

Auftraggeberin: Umwelt Zentralschweiz/KABO ZCH, c/o Kanton Obwalden, Abteilung Umwelt, 6060 Sarnen

UNTERSUCHUNGSBERICHT

**Kantonale Bodenüberwachung Zentralschweiz (KABO ZCH),
Böden mit hohen Schadstoffgehalten**

Teilprojekt Kanton LU: Swissskrono, Menznau



Projektleitung: Leonard Zourek
Korreferat: Lars Knechtenhofer
Projekt-Nr.: 23.086.2.02

Buchrain, 26. Februar 2025

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	3
	1.1 Ausgangslage	3
	1.2 Ausgeführte Arbeiten	4
	1.3 Verwendete Unterlagen	4
2	UNTERSUCHUNGSKONZEPT	6
	2.1 Modellierung	6
	2.2 Standortauswahl	6
3	UNTERSUCHUNG	7
	3.1 Probenahme	7
	3.2 Laboranalytik	7
4	ERGEBNISSE	9
5	DISKUSSION	10

ANHANG

Anhang 1	Liste Probenahmeflächen
Anhang 2	Bericht Ausbreitungsmodellierung Simultec AG
Anhang 3	Pläne Probenahmeflächen und Ausbreitungsmodellierung
Anhang 4	Klassierungstabelle
Anhang 5	Tabelle PFAS-Gehalte
Anhang 6	Belastungsplan
Anhang 7	Analysenberichte

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage

Die sechs Zentralschweizer Kantone LU, ZG, UR, SZ, OW und NW betreiben eine gemeinsame kantonale Bodenüberwachung (KABO ZCH). Als Basis für den Vollzug der Gefahrenabwehr wurde 2023 bis 2025 ein Projekt zur Ermittlung von Vorkommen und Lage von Bodenflächen mit mutmasslichen Schadstoffgehalten über den VBBo-Prüfwerten durchgeführt. Dabei wurde in jedem Kanton ein spezifisches Teilprojekt (TP) durchgeführt. Anlass

Mit Auftragsvergabe vom 16. Januar 2023 von Umwelt Zentralschweiz wurde die FRIEDLIPARTNER AG, Buchrain zusammen mit der SIMULTEC AG, Zürich als Subplaner mit der Projektbearbeitung beauftragt. Auftrag

Der Kanton Luzern (Dienststelle Umwelt & Energie (uwe)) beauftragte in seinem TP die Untersuchung der chemischen Bodenbelastung im Immissionsbereich des Werks der Swisskrono AG in Menznau. Ausgangslage TP LU

An dem Standort der Swisskrono AG wird seit ca. 1966 Holz zu Spanplatten (alter Zustand Spanplattenwerk s. Abbildung 1), später auch zu MDF-Faserplatten (in einer separaten Anlage) verarbeitet. Zur Wärmeerzeugung wurde unter anderem auch Altholz verbrannt. Untersuchungsobjekt



Abbildung 1: Luftbild Spanplattenwerk 1976 (Blick nach Osten).
Quelle: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv/Stiftung Luftbild Schweiz / LBS_IN-051565-51

Altholz kann mit schadstoffhaltigen Anstrichen oder Holzschutzmitteln belastet sein. Zudem können bei Verbrennungsprozessen Schadstoffe entstehen (z.B. polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) oder polyzyklische aromatische Mögliche Schadstoffe

Kohlenwasserstoffe (PAK)). Zudem bestand aus der Recherche [1] ein Hinweis auf die Verwendung von PFAS bei der Swisskrono in Menznau.

Die vorliegende Untersuchung hatte das Ziel, die chemische Bodenbelastung und ggf. bestehende Gefährdungen sensibler Nutzungen rund um das Werk zu erfassen. Daraus sollten weiter Erkenntnisse für die Berücksichtigung grosser Einzelmittenten gewonnen werden. Ziele

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse der Untersuchung inkl. der Überlegungen zum Untersuchungskonzept. Inhalt Bericht

1.2 Ausgeführte Arbeiten

FRIEDLIPARTNER AG, Buchrain:

- Erarbeitung Untersuchungskonzept auf Grundlage der Ausbreitungsmodellierung [2] (s. ebenfalls Anhang 2)
- Entnahme von Bodenproben, Einweisen ins Labor
- Auswerten und Interpretieren der Messwerte
- Erarbeiten Untersuchungskonzept Etappe 2
- Entnahme von Bodenproben, Einweisen ins Labor
- Versand von Proben zur Nachanalyse von PFAS ans Zweitlabor
- Auswerten und Interpretieren der Messwerte
- Erstellen des vorliegenden Berichts.

Drittleistungen:

- Erstellung Ausbreitungsmodellierung durch die Simultec AG, Zürich
- Chemische Untersuchung von 17 Boden-Proben auf PCDD/F, Schwermetalle und PAK durch die Econetta AG, Schlieren
- Chemische Untersuchung von 5 Boden-Proben auf PFAS durch die Eurofins Umwelt Ost GmbH, Bobritzsch-Hilbersdorf

1.3 Verwendete Unterlagen

- [1] https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2023/02/23/polluants-eter-nels-explorez-la-carte-d-europe-de-la-contamination-par-les-pfas_6162942_4355770.html; abgerufen am 13.11.2024
- [2] Ausbreitungsmodellierung Dioxine, Standort Swiss Krono Menznau. Bericht simultec AG vom 16.10.2023
- [3] GIS-Layer Hinweisflächen für anthropogene Böden, Kanton Luzern (https://daten.geo.lu.ch/produkt/bodhinab_ds_v3)
- [4] Augustin S. & Achermann B.; Deposition von Luftschadstoffen in der Schweiz: Entwicklung, aktueller Stand und Bewertung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, Jahrgang 163, Heft 9 (2012), 323:330.

- [5] Handbuch Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden. BAFU, 2003.
- [6] Entscheidungsgrundlagen für den Vollzug bei PFAS-belasteten Standorten in der Schweiz. Expertenbericht Arcadis im Auftrag des BAFU, 12. Juli 2021.
- [7] Wegleitung: Bestimmung von polychlorierten Dioxinen und Furanen in Böden. BAFU, 2001.
- [8] Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich, BAFU-Vollzugshilfe, 2022
- [9] Erläuternder Bericht zur Änderung der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö; SR 814.12). BAFU, 24. Mai 2024.
<https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/87850.pdf>
- [10] Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Schweizer Böden. Artikel Altlasten-Spektrum 06/22. Thalmann et al.
- [11] Lösungsansätze für den Umgang mit PFAS-belasteten Standorten. Ergebnisbericht der Altlasten- und Abfall-Arbeitsgruppen BAFU-Kantone 2022/2023. Expertenbericht im Auftrag des BAFU; Bernhold Hahn, 23. Oktober 2024.
- [12] Gefährdungsabschätzung in Zusammenhang mit chemischen Bodenbelastungen in den Gemeinden Ebikon, Emmen, Luzern, Meggen, Meierskappel, Root und Udligenswil. Bericht FRIEDLIPARTNER AG vom 19. Februar 2024.
https://uwe.lu.ch/-/media/UWE/Dokumente/Themen/Bodenschutz/20240313_Dioxine_Untersuchungsbericht.pdf?rev=8d50320208914470aa61c6cde3237052

2 UNTERSUCHUNGSKONZEPT

2.1 Modellierung

Zur Ermittlung der Bereiche, in welchen eine Deposition der Schadstoffemissionen des Werks der Swisskrono zu erwarten ist, wurde durch die Simultec AG eine Modellierung ausgeführt. Diese modellierte auf Grundlage der von der uwe zur Verfügung gestellten Anlagedaten drei verschiedene Emissionspunkte: die MDF-Anlage sowie den neuen und den alten Zustand des Spanplattenwerks (Details vgl. Bericht in Anhang 2). Modellierte Anlagen/
Zustände

Zur Berechnung der Ausbreitung wird neben den anlagespezifischen Parametern ein berechnetes Windfeld verwendet. Bei der Berechnung wird zwischen trockener und nasser Deposition (Auswaschung durch Regentropfen) unterschieden. So kommen die gesamthaft 6 Pläne im Anhang 3 zustande (3 modellierte Anlagen/Zustände, jeweils nasse und trockene Deposition). Nasse vs. trockene De-
position; Summe

Zur besseren Veranschaulichung wurde auf S. 7 des Anhangs 3 eine Summe aller sechs Szenarien berechnet; dabei wurden alle Szenarien gleich gewichtet.

2.2 Standortauswahl

Die 14 Probenahmestandorte für Etappe 1 wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt: Kriterien

- Identifizieren der Bereiche mit der höchsten Gefährdung (und nicht nur der höchsten Belastung)
 - Möglichst vollständiges Erfassen von Bereichen mit hohen modellierten Immissionswahrscheinlichkeiten unter Berücksichtigung der Emissionsszenarien "Trockendeposition" und "Nassdeposition"
 - Erfassen verschiedener und sensibler Bodennutzungen
- Möglichst vollständiger Ausschluss von Flächen, für welche andere Hinweise auf chemische Bodenbelastungen bestehen (z.B. Einträge im Kataster der belasteten Standorte oder im Prüfperimeter für Bodenverschiebungen).
- Möglichst vollständiger Ausschluss von Flächen, welche rekultiviert wurden oder in denen der Boden seit Inbetriebnahme des jeweilig betrachteten Emittenten ersetzt wurde (Meliorationen, Terrainveränderungen, etc.).
 Quellen: Hinweisflächen für anthropogene Böden [3], Prüfung historische Luftbilder und Landeskarten.

Einzelne Standorte wurden auch ausserhalb des modellierten Immissionsbereiches platziert, um die Modellierung zu testen und den Unsicherheiten in den Berechnungen Rechnung zu tragen. Zudem wurde versucht, die Standorte z.T. in Transekten anzuordnen, um allfällige Konzentrationsgradienten sichtbar zu machen.

Für Etappe 2 wurden aufgrund der Resultate von Etappe 1 (s. Kapitel 3) drei Standorte im Wald im Osten und Norden des Werks ausgewählt (Nr. 15-17). Ziel war es, zu eruieren, ob durch den Auskämmeffekt (s. z.B. [4]) im Wald systematisch höhere Schadstoffgehalte vorliegen als auf offenen Flächen. Etappe 2

3 UNTERSUCHUNG

3.1 Probenahme

Die Probenahme von Etappe 1 fand am 21. und 28. Mai 2024 statt, jene von Etappe 2 am 4. September 2024. Die Probenahme erfolgte gemäss BUWAL-Handbuch Probenahme [5]. Die Standortkoordinaten wurden mittels GPS angepeilt und als Mittelpunkt einer 10 m x 10 m grossen Probenahmefläche definiert (finale Koordinaten s. Tabelle in Anhang 1). Die Flächen wurde mit einem Massband ausgemessen und mit Weidezaunpfählen markiert.

Flächen

Bei Böden mit möglicher direkter Bodenaufnahme (Kinderspielplätze, Hausgärten etc.) wurde die Schicht von 0 – 5 cm ab Oberkante des Terrains (OKT) und bei Böden mit land- oder forstwirtschaftlicher Nutzung die Schicht 0 – 20 cm ab OKT beprobt (s. Tabelle in Anhang 1).

Entnahmetiefe

Von dieser Regel wurde für die Standorte Nr. 7, 10, 11, 12 und 13 abgewichen: Diese Dauergrünlandstandorte befinden sich neben Siedlungsgebiet. Zur Beurteilung der Gefährdung bei Nutzungen mit direkter Bodenaufnahme in den nahe gelegenen Privatgärten wurden auch auf diesen Flächen Proben aus der Tiefe 0 – 0.05 m entnommen.

Mittels Hohlmeisselbohrern wurden jeweils 16 Einzelproben systematisch verteilt entnommen und zu einer Flächenprobe vereinigt. Bei den Flächen mit Probenahmetiefe 0 – 5 cm wurde die Anzahl Einstiche auf ca. 40 erhöht, um eine ausreichende Probemenge sicherzustellen.

Hohlmeisselbohrer

Bei der Probenahme wurden die Empfehlungen gemäss Kapitel 9 des Expertenberichtes [6] beachtet, um PFAS-Kontaminationen zu vermeiden.

PFAS-Kontaminationen vermeiden

Vor dem Versand ans Labor wurde der Tongehalt sowie der Gehalt an organischem Kohlenstoff geschätzt und der pH der Bodenproben mittels Indikatorlösung gemessen.

Tongehalt, C_{org}, pH

3.2 Laboranalytik

Die Proben wurden im Labor der Econetta AG, Schlieren entsprechend Anhang 1 Ziffer 2 Absätze 4 und 5 der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) vorbereitet.

Probenvorbereitung

Zur Ermittlung der Totalgehalte der Schwermetalle wurden die vorbereiteten Bodenproben gemäss Anhang 1 Ziffer 2 Absatz 5 VBBo mit 2 molarer Salpetersäure extrahiert und der Extrakt mit ICP-OES oder AFS (Hg) gemessen.

Schadstoffe

Die Bestimmung der Gehalte an PCDD/F erfolgte gemäss BAFU-Wegleitung [7]. Die Gehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) wurden gemäss Vollzugshilfe [8] bestimmt.

Nach Abschluss von Etappe 1 wurde entschieden, im rückgestellten Probenmaterial der Proben Nr. 1 bis 5 die Gehalte an 27 PFAS-Einzelsubstanzen zu bestimmen. Dies erfolgte im Labor der Eurofins Umwelt Ost GmbH in Bobritzsch-Hilbersdorf (D) gemäss Methode F-28 der BAFU-Vollzugshilfe [8].

4 ERGEBNISSE

In der Tabelle im Anhang 4 werden die ermittelten Schadstoffgehalte mit den VBBo-Massnahmenwerten verglichen. Für Quecksilber wurden zur Einordnung die Werte herangezogen, welche das BAFU 2024 für die Revision der VBBo vorschlug [9]. Gemäss VBBo werden zur Beurteilung der Bodenbelastung bzgl. PCDD/F die PCDD/F-Gehalte gewichtet mit Toxizitätsäquivalenzfaktoren des Internationalen Modells bezogen auf 2,3,7,8-TCDD (I-TEQ, exkl. Bestimmungsgrenze; vgl. Analysenbericht in Anhang 7) angewendet. Beurteilungswerte

Das BAFU schlug jedoch 2024 vor, in der VBBo für die PCDD/F neu die Toxizitätsäquivalenzfaktoren der WHO von 2005 zu verwenden [9] um die toxizitätsgewichtete Summe zu berechnen (WHO₀₅-TEQ). Daher wurden die PCDD/F-Gehalte in Anhang 4 auch in WHO₀₅-TEQ umgerechnet und mit den vorgeschlagenen VBBo-Massnahmenwerten verglichen.

Bezüglich PCDD/F und PAK zeigte sich, dass keine der untersuchten Proben einen VBBo-Richtwert überschritt. Auch bei Verwendung der WHO₀₅-TEF würden alle PCDD/F-Gehalte unter dem VBBo-Richtwert liegen. PCDD/F, PAK

Bei den Schwermetallen wurde einzig in Probe Nr. 3 der tiefste für die Revision der VBBo vorgeschlagene Prüfwert von Quecksilber [9] überschritten. Da die VBBo für Böden mit forstwirtschaftlicher Nutzung keine Prüfwerte vorgibt und am betroffenen Standort keine andere Nutzung stattfindet, für welche Prüfwerte existieren, ergibt sich aus dieser Prüfwertüberschreitung keine Notwendigkeit einer Gefährdungsabschätzung. Alle anderen Schwermetallgehalte liegen unter den VBBo-Richtwerten. Schwermetalle

Alle PFAS-Gehalte liegen unter dem Median für die CH (1.4 µg/kg, nicht toxizitätsgewichtete Summe, s. [10]). Alle nachgewiesenen PFAS-Einzelsubstanzen stehen auf der Liste der 9 Einzelsubstanzen gemäss [11]. Somit ergeben sich bei Berücksichtigung aller 27 analysierten Einzelsubstanzen keine Differenz zur Summe der 9 PFAS (vgl. Spalten $\sum 9$ PFAS und $\sum 27$ PFAS in der Tabelle in Anhang 5). PFAS

5 DISKUSSION

Die Ergebnisse zeigen, dass durch den Betrieb der Swisskrono keine nutzungsgefährdenden chemischen Belastungen der umliegenden Böden entstanden sind. Ob die nachgewiesene Prüfwertüberschreitung bzgl. Hg auf den Betrieb der Swisskrono zurückzuführen ist oder eine andere Quelle hat, lässt sich aufgrund der vorliegenden Daten nicht zuordnen. Die Hg-Belastung beschränkt sich auf eine Probe im Wald direkt östlich des Werks ("Herrewald"); die weiteren untersuchten Waldböden, darunter ein weiterer im Herrewald, sind nicht belastet. Somit ist nicht zu erwarten, dass weitere bewaldete Bereiche systematisch höher belastet sind als umliegende, offene Flächen.

Keine nutzungs-
gefährdenden
Bodenbelastungen

Aus Sicht des Vollzugs im Bereich des chemischen Bodenschutzes ergibt sich aus der vorliegenden Untersuchung kein direkter Handlungsbedarf. Die Prüfwertüberschreitung im Wald bedarf, bei gleichbleibender Nutzung, keiner Einschränkungen, weil dort keine sensible Nutzung im Sinne der VBBo stattfindet.

Kein Handlungsbedarf
für Vollzug

Die Tatsache, dass fast alle Bodenproben die VBBo-Richtwerte einhalten, validiert den bestehenden Prüfperimeter Bodenverschiebungen (PBV) des Kantons Luzern im Perimeter der Untersuchung. Der PBV enthält an keiner der untersuchten Flächen Belastungshinweise; die Untersuchung förderte keine falsch-negativen Einträge zu Tage.

Validierung PBV

Der Befund rund um die Swisskrono verdeutlicht, dass Einzelemittenten sehr heterogen sein können und die Bodenbelastung rund um sie schwer vorherzusagen ist (vgl. auch Untersuchung [12] aus dem Kanton Luzern). Das Vorhandensein von Risikofaktoren (lange Betriebsdauer; Verbrennungen, insb. von Abfällen wie z.B. Altholz; hügelige Topographie, an welcher die schadstoffhaltige Abluft sich stärker niederschlägt als in einer Ebene) führt nicht zwingendermassen zu Bodenbelastungen über Prüfwert im Umfeld der Anlage. Anhand von Recherchen zu Risikofaktoren der Anlagen können Untersuchungen jedoch gezielt dort priorisiert werden, wo eine höhere Wahrscheinlichkeit auf hohe Bodenbelastungen besteht.

Fazit Einzelemittenten

Geltungsbereich

Alle Arbeiten der FRIEDLIPARTNER AG wurden unter Einhaltung der Sorgfaltpflicht ausgeführt. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen im vorliegenden Bericht beruhen auf dem derzeitigen Kenntnisstand. Die FRIEDLIPARTNER AG übernimmt keine Haftung für die Folgen aus unbekanntem oder verschwiegenen Tatsachen. Die Ergebnisse gelten nur für das untersuchte Objekt und können nicht unüberprüft auf andere Objekte oder andere Verhältnisse übertragen werden.

Der vorliegende Bericht ist für den Auftraggeber und zu dessen ausschliesslicher Nutzung bestimmt. Er ist vertraulich und darf ohne Zustimmung des Auftraggebers weder kopiert noch an Dritte weitergegeben werden. Eine allfällige Haftung gegenüber Dritten, welche sich auf den vorliegenden Bericht berufen, wird ausdrücklich abgelehnt.

Buchrain, 26. Februar 2025



Leonard Zourek
MSc ETH Umwelt-Natw.



Lars Knechtenhofer
Dipl. Umwelt-Natw. ETH / SVU, MAS
MTEC ETH

Projektleiter

Geschäftsleitung

ANHANG

Anhang 1	Liste Probenahme­flächen
Anhang 2	Bericht Ausbreitungsmodellierung Simultec AG
Anhang 3	Pläne Probenahme­flächen und Ausbreitungsmodellierung
Anhang 4	Klassierungstabelle
Anhang 5	Tabelle PFAS-Gehalte
Anhang 6	Belastungsplan
Anhang 7	Analysenberichte

ANHANG 1

Liste Probenahme­flächen

ANHANG 2

Bericht Ausbreitungsmodellierung Simultec AG

Ausbreitungsmodellierung Dioxine Standort SWISS KRONO, Menznau

Kantonale Bodenüberwachung Zentralschweiz,
Teilprojekt Luzern



SIMULTEC AG, KraftWerk1, Hardturmstr. 261, CH-8005 Zürich

Tel: 044 563 86 20, Fax: 044 563 86 29, E-Mail: info@simultec.ch, <http://www.simultec.ch>

Zürich, 08. April 2024

Ausbreitungsmodellierung Dioxine**Standort SWISS KRONO Group AG, Menznau**

Kantonale Bodenüberwachung Zentralschweiz: Teilprojekt Luzern

Inhalt

Einleitung, Ziel	1
Datengrundlage Anlagen und Meteorologie	2
Anlagenspezifische Parameter.....	2
Meteorologische Daten	3
Wind- und Ausbreitungsmodellierung	5
Resultate der Ausbreitungsmodellierung	6
Spänetrockner alter Zustand	8
Spänetrockner neuer Zustand.....	10
MDF-Anlage.....	12
Literatur	15
Anhang	16

Einleitung, Ziel

Ausgangslage	<p>Die sechs Zentralschweizer Kantone LU, ZG, UR, SZ, OW und NW betreiben eine gemeinsame kantonale Bodenüberwachung (KABO ZCH). Als Basis für den Vollzug der Gefahrenabwehr wird 2023 und 2024 nun ein Projekt zur Ermittlung von Vorkommen und Lage von Bodenflächen mit mutmasslichen Schadstoffbelastungen durchgeführt. Dabei werden neben einem übergeordneten Hauptprojekt auch sechs kantonale Teilprojekte bearbeitet.</p> <p>Im Kanton Luzern wird eine Gefährdung durch Dioxine im Boden geprüft. Dazu sollen potenzielle Dioxinbelastungen im Boden durch den Betrieb der MDF-Anlage (Baujahr 1999, SABA-Filter) und der Anlage der Spanplattenproduktion im alten (original, Baujahr 1989, 2-fach-Zyklonabscheider Pesch) und neuen (nach Einbau SEKA-Filter 2001) Zustand der SWISS KRONO Group AG am Standort Menznau untersucht werden.</p>
Ziel	<p>Mit Hilfe von Schadstoffausbreitungsmodellierungen sollen geeignete Probenahmestandorte festgelegt werden können.</p>
Vorgehen	<p>Windfelder und Schadstoffausbreitung werden mit dem Programm AUSTAL [1] berechnet. Windfeldberechnungen für das Rechengebiet werden auf der Grundlage der Windmessungen an der Messstelle Egolzwil für das Jahr 2011 (MeteoSchweiz), dem Geländehöhenmodell DHM25 von Swisstopo und dem CORINE Landnutzungskataster [2] durchgeführt. Anhand der Windfeldberechnungen und den anlagenspezifischen Parametern (Emission, Lage, Kaminhöhe) wird für jeden zu untersuchenden Standort eine Ausbreitungsrechnung durchgeführt, um die Maxima der Dioxindeposition zu bestimmen.</p>

Datengrundlage Anlagen und Meteorologie

Generelle Übersicht Um die Dioxinausbreitung bzw. die Dioxindeposition der verschiedenen Anlagen zu bestimmen, ist eine Vielzahl von Eingabegrößen notwendig. Diese umfassen neben den anlagenspezifischen Parametern (Lage, Kamin- und Gebäudehöhe sowie Angaben über den Abgasausstoss), meteorologische Daten (Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen, Niederschlagsmengen und die Stabilität der jeweiligen Wetterlage), das Geländeprofil, sowie die Landnutzung bzw. die Vegetation. Dioxin wird hauptsächlich staubgebunden im Abgas freigesetzt, daher ist das Wissen über die Korngrößenverteilung des Staubes elementar. Die Verteilung der Korngrößen des ausgestossenen Staubes liegt für die betrachteten Anlagen nicht vor, daher müssen angemessene Annahmen über die Verteilung getroffen werden.

Anlagenspezifische Parameter

Standorte Die zu untersuchenden Anlagen befinden sich alle am Standort in der Gemeinde Menznau. Die relevanten Parameter der jeweiligen Anlagen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Standortsspezifische Lage- und Gebäudedaten

Standort	MDF-Anlage	Spänetrockneranlage	
		alt	neu
Lage	2'644'515 / 1'215'524	2'644'929 / 1'215'366*	2'644'929 / 1'215'366
Kaminhöhe [m]	57	50	70
Gebäudehöhe [m]	12**	12	12**
*Koordinaten des alten Schornsteins nicht bekannt, daher Koordinaten des neuen Schornsteins übernommen **Gebäudehöhen der neuen Anlagen nicht bekannt, daher Gebäudehöhe der alten Spänetrockneranlage übernommen			

Abgasausstoss Ein zentraler Punkt der Ausbreitungsrechnung ist die Abgasfahnenüberhöhung, welche die zusätzliche Quellhöhe aufgrund von Temperatur und Austrittsgeschwindigkeit des Abgases und des Durchmessers des Kamins beschreibt, siehe Tabelle 2. Eine Beschreibung der Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung wie sie in AUSTAL implementiert ist findet sich in [3]. Die Dioxinmassenströme der verschiedenen Anlagen sind nicht bekannt. Daher wurden den in den

Ausbreitungsrechnungen nur relative Maxima der Dioxindeposition bestimmt.

Tabelle 2: Emissionsdaten der Standorte zur Bestimmung der Abgasfahnenüberhöhung

Standort	MDF-Anlage	Spänetrockneranlage	
		alt	neu
Temperatur [°C]	44 ^{(1),(2)}	70 ⁽⁵⁾	55 ^{(3),(4)}
Austrittsgeschwindigkeit [m/s]	10.4 ^{(1),(2)}	11.2 ⁽⁵⁾	6.4 ^{(3),(4)}
Durchmesser [m]	4.6 ^{(1),(2)}	2.0 ⁽⁵⁾	5.0 ^{(3),(4)}
<p>(1): MDF-Trockner mit Biomasse-Heizung: Emissionsmessungen im Reingas der Abgasreinigungsanlage BIOSENA, Kronospan Schweiz AG, 2014, Müller-BBM GmbH, Planegg bei München; (2): MDF-Trockner mit Biomasse-Heizung: Emissionsmessungen im Reingas der Abgasreinigungsanlage BIOSENA, Kronospan Schweiz AG, 2011, Müller-BBM GmbH, Planegg bei München; (3): Spänetrockner: Emissionsmessungen im Reingas der Abgasreinigungsanlage BIOSENA, Kronospan Schweiz AG, 2014, Müller-BBM GmbH, Planegg bei München; (4): Spänetrockner: Emissionsmessungen im Reingas der Abgasreinigungsanlage BIOSENA, Kronospan Schweiz AG, 2014, Müller-BBM GmbH, Planegg bei München; (5): Emissionsmessungen im Abgas des Spänetrockners und der Abfallverbrennungsanlage der Kronospan AG in Menznau, 1990, EMPA</p>			

Meteorologische Daten

Messstandort	Stündliche Daten zur Geschwindigkeit und Richtung des Windes sowie des Niederschlags und der Globalstrahlung wurden von der MeteoSchweiz-Messstelle in Egolzwil (2642913 / 1225541; Höhe der Windmessung 10 m über Terrain, rund 10 km nördlich des Anlagenstandorts) bezogen. Als repräsentatives Jahr wurde das Jahr 2011 bestimmt, da es die Windverhältnisse im Zeitraum von 2011 bis 2022 gut widerspiegelt, vgl. Abbildung 1 und Abbildung A1 im Anhang.
Windgeschwindigkeit und Windrichtung	An der Messstelle Egolzwil sind hauptsächlich Winde aus westlicher Richtung und südlicher bis östlicher Richtung vorherrschend, Abbildung 1, wobei die Winde aus Westen höhere Geschwindigkeiten aufweisen. Winde aus Norden treten nur sehr selten auf.

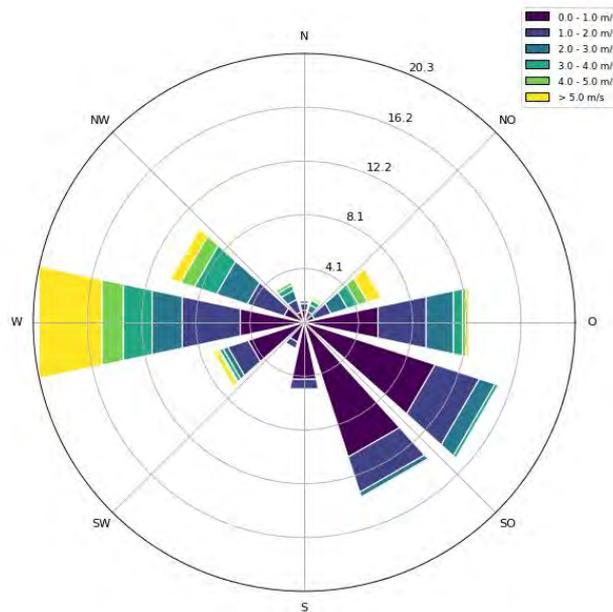


Abbildung 1: Windrose an der Messstelle Egolzwil für das Jahr 2011.

Stabilitätsklassen

Aus den Windgeschwindigkeiten, der Globalstrahlung und der Tageszeit wurden Stabilitätsklassen nach Klug-Manier-Einteilung bestimmt. Sehr stabile und stabile Lagen (Klassen 1 und 2) treten vor allem nachts bei südlichem bis östlichem Wind auf (in geringerem Masse auch bei westlichem Wind), während sich instabile und sehr instabile Lagen (Klassen 5 und 6) über alle Himmelsrichtungen erstrecken.

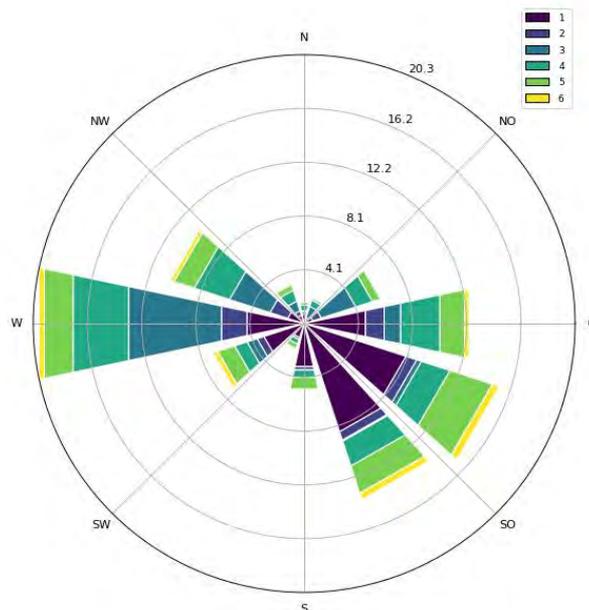


Abbildung 2: Windrose der Stabilitätsklassen nach Klug-Manier

Wind- und Ausbreitungsmodellierung

Allgemein	<p>Für die Modellierung der Windfelder sowie der Dioxinausbreitung wurde das Programm AUSTAL verwendet. AUSTAL erfüllt die Anforderungen der in Deutschland geltenden „Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ [4]. Anhand der Daten der Windmessung berechnet AUSTAL zuerst eine Windfeldbibliothek für die verschiedenen Stabilitätsklassen. Danach folgt die Ausbreitungsrechnung, basierend auf den zuvor erzeugten Windfeldern. Das Rechengitter besitzt eine horizontale Maschenweite kleiner als die Kaminhöhe. Die Gebäude der Anlage wurden in der Modellierung nicht berücksichtigt, da ihre Höhe relativ zur Kaminhöhe klein ist.</p>
Windfeldmodellierung	<p>Um den Einfluss der Topografie auf die Windfelder möglichst gut zu erfassen, wurde das Geländehöhenmodell DHM25 von Swisstopo verwendet. Die Art der Bodennutzung hat Einfluss auf das vertikale Windprofil und wurde durch das CORINE Landnutzungskataster berücksichtigt, welches in AUSTAL eingelesen werden kann. AUSTAL berechnet dann eine mittlere Bodenrauigkeit für das Rechengebiet. Anhand dieser Daten, sowie den Daten der Messstelle Egolzwil, wurden diagnostische Windfelder für jede Stabilitätsklasse in einer Windfeldbibliothek abgelegt. Die Windfeldbibliotheken bilden die Grundlage der Ausbreitungsrechnung.</p>
Ausbreitungsmodellierung	<p>Für alle Standorte wurde 24h-Betrieb an 365 Tagen des Jahres angenommen. Anhand der zuvor berechneten Windfelder und den Ausstossparametern wurden die Ausbreitungsrechnungen durchgeführt und die Maxima der trockenen und nassen Dioxindeposition bestimmt. Da die Korngrößenverteilung des ausgestossenen Staubes, an den das Dioxin gebunden ist, nicht bekannt ist, wird ein Mix aus den Klassen 3 (aerodynamischer Durchmesser 10-50 μm) und 4 (aerodynamischer Durchmesser $>50 \mu\text{m}$) verwendet, welcher eine Depositionsgeschwindigkeit von 0.07 m/s und eine Sedimentationsgeschwindigkeit von 0.06 m/s besitzt. Feinstaub (aerodynamischer Durchmesser $<2.5 \mu\text{m}$) wurde bei den Berechnungen nicht berücksichtigt, da bei diesem vor allem die nasse Deposition in nächster Umgebung zur Anlage relevant ist und die trockene Deposition aufgrund der grösseren Transportdistanzen stärker verteilt/verdünnt wird. Die Wiederaufwirbelung des Staubes, wenn er bereits deponiert worden ist und der Einfluss der Bodennutzung bzw. der Vegetation auf die Deposition werden im Modell nicht berücksichtigt.</p>

Resultate der Ausbreitungsmodellierung

Allgemein Um relevante Standorte zur Probenahme aufzuzeigen, wurde die Lage der trockenen und nassen Depositionsmaxima für die drei Anlagen bestimmt (Abbildungen 3-8). Die Depositionsmaxima sind unabhängig von den Austritts-konzentrationen der Dioxinquellen. Alle Resultate sind als Jahresmittel der Deposition in Prozent relativ zum Maximalwert der Gesamtdeposition für jeden Standort angegeben.

**Abgasfahnen-
überhöhung** Für jede Anlage wurde aus den Ausbreitungsrechnungen eine mittlere jährliche Fahnenüberhöhung berechnet. Diese hängt von der Abgastemperatur, der Austrittsgeschwindigkeit und dem Kamin-durchmesser sowie den horizontalen Windgeschwindigkeiten im Bereich der Anlagen ab. Bei Erhöhung der Abgastemperatur und Austrittsgeschwindigkeit wird die Fahnenüberhöhung grösser, höhere Windgeschwindigkeiten führen zu einem früheren Abbruch der Fahne und somit zu kleineren Überhöhungen. Die mittlere jährliche Abgas-fahnenüberhöhung für die Anlagen liegt im Bereich von rund 110-160 m, siehe Tabelle 3. Abbildung A3 im Anhang zeigt die Abgasfahnenüberhöhung für die Spänetrockneranlage (alter Zustand) in Abhängigkeit von der Windrichtung. Diese zeigt, dass grössere Fahnenüberhöhungen bei Winden aus Südwesten bis Osten vorzufinden sind, während sich kleine Fahnenüberhöhungen bei Wind aus Westen häufen. Dies hängt damit zusammen, dass im Bereich der Anlage die Windgeschwindigkeiten aus Südwesten bis Osten verhältnismässig klein sind gegenüber den Geschwindigkeiten aus Westen (siehe Abbildung A2, Modellierter Windrose im Bereich der Spänetrockneranlage in 100 m Höhe über dem Boden).

Tabelle 3: Berechnete mittlere jährliche Abgasfahnenüberhöhung der verschiedenen Standorte

Standort	MDF-Anlage	Spänetrockneranlage	
		alt	neu
Mittlere jährliche Abgasfahnenüberhöhung [m]	162	113	151

Dioxindeposition Grundsätzlich gibt es für die drei Anlagen (Abbildungen 3 bis 8) Depositionsmaximum in östlicher bis südöstlicher Richtung in rund 0.2-1.5 km Entfernung zur Quelle (Bereich Ortschaft Menznau). Zudem erstreckt sich ein grossflächiges Gebiet grösserer Dioxindeposition nördlich vom Riedhubel in rund 500 m Entfernung zur Quelle bis nach Wüschiswil, Rüzligen und Stettenbach in bis zu 4 km nördlicher Entfernung und Daiwil (ca. 2 km Entfernung) in

nordwestlicher Richtung. Die Lagen dieser beiden Depositionsfelder entspricht den am Standort vorherrschenden Windbedingungen (und daraus folgenden Fahnenüberhöhungen), siehe Abbildungen A2 und A3.

Das Maximum der nassen Deposition (Abbildungen 4,6,8) (inklusive Verdriftung der Regentropfen bei Wind) ist bei allen Anlagen in östlicher Richtung in der Nähe zur Quelle zu finden und ist teilweise mit der trockenen Deposition überlagert. Die Werte der Maxima der trockenen und nassen Deposition liegen in derselben Grössenordnung, wobei die Maxima der trockenen Deposition um einen Faktor 2-3 grösser sind als die der nassen Deposition.

Die Depositionsfelder für die drei verschiedenen Anlagen sind sehr ähnlich. Der Grund hierfür ist, dass sich die Simulationen der Anlagen im Prinzip nur um die Ausstossparameter (Tabelle 1 und 2) und dadurch um die resultierende unterschiedliche Fahnenüberhöhung unterscheiden.

Abschliessend bleibt festzuhalten, dass die Anlage des Spänetrockners im alten bzw. originalen Zustand sehr wahrscheinlich die relevanteste aller drei Anlagen für potenzielle Dioxinbelastungen im Boden ist. Aufgrund der geringsten Abgasfahnenüberhöhung (Tabelle 3) kann sich das an den Staub gebundene Dioxin am wenigsten weit verbreiten. Daher weisen die Depositionsmaxima, welche von dieser Anlage stammen, die höchsten absoluten Depositionskonzentrationen auf.

Spänetrockner alter Zustand: trockene Deposition

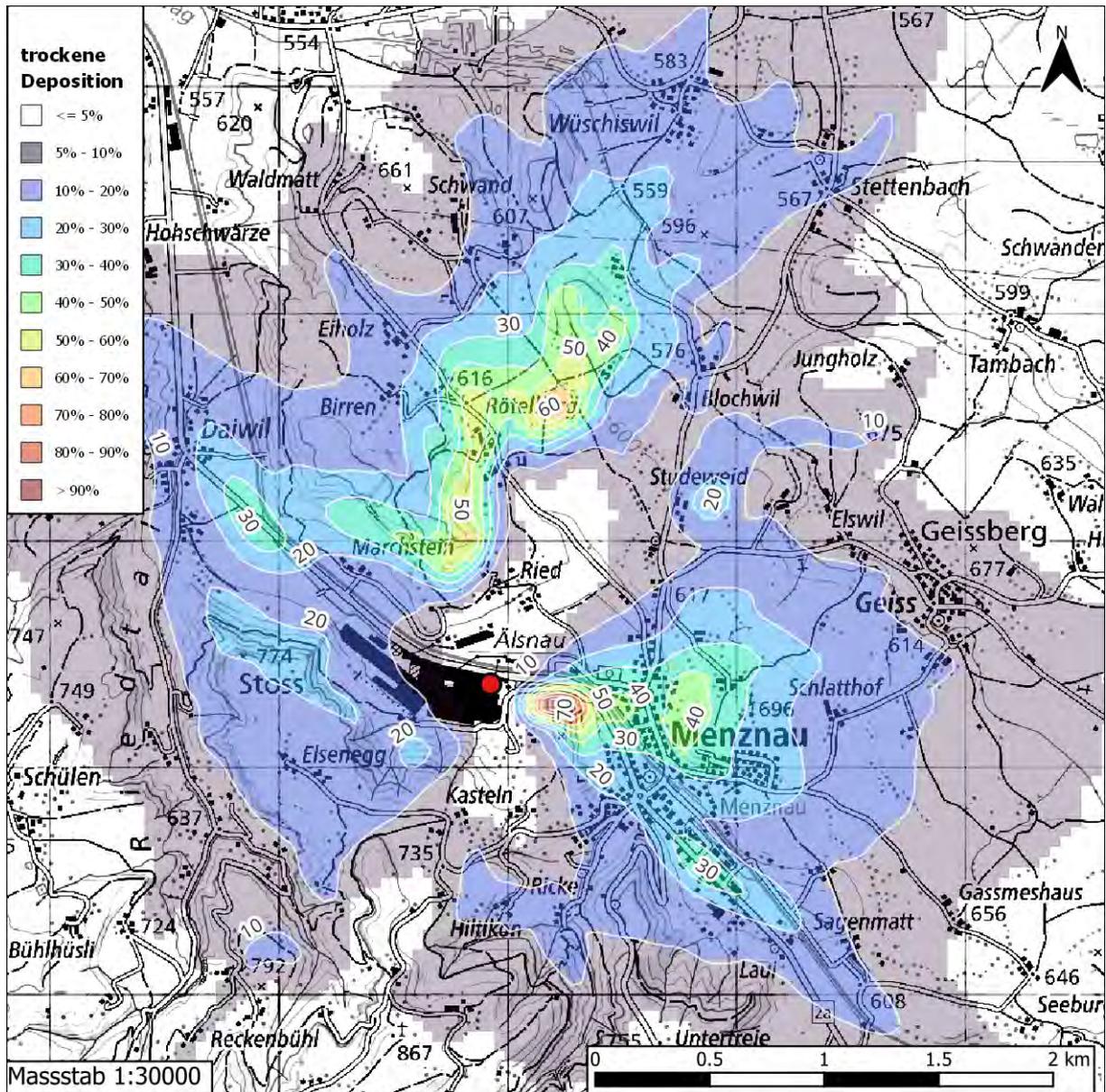


Abbildung 3: Spänetrockner (alter Zustand), relative trockene Dioxindeposition

Spänetrockner alter Zustand: nasse Deposition

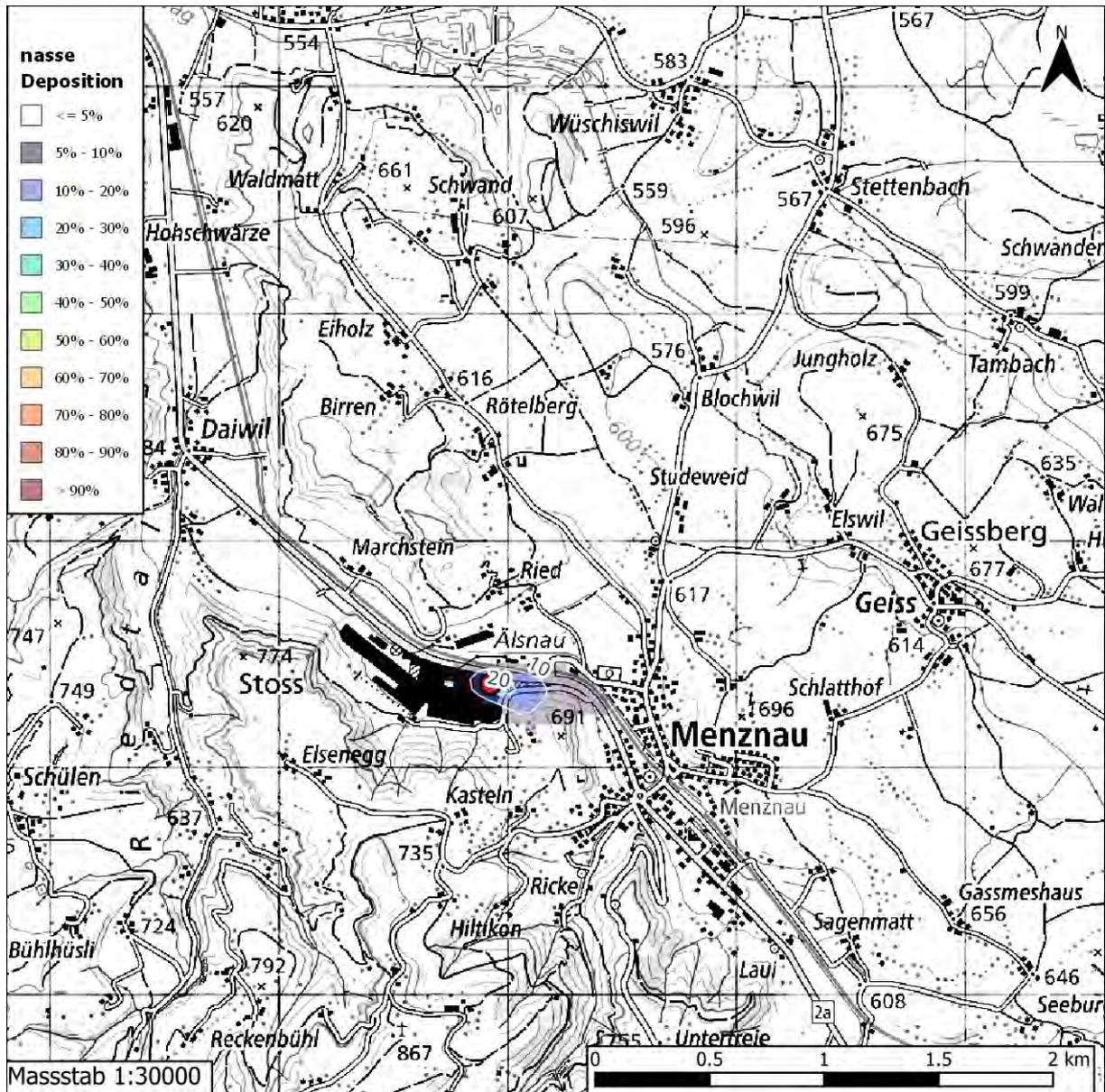


Abbildung 4: Spänetrockner (alter Zustand), relative nasse Dioxindeposition

Spänetrockner neuer Zustand: trockene Deposition

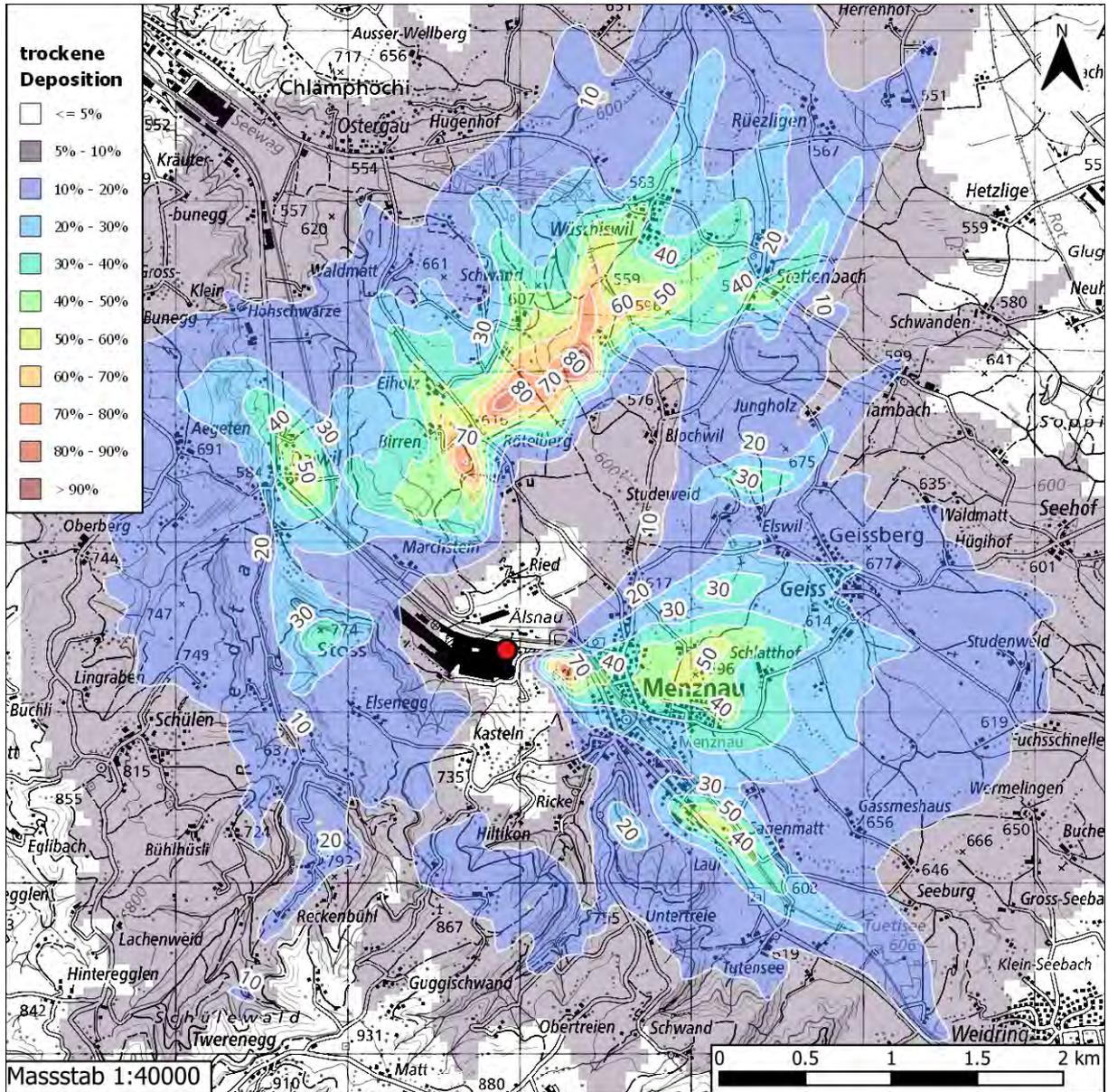


Abbildung 5: Spänetrockner (neuer Zustand), relative trockene Dioxindeposition

Spänetrockner neuer Zustand: nasse Deposition

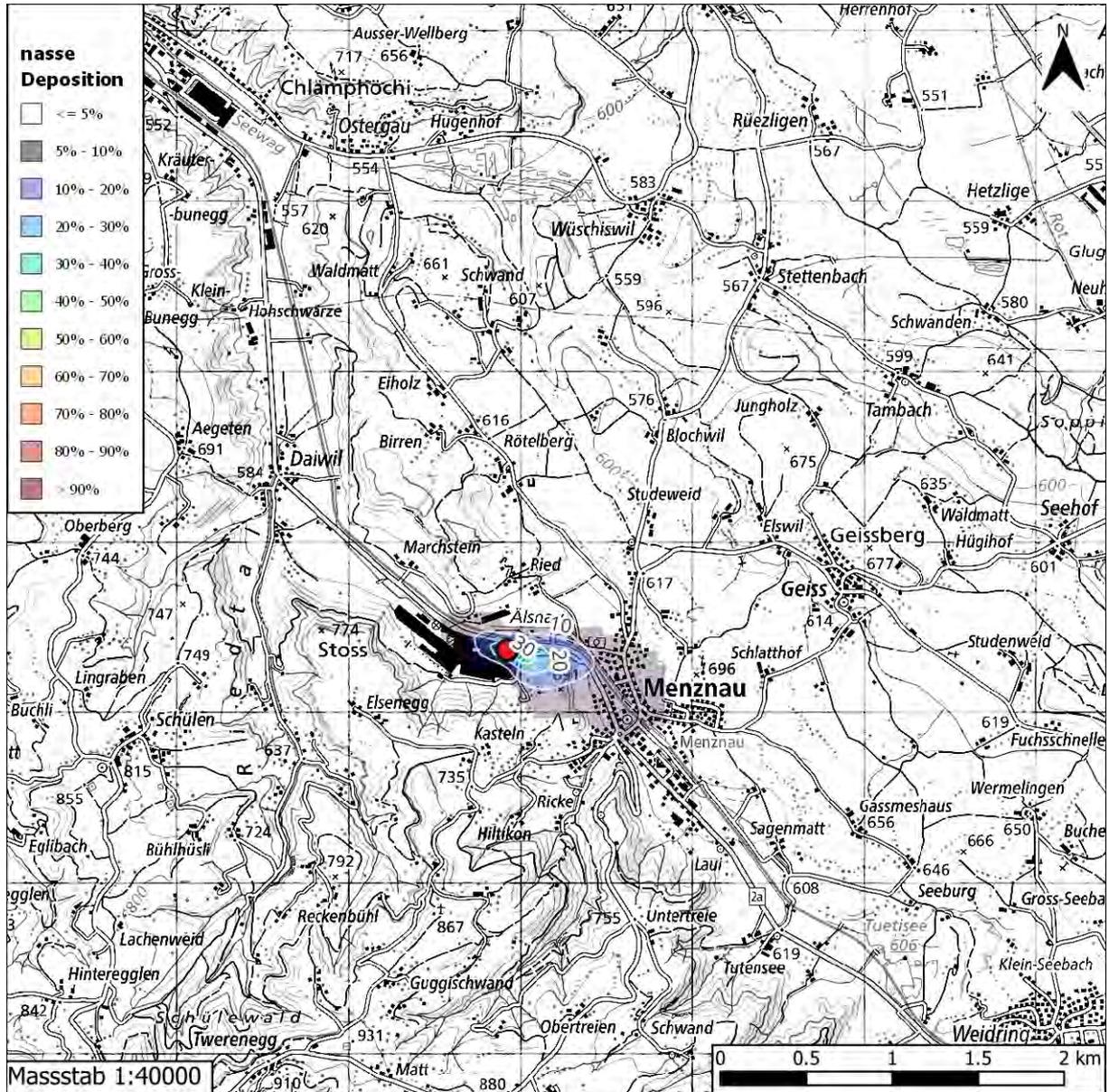


Abbildung 6: Spänetrockner (neuer Zustand), relative nasse Dioxindepotion

MDF-Anlage: trockene Deposition

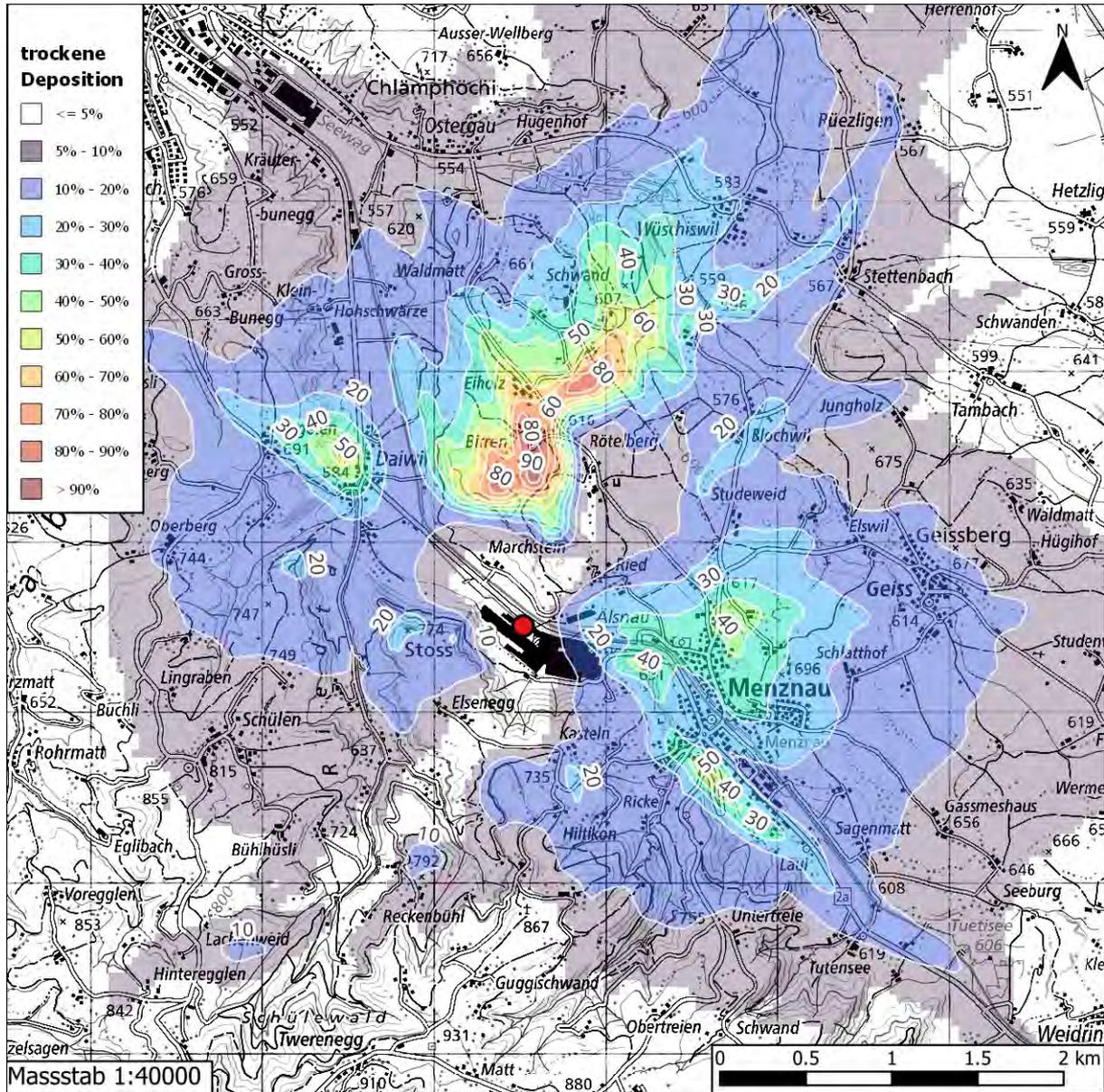


Abbildung 7: MDF-Anlage, relative trockene Dioxindeposition

MDF-Anlage: nasse Deposition

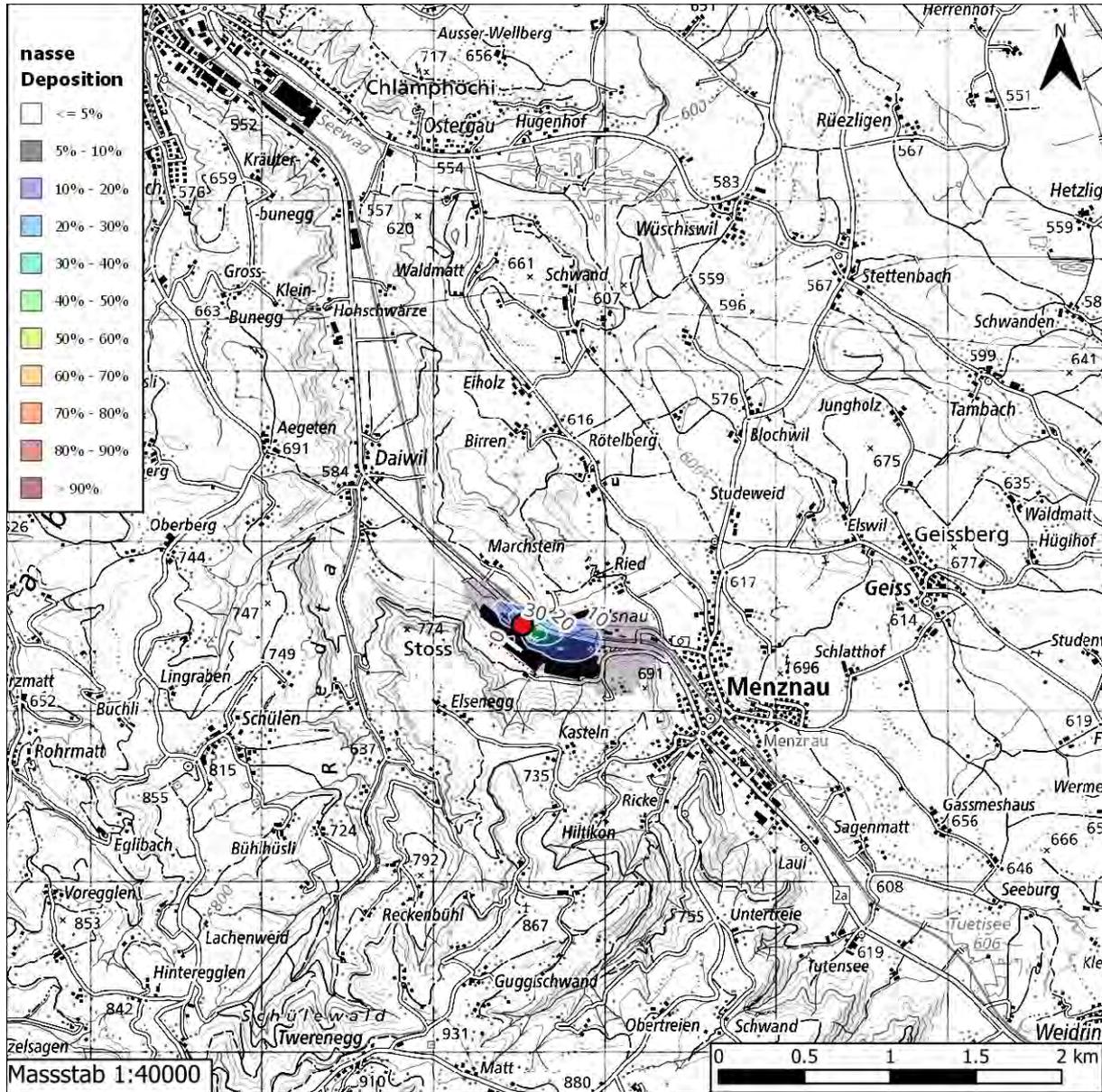


Abbildung 8: MDF-Anlage, relative nasse Dioxindeposition

Zürich, 08. April 2024

P. Krejci

Dr. Philipp Krejci

Simultec AG

Literatur

- [1] AUSTAL, (2021): URL des Programmbeschriebs von AUSTAL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/ausbreitungsmodelle-fuer-anlagenbezogene/uebersicht>
Copyright: Ingenieurbüro Janicke, 88662 Überlingen, und Umweltbundesamt, 06813 Dessau-Roßlau, Germany
- [2] CHARLOTTE STEINMEIER (2013): CORINE land cover 2000/2006, Switzerland, final report, *Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.*
- [3] ULF JANICKE (2019): Vorschrift zur Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung von Schornsteinen und Kühltürmen, Berichte zur Umweltphysik, *Ingenieurbüro Janicke, Hermann-Hoch-Weg 1, 88662 Überlingen, Germany.*
- [4] BMVU, (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021 (GMBI.2021, Nr. 48–54, S. 1050–1192)

Anhang

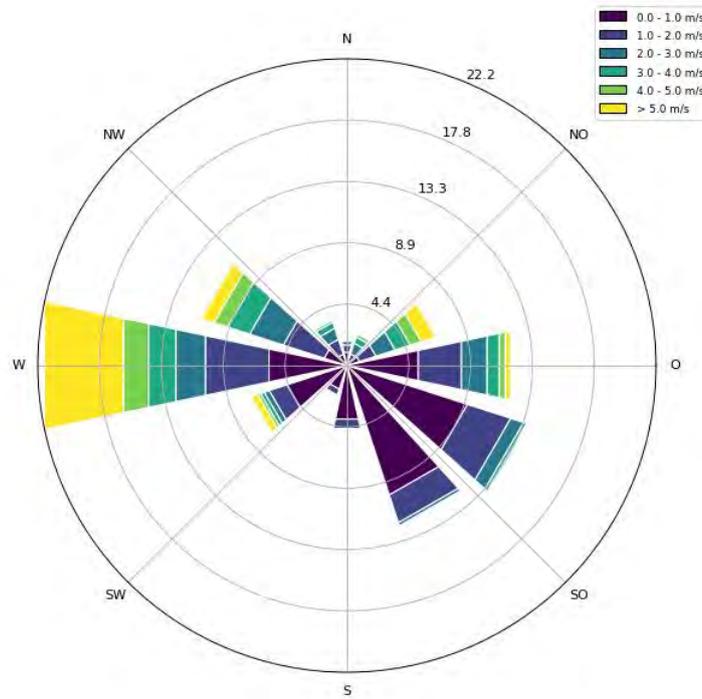


Abbildung A1: Windrose an der Messstelle Egozwil für die Jahre 2011 bis 2022

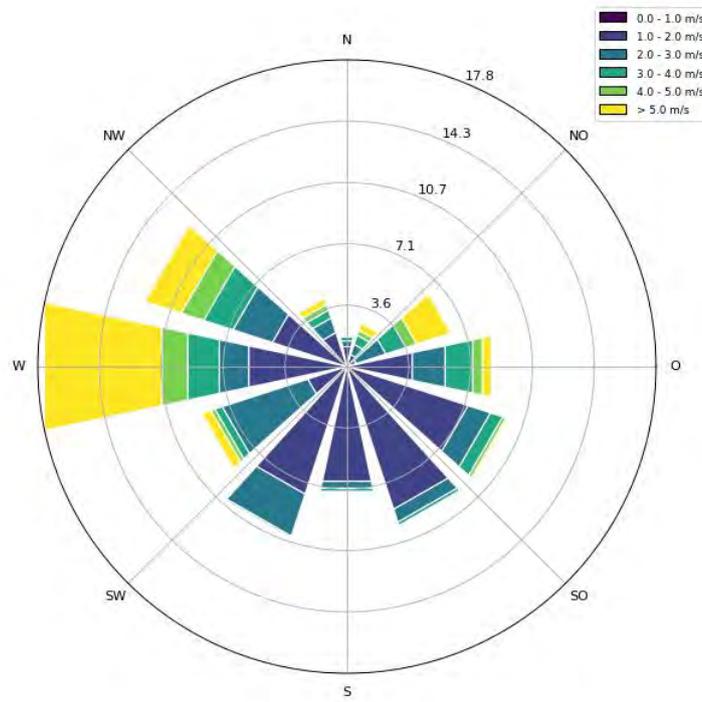


Abbildung A2: Modellierte Windrose im Bereich der Spänetrockneranlage in 100 m Höhe über dem Boden

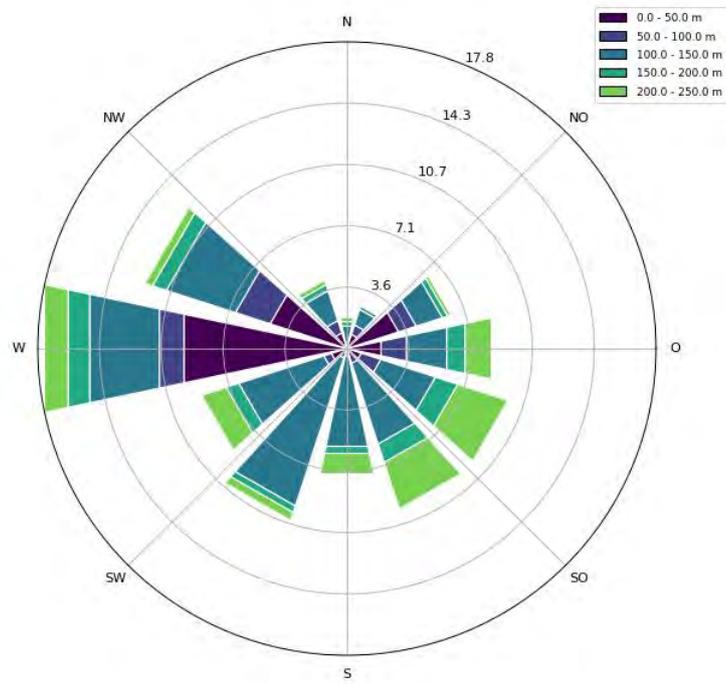


Abbildung A3: Windrose der modellierten Fahnenüberhöhung der Spänetrockneranlage (alter Zustand)

ANHANG 3

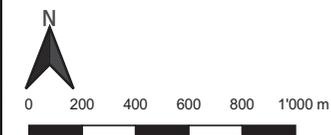
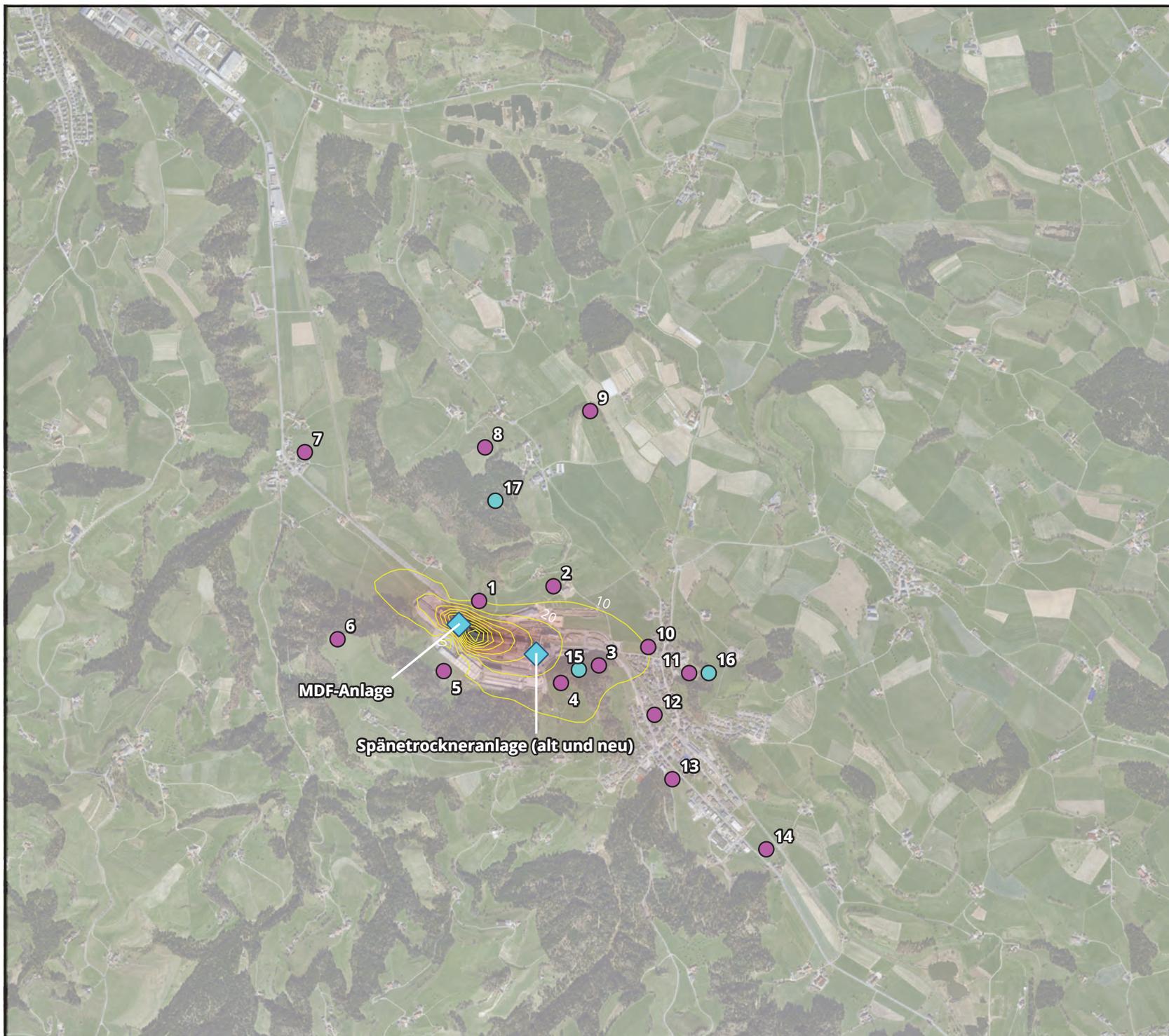
Pläne Probenahme­flächen und Ausbreitungsmodellierung

**Probenahme­flächen und Ergebnis
 Modellierung MDF-Anlage (nass)**

Auftraggeberin Umwelt Zentralschweiz c/o Dienststelle Umwelt und Energie (uwe), Libellenrain 15, Postfach 3439, 6002 Luzern	Mst: 1:20'000
Projekt-Nr.: 23.086.2.02 Kantonale Bodenüberwachung Zentralschweiz (KABO ZCH), Teilprojekt LU	Erstellt: nb Datum: 12.11.24
Plangrundlage: Swisstopo SWISSIMAGE	Geprüft: lz Datum: 12.11.24

Legende

- Probenahme­flächen Etappe 1
- Probenahme­flächen Etappe 2
- ◆ Anlagen
- prozentualer Anteil des Immissionsmaximums

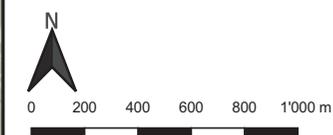
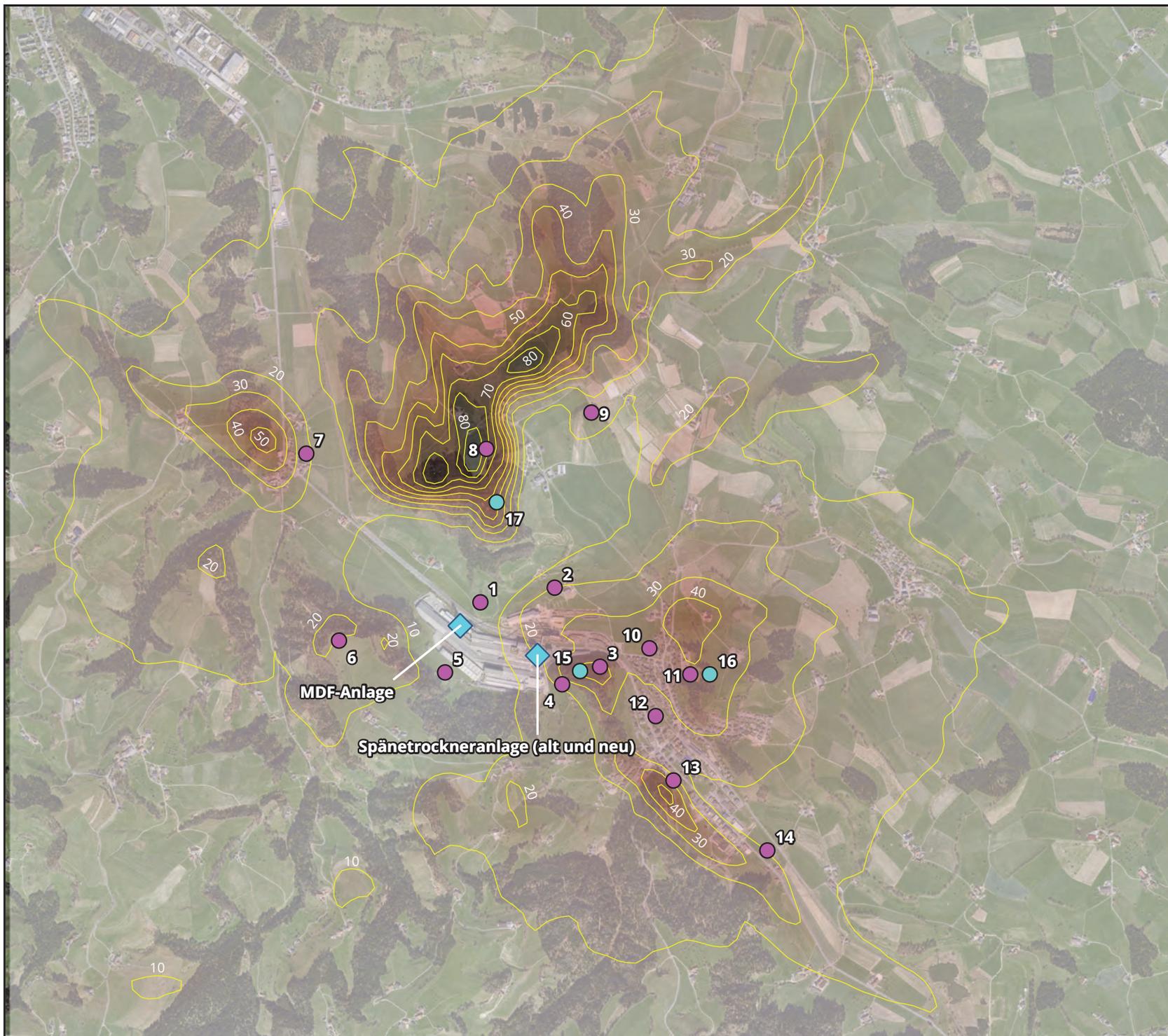


**Probenahme­flächen und Ergebnis
 Modellierung MDF-Anlage (trocken)**

Auftraggeberin Umwelt Zentralschweiz c/o Dienststelle Umwelt und Energie (uwe), Libellenrain 15, Postfach 3439, 6002 Luzern	Mst: 1:20'000 Format: A3
Projekt-Nr.: 23.086.2.02 Kantonale Bodenüberwachung Zentralschweiz (KABO ZCH), Teilprojekt LU	Erstellt: nb Datum: 12.11.24
Plangrundlage: Swisstopo SWISSIMAGE	Geprüft: lz Datum: 12.11.24

Legende

- Probenahme­flächen Etappe 1
- Probenahme­flächen Etappe 2
- ◆ Anlagen
- prozentualer Anteil des Immissionsmaximums

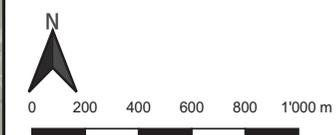
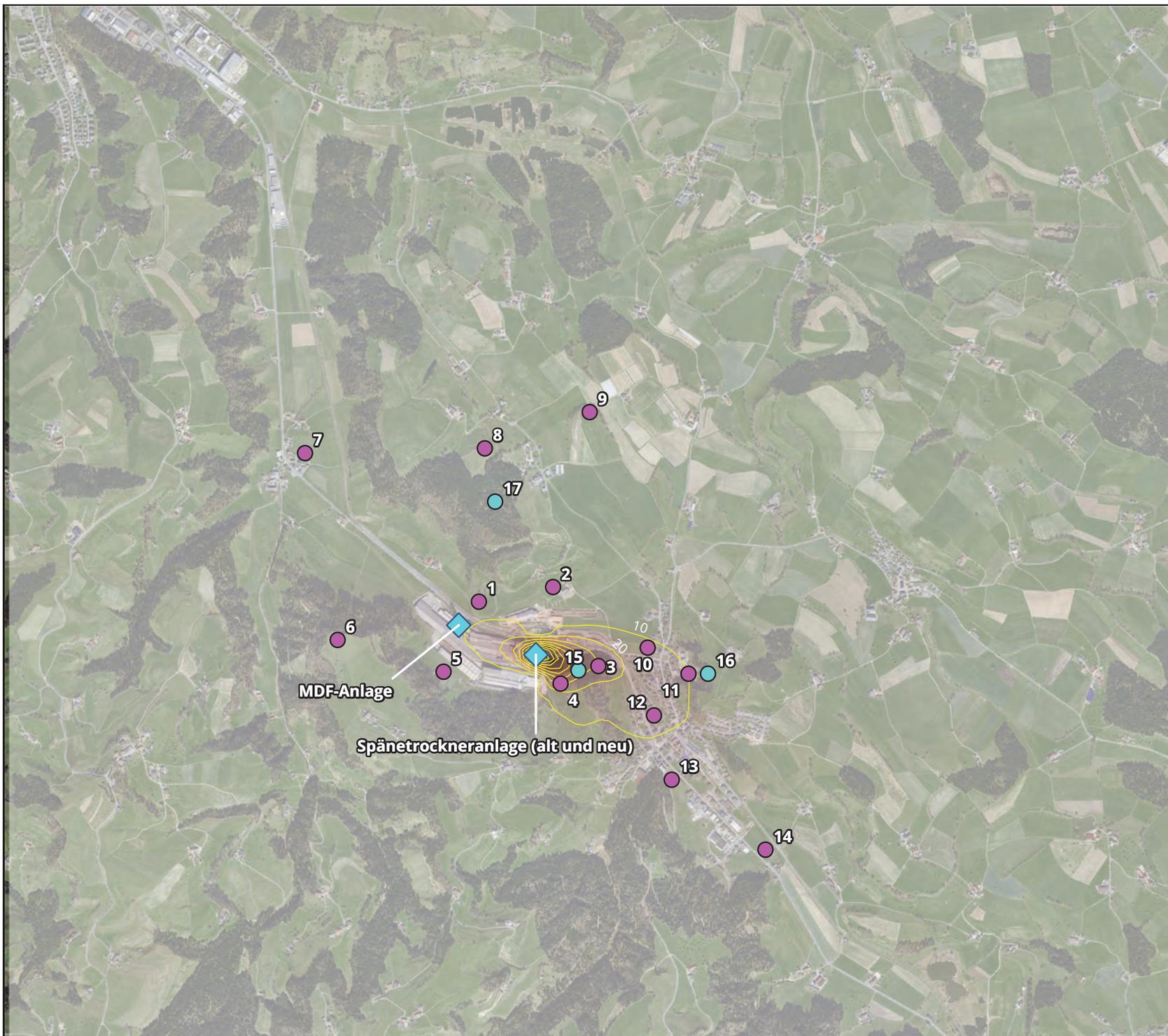


**Probenahme­flächen und Ergebnis
 Modellierung Spänetrockner alt (nass)**

Auftraggeberin Umwelt Zentralschweiz c/o Dienststelle Umwelt und Energie (uwe), Libellenrain 15, Postfach 3439, 6002 Luzern	Mst: 1:20'000
Projekt-Nr.: 23.086.2.02 Kantonale Bodenüberwachung Zentralschweiz (KABO ZCH), Teilprojekt LU	Erstellt: nb Datum: 12.11.24
Piangrundlage: Swisstopo SWISSIMAGE	Geprüft: lz Datum: 12.11.24

Legende

- Probenahme­flächen Etappe 1
- Probenahme­flächen Etappe 2
- ◆ Anlagen
- prozentualer Anteil des Immissionsmaximums

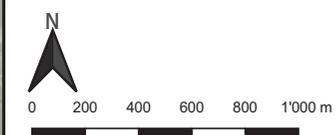
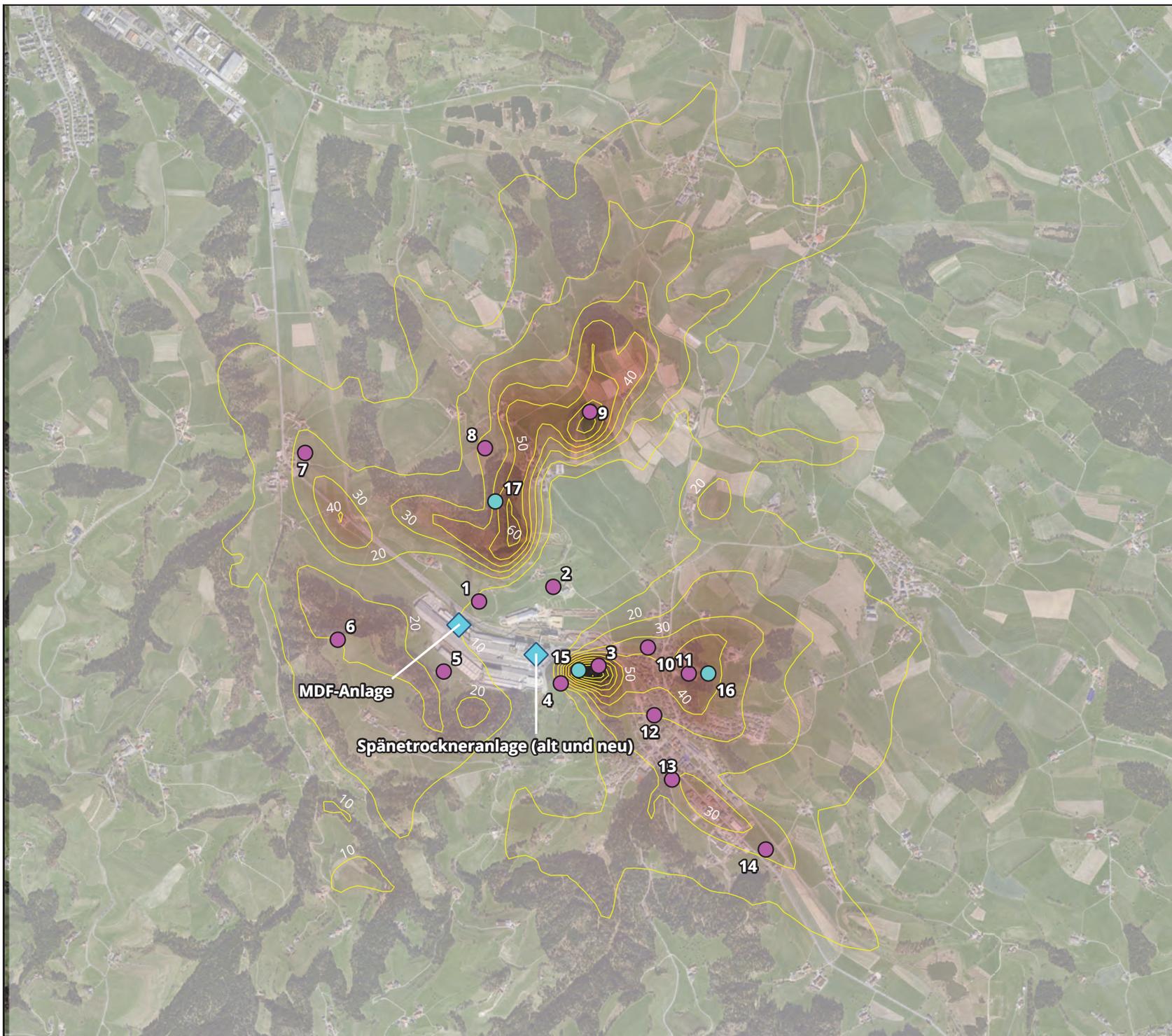


**Probenahme­flächen und Ergebnis Modellierung
Spänetrockner alt (trocken)**

Auftraggeberin	Mst: 1:20'000
Umwelt Zentralschweiz c/o Dienststelle Umwelt und Energie (uwe), Libellenrain 15, Postfach 3439, 6002 Luzern	Format: A3
Projekt-Nr.: 23.086.2.02 Kantonale Bodenüberwachung Zentralschweiz (KABO ZCH), Teilprojekt LU	Erstellt: nb Datum: 12.11.24
Plangrundlage: Swisstopo SWISSIMAGE	Geprüft: lz Datum: 12.11.24

Legende

- Probenahme­flächen Etappe 1
- Probenahme­flächen Etappe 2
- ◆ Anlagen
- prozentualer Anteil des Immissionsmaximums

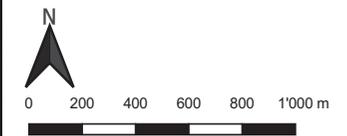
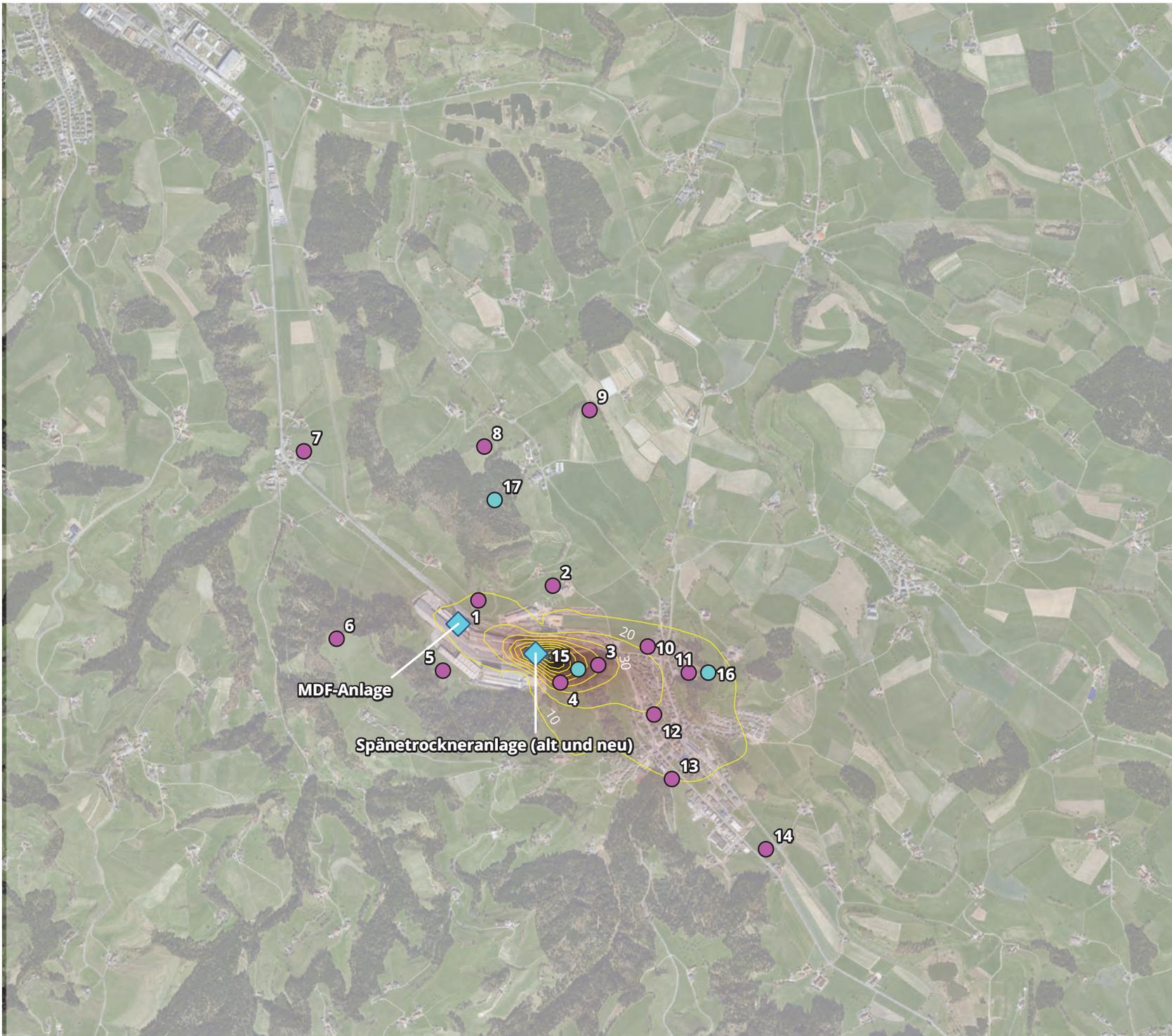


Probenahmeflächen und Spänetrockner neu (nass)

Auftraggeberin Umwelt Zentralschweiz c/o Dienststelle Umwelt und Energie (uwe), Libellenrain 15, Postfach 3439, 6002 Luzern	Mst: 1:20'000
Projekt-Nr.: 23.086.2.02 Kantonale Bodenüberwachung Zentralschweiz (KABO ZCH), Teilprojekt LU	Erstellt: nb Datum: 12.11.24
Plangrundlage: Swisstopo SWISSIMAGE	Geprüft: lz Datum: 12.11.24

Legende

- Probenahmeflächen Etappe 1
- Probenahmeflächen Etappe 2
- ◆ Anlagen
- prozentualer Anteil des Immissionsmaximums

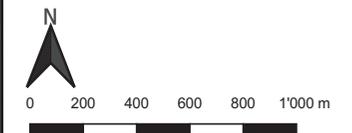
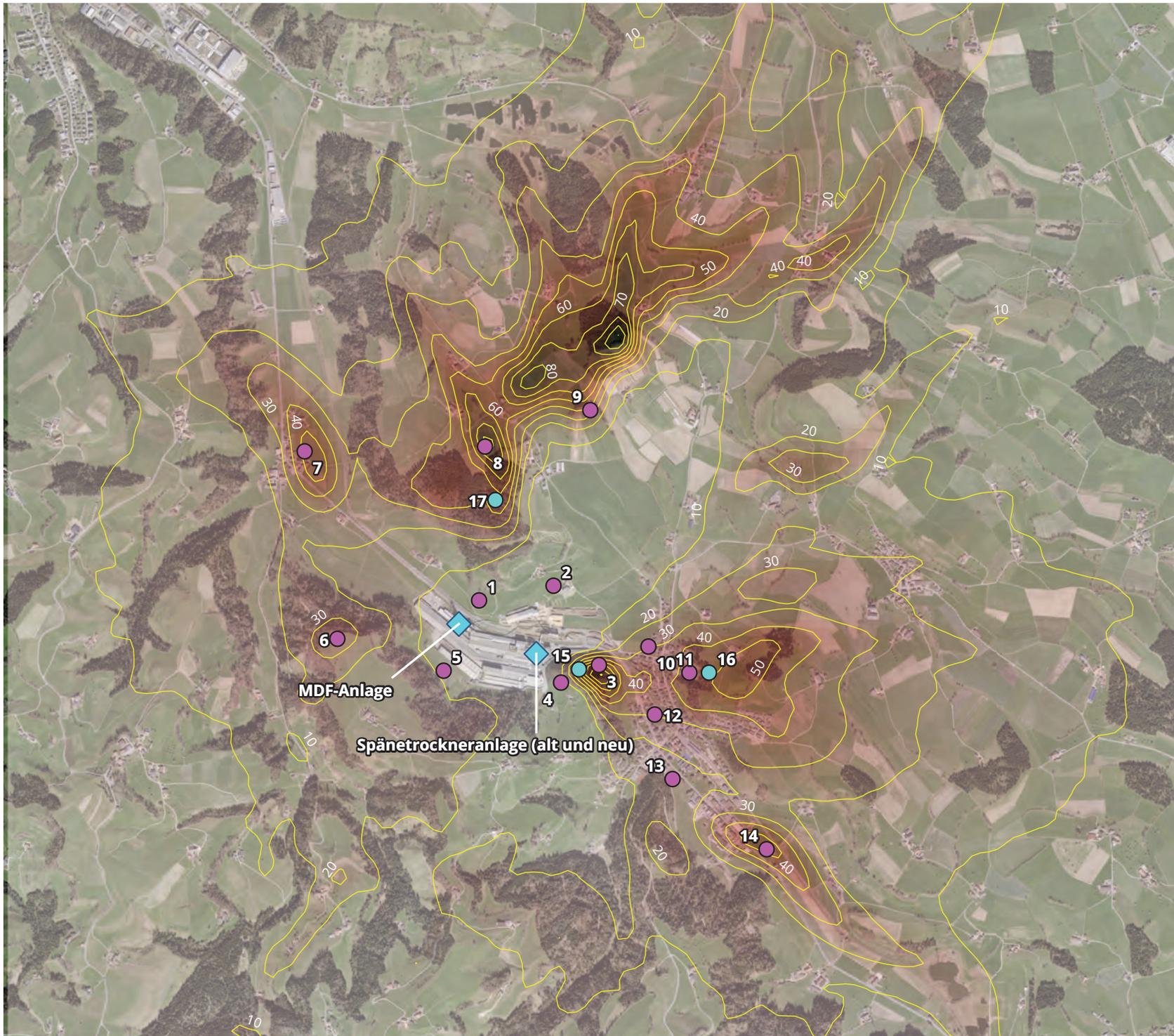


**Probenahme­flächen und Ergebnis
 Modellierung Spänetrockner neu (trocken)**

Auftraggeberin Umwelt Zentralschweiz c/o Dienststelle Umwelt und Energie (uwe), Libellenrain 15, Postfach 3439, 6002 Luzern	Mst: 1:20'000
Projekt-Nr.: 23.086.2.02 Kantonale Bodenüberwachung Zentralschweiz (KABO ZCH), Teilprojekt LU	Erstellt: nb Datum: 12.11.24
Plangrundlage: Swisstopo SWISSIMAGE	Geprüft: lz Datum: 12.11.24

Legende

- Probenahme­flächen Etappe 1
- Probenahme­flächen Etappe 2
- ◆ Anlagen
- prozentualer Anteil des Immissionsmaximums

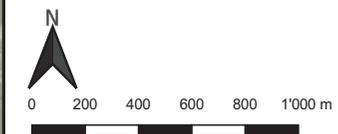
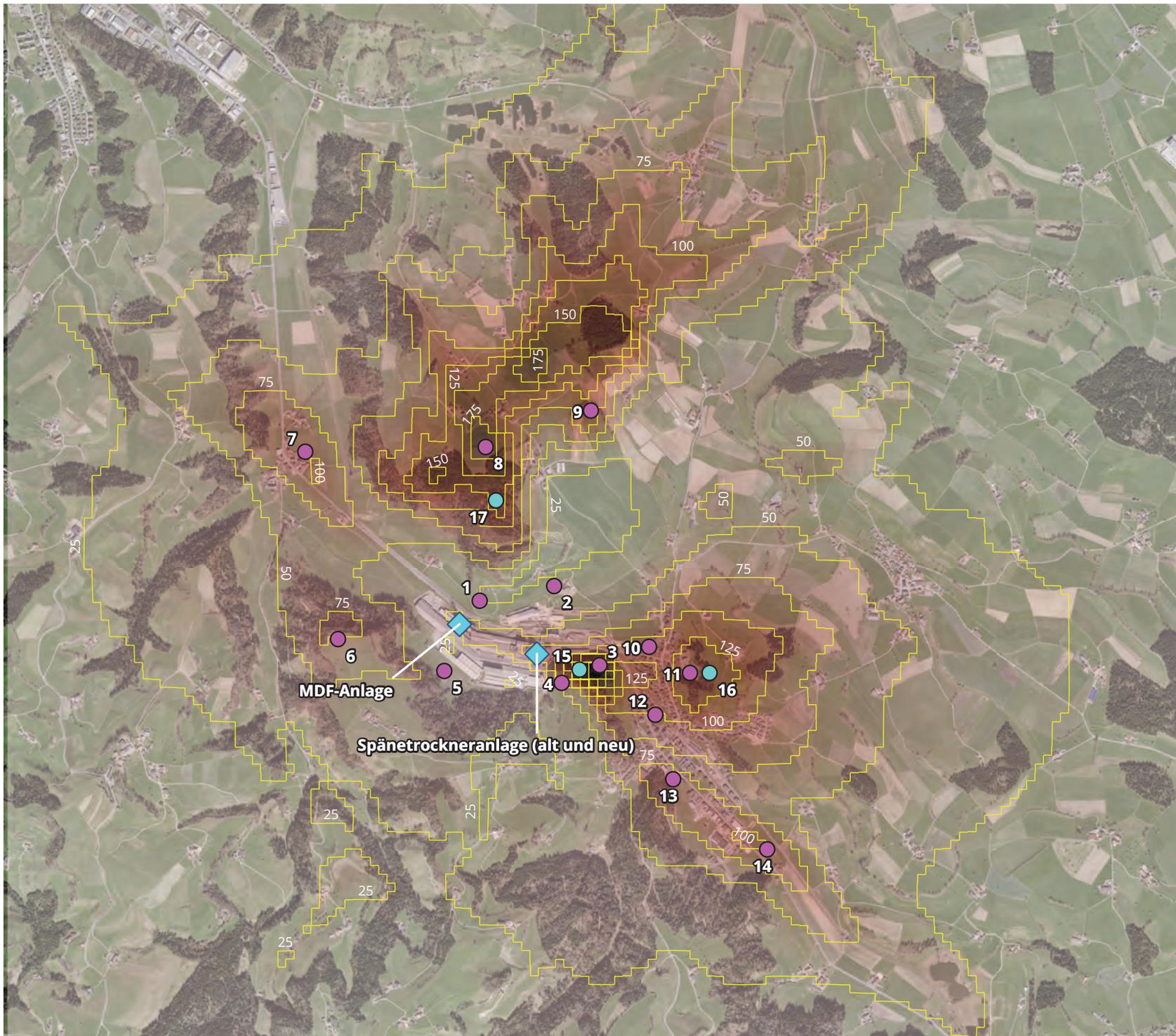


Probenahme­flächen und Summe der drei modellierten Anlagen (je trocken und nass)

Auftraggeberin Umwelt Zentralschweiz c/o Dienststelle Umwelt und Energie (uwe), Libellenrain 15, Postfach 3439, 6002 Luzern	Mst: 1:20'000
Projekt-Nr.: 23.086.2.02 Kantonale Bodenüberwachung Zentralschweiz (KABO ZCH), Teilprojekt LU	Format: A3
Plangrundlage: Swisstopo SWISSIMAGE	Erstellt: nb Datum: 12.11.24
	Geprüft: lz Datum: 12.11.24

Legende

- Probenahme­flächen Etappe 1
- Probenahme­flächen Etappe 2
- ◆ Anlagen
- prozentualer Anteil des Immissionsmaximums
 (Für jede Anlage: 100 % = Maximum der Summe von Trocken- und Nassdeposition; daher Werte > 100% möglich)



ANHANG 4

Klassierungstabelle

Klassierung der untersuchten Böden rund um die Swisskrono Menznau

Projektnummer: 23.086.2.02
 Bearbeiter: lz
 Datum: 30.09.2024

Probe	Probenahmetiefe (cm)	Blei mg/kg TS	Cadmium mg/kg TS	Chrom mg/kg TS	Kupfer mg/kg TS	Molybdän mg/kg TS	Nickel mg/kg TS	Quecksilber mg/kg TS	Zink mg/kg TS	PAK mg/kg TS	PCDD/F ng I-TEQ/kg exkl. BG	PCDD/F ng WHO ₀₅ -TEQ/kg exkl. BG	C _{org} %	Tongehalt %	pH (Feldmessung)
1	0-20	20	<0.5	24	20	<5	27	<0.1	50	<0.02	0.15	0.12	4.0	23	4
2	0-20	27	<0.5	14	19	<5	16	<0.1	70	0.075	0.11	0.08	n.b.	n.b.	n.b.
3	0-20	21	<0.5	17	<10	<5	21	0.69	38	<0.02	0.58	0.52	5.0	28	4
4	0-20	27	<0.5	17	<10	<5	16	<0.1	37	<0.02	0.16	0.13	4.0	22	4
5	0-20	17	<0.5	20	13	<5	23	<0.1	46	<0.02	0.22	0.18	4.0	19	5
6	0-20	11	<0.5	16	<10	<5	13	<0.1	30	<0.02	0.12	0.09	4.0	19	5
7	0-5	20	<0.5	20	18	<5	20	<0.1	57	<0.02	0.58	0.54	4.0	24	5
8	0-20	14	<0.5	18	11	<5	18	<0.1	44	<0.02	0.12	0.08	4.0	18	5
9	0-20	13	<0.5	16	17	<5	19	<0.1	71	<0.02	0.03	0.01	4.0	19	5
10	0-5	<10	<0.5	<10	<10	<5	<10	<0.1	29	0.089	0.10	0.07	4.0	19	6
11	0-5	19	<0.5	21	17	<5	35	<0.1	58	<0.02	0.02	0.01	3.0	26	7
12	0-5	11	<0.5	<10	<10	<5	<10	<0.1	33	0.051	0.12	0.09	4.0	19	5
13	0-5	26	<0.5	<10	15	<5	<10	<0.1	56	0.034	0.20	0.16	4.0	21	5
14	0-20	45	<0.5	17	30	<5	21	<0.1	52	0.022	0.03	0.01	n.b.	n.b.	n.b.
15	0-20	25	<0.5	18	11	<5	24	0.13	45	0.280	1.2	1.0	4.0	22	4
16	0-20	17	<0.5	<10	<10	<5	10	<0.1	23	0.190	0.13	0.10	4.0	8	4
17	0-20	27	<0.5	26	18	<5	39	<0.1	60	<0.02	0.59	0.46	1.0	26	4
VBBo-Richtwert		50	0.8	50	40	5	50	0.5	150	1	5	5**			
VBBo-Prüfwert		200	2	-	150	-	-	0.5**	300*	20	20	20**			
VBBo-Sanierungswert		1000	20	-	1000	-	-	2**	2000	100	100	100**			

Bemerkung: bei verschiedenen Prüf-/Sanierungswerten wurde hier der tiefste Wert angegeben.

* Der Prüfwert für Zink stammt aus der VHVB (2022) und nicht aus der VBBo.

** Vom BAFU 2024 für die Revision VBBo vorgeschlagene Werte

Schadstoffgehalt > Richtwert und ≤ Prüfwert

Schadstoffgehalt > Prüfwert und ≤ Sanierungswert

BG: Bestimmungsgrenze
 TS: Trockensubstanz
 BG: Bestimmungsgrenze
 PAK: polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
 PCDD/F: polychlorierte Dibenzodioxine und -furane
 PFAS: per- und polyfluorierte Alkylverbindungen
 C_{org}: organischer Kohlenstoff
 n.b.: nicht bestimmt

23.086.2.02 KABO ZCH TP LU			Proben-Nummer	HMB 24-1	HMB 24-2	HMB 24-3	HMB 24-4	HMB 24-5	HMB 24-6
PCDD/F	TEF (NATO 1988)	TEF (WHO 2005)	Einheit						
2,3,7,8-TetraCDD	1	1	ng/kg	<1	<1	0	<1	<1	<1
1,2,3,7,8-PentaCDD	0.5	1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	1	<1	<1	<1
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	0.01	0.01	ng/kg	6	7	12	7	11	5
OctaCDD	0.001	0.0003	ng/kg	38	44	63	50	57	36
2,3,7,8-TetraCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	1	<1	<1	<1
1,2,3,7,8-PentaCDF	0.05	0.03	ng/kg	<1	<1	1	<1	<1	<1
2,3,4,7,8-PentaCDF	0.5	0.3	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	1	<1	<1	<1
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	0.01	0.01	ng/kg	5	<3	5	4	5	3
1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	0.01	0.01	ng/kg	<3	<3	<3	<3	<3	<3
OctaCDF	0.001	0.0003	ng/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Σ PCDD/F inkl. 0% BG			ng I-TEQ/kg	0.15	0.11	0.58	0.16	0.22	0.12
Σ PCDD/F inkl. 0% BG			ng WHO-05-TEQ/kg	0.12	0.08	0.52	0.13	0.18	0.09

23.086.2.02 KABO ZCH TP LU			Proben-Nummer	HMB 24-7	HMB 24-8	HMB 24-9	HMB 24-10	HMB 24-11	HMB 24-12
PCDD/F	TEF (NATO 1988)	TEF (WHO 2005)	Einheit						
2,3,7,8-TetraCDD	1	1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,7,8-PentaCDD	0.5	1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	2	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	0.01	0.01	ng/kg	19	7	<5	6	<5	8
OctaCDD	0.001	0.0003	ng/kg	60	45	27	43	23	38
2,3,7,8-TetraCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,7,8-PentaCDF	0.05	0.03	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2,3,4,7,8-PentaCDF	0.5	0.3	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	0.01	0.01	ng/kg	3	<3	<3	<3	<3	<3
1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	0.01	0.01	ng/kg	<3	<3	<3	<3	<3	<3
OctaCDF	0.001	0.0003	ng/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Σ PCDD/F inkl. 0% BG			ng I-TEQ/kg	0.58	0.12	0.03	0.10	0.02	0.12
Σ PCDD/F inkl. 0% BG			ng WHO-05-TEQ/kg	0.54	0.08	0.01	0.07	0.01	0.09

23.086.2.02 KABO ZCH TP LU			Proben-Nummer	HMB 24-13	HMB 24-14	HMB 24-15	HMB 24-16	HMB 24-17
PCDD/F	TEF (NATO 1988)	TEF (WHO 2005)	Einheit					
2,3,7,8-TetraCDD	1	1	ng/kg	<1	<1	<0.5	<0.5	<0.5
1,2,3,7,8-PentaCDD	0.5	1	ng/kg	<1	<1	<0.5	<0.5	<0.5
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	0.6	<0.5	<0.5
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	1.1	<0.5	<0.5
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	0.8	<0.5	<0.5
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	0.01	0.01	ng/kg	11	<5	12.3	6.1	5.5
OctaCDD	0.001	0.0003	ng/kg	48	32	65.2	38.9	32.6
2,3,7,8-TetraCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	0.8	<0.6	0.9
1,2,3,7,8-PentaCDF	0.05	0.03	ng/kg	<1	<1	<0.5	<0.5	<0.5
2,3,4,7,8-PentaCDF	0.5	0.3	ng/kg	<1	<1	0.9	<0.5	0.5
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	0.7	<0.6	0.7
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	0.6	<0.5	0.6
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	<0.5	<0.5	<0.5
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	<1	<1	0.6	<0.5	<0.5
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	0.01	0.01	ng/kg	4	<3	4.6	3.2	3
1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	0.01	0.01	ng/kg	<3	<3	<1.5	<1.5	<1.5
OctaCDF	0.001	0.0003	ng/kg	<10	<10	<5	<5	<5
Σ PCDD/F inkl. 0% BG			ng I-TEQ/kg	0.20	0.03	1.20	0.13	0.59
Σ PCDD/F inkl. 0% BG			ng WHO-05-TEQ/kg	0.16	0.01	0.98	0.10	0.46

ANHANG 5

Tabelle PFAS-Gehalte

PFAS-Gehalte der untersuchten Böden rund um die Swisskrono Menznau

Projektnummer: 23.086.2.02
 Bearbeiter: lz
 Datum: 30.09.2024

Probe	Probenahmetiefe (cm)	PFBA ug/kg	PFBS ug/kg	PFPeA ug/kg	PFPeS ug/kg	PFHxA ug/kg	PFHxS ug/kg	PFHpA ug/kg	PFHpS ug/kg	PFOA ug/kg	PFOS ug/kg	PFOSA ug/kg	PFNA ug/kg	PFNS ug/kg	PFDeA ug/kg
1	0-20	0.20	<0.1	<0.1	<0.1	0.10	<0.1	<0.1	<0.1	0.20	0.30	<0.1	0.10	<0.1	<0.1
2	0-20	0.20	<0.1	<0.1	<0.1	0.10	<0.1	<0.1	<0.1	0.20	0.20	<0.1	0.10	<0.1	<0.1
3	0-20	0.20	<0.1	<0.1	<0.1	0.10	<0.1	<0.1	<0.1	0.20	0.40	<0.1	0.10	<0.1	<0.1
4	0-20	0.10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.20	0.40	<0.1	0.10	<0.1	<0.1
5	0-20	0.10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.20	0.30	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Probe	Probenahmetiefe (cm)	PFDS ug/kg	PFUnA ug/kg	PFUnS ug/kg	PFDoA ug/kg	PFDoS ug/kg	PFTrA ug/kg	PFTrDS ug/kg	PFTA ug/kg	H4PFOS (6:2-FTS) ug/kg	4:2-FTS ug/kg	8:2-FTS ug/kg	Capstone A ug/kg	Capstone B ug/kg	∑9 PFAS ug/kg	∑27 PFAS ug/kg
1	0-20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5	0.90	0.90
2	0-20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5	0.80	0.80
3	0-20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5	1.00	1.00
4	0-20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5	0.80	0.80
5	0-20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5	0.60	0.60

ANHANG 6

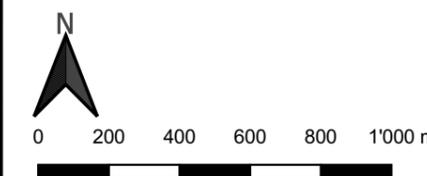
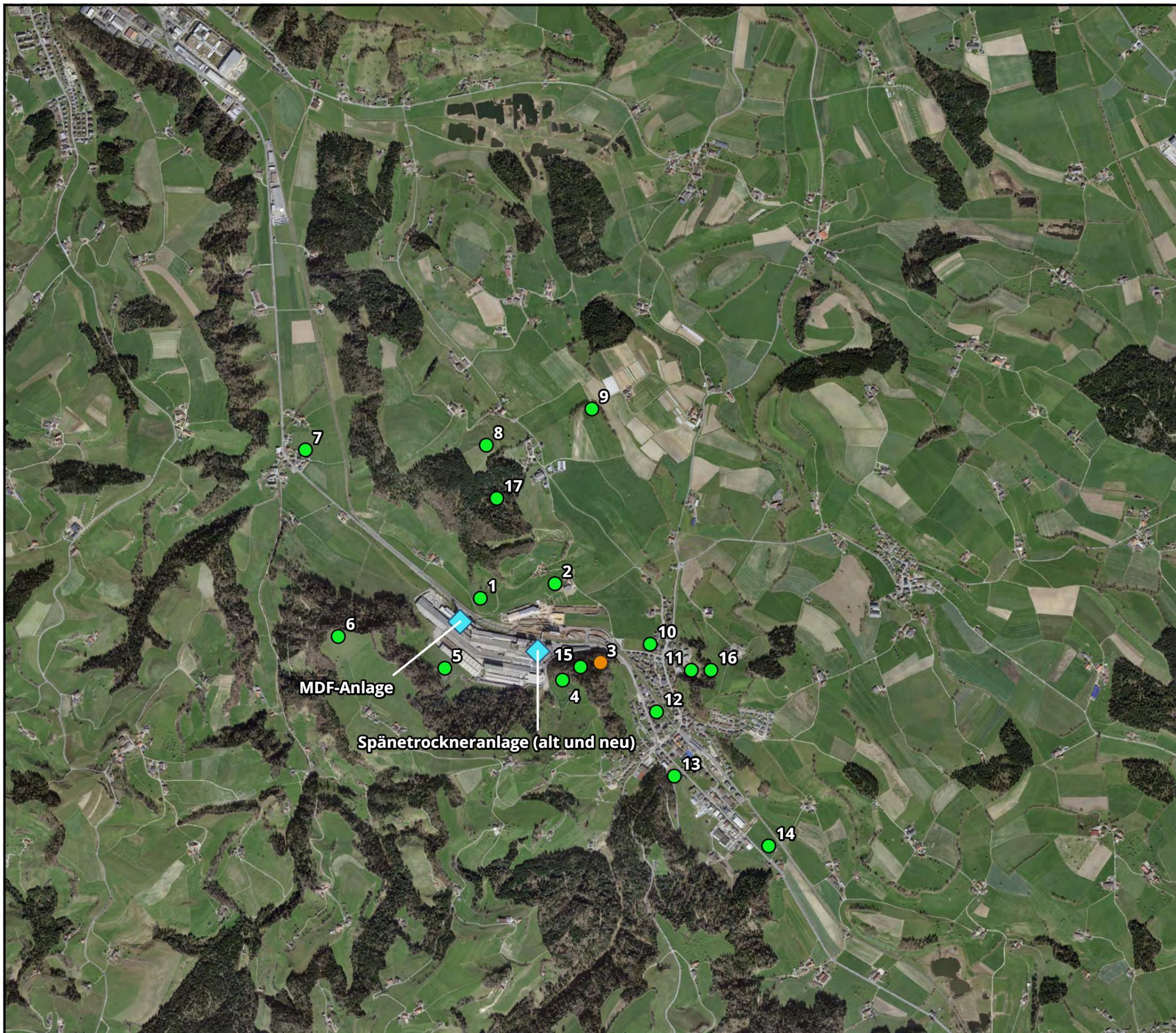
Belastungsplan

Belastungsplan Quecksilber (Hg)

Auftraggeberin Umwelt Zentralschweiz c/o Dienststelle Umwelt und Energie (uwe), Libellenrain 15, Postfach 3439, 6002 Luzern	Mst: 1:20'000
	Format: A3
Projekt-Nr.: 23.086.2.02 Kantonale Bodenüberwachung Zentralschweiz (KABO ZCH), Teilprojekt LU	Erstellt: nb Datum: 13.11.24
Plangrundlage: Swisstopo SWISSIMAGE	Geprüft: lz Datum: 13.11.24

Legende

- < 0.5 mg/kg
- 0.5 - 2 mg/kg
- ◆ Anlagen



ANHANG 7

Analysenberichte