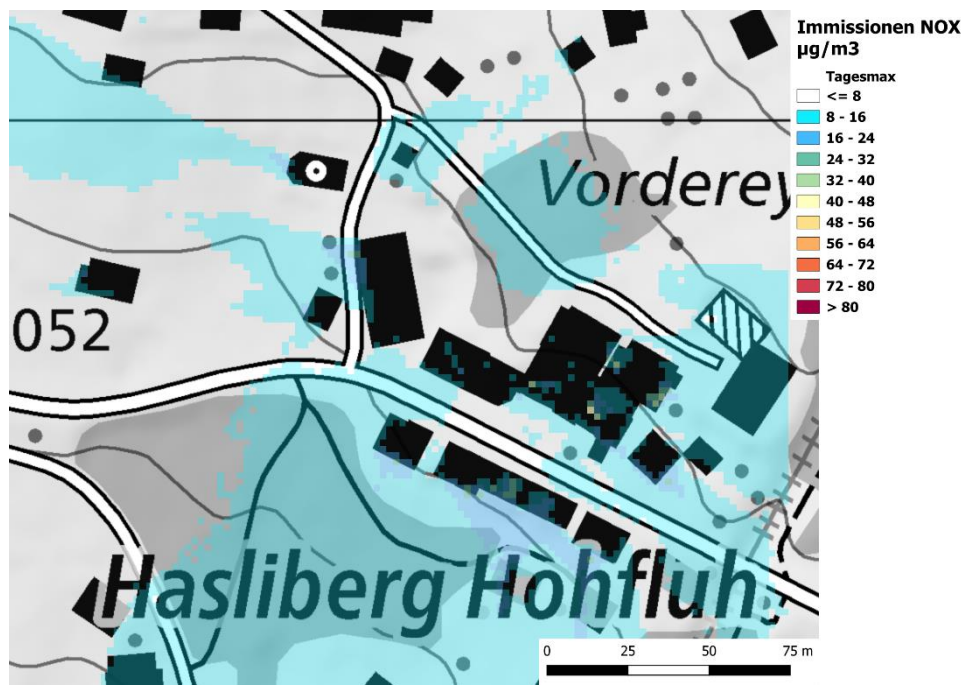


Abbildung 27: Maximales Tagesmittel der Zusatzbelastung. Kaminstandort Westecke, Kaminbauhöhe 1080m ü.M. Quelle Hintergrund: Bundesamt für Landestopographie, swisstopo.

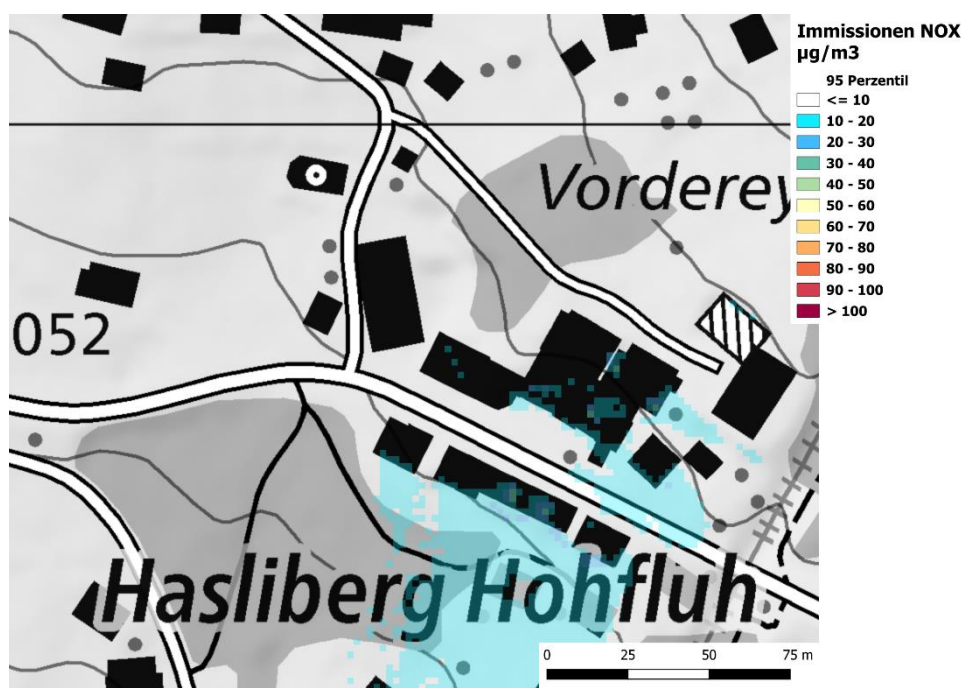


Abbildung 28: 95 Perzentil der Zusatzbelastung. Kaminstandort Westecke, Kaminbauhöhe 1080m ü.M. Quelle Hintergrund: Bundesamt für Landestopographie, swisstopo.

6.3 Gesamteinschätzung der Situation

Aufgrund der Berechnungen erscheinen uns folgende Aussagen gesichert:

1. Die höchsten Immissionen werden erwartungsgemäss bei Winden aus Westen bis Nordwesten verzeichnet. Die Abgasfahne kann dann in den Einflussbereich der diversen Hindernisse östlich des Kamins gelangen und so vergleichsweise hohe Immissionen verursachen.
Relativ unproblematisch ist die Hauptwindrichtung aus Norden bis Nordosten. Diese verfrachtet die Abgase hangabwärts, so dass sie selbst in der lokalen Kaltluft kaum noch in Bodennähe geraten.
2. Gemessen am Immissionsgrenzwert werden beim maximalen Tagesmittel die höchsten Immissionen verzeichnet, bei der Immission im Jahresdurchschnitt die niedrigsten. Die Resultate sind damit trotz hoher Unsicherheiten bezüglich der Windrose recht aussagekräftig. Bei Kurzzeitgrenzwerten ist in erster Linie wichtig, dass ungünstige Windrichtungen überhaupt in der Windrose vertreten sind. Werden diese in ihrer Häufigkeit über- oder unterschätzt, hat dies bei Kurzzeitgrenzwerten einen relativ geringen Einfluss.
3. An erhöhten Immissionspunkten (5m über Boden, Auswertung nur an Fassaden) werden nur beim Kaminstandort Ost und bei einer Kaminbauhöhe von 1'080m ü.M. Immissionen in derselben Grössenordnung ausgewiesen wie bodennah. In allen anderen Fällen resultieren geringere Immissionen als bodennah oder diese sind sowieso unerheblich.
4. Aus den Daten des 95 Perzentils lässt sich auch grob auf eine mögliche Geruchsbelastung schliessen. Da emissionsseitig eine Konzentration von 200mg/Nm³ angenommen wurde, bedeutet eine Immission von 100µg/m³ beim 95 Perzentil, dass in 5% der Fälle die Verdünnungsrate der Abgase (bezogen auf den Normvolumenstrom) unter 2'000 liegt. Bei einer Immission von 50µg/m³ beim 95 Perzentil liegt die Verdünnungsrate in 5% der Fälle unter 4'000.
Insgesamt ist daher das Risiko von Geruchsbelastungen um die Anlage relativ klein. Übermässige Geruchsimmissionen im Sinne der Geruchsempfehlung des Bundes (mehr als 15% Geruchsstunden in einer Zone mit gemischter Nutzung) scheinen uns auch bei 1'080m Kaminbauhöhe ausgeschlossen. Allerdings ist v.a. beim Kaminstandort an der Ostfassade nicht ausgeschlossen, dass es gelegentlich zu Geruchsimmissionen an den Gebäuden Ahoren 97c und 98d kommt.

7. Schlussfolgerungen

In diesem Bericht wurden die zu erwartenden Immissionen der geplanten Wärmezentrale des Wärmeverbundes Hohfluh für verschiedene Kaminstandorte und Kaminbauhöhen abgeschätzt. Vom Standort selber stehen keine Winddaten zur Verfügung. Diese mussten daher über eine Windfeldmodellierung aus Messdaten von anderen Messstationen hergeleitet werden. Die zur Verfügung stehenden Daten von MeteoSchweiz sind für die Berechnung an diesem speziellen Standort nicht optimal. Die Windfeldberechnung ist daher mit erheblichen systematischen Fehlern behaftet. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache empfehlen wir folgendes Vorgehen:

1. Anlagespezifischer Emissionsgrenzwert für Stickoxide von $200\text{mg NO}_x/\text{Nm}^3$ bei 11 vol-% Rest-O₂.
2. Aus lufthygienischer Sicht wäre der bevorzugte Kaminstandort an der Südecke des Gebäudes Ahoren 86a. Wird der Kamin an der Südfassade dieses Gebäudes im westlichen Bereich zwischen Südecke und First realisiert, erachten wir eine Kaminbauhöhe von 1'080m ü.M. für ausreichend.
3. Aus betrieblicher Sicht liegt der ideale Kaminstandort an der Ostfassade. Angesichts der Unsicherheiten der Modellierung empfehlen wir hier eine Mindesthöhe des Kamins von 1'085m ü.M.

Bern, den 21.06.2024



Dr. Luzi Bergamin