

Sondiergesuch NSG-Q 18-05

**Gesuch um Erteilung einer
Bewilligung für erdwissen-
schaftliche Untersuchungen**

**Quartärbohrung
Ossingen**

April 2018

**Nationale Genossenschaft
für die Lagerung
radioaktiver Abfälle**

Hardstrasse 73
Postfach 280
5430 Wettingen
Telefon 056-437 11 11
www.nagra.ch

Sondiergesuch NSG-Q 18-05

**Gesuch um Erteilung einer
Bewilligung für erdwissen-
schaftliche Untersuchungen**

**Quartärbohrung
Ossingen**

April 2018

STICHWÖRTER

Quartäruntersuchungen, Quartärbohrungen, QAU, QBO,
Ossingen, Zürich Nordost, ZNO

**Nationale Genossenschaft
für die Lagerung
radioaktiver Abfälle**

Hardstrasse 73
Postfach 280
5430 Wettingen
Telefon 056-437 11 11
www.nagra.ch

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Tabellenverzeichnis.....	II
Figurenverzeichnis.....	II
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Geologischer Bericht	3
2.1 Lage der Bohrstelle.....	4
2.2 Eignung des Bohrstandorts.....	7
3 Untersuchungsprogramm	9
3.1 Ziel der Untersuchungen.....	9
3.2 Generelles Vorgehen	9
3.2.1 Bohrverfahren und Bohrgerät	9
3.2.2 Installation der Bohrstelle.....	9
3.2.3 Bohrstellen-Dispositiv und Platzbedarf.....	10
3.2.4 Versorgung der Bohrstelle.....	11
3.2.5 Verfüllung der Bohrung.....	11
3.3 Untersuchungsprogramm.....	11
3.4 Beginn, Dauer und Programmanpassungen.....	11
3.5 Erschliessung der Bohrstelle und Transporte	12
3.6 Wiederherstellen der Bohrstelle	12
4 Umweltaspekte	13
4.1 Relevanzmatrix.....	13
4.2 Emissionen.....	14
4.2.1 Luftreinhalteung	14
4.2.2 Lärm.....	14
4.2.3 Lichtimmissionen	14
4.3 Erschütterungen.....	15
4.4 Grundwasser	15
4.5 Oberflächengewässer und aquatische Ökosysteme	15
4.6 Entwässerung der Bohrstelle	16
4.7 Naturgefahren	16
4.8 Boden und Fruchtfolgeflächen	16
4.9 Altlasten.....	16
4.10 Abfälle und umweltgefährdende Stoffe.....	16
4.11 Umweltgefährdende Organismen	17
4.12 Wald.....	17
4.13 Flora, Fauna und Lebensräume.....	17
4.14 Landschaft und Ortsbild	17

4.15	Kulturdenkmäler und archäologische Stätten.....	18
4.16	Störfallvorsorge und Katastrophenschutz.....	18
5	Risiko- und Gefahrenabschätzung.....	19
6	Rechtliche Voraussetzungen für die Bewilligung	21
6.1	Zusammenfassung der Anforderungen an ein Gesuch für QBO	21
6.2	Rechtsverhältnisse an der Bohrstelle	21
6.3	Anträge	21
7	Literaturverzeichnis	23

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Relevanzmatrix der Umweltbereiche für die Bohrstelle QBO Ossingen.	13
Tab. 2:	Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen.....	21

Figurenverzeichnis

Fig. 1:	Illustration des verifizierten Verlaufs der glazial übertieften Rinne nahe des Verzweigungspunkts der Andelfingen- und Marthalen-Rinnen anhand des Nordschweizer Modells der Basis Quartär (Pietsch & Jordan 2014) mit der geplanten Bohrstelle.....	3
Fig. 2:	Übersichtskarte der Bohrstelle QBO Ossingen mit Verlauf der 2D-Seismiklinien 16-QAU-01 und 16-QAU-04 sowie Lokation der bestehenden Aufzeitbohrung AZ-681.	5
Fig. 3:	Situationsplan der QBO Ossingen mit der ungefähren Fläche der Bohrstelle.....	6
Fig. 4:	Orthophoto der Bohrstelle QBO Ossingen.	7
Fig. 5:	Die Bohrstelle QBO Ossingen, Blickrichtung nach NE auf die geplante Bohrstelle auf dem Parkplatz Thur.	10

1 Einleitung und Zielsetzung

Quartäruntersuchungen sind Teil des Nagra Untersuchungskonzepts für vertiefte erdwissenschaftliche Untersuchungen in Etappe 3 des Sachplans Geologische Tiefenlager (SGT). Sie dienen der Gewinnung von Felddaten für die Abklärung von Fragestellungen zur geologischen Langzeitentwicklung (vgl. Nagra 2014a, Nagra 2016).

Im Rahmen der Quartäruntersuchungen ist die Abteufung von Quartärbohrungen (QBO) vorgesehen. Im Gegensatz zu Tiefbohrungen dienen QBOs nicht zwingend der Charakterisierung von geologischen Standortgebieten, sondern der übergeordneten quartärgeologischen Erkundung der Nordschweiz. QBOs liegen deshalb nicht zwingend innerhalb der zu untersuchenden Standortgebiete, sondern abhängig von den lokalen quartärgeologischen Verhältnissen auch ausserhalb davon. QBOs werden stets nur bis einige Meter unter die Felsoberkante abgeteuft. Der einschlusswirksame Gebirgsbereich ist von diesen Bohrungen daher nicht betroffen.

Gemäss Art. 35 des Kernenergiegesetzes¹ (KEG) ist für die Durchführung von QBOs eine Bewilligung des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) erforderlich. Ziel des vorliegenden Gesuchs ist es, die Bewilligung für die Durchführung einer QBO in der Gemeinde Ossingen (Kanton Zürich) zu erlangen.

Mit dem vorliegenden **Gesuch für die QBO Ossingen** wird eine Bohrlokation parzellengenau festgelegt. Der geplante Bohrstandort liegt südwestlich der Ortschaft Ossingen resp. nordwestlich der Ortschaft Dätwil südlich des Standortgebiets Zürich Nordost (ZNO).

Für die Erteilung der Bewilligung gemäss Art. 58 der Kernenergieverordnung² (KEV) muss das Gesuch folgende Anforderungen erfüllen:

- Geologischer Bericht
- Übersichtskarte
- Untersuchungsprogramm
- Angabe zur gewünschten Dauer der Bewilligung
- Bericht über mögliche Auswirkungen der Untersuchungen auf Geologie und Umwelt

¹ Kernenergiegesetz (KEG, SR 732.1) vom 21. März 2003 (Stand 1. Januar 2018).

² Kernenergieverordnung (KEV, SR 732.11) vom 10. Dezember 2004 (Stand 1. Januar 2018).

2 Geologischer Bericht

Die QBO Ossingen zielt auf die Charakterisierung der glazial übertieften Rinne in der Nähe von Dätwil im untersten Thurtal (Fig. 1) ab. In der Region vom untersten Thurtal bis südlich des Cholfirns können im Wesentlichen drei glazial übertiefte Rinnen unterschieden werden: die Andelfingen-, die Marthalen- und die Rudolfingen-Rinne. Die geplante QBO Ossingen liegt im Bereich der Verzweigung der Andelfingen- und Marthalen-Rinne (vgl. Fig. 1). In diesem Bereich ist die Rinne nachweislich über 288 m in den Felsuntergrund aus Molassesedimenten eingeschnitten und stellt eine der bedeutendsten glazialen Übertiefungen der Nordschweiz dar (Pietsch & Jordan 2014, Nagra 2014b).

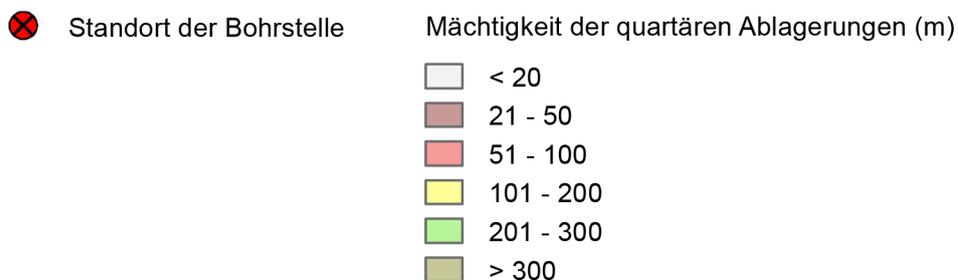
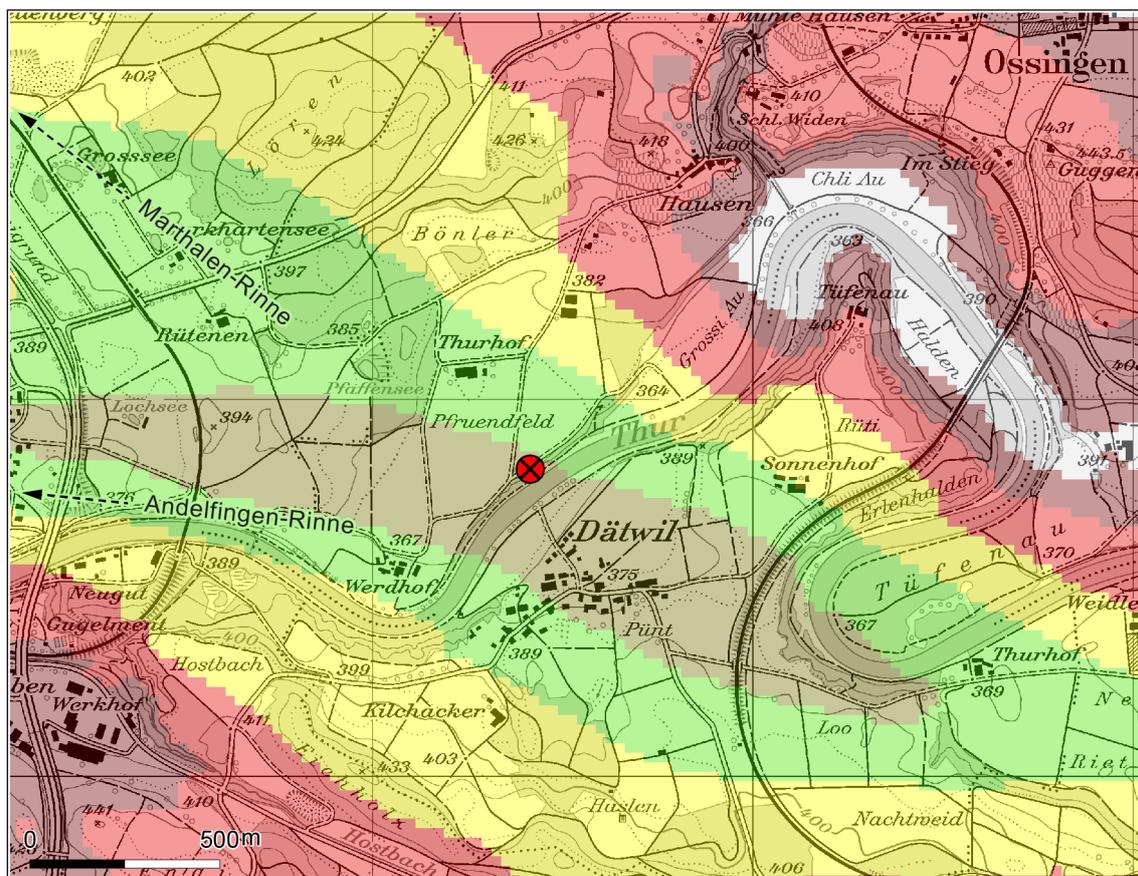


Fig. 1: Illustration des verifizierten Verlaufs der glazial übertieften Rinne nahe des Verzweigungspunkts der Andelfingen- und Marthalen-Rinnen anhand des Nordschweizer Modells der Basis Quartär (Pietsch & Jordan 2014) mit der geplanten Bohrstelle.

Die Marthalen- und Andelfingen-Rinnen liegen innerhalb der letzteiszeitlichen Eisausdehnung (Bini et al. 2009, Hofmann 1967). Ihre Anlage könnte im mittleren Pleistozän erfolgt sein, ihr genaues Entstehungsalter ist jedoch nicht bekannt (Graf 2009, Schnellmann et al. 2014, Nagra 2014b). Der Kenntnisstand betreffend Verlauf und Tiefgang der Rinnen beruht auf Informationen aus bestehenden Bohrungen und Hinweisen aus regionalen 2D-Seismikprofilen (vgl. Pietsch & Jordan 2014) sowie den jüngsten Erkenntnissen aus einer ersten Auswertung der neuen, quartärspezifischen Nagra 2D-Seismik QAU16 (vgl. Kap. 2.2; ENSI 2017).

Die geplante QBO Ossingen dient der besseren Abklärung des Tiefgangs sowie der Charakterisierung und Beprobung der Füllung der Rinne im Bereich der Verzweigung der Marthalen- und Andelfingen-Rinnen, deren geochronologische Datierung Hinweise auf das Mindestentstehungsalter der Rinnen liefern soll.

2.1 Lage der Bohrstelle

Der geplante Standort der QBO Ossingen liegt im zentralen Bereich der Verzweigung der Marthalen- und Andelfingen-Rinnen, nordwestlich der Ortschaft Dätwil (Fig. 2). Die Bohrstellensituation der QBO zeigen Fig. 3 und 4.

Der Bohrstandort der QBO Ossingen weist folgende Kennwerte auf:

- Parzelle: Kat.-Nr. 2754
- Flurname: Thurrain
- Nutzung: Landwirtschaftszone, Parkplatz
- Koordinaten: 2'695'415 / 1'272'814
- Höhe: 374.4 m ü.M.

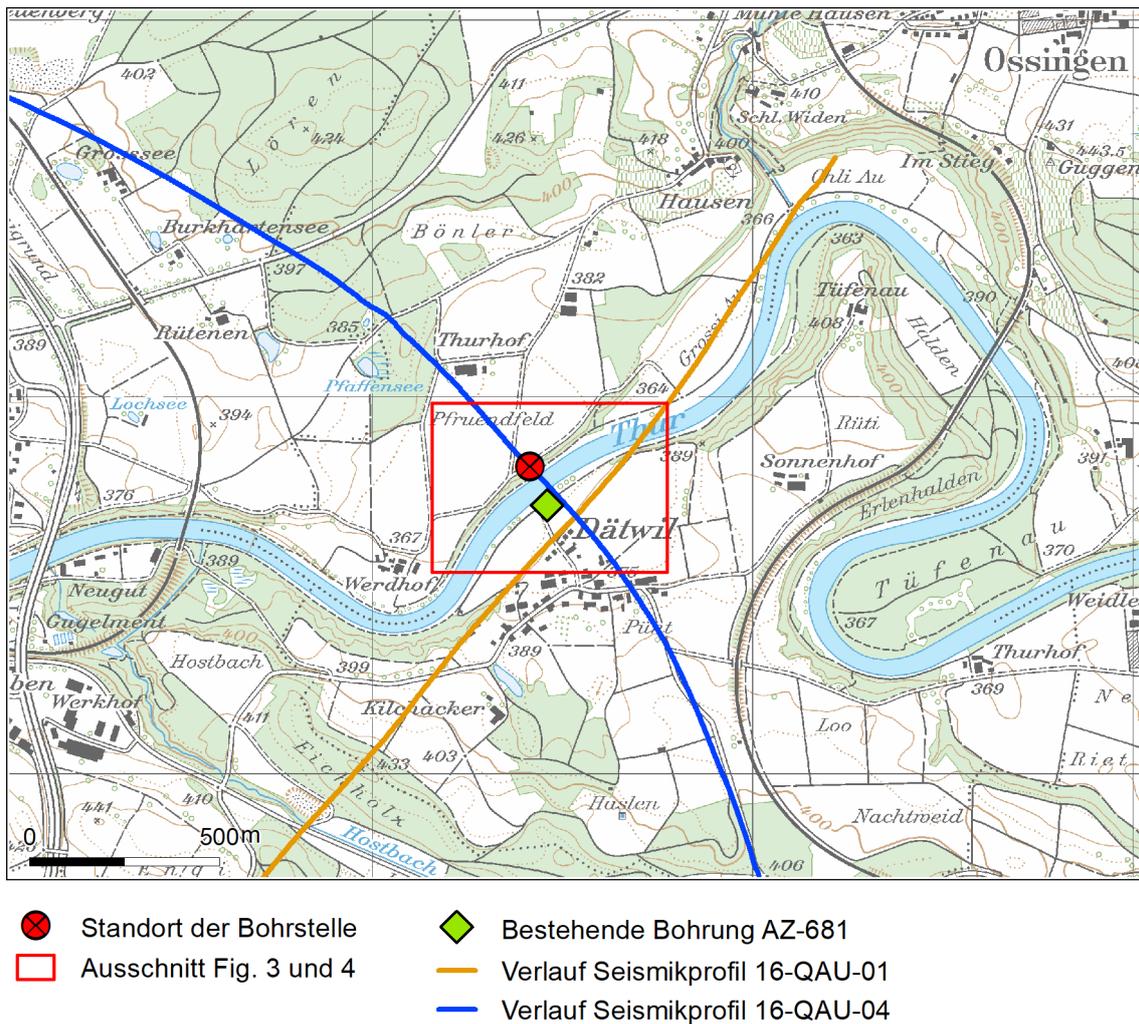
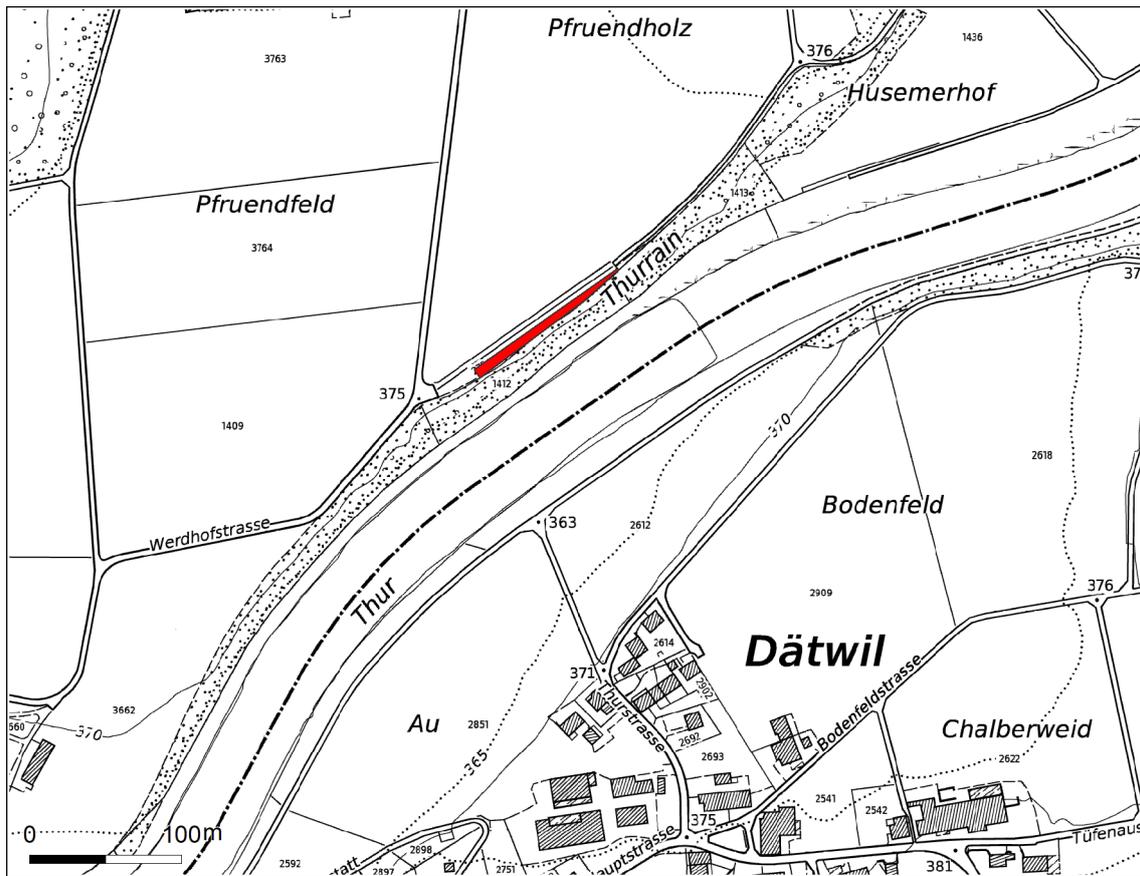


Fig. 2: Übersichtskarte der Bohrstelle QBO Ossingen mit Verlauf der 2D-Seismiklinien 16-QU-01 und 16-QU-04 sowie Lokation der bestehenden Aufzeitbohrung AZ-681.



■ Fläche der Bohrstelle

Fig. 3: Situationsplan der QBO Ossingen mit der ungefähren Fläche der Bohrstelle.



■ Fläche der Bohrstelle

Fig. 4: Orthophoto der Bohrstelle QBO Ossingen.

2.2 Eignung des Bohrstandorts

Basierend auf der provisorischen Auswertung der quartärspezifischen Nagra 2D-Seismik QAU16 der Nagra (ENSI 2017) liegt die geplante QBO Ossingen nahe des zentralen Bereichs der Verzweigung der Andelfingen- und Marthalen-Rinnen. Die provisorische Interpretation der 2D-Seismiklinie 16-QAU-04 impliziert an dieser Stelle eine Rinnentiefe von ca. 270 m u.T. (resp. ca. Kote 94.4 m ü.M.). Die geplante QBO befindet sich ca. 110 m nordöstlich einer bereits bestehenden destruktiven Aufzeitbohrung bei Dätwil (AZ-681, vgl. Fig. 2; Haldimann et al. 1992). Die Aufzeitbohrung AZ-681 erreichte die Basis der Rinne bzw. den anstehenden Fels bis 288 m u.T. nicht. Zwischen ca. 19 und 163 m u.T. resp. zwischen ca. Kote 344 und 200 m ü.M. wurden in der Aufzeitbohrung sandige Seeablagerungen erbohrt, welche potenziell für die Anwendung geochronologischer Datierungsmethoden geeignet sind.

Der geplante Standort für die QBO Ossingen ist aus zwei Gründen geeignet, vorhandene Informationen zum Tiefgang und zur Füllung im Bereich der Verzweigung der Marthalen- und Andelfingen-Rinnen zu verbessern: Erstens befindet sich die geplante Bohrung gemäss jüngsten Erkenntnissen aus der neuen, quartärspezifischen Nagra 2D-Seismik QAU16 nahe des zentralen Bereichs der Verzweigung der Marthalen- und Andelfingen-Rinnen (ENSI 2017). Zweitens ist es aufgrund der oben genannten destruktiv gebohrten Aufzeitbohrung (vgl. Haldimann et al. 1992) wahrscheinlich, dass an dieser Stelle potenziell datierbare Seesedimente angetroffen werden.

Die zu erwartenden hydrogeologischen Verhältnisse in der QBO Ossingen lassen sich aufgrund des Bohrprofils der nahe gelegenen Aufzeitbohrung AZ-681 (Haldimann et al. 1992) abschätzen. Im Bereich der postglazialen Thurschotter zwischen ca. 2 und 7 m u.T. (resp. zwischen ca. Kote 361 und 356 m ü.M.) wurden dort während der Bohrarbeiten keine Grundwasserzutritte festgestellt. Grundwasserzutritte sind bei einer Spülbohrung mit Verrohrung wie hier der Fall (bis ca. 27 m u.T. resp. ca. Kote 336 m ü.M.) grundsätzlich schwierig zu detektieren. Aufgrund der kiesigen Zusammensetzung der postglazialen Thurschotter ist zwar mit einer gewissen Grundwasserführung zu rechnen, durch den hohen Feinanteil der Schotter ist jedoch die Durchlässigkeit des oberflächennahen Aquifers als gering einzustufen. Diese Einschätzung wird auch in der Grundwasserkarte des Kantons Zürich (GIS-ZH 2018) wiedergegeben, welche die Bohrstelle knapp ausserhalb eines Grundwasserrandgebiets anordnet, in dem eine geringe Durchlässigkeit zu erwarten ist. Im nahe gelegenen Grundwasserrandgebiet sind keine Angaben zum Grundwasserspiegel vorhanden.

In der AZ-681 wurden zwischen ca. 53 und 62 m u.T. (zwischen ca. Kote 310 und 301 m ü.M.) innerhalb der Seeablagerungen kiesige Lagen angetroffen, welche leicht artesisch gespanntes Grundwasser führen. Während der Bohrarbeiten trat das Grundwasser aus dem tieferen Stockwerk mit einer Ergiebigkeit von rund 12 l/min an die Oberfläche. Die Druckspiegellage des tieferen Stockwerks ist nicht bekannt. Aufgrund der geringen Schüttung ist davon auszugehen, dass der Druckspiegel nur wenige Dezimeter über Terrain liegt. Die niedrige Mineralisierung des austretenden Grundwassers von rund 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25° C) weist auf ein Vorkommen mit geringer Verweilzeit im Untergrund hin. Unterhalb der Seeablagerungen wurden in weiteren kiesigen Abschnitten in Tiefen zwischen 225 und 234 m (zwischen ca. Kote 138 und 129 m ü.M.) resp. 281 und 288 m u.T. (zwischen ca. Kote 82 und 75 m ü.M.) mittelstarke Spülungsverluste von 50 – 70 l/min registriert. Ob diese Schichten ebenfalls grundwasserführend sind, konnte nicht bestimmt werden.

Um das Erkundungsrisiko zu minimieren und im Hinblick auf eine optimale Kalibration der 2D-Seismik QAU16 ist die QBO Ossingen auf den geplanten Standort nahe der Seismiklinie 16-QAU-04 (und 16-QAU-01) angewiesen und weist somit im raumplanerischen Sinne eine positive Standortgebundenheit auf.

3 Untersuchungsprogramm

3.1 Ziel der Untersuchungen

Das Ziel der QBO Ossingen ist die quartärgeologische Charakterisierung des glazial übertieften Verzweigungsbereichs der Marthalen- und Andelfingen-Rinnen, insbesondere die genauere Abklärung des Tiefgangs im zentralen Bereich sowie die Gewinnung von Kernproben und deren anschliessende geochronologische Datierung (vgl. Kap. 2). Zur Abklärung der Rinnentiefe im Bereich der Bohrstelle soll die Bohrung bis ca. 10 m unterhalb der Felsoberkante abgeteuft werden. Gemäss den Erkenntnissen aus der 2D-Seismik QAU16 (ENSI 2017) wird von einer voraussichtlichen Endteufe von ca. 280 m u.T. ausgegangen. Durch die geplanten Untersuchungen soll die Rekonstruktion pleistozäner Erosionsprozesse um das Standortgebiet ZNO für die Weiterentwicklung von Erosionsszenarien präzisiert werden.

3.2 Generelles Vorgehen

3.2.1 Bohrverfahren und Bohrgerät

Die QBO Ossingen wird in Absprache mit der noch zu verpflichtenden Bohrfirma gemäss dem Stand der Technik abgeteuft, um über die für die Zielsetzung relevante Bohrstrecke einen lückenlosen Sedimentkern von bestmöglicher Qualität zu gewinnen.

Für die Durchführung der QBO Ossingen wird, je nach Bohrfirma und Verfügbarkeit von verschiedenen Bohranlagen, vorzugsweise ein Raupenbohrgerät oder ein mobiles Bohrgerät zum Einsatz kommen, welches auf einem 3- bis 4-achsigen LKW montiert ist und situationsabhängig während der Bohrarbeiten den Einsatz verschiedener Kernbohrverfahren erlaubt. Aufgrund des noch nicht definierten Bohrgeräts variieren die Abmessungen und Kennwerte der typischerweise verwendeten Bohrgeräte:

- Länge inkl. Mast ca. 8 – 13 m
- Breite ca. 2 – 3 m
- Höhe Mast ca. 6 – 14 m
- Maximale Hakenlast ca. 300 – 500 kN (ca. 30 – 50 t)
- Gewicht (inkl. LKW) ca. 40 t

3.2.2 Installation der Bohrstelle

Das mobile Bohrgerät wird auf der als Parkplatz genutzten Parzelle Kat.-Nr. 2754 angeordnet (vgl. Fig. 3 und 5). Die Nutzung des Parkplatzes wird während des Bohrbetriebs, abgesehen von der Bohrstellenfläche, weiterhin möglich sein (vgl. Kap. 3.2.3). Der Transport des Bohrgeräts sowie die restlichen Transporte zur Bohrstelle erfolgen in Absprache mit der Gemeinde sowie der Flurgenossenschaft Ossingen ab der Autobahn A4 (Ausfahrt Nr. 10 Kleinandelfingen) von Westen her über die Ossinger-, Pfaffen- und Hauserstrasse durch den Wald Richtung Thurhof, über eine asphaltierte Landwirtschaftsstrasse westlich am Thurhof vorbei und über die Werdhofstrasse bis zum Parkplatz Thur. Die Fahrten zur Bohrstelle werden auf ein notwendiges Minimum reduziert.

3.2.3 Bohrstellen-Dispositiv und Platzbedarf

Für die Bohrstelle und die temporären Installationen ist ein Platzbedarf von rund 600 m² erforderlich (vgl. Fig. 3 und 4).

Die für die Installation und den Betrieb des Bohrgeräts notwendigen Geräte und das Zubehör (Gestängelager, Materiallager, Servicefahrzeug, Pumpen, Mannschaftsbaracken sowie Treibstofftank und Öllager, Spültankanlagen etc.) werden in unmittelbarer Nähe zum Bohrgerät auf der Parzelle Kat.-Nr. 2754 installiert. Die Nutzung der Fläche erfolgt so, dass ca. 6 Stellplätze des Parkplatzes Thur (vgl. Fig. 5) für PW auch während des Bohrbetriebs genutzt werden können.



Fig. 5: Die Bohrstelle QBO Ossingen, Blickrichtung nach NE auf die geplante Bohrstelle auf dem Parkplatz Thur.

3.2.4 Versorgung der Bohrstelle

Energie

Der Antrieb des Bohrgeräts erfolgt direkt über den Dieselmotor des Bohrgeräts bzw. des LKWs. Die Energieversorgung der übrigen elektrisch betriebenen Geräte und Maschinen auf der Bohrstelle erfolgt mittels eines mobilen Stromaggregats, welches ebenfalls mit Diesel betrieben wird. Der dafür notwendige Baustellentank verfügt über ein Fassungsvermögen von ca. 450 l. Bei Bedarf kann eine zusätzliche Stromversorgung der Bohrstelle über das ca. 500 m nordöstlich gelegenen Landwirtschaftsgebäude entlang der Werdhofstrasse erfolgen.

Wasser

Der Wasserbedarf für die Bohrarbeiten und den Betrieb der Bohrstelle wird ab dem nächstgelegenen, ca. 500 m nordöstlich der Bohrstelle entfernten Hydranten Nr. 141 beim Landwirtschaftsgebäude entlang der Werdhofstrasse sichergestellt. Der Wasserverbrauch auf der Bohrstelle wird mittels installierter Wasseruhr registriert. Alternativ zur Schlauchleitung könnte die Wasserversorgung auch über einen Zisternenwagen sichergestellt werden.

3.2.5 Verfüllung der Bohrung

Die Bohrung wird nach Abschluss der Bohrarbeiten fachgerecht analog zu Erdwärmesonden gemäss Schweizer Norm SN 546 384/6 (SIA 2010) verfüllt. Um ein oberflächliches Eindringen von Sickerwasser in das Bohrloch zu verhindern, werden quellfähige Bentonit-Pellets zur Versiegelung der Bohrung eingesetzt.

3.3 Untersuchungsprogramm

Die Gewinnung eines lückenlosen Bohrkerns bestmöglicher Qualität über die relevante Bohrstrecke der quartären Ablagerungen ist das Hauptziel der Bohrarbeiten. Die gewonnenen Kerne der quartären Ablagerungen werden geologisch aufgenommen und im Labor untersucht. Zur Kalibration der 2D-Seismiklinie 16-QAU-04 ist vorgesehen, nach Erreichen der Endteufe geophysikalische Bohrlochmessungen vorzunehmen, sofern dies die Bohrlochstabilität zulässt. Das derzeit absehbare Messprogramm kann in der Regel im Laufe eines Arbeitstags absolviert werden und wird in Form eines Arbeitsprogramms vor Bohrbeginn genauer spezifiziert. Sofern in der Bohrung tiefere Aquifere angetroffen werden, ist bei entsprechender Bohrlochstabilität ausserdem eine Wasserprobenahme mit einfachen Methoden vorgesehen.

3.4 Beginn, Dauer und Programmanpassungen

Die QBO Ossingen soll unmittelbar nach Rechtskraft der Bewilligung durch das UVEK beginnen, wobei eine Geltungsdauer der Bewilligung von 2 Jahren ab Rechtskraft beantragt wird.

Die Bohrung ist Bestandteil der Dokumentation des Rahmenbewilligungsgesuchs (RBG). Der Zeitbedarf für das Abteufen einer Kernbohrung am Standort bis ca. 10 m unter die Felsoberkante (voraussichtliche Endteufe ca. 280 m u.T.) wird bei Ausführung der Bohrung im 24 h-Betrieb auf ca. fünf bis sechs Arbeitswochen geschätzt. In der angegebenen Zeit ist ein Puffer für allfällige technische Schwierigkeiten enthalten sowie jeweils etwa fünf Arbeitstage für die Vorbereitung der Bohrstelle, die Installation sowie den Abbau des Bohrgeräts und die Wiederherstellung der Bohrstelle in den Ausgangszustand (vgl. auch Kap. 3.6).

Während der Bohrphase ist aus betrieblichen Gründen (Verkürzung der Bohrdauer) an Werktagen (Montag 6:00 Uhr bis Samstag 18:00 Uhr) ein 24-h-Bohrbetrieb vorgesehen. An Sonn- und allgemeinen Feiertagen werden keine Arbeiten durchgeführt. Bautransporte finden während des Bohrbetriebs tagüber zwischen 6:00 und 20:00 Uhr statt. In Notfällen müssen Bautransporte auch ausserhalb dieser Zeiten durchgeführt werden. Die kommunale Behörde wird über solche Ausnahmetransporte vorgängig informiert.

Bei technischen Problemen können in Absprache mit den Behörden auch Arbeiten ausserhalb der beschriebenen Arbeitszeiten getätigt werden.

3.5 Erschliessung der Bohrstelle und Transporte

Rund 1 km westlich der Bohrstelle befindet sich die Nationalstrasse A4 Winterthur – Schaffhausen. Die nächste Autobahnausfahrt – Nr. 10 Kleinandelfingen – liegt in nordwestlicher Richtung rund 2.3 km von der Bohrstelle entfernt. Die Erschliessung der Bohrstelle erfolgt ab der Ausfahrt rund 500 m nach Nordosten über die HVS 352 (Ossingerstrasse). Die Zufahrt zur Bohrstelle erfolgt via Pfaffenseestrasse nach Südosten und Hauserstrasse nach Nordosten, danach über eine asphaltierte Landwirtschaftsstrasse (Parzellen Kat.-Nr. 3562 und 3561) nach Süden, westlich am Thurhof vorbei. Von dort führt die Route nach Nordosten via Werdhofstrasse und Landwirtschaftsstrasse (Parzelle Kat.-Nr. 2755) zur Bohrstelle.

Während der Installationsphase der Bohrstelle und des Bohrgeräts sowie deren Deinstallation sind je ca. sechs Hin- und Rückfahrten über ca. fünf Tage zu erwarten. Während der Bohrarbeiten sind nur einzelne Materialtransporte notwendig, etwa für das Abtransportieren der Bohrkerns, das Zuführen des Verfüllungsmaterials sowie für Mannschaftstransporte. Mit im Mittel ca. drei Fahrten pro Tag entsteht somit kein nennenswerter Verkehr.

3.6 Wiederherstellen der Bohrstelle

Nach Abschluss der Bohrarbeiten wird das Bohrloch vollständig verfüllt (vgl. Kap. 3.2.5). Nach dem Abtransport der temporären Installationen wird die beanspruchte Fläche wieder so hergerichtet, dass die ursprüngliche Nutzung fortgeführt werden kann.

4 Umweltaspekte

4.1 Relevanzmatrix

Die Relevanzmatrix in Tab. 1 zeigt, welche konkreten, standortspezifischen öffentlichen Interessen des Umwelt-, Natur- und Heimatschutzes sowie der Raumplanung auf der Bohrstelle der QBO Ossingen berührt werden.

Tab. 1: Relevanzmatrix der Umweltbereiche für die Bohrstelle QBO Ossingen.

Umweltbereiche	Installations- und Bohrphase
Luftreinhaltung	○
Lärm	●
Lichtimmissionen	●
Erschütterungen	○
Grundwasser	○
Oberflächengewässer und aquatische Ökosysteme	○
Entwässerung der Bohrstelle	○
Naturgefahren	○
Boden / Fruchtfolgeflächen	○
Altlasten	○
Abfälle, umweltgefährdende Stoffe	●
Umweltgefährdende Organismen	○
Wald	○
Flora, Fauna, Lebensräume	●
Landschaft und Ortsbild	○
Kulturdenkmäler, archäologische Stätten	○
Störfallvorsorge / Katastrophenschutz	○

Legende:

- Irrelevant, keine Auswirkungen
- Auswirkungen relevant, Umweltaspekt beschrieben

Die Installationsphase der QBO Ossingen umfasst die Einrichtung der Bohrstelle. Während der Bohrphase wird die QBO gemäss Untersuchungsprogramm (vgl. Kap. 3) abgeteuft.

Nachfolgend werden die berührten Umweltbereiche behandelt und allfällige Massnahmen erläutert.

4.2 Emissionen

4.2.1 Luftreinhalteverordnung

Sämtliche Geräte müssen die neusten EU-Abgasnormen für schwere und leichte Nutzfahrzeuge erfüllen. Somit genügen sie den Anforderungen an Baumaschinen gemäss Anhang 4 lit. 31 Luftreinhalteverordnung³ (LRV).

4.2.2 Lärm

Während der Bohrphase ist aus betrieblichen Gründen (Verkürzung der Bohrdauer) an Werktagen (Montag 6:00 Uhr bis Samstag 18:00 Uhr) ein 24-h-Bohrbetrieb vorgesehen. An Sonn- und allgemeinen Feiertagen werden keine Arbeiten durchgeführt. Die von den Bohrarbeiten ausgehenden Lärmemissionen sind vergleichbar mit normalem Baustellenlärm. Die Bohrstelle ist gemäss Lärmschutzverordnung⁴ (LSV) der Lärmempfindlichkeitsstufe III (ES III) zugeordnet. Die nächstgelegenen bewohnten und somit lärmempfindlichen Wohngebäude befinden sich in einer Entfernung von rund 300 m nordwestlich (Thurhof) sowie 420 m südwestlich (Werdhof) von der Bohrstelle entfernt (vgl. Fig. 2). Diese Wohnhäuser liegen in der Landwirtschaftszone, welche der ES III zugeordnet ist. Die Wohnhäuser in der Kernzone der Ortschaft Dätwil (ES III; Gemeinde Adlikon 2011) liegen 200 m südlich, allerdings jenseits eines Waldstücks sowie dem Flusslauf der Thur.

Während der Nacht gelten gemäss der Baulärm-Richtlinie (BAFU 2011) für Arbeiten zwischen 19:00 und 7:00 Uhr generell verschärfte Massnahmen.

Massnahmen: Bei der Ausführung der nicht lärmintensiven Bohrarbeiten wird darauf geachtet, tagsüber bei Bedarf entsprechende Massnahmen gemäss Massnahmenstufe A der Baulärm-Richtlinie (BAFU 2011) umzusetzen. Während der nächtlichen Bohrarbeiten (Zeiten mit erhöhtem Ruheanspruch) werden gemäss Baulärm-Richtlinie Massnahmen der nächst höheren Massnahmenstufe B angewandt.

4.2.3 Lichtimmissionen

Aufgrund der vorgesehenen Nacharbeit ist eine Ausleuchtung der Bohrstelle sowie des Installationsplatzes notwendig. Für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen im Freien gilt grundsätzlich die Norm SN EN 122464-2 (SNV 2014), wonach Baustellen nachts im Hinblick auf eine Minimierung der Unfallgefahr ausgeleuchtet werden müssen.

³ Luftreinhalte-Verordnung (LRV, SR 814.318.142.1) vom 16. Dezember 1985 (Stand 1. August 2016).

⁴ Lärmschutz-Verordnung (LSV, SR 814.41) vom 15. Dezember 1986 (Stand 1. Januar 2016).

Massnahmen: Gemäss dem Entwurf der "Vollzugshilfe Lichtemissionen" (BAFU 2017) sollen dabei folgende Grundsätze beachtet und umgesetzt werden:

- Nur diejenigen Flächen beleuchten, auf welchen tatsächlich gearbeitet wird,
- Einsatz geeigneter Leuchten,
- Verringerung der Fernwirkung, präzise Lichtlenkung (Abstrahlung vermeiden).

4.3 Erschütterungen

Während der Installation der Bohrstelle sowie während des Bohrbetriebs wird nicht mit Erschütterungen gerechnet. Somit sind keine vorsorglichen Massnahmen bezüglich Einwirkungen auf Menschen und Gebäude nötig.

4.4 Grundwasser

Die Bohrstelle liegt gemäss GIS-ZH (2018) im bezüglich Gewässerschutz übrigen Bereich üB. Der Grundwasserkarte (GIS-ZH 2018) zufolge ist im Bereich der Bohrstelle kein Grundwasser zu erwarten. Die Bohrstelle liegt jedoch knapp ausserhalb des Randbereichs eines Gebiets mit geringer Grundwassermächtigkeit (< 2 m) resp. geringer Durchlässigkeit. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass während der Bohrarbeiten grundwasserführende Schichten erschlossen werden.

Angaben zum Grundwasserspiegel sind nicht vorhanden. Der Pegel der nahe gelegenen Thur befindet sich jedoch auf ca. Kote 358.4 m ü.M. resp. ca. 16 m u.T. gegenüber des geplanten Bohrstandorts. Entsprechend ist davon auszugehen, dass ab diesem Niveau mit Grundwasserzutritten zu rechnen ist.

In der unmittelbar nördlich abgeteuften Aufzeitbohrung AZ-681 (Haldimann et al. 1992) wurden zwischen ca. 2 und 7 m u.T. (resp. zwischen Kote 361 und 356 m ü.M.) postglaziale Thurschotter angetroffen. Aufgrund der verrohrten Bohrung bis 27 m u.T. sind keine Aussagen zu allfälligen Grundwasserzutritten oder -ständen mehr möglich. Die Durchlässigkeit des oberflächennahen Aquifers wird aufgrund des hohen Feinanteils der Schotterablagerungen als eher gering eingestuft. In jedem Fall wird die Bohrung entsprechend dem aktuellen Stand der Technik durchgeführt. Zur vorsorglichen Gewährleistung des Grundwasserschutzes wird sie in den allfälligen grundwasserführenden Schotter mit einer Verrohrung durchgeführt.

4.5 Oberflächengewässer und aquatische Ökosysteme

Die Thur befindet sich rund 35 m südöstlich des Bohransatzpunkts resp. 30 m von der Bohrstelle entfernt (GIS-ZH 2018). Für Fliessgewässer mit einer natürlichen Gerinnesohlenbreite > 12 m legt gemäss Art. 41c Abs. 1 GSchV⁵ die kantonale Fachstelle den definitiven Gewässerraum des Fliessgewässers fest. Bis zur definitiven Festsetzung des Gewässerraums entlang der Thur hat die Sektion Wasserbau des Kantons Zürich mittels Übergangsbestimmungen einen beidseitigen Uferstreifen von 20 m vorgesehen (AWEL 2016). Gegenüber der Bohrstelle beträgt die Gerinnesohlenbreite der Thur ca. 50 m, weshalb ein beidseitiger Uferstreifen von minimal 20 m freigehalten werden muss. Der Bohransatzpunkt sowie die Bohrstelle befinden sich somit ausserhalb des Gewässerraums.

⁵ Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) vom 28. Oktober 1998 (Stand 1. Oktober 2015).

4.6 Entwässerung der Bohrstelle

Während der Bohrphase fallen Abwässer diverser Herkunft an. Je nach Zusammensetzung werden diese gefasst und fachgerecht entsorgt. Meteorwasser im Bereich der Bohrstelle wird – soweit es nicht im Kieskoffer (vgl. Kap. 4.8) versickert – über die Schulter abgeleitet und randlich versickert. Es sind keine Massnahmen notwendig.

4.7 Naturgefahren

Die Bohrstelle liegt knapp ausserhalb des untersuchten Perimeters der synoptischen Gefahrenkarte (GIS-ZH 2018), welche für die ufernahen Bereiche der Thur eine mittlere bis grosse Gefährdung bezüglich Hochwasser ausweist. Aufgrund des Niveauunterschieds zwischen dem mittleren Thurspiegel und der Terrainhöhe der Bohrstelle von rund 16 m ist auch während eines Extremhochwassers (HQ 300) nicht von einer Überflutungsgefahr auszugehen. Es sind keine Massnahmen notwendig.

4.8 Boden und Fruchtfolgeflächen

Der Bohransatzpunkt sowie die dazugehörige Installationsfläche werden innerhalb einer Parzelle (Kat.-Nr. 2754) angeordnet, welche gemäss dem Zonenplan der Gemeinde Ossingen der Landwirtschaftszone angehört. Die Installationen werden im Bereich eines bestehenden, mit Kieskoffer versehenen Parkplatzes angeordnet. Die temporäre Nutzung des Parkplatzes als Bohrstelle und Installationsfläche beeinträchtigt somit weder Boden noch Fruchtfolgeflächen. Es sind keine Massnahmen notwendig.

4.9 Altlasten

Gemäss dem Kataster der belasteten Standorte (GIS-ZH 2018) sind im Bereich der Bohrstelle keine Altlasten verzeichnet. Es sind keine Massnahmen notwendig.

4.10 Abfälle und umweltgefährdende Stoffe

Für die Installations- und Bohrphase der QBO Ossingen müssen keine Anlagen oder Bauten abgebrochen resp. rückgebaut werden. Dadurch entstehen keine Abfälle oder umweltgefährdenden Stoffe. Für das Abteufen der Bohrung wird eine Bohrspülung verwendet. Nach Abschluss der Bohrarbeiten muss die Bohrspülung separat behandelt und entsorgt werden.

Massnahmen: Die verwendete Bohrspülung, bestehend aus Wasser, diversen Spülmittelzusätzen und Stützmittel (meist Bentonit), wird über ein Absetzbecken rezirkuliert. Es werden nur Spülmittelzusätze verwendet, welche als nicht umwelt- und gewässergefährdend gelten. Der Bohrschlamm wird nach Abschluss der Bohrarbeiten mittels Saugwagen abtransportiert und entsprechend der verwendeten Spülmittelzusätze einer geeigneten Deponie (Typ B, ehemals Inertstoffdeponie) zugeführt. Allfälliges überschüssiges Bohrgut wird in einer separaten Mulde gesammelt und entsprechend dem Verschmutzungsgrad einer entsprechenden Deponie (Typ A oder B) zugeführt. Somit ist eine fachgerechte Entsorgung der auf der Bohrstelle entstehenden Abfälle gewährleistet.

Für eine Quartärbohrung von rund 280 Bohrmeter ist ein Volumen an Bohrschlamm und überschüssigem Bohrgut von deutlich unter 200 m³ zu erwarten. Aufgrund des vorgesehenen Bohrdurchmessers kann davon ausgegangen werden, dass pro 100 Bohrmeter rund 15 m³ Bohrschlamm anfällt sowie ca. 5 m³ überschüssiges Bohrgut. Somit ist die Bagatellgrenze von

200 m³ gemäss Art. 16 Abs. 1 Ziff. a der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen⁶ deutlich unterschritten. Ein detailliertes Entsorgungskonzept gemäss "Wegleitung Abfall- und Materialbewirtschaftung bei UVP-pflichtigen und nicht UVP-pflichtigen Projekten" (BAFU 2003) ist nicht erforderlich.

Ein dem absehbar geringen Abfallvolumen angepasstes Entsorgungskonzept wird der zuständigen Bundesstelle vor Baubeginn zur Freigabe zugestellt. Darin sind Angaben zu den eingesetzten Spülmittelzusätzen und deren ungefähren Mengen enthalten. Grundsätzlich werden nur Spülmittelzusätze eingesetzt, welche keine Gewässer- oder Umweltgefährdung aufweisen.

4.11 Umweltgefährdende Organismen

Gemäss GIS-ZH (2018) sind im Bereich der Bohrstelle keine umweltgefährdenden Organismen verzeichnet. Es sind keine Massnahmen notwendig.

4.12 Wald

Südöstlich angrenzend an die Bohrstelle befindet sich eine ausgeschiedene Waldfläche (GIS-ZH 2018). Nach Rücksprache mit dem Gemeindeförster ist zwischen dem Bohransatzpunkt und der Waldgrenze ein Minimalabstand von 5 m einzuhalten, sodass die betroffenen Bäume bezüglich Erhaltung, Pflege und Nutzung durch den Bohrbetrieb nicht beeinträchtigt werden. Ausserdem dürfen weder Wurzelwerk noch Kronendach durch den Bohrturm tangiert werden. Grundsätzlich wird die Bohrstelle auf einer bestehenden, befestigten Parkplatzfläche angeordnet und es sind keine Grabarbeiten vorgesehen. Der Minimalabstand wird mit dem gewählten Perimeter der Bohrstelle eingehalten (vgl. Kap. 3.2.2). Durch die Bohrung sind keine nachteiligen Auswirkungen auf die Waldfläche zu erwarten und somit keine weiteren Massnahmen vorgesehen.

4.13 Flora, Fauna und Lebensräume

Die Bohrstelle befindet sich rund 100 m innerhalb einer regionalen Ausbreitungsachse für Wildtiere. Aufgrund der kurzen Bohrdauer von rund 8 Wochen besteht die Beeinträchtigung des Lebensraums nur temporär. Ausserdem befindet sich der Bohrstandort an einer Randlage innerhalb der Ausbreitungsachse. Im näheren Umkreis der Bohrstelle sind keine weiteren geschützten Bereiche im Sinne des Naturschutzes verzeichnet (GIS-ZH 2018).

Massnahmen: Es gilt die Auswirkungen auf Wildtiere, die sich im Waldrandbereich aufhalten, auf ein Minimum zu reduzieren. Gleichzeitig soll darauf geachtet werden, dass die Wandertätigkeit so wenig wie möglich eingeschränkt wird. Gegebenenfalls sind die ohnehin vorgesehenen Lärm- und Lichtschutzmassnahmen in Bezug auf die wildtierökologischen Belange zu ergänzen, in dem die Emissionen (Licht und Lärm) an den Quellen reduziert werden (vgl. Kap. 4.2).

4.14 Landschaft und Ortsbild

Die Bohrstelle liegt im Randbereich des BLN-Gebiets Nr. 1403 "Glaziallandschaft zwischen Thur und Rhein" (BAFU 2017). Aufgrund der kurzen Bohrdauer und der geringen Masthöhe des Bohrgeräts sind die landschaftlichen Beeinträchtigungen, welche von der Bohrstelle ausgehen, vernachlässigbar. Es sind keine Massnahmen notwendig.

⁶ Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA; SR 814.600) vom 4. Dezember 2015 (Stand 19. Juli 2016).

Das rund 1 km entfernte und durch das nationale Inventar ISOS (Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung) geschützte Ortsbild des Weilers Hausen (resp. Schloss Widen) wird von der Bohrstelle nicht tangiert (GIS-ZH 2018). Es sind keine Massnahmen notwendig.

Die Wanderroute Nr. 311 zwischen dem Bahnhof Andelfingen und der Stadt Frauenfeld führt südöstlich zwischen der Thur und der geplanten Bohrstelle vorbei. Der Wanderweg ist 25 m von der Bohrstelle entfernt und zusätzlich durch einen Wald abgeschirmt. Der Weg wird durch die Installations- und Bohrarbeiten somit nicht tangiert und bleibt gemäss den Kriterien der Vollzugshilfe zu Art. 7 FWG⁷ während der gesamten Dauer der Arbeiten uneingeschränkt, unverändert und gefahrlos zugänglich.

4.15 Kulturdenkmäler und archäologische Stätten

Die Bohrstelle befindet sich ausserhalb von archäologischen Zonen und Denkmalschutzobjekten des Kantons Zürich (GIS-ZH 2018). Es sind keine Massnahmen notwendig.

4.16 Störfallvorsorge und Katastrophenschutz

Gemäss Chemie-Risikokataster des Kantons Zürich (GIS-ZH 2018) befinden sich im näheren Umkreis der Bohrstelle keine störfallrelevanten Risiken. Es sind keine Massnahmen notwendig.

⁷ Bundesgesetz über Fuss- und Wanderwege (FWG; SR 704) vom 4. Oktober 1985 (Stand 1. Februar 1996).

5 Risiko- und Gefahrenabschätzung

Die in den voranstehenden Kapiteln aufgeführten Grundlagen zeigen auf, dass die Ausführung der QBO Ossingen keine Risiken für die Sicherheit des geologischen Standortgebiets Zürich Nordost, der hydrogeologischen Verhältnisse oder der Umwelt bedeutet. Betreffend die effektive Tiefe und Ansprache der Felsoberkante, welche sich auf die Endteufe der QBO auswirkt, bestehen zwar bestimmte Ungewissheiten. Diese sind im Falle der QBO Ossingen aufgrund der Nähe zu einer bestehenden Bohrung sowie den diesbezüglichen Anhaltspunkten aus der provisorischen Auswertung der quartärspezifischen Nagra 2D-Seismik QAU16 (vgl. Kap. 2.2; ENSI 2017) gering. Die Bohrung kann entsprechend dem Stand der Technik am geplanten Standort ohne Gefahren für die Umwelt oder für die Sicherheit des geologischen Standortgebiets abgeteuft werden.

6 Rechtliche Voraussetzungen für die Bewilligung

6.1 Zusammenfassung der Anforderungen an ein Gesuch für QBO

Die Umsetzung der Anforderungen gemäss KEG/KEV ist in Tab. 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen.

Relevante KEG/KEV Artikel	Anforderung	Umsetzung für das Gesuch zur QBO Ossingen
Art. 35 Abs. 2 lit. a KEG	Die Sicherheit des Standortgebiets darf nicht gefährdet werden	Siehe Ausführungen in Kap. 5
Art. 35 Abs. 2 lit. a KEG	Der vorgeschlagene Bohrstandort muss für die Erreichung der geologischen Erkundungsziele geeignet sein	Siehe Ausführungen in Kap. 2
Art. 58 a KEV	Untersuchungsprogramm	Siehe Ausführungen in Kap. 3
Art. 58 b KEV	Geologischer Bericht	Siehe Ausführungen in Kap. 2
Art. 58 c KEV	Bericht über die möglichen Auswirkungen der Untersuchungen auf Geologie und Umwelt	Siehe Ausführungen in Kap. 4 und 5
Art. 58 d KEV	Übersichtskarten und -pläne	Siehe Fig. 2 – 4
Art. 58 e KEV	Angabe der gewünschten Dauer der Bewilligung	Siehe Ausführungen in Kap. 6

6.2 Rechtsverhältnisse an der Bohrstelle

Die Gesuchstellerin hat alle notwendigen Rechte zur Durchführung der Bohrarbeiten auf der Parzelle Kat.-Nr. 2754 freihändig erworben. Die Durchführung eines Enteignungsverfahrens im Sinne von Art. 51 KEG ist daher nicht notwendig.

6.3 Anträge

Die Gesuchstellerin ersucht um folgende Bewilligungen:

- Der Gesuchstellerin wird die Bewilligung für 2 Jahre ab Rechtskraft (Geltungsdauer Bewilligung) für die Durchführung einer Kernbohrung unter den nachgesuchten Auflagen und Bedingungen erteilt.
- Der Gesuchstellerin wird die Bewilligung erteilt, von der beantragten Bohrstelle aus eine Senkrechtbohrung bis ca. 10 m in den Fels abzuteufen. Die Felsoberkante wird in einer Teufe von ca. 270 m u.T. erwartet.

7 Literaturverzeichnis

- AWEL (2016): Uferstreifen gemäss den Übergangsbestimmungen der Gewässerschutzverordnung. Beilage des Amts für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Sektion Wasserbau vom 29.11.2016.
- BAFU (2003): Wegleitung Abfall- und Materialbewirtschaftung bei UVP-pflichtigen und nicht UVP-pflichtigen Projekten. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, BAFU (früher BUWAL), Ittigen (Bern), Stand 20.11.2006.
- BAFU (2011): Baulärm-Richtlinie (BLR), Richtlinie über bauliche und betriebliche Massnahmen zur Begrenzung des Baulärms gemäss Artikel 6 der Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986. Hrsg. Bundesamt für Umwelt BAFU, Ittigen (Bern), Stand 2011.
- BAFU (2017): Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN). Bundesamt für Umwelt BAFU, Ittigen (Bern), Datenstand 01.04.2017. www.map.geo.admin.ch
- Bini, A., Buoncristiani, J.-F., Couterrand, S., Ellwanger, D., Felber, M., Florineth, D., Graf, H.R., Keller, O., Kelly, M., Schlüchter, C. & Schoeneich, P. (2009): Die Schweiz während des letzteiszeitlichen Maximums (LGM). Karte 1:500'000. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).
- ENSI (2017): Protokoll zur Fachsitzung Quartäre 2D-Seismik und zweite Tranche Quartärbohrungen vom 28.11.2017. ENSI 33/616. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.
- Gemeinde Adlikon (2011): Bau- und Zonenordnung Gemeinde Adlikon, Genehmigung der Bau- und Zonenordnung durch die Baudirektion mit Verfügung Nr. ARE/56/2012 vom 13. April 2012. Rechtskräftig ab 21. April 2012.
- GIS-ZH (2018): Geographisches Informationssystem des Kantons Zürich. <http://maps.zh.ch/>, Stand Januar 2018.
- Graf, H.R. (2009): Stratigraphie von Mittel- und Spätpleistozän in der Nordschweiz – Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz (N.F. 168). Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).
- Haldimann, P., Frey, D. & Hennlich, D. (1992): Aufzeitbohrungen zur Reflexionsseismik Opalinuston 1991: Teil 1 und Teil 2. Unpubl. Nagra Int. Ber.
- Hofmann F. (1967): Erläuterungen zum Geologischen Atlas der Schweiz Blatt 1052 (Nr. 52) Andelfingen. Schweiz. Geolog. Kommission.
- Nagra (2014a): Konzepte der Standortuntersuchungen für SGT Etappe 3. Nagra Arbeitsber. [NAB 14-83](#).
- Nagra (2014b): SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen. Dossier III: Geologische Langzeitentwicklung. Nagra Tech. Ber. [NTB 14-02](#).
- Nagra (2016): Konzepte der Standortuntersuchungen für SGT Etappe 3 Nördlich Lägern. Nagra Arbeitsber. [NAB 16-28](#).

Pietsch, J. & Jordan, P. (2014): Digitales Höhenmodell Basis Quartär der Nordschweiz – Version 2014 und ausgewählte Auswertungen. Nagra Arbeitsber. [NAB 14-02](#).

Schnellmann, M., Fischer, U., Heuberger, S. & Kober, F. (2014): Erosion und Landschaftsentwicklung Nordschweiz – Zusammenfassung der Grundlagen im Hinblick auf die Beurteilung der Langzeitstabilität eines geologischen Tiefenlagers (SGT Etappe 2). Nagra Arbeitsber. [NAB 14-25](#).

SIA (2010): SN 546 384/6 Erdwärmesonden. Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.

SNV (2014): Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 2: Arbeitsplätze im Freien. Schweizer Norm SN EN 12464-2. Schweizerische Normen-Vereinigung SNV, Interdisziplinärer Normenbereich INB, Winterthur.

Die publizierten Nagra-Berichte können unter <http://www.nagra.ch/de/downloadcenter.htm> auf der Nagra-Website heruntergeladen werden.